

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ
AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS PROURB / CE

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)
DO AÇUDE PESQUEIRO
CAPISTRANO - CE

TOMO A - CAPÍTULOS 1 - 4

AMPLA
ENGENHARIA

FORTALEZA- CE
SETEMBRO DE 1998

**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**



**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS**

**PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO
DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ
PROURB-CE**

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
DO AÇUDE PESQUEIRO
CAPISTRANO - CE**

TOMO A - CAPÍTULOS 1 A 4

Consultora:



AMPLA Engenharia
Assessoria, Meio Ambiente e Planejamento Ltda.
FORTALEZA - CE
Rua Mário Alencar Araújo, 362 Casa 09 Água Fria, CEP 60.833-500
PABX (0800) 273-2843
E-mail: ampla@grupoampla.com.br
REGISTROS: CREA - 1.739 - 8ª REGIÃO
IBAMA - CTF - Nº 4/53/1999/000824-4

www.grupoampla.com.br

Lote: 02596 - Prep (X) Scan () Index ()
Projeto Nº 245 - A
Volume 1
Qtd A4 _____ Qtd A3 _____
Qtd A2 _____ Qtd A1 _____
Qtd A0 _____ Outros _____



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS

**PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ
PROURB-CE**

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL DO AÇUDE PESQUEIRO CAPISTRANO - CE

TOMO A – CAPÍTULOS 1 A 4

**AMPLA
Engenharia**

**FORTALEZA
SETEMBRO/98**

000003

**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
DO GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**

End.: Rua Antônio Augusto, 555

Meireles, Fortaleza - Ceará

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
AÇUDE PESQUEIRO
CAPISTRANO - CE**

TOMO A – CAPÍTULOS 1 a 4

ELABORAÇÃO:

AMPLA ENGENHARIA Assessoria, Meio Ambiente e

Planejamento Ltda

CREA-CE Nº 1.739/85

IBAMA-CTF Nº 009/97

FORTALEZA - CEARÁ

SETEMBRO - 1998



000004

APRESENTAÇÃO

O empreendimento denominado **Açude Público Pesqueiro** a ser construído no município de Capistrano, neste Estado, integra os objetivos do PROURB/CE – Projeto de Desenvolvimento Urbano e Gestão dos Recursos Hídricos, no contexto de ações no setor hídrico, que tem como meta a implantação de açudes e adutoras associadas para o abastecimento de água e atividades correlatas dentro de uma política planejada de Recursos Hídricos para o Estado do Ceará

O PROURB/CE esta sendo implementado com suporte técnico-financeiro do Governo do Estado do Ceará em parceria com o Banco Mundial

O projeto executivo da Barragem, bem como os estudos complementares para implantação e aproveitamento do Açude Público Pesqueiro foram desenvolvidos inicialmente pela Aguasolos - Consultoria de Engenharia Ltda em decorrência de contrato firmado com o DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, conforme Carta Convite Nº 17/88-DGO-G Hoje este projeto está sendo atualizado pela GHG - Geologia e Engenharia Ltda

O Estudo de Impacto Ambiental – EIA, como um todo, é composto por dois tomos, a saber

- TOMO A – Capítulos 1 a 4
- TOMO B – Capítulos 5 a 12

O TOMO A contempla o detalhamento previsto no Termo de Referência sobre descrição geral do empreendedor, o projeto, dados técnicos do empreendimento e demais informações que venham contribuir para uma melhor caracterização das obras a serem realizadas

O TOMO B, contempla os estudos relacionados com o Meio Físico, o Meio Biótico, o Meio Antrópico, a Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais, a Proposição das Medidas Mitigadoras, os Programas de Controle e Monitoramento Ambiental e o

Prognóstico Futuro da Área com e sem o Empreendimento Finalmente, neste Tomo estão incluídas as Conclusões e Recomendações, a Equipe Multidisciplinar e a Bibliografia utilizada no decorrer dos trabalhos

Finalmente sugerimos a SEMACE a aprovação deste instrumento legal e a liberação da Licença de Implantação visto que, conforme demonstra o presente o Estudo de Impacto Ambiental, a implantação e uso do futuro Açude Público Pesqueiro mostrou-se viável sob o ponto de vista ambiental e econômico notadamente pelos seguintes fatos

- 1 A população do Município de Capistrano, como um todo, vem sendo abastecida por água de qualidade duvidosa,
- 2 Em épocas de estiagem, como a que ora se verifica, a população não dispõe de água nem para as principais necessidades, tendo que se deslocar vários quilômetros para conseguir este precioso líquido,
- 3 Conforme previsto no Estudo de Custo/Benefício, o custo do hectametrocúbico (hm^3) do açude Pesqueiro é de R\$ 92.901,00, o que se enquadra dentro dos valores praticados pelo PROURB/CE
- 4 O custo de indenização das propriedades diretamente afetadas pela implantação do açude Pesqueiro, corresponde a somente 26,52 % do valor global das obras
- 5 De uma maneira geral, os impactos ambientais benéficos suplantaram os adversos, notadamente no que se refere ao meio antrópico
- 6 Do total dos impactos identificados no Meio Antrópico, 39,44 % foram considerados benéficos e somente 6,47% foram adversos. Quanto ao Meio Físico, 14,22 % dos impactos foram benéficos e 14,44% foram considerados adversos. No que se refere ao Meio Biótico, verificou-se que 8,19 % dos impactos foram benéficos e 9,48 % foram adversos.
- 7 As medidas mitigadoras objetivando maximizar os impactos benéficos e minimizar os impactos adversos foram elaboradas de tal modo que seus custos são perfeitamente exequíveis e seus responsáveis foram perfeitamente identificados
- 8 O prognóstico da situação futura, considerando a execução da obra, indica uma elevação na qualidade de vida da população do município e crescimento econômico da região, notadamente se os planos e programas sugeridos neste estudo forem implementados
- 9 O prognóstico da situação futura, considerando a não execução da obra, indica uma elevação do nível de pobreza da população do município, tendo como consequência uma elevação do índice de mortalidade infantil, no êxodo rural e nos demais indicadores de pobreza que atualmente se observam no interior do estado

10 O Plano de Reassentamento e Cadastro Técnico apresentaram os seguintes resultados

Numero de Propriedades Afetadas	120
Numero de Proprietários Beneficiários do Plano de Reassentamento	44
Numero de Moradores/Benfeitores Beneficiários do Plano de Reassentamento	18
Numero de Moradores sem Benfeitorias Beneficiários do Plano	37
Total da População Beneficiada pelo Plano de Reassentamento	99

Area Total das Propriedades	1 058,40 ha
Área Total Afetada	459,38 ha
Porcentagem da Área Afetada	43,40%

Valor das Indenizações	
- Valor da Terra Nua	R\$ 94 305,24
- Valor das Benfeitorias	R\$ 755 955,80
- Valor Total	R\$ 850 261,04
- Custo Médio por Propriedade	R\$ 7 085,50

Agrovila	
- Área a ser Desapropriada	250,00 ha
- Área para os Lotes Agrícolas (99 x 2,50 ha)	247,50 ha
- Área Urbana	2,5 ha

Finalmente, é importante esclarecer qual o custo total da obra. O custo global da obra é de R\$ 3 206 661,00. Este custo é discriminado da seguinte forma:

Custos da Barragem (Maciço + Vertedouro)	R\$ 1 000 000,00
Custos da Adutora	R\$ 470 000,00
Custos da Terra Nua	R\$ 94 305,24
Custos das Benfeitorias	R\$ 755 955,80
Custos com a Mudança da População Afetada	R\$ 9 900,00
Custos do Desmatamento, Nivelamento da Área e Preparo dos Terrenos da Agrovila, inclusive os Custos Referentes a Cerca de Contorno	R\$ 49 500,00

ÍNDICE

TOMO A

1 – IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR, 2

1.1 – Estrutura Legal, Política e Administrativa, 2

2 – ESTUDOS BÁSICOS, 8

2.1 – Localização e Acesso, 8

2.2 – Alternativas Tecnológicas e Locacionais, 10

2.3 – Justificativa Locacional e Viabilidade Econ. do Empreendimento, 14

2.4 – Relação Custo X Benefício, 16

2.4.1 – Estimativa de Custo, 17

2.4.2 – Estimativas Custo – Benefício, 19

2.4.3 – Dimensionamento do Vertedouro, 21

2.4.4 – Capacidade de Regularização do Reservatório, 22

2.4.5 – Erosão no Reservatório, 23

2.5 – Estudos Topográficos – Declividade da B. Hidrogr. do A. Pesqueiro, 26

2.6 – Estudos Geológicos e Geomorfológicos, 32

2.6.1 – Geologia Local, 34

2.7 – Estudos Geotécnicos, 35

2.7.1 – Aspectos Geotécnicos Regionais, 35

2.7.2 – Estudos Geotécnicos Locais, 35

2.8 – Aspectos Pedológicos, 38

2.9 – Uso, Benefício e Aproveitamento do Reservatório, 42

2.10 – Aspectos Antrópicos, 43

2.10.1 – Demografia, 43

2.10.1.1 – População, 43

2.10.1.2 – Indicadores Demográficos, 45

2.10.2 – Infra-estrutura Física e Social, 46

2.10.2.1 – Habitação e Urbanismo, 46

2.10.2.2 – Energia Elétrica, 48

2.10.2.3 – Comunicação, 49

2.10.2.4 – Transportes, 49

2.10.2.5 – Saúde, 50

2.10.2.6 – Educação, 52

- 2 10 2 7 – Justiça e Segurança, 54
- 2 10 2 8 – Cultura e Lazer, 55
- 2 10 2 9 – Estrutura Fundiária, 57
- 2 10 2 10 – Economia, 58
- 2 10 2 11 – Associativismo, 60

3 – LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PERTINENTE, 63

- 3 1 – Considerações Gerais, 63
- 3 2 – Legislação Federal, 63
 - 3 2 1 – Constituição Federal de 1998, 63
 - 3 2 2 – Principais Diplomas Federais, 67
- 3 3 – Legislação Estadual, 74
 - 3 3 1 – Constituição Estadual de 1988, 74
 - 3 3 2 – Principais Diplomas Estaduais, 78
- 3 4 – Legislação Municipal, 78

4 – CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO, 82

- 4 1 – Estudos Pluviométricos, 82
 - 4 1 1 – Caracterização do Regime Pluviométrico, 84
 - 4 1 2 – Chuvas Intensas, 90
 - 4 1 3 – Precipitação Diária, 91
- 4 2 – Estudo de Deflúvio, 98
 - 4 2 1 – Alternativa 1 – Aplicação do MODHAC, 98
 - 4 2 1 1 Metodologia, 98
 - 4 2 1 2 – Resultados, 100
 - 4 2 2 – Alternativa 2 – Análise Estatística da Série, 101
 - 4 2 2 1 – Posto de Caio Prado, 101
 - 4 2 2 2 – Posto de Choró, 104
 - 4 2 3 – Conclusões Sobre a Estatística dos Dados Históricos, 106
- 4 3 – Definição da Cheia de Projeto, 107

- 4.3.1 – Metodologia, 108
- 4.3.2 – Precipitação, 108
- 4.3.3 – Precipitação Efetiva, 109
- 4.3.4 – Definição do CN, 111
- 4.3.5 – Hidrograma Unitário – SCS, 111
- 4.3.6 – Cálculo do Tempo de Concentração na Bacia, 112
- 4.3.7 – Propagação da Cheia nos Canais, 115
- 4.3.8 – Resultados, 117
- 4.4 – Estudo de Alternativa de Dimensão do Reservatório Pesqueiro, 124
 - 4.4.1 – Vazão Regularizada para Diferentes Dimensões, 125
 - 4.4.1.1 – Metodologia, 125
 - 4.4.1.2 – Resultados, 130
 - 4.5 – Estimativa das Dimensões do Vertedouro, 132
 - 4.5.1 – Metodologia, 132
 - 4.5.1.1 – Propagação da Cheia no Reservatório, 132
 - 4.5.1.2 – Definição da Curva Chave do Vertedouro, 133
 - 4.5.2 – Resultados, 133
 - 4.6 – Análise de Custo – Benefício das Alternativas, 134
 - 4.6.1 – Estimativa de Custo, 135
 - 4.6.2 – Estimativas Custo – Benefício, 136
 - 4.7 – Dimensionamento Hidrológico do Vertedouro, 138
 - 4.7.1 – Definição da Cheia Afluente, 138
 - 4.7.2 – Definição da Curva de Descarga do Vertedouro, 139
 - 4.7.2.1 – Metodologia, 139
 - 4.7.2.2 – Resultados, 140
 - 4.8 – Propagação de Cheia no Reservatório, 144
 - 4.8.1 – Metodologia, 145
 - 4.8.2 – Resultados, 145
 - 4.8.2.1 – Cheia Milenar, 145
 - 4.8.2.2 – Cheia Decamilenar, 147
 - 4.8.3 – Observações Finais, 149
 - 4.9 – Capacidade de Regulação do Reservatório, 149
 - 4.9.1 – Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico, 150
 - 4.9.1.1 – Metodologia, 150
 - 4.9.1.2 – Resultados, 152
 - 4.9.2 – Método da Matriz de Transição, 158
 - 4.9.2.1 – Metodologia, 158
 - 4.9.2.2 – Resultados, 158
 - 4.9.3 – Observações Finais, 158

- 4 10 – Cálculo da Erosão no Reservatório. 159
- 4 10 1 – Metodologia. 159
- 4 10 2 – Resultados. 161

ANEXO - PLANOS GOVERNAMENTAIS CO-LOCALIZADOS

- 1 – Aspectos Gerais
 - 1 1 – Programas de Proteção Ambiental
 - 1 2 – Programas de Reordenamento Espacial
 - 1 3 – Programas de Capacitação da População
 - 1 4 – Programas de Geração de Empregos e Desenvolvimento Sustentável da Economia
 - 1 5 – Programas de Desenvolvimento da Cultura, Tecnologia e Inovação
- 2 – Programa de Desenvolvimento a Nível do Município
 - 2 1 – Objetivo
 - 2 2 – Estratégia de Ação
 - 2 3 – Prioridades Estabelecidas no Plano

TOMO B

- 5 – **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**, 164
 - 5 1 – **Meio Físico (Abiótico)**, 166
 - 5 1 1 – Estudos Geológicos e Geomorfológicos, 166
 - 5 1 1 1 – Geologia Local, 171
 - 5 1 1 2 – Estudos Geotécnicos, 172
 - 5 1 1 3 – Estudo de Declividade da Bacia hidrográfica, 175
 - 5 2 – Solos, 178
 - 5 1 2 1 – Fertilidade dos Solos, 183
 - 5 1 2 2 – Uso Atual dos Solos, 183
 - 5 1 2 3 – Conservação do Solo, 183
 - 5 1 2 4 – Outros Recursos do Solo e Subsolo, 183
 - 5 1 3 – Aspectos Climáticos, 184
 - 5 1 3 1 – Aspectos Climáticos Gerais, 184
 - 5 1 3 2 – Precipitação, 184
 - 5 1 3 3 – Temperatura, 186

- 5 1 3 4 – Umidade Relativa, 188
- 5 1 3 5 – Insolação Média, 188
- 5 1 3 6 – Evaporação Média, 188
- 5 1 3 7 – Evapotranspiração, 189
- 5 1 3 8 – Ventos, 189
- 5 1 3 9 – Balanço Hídrico, 190
- 5 1 3 10 – Circulação Atmosférica, 191
- 5 1 3 11 – El Niño, 193
- 5 1 4 – Recursos Hídricos, 199
- 5 1 4 1 – Aspectos Gerais, 199

5 2 – MEIO BIÓTICO

- 5 2 1 – Vegetação, 206
- 5 2 2 – Fauna, 209

5 3 – MEIO ANTRÓPICO

- 5 3 1 – Introdução, 215
- 5 3 2 – Processo Histórico, Limites e Divisão Administrativa, 216
- 5 3 3 – Demografia, 218
 - 5 3 3 1 – População, 218
 - 5 3 3 2 – Migração, 220
 - 5 3 3 3 – Indicadores Demográficos, 221
 - 5 3 3 4 – Registro Civil, 221
- 5 3 4 – Infra – Estrutura Física e Social, 222
 - 5 3 4 1 – Habitação e Urbanismo, 222
 - 5 3 4 2 – Energia Elétrica, 224
 - 5 3 4 3 – Comunicação, 225
 - 5 3 4 4 – Transportes, 226
 - 5 3 4 5 – Saúde, 227
 - 5 3 4 6 – Educação, 229
 - 5 3 4 7 – Justiça e Segurança, 231
 - 5 3 4 8 – Cultura e Lazer, 232
 - 5 3 4 9 – Estrutura Fundiária, 234
 - 5 3 4 10 – Economia, 235
 - 5 3 4 11 – Associativismo, 237
- 5 3 5 – Comunidade de Residente na Bacia Hidráulica – Área de Influência Direta (Física), 237
 - 5 3 5 1 – Síntese da Pesquisa Realizada, 238

6 – IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

- 6.1 – Considerações Gerais, 247
- 6.2 – Métodos e Resultados, 248
 - 6.2.1 – Identificação das Ações do Empreendimento e dos Componentes do Sistema Ambiental, 248
 - 6.2.2 – Identificação e Descrição dos Impactos Ambientais, 251
 - 6.2.2.1 – Método Matricial, 251
 - 6.2.2.2 Principais Impactos Ambientais, 254
 - 6.2.2.3 Descrição dos Impactos Ambientais, 257
- 6.3 – Análise dos Resultados da avaliação dos Impactos Ambientais, 294
 - 6.3.1 – Avaliação Matricial, 294
 - 6.3.2 – Análise da Avaliação dos Impactos Ambientais, 294
 - 6.3.3 – Avaliação Ponderal dos Impactos Ambientais, 309

7 – PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS

- 7.1 – Considerações Gerais, 313
- 7.2 – Proposição de Medidas Mitigadoras e de Controle Ambiental, 314
 - 7.2.1 – Meio Físico, 314
 - 7.2.2 – Meio Biótico, 315
 - 7.2.3 – Meio Sócio-Econômico e Cultural, 317
- 7.3 – Medidas Minimizadoras e Maximizadoras dos Impactos Ambientais, 318

8 – PROGRAMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE AMBIENTAL

- 8.1 – Plano de Desmatamento Racional, 354
 - 8.1.1 – Introdução, 354
 - 8.1.2 – Diagnóstico Florístico, 355
 - 8.1.3 – Seleção e coleta de material botânico, 356
 - 8.1.4 – Demarcação das Áreas para o Desmatamento, 358
 - 8.1.5 – Definição dos Corredores de Escape da Fauna, 358
 - 8.1.6 – Definição dos Métodos de Desmatamento, 359
 - 8.1.7 – Recursos Florestais Aproveitáveis, 361
 - 8.1.8 – Proteção Contra Acidentes, 363
- 8.2 – Plano de Salvamento da Fauna, 365
 - 8.2.1 – Introdução, 365
 - 8.2.2 – Operação de Salvamento da Fauna, 366
 - 8.2.3 – Controle e Proteção Contra Acidentes, 367
- 8.3 – Plano de Controle e Recuperação das Áreas das Jazidas de Empréstimo, 368
 - 8.3.1 – Introdução, 368

- 8 3 2 – Plano de Controle Ambiental – PCA, 369
- 8 3 2 1 – Desmatamento das Áreas a Serem Exploradas (Limpeza do Terreno), 369
- 8 3 2 2 – Decapeamento do Estéril, 369
- 8 3 2 3 – Estocagem do Solo, 370
- 8 3 2 4 – Deposição do Estéril (Bota-fora), 370
- 8 3 2 5 – Escavação/Desmonte, 370
- 8 3 2 6 – Manuseio de explosivos, 372
- 8 3 2 7 – Transporte do produto, 372
- 8 3 2 8 – Drenagem superficial, 373
- 8 3 3 – Recuperação das áreas Degradadas, 374
- 8 4 – PLANO DE PEIXAMENTO, 376
- 8 4 1 – Introdução, 376
- 8 4 2 – Indicação das Espécies mais Convenientes, 376
- 8 4 3 – Etapas do Programa de Povoamento, 379
- 8 4 4 – Preparação do reservatório, 380
- 8 4 5 – Tecnologia da Pesca, 380
- 8 4 6 – Medidas de Controle Ambiental, 381
- 8 5 – Plano de Controle da Eutrofização, 382
- 8 5 1 – Introdução, 382
- 8 5 2 – Identificação do Processo de Eutrofização, 383
- 8 5 3 – Medidas de Combate a Eutrofização, 383
- 8 6 – Educação Ambiental, 384
- 8 6 1 – Introdução, 384
- 8 6 2 – Ações do Programa de Educação Ambiental, 384
- 8 7 – Programas de Monitoramento e Gerenciamento Ambiental, 389
- 8 7 1 – Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais, 389
- 8 7 1 1 – Introdução, 389
- 8 7 1 2 – Parâmetros a Serem Adotados, 390
- 8 7 1 3 – Coleta e Tratamento das Amostras, 391
- 8 7 1 4 – Sequência das Ações do Monitoramento, 393
- 8 7 1 5 – Execução, 394
- 8 7 2 – Monitoramento das Águas Subterrâneas e do Nível Piezométrico, 394
- 8 7 2 1 – Introdução, 394
- 8 7 2 2 – Sequência das Ações do Monitoramento, 396
- 8 7 2 3 – Execução, 396
- 8 7 3 – Monitoramento da Qualidade dos Solos, 396
- 8 7 3 1 – Introdução, 396
- 8 7 3 2 – Parâmetros a Serem Adotados, 397

- 8 7 3 3 – Sequência das Ações. 397
- 8 7 3 4 – Execução, 398
- 8 7 4 – Monitoramento das Condições Atmosféricas, 398
 - 8 7 4 1 – Introdução, 398
 - 8 7 4 2 – Diagnóstico Inicial, 398
 - 8 7 4 3 – Parâmetros, 399
 - 8 7 4 4 – Escopo, 399
 - 8 7 4 5 – Execução, 399
- 8 7 5 – Gerenciamento Ambiental, 399
 - 8 7 5 1 – Justificativa, 399
 - 8 7 5 2 – Ações do Gerenciamento, 400
 - 8 7 5 3 – Auditoria Ambiental, 402
 - 8 7 5 4 – Execução, 404

9 – PROGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA, 406

- 9 1 – *Prognóstico Ambiental da Área Sem a Implantação do Açude Público Pesqueiro no Município de Capistrano – CE, 406*
- 9 2 – *Prognóstico Ambiental da Área Com a Implantação do Açude Público Pesqueiro no Município de Capistrano – CE, 407*

10 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES, 410

11 – EQUIPE MULTIDISCIPLINAR, 416

12 – BIBLIOGRAFIA, 420

ANEXO – ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

000016

1 - IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

1 – IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

O Governo do Estado do Ceará, através da Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH e o empreendedor do **Projeto do Açude Pesqueiro**, a ser construído no município de Capistrano – CE

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Governador Tasso Ribeiro Jereissati

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
CGC 11 821 253/0001-42
Secretário Hypêndes Pereira de Macêdo

Endereço Rua Antônio Augusto, 555
Meireles, CEP 60 160-040
Fortaleza - Ceará
Fone (085) 231-9420 e 231-9790

O Projeto do Açude Público Pesqueiro insere-se no contexto do Programa de Desenvolvimento Urbano e Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (PROURB/CE) - no segmento básico das ações no setor hídrico, que se encontra em fase de implementação pelo Governo do Estado, em parceria com o Banco Mundial

1.1 – Estrutura Legal, Política e Administrativa

O Estado do Ceará vem sendo constantemente assolado por secas periódicas, razão pela qual o aproveitamento dos recursos hídricos é de fundamental importância para o seu processo de desenvolvimento, o que torna a implantação de reservatórios

absolutamente essencial. No entanto, faz-se necessário a implementação de um planejamento racional que considere em seu bojo os efeitos da degradação ambiental decorrentes da construção deste tipo de empreendimento.

Desta forma, e de suma importância o conhecimento do suporte institucional existente. Portanto, a apresentação de uma síntese dos aspectos legais e institucionais que regem a legislação ambiental vigente se faz necessário, e em um item específico deste estudo de impacto ambiental será apresentado, em capítulo específico, a Legislação Ambiental Pertinente.

- A Lei Nº 6 938, de 31 de agosto de 1981, alterada pelas Leis Nº 7804/89 e 8 028/90 e regulamentada pelo Decreto Nº 99 274 de 06 de junho de 1990, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, definindo diretrizes gerais de conservação ambiental, compatibilizando o desenvolvimento das atividades econômicas com a preservação do meio ambiente.
- Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986, modificada no seu artigo 2º pela Resolução CONAMA Nº 011, de 18/03/86, baseada nas premissas preconizadas pela Política Nacional do Meio Ambiente, exige a elaboração, para o tipo de empreendimento ora em análise, de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA). Tal estudo deverá ser submetido à aprovação do órgão estadual competente e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em caráter supletivo (quanto necessário), visto que a implantação de projetos de reservatórios se enquadra como atividade modificadora do meio ambiente.

Em se considerando que as licenças ambientais sejam concedidas pelo órgão competente, conforme dispõe o Decreto Nº 99 274/90, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Implementação das medidas de proteção ambiental recomendadas pelo EIA - RIMA,
- Estabelecimento de uma reserva ecológica em torno do reservatório de 100 (cem) metros medidos horizontalmente a partir da cota máxima de inundação (Resolução CONAMA Nº 004, de 18 de setembro de 1985),
- Execução do desmatamento zoneado (desmatamento racional) da área da bacia hidráulica do reservatório (Lei Federal Nº 3 824, de 23 de novembro de 1960).
- Classificação e controle da água represada (Resolução CONAMA Nº 020, de 18 de junho de 1986).
- Proteção da fauna a ser remanejada (Lei Nº 5 197, de 03 de janeiro de 1967).

Os recursos financeiros para implantação das medidas de proteção ambiental estão assegurados pelo Decreto Federal Nº 95 733, de 12 de fevereiro de 1988, o qual destina 1% do orçamento das obras para este fim.

Destacam-se ainda, entre os dispositivos legais a nível federal, pertinentes a projetos hidráulicos e ao meio ambiente, os seguintes

- **Constituição Federal,**
- **Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934 - Institui o Código das Águas,**
- **Lei Nº 4 771, de 15 de setembro de 1965 (alterada pela Lei Nº 7 803, de 18 de julho de 1989) - Institui o Código Florestal,**
- **Portaria SUDEPE Nº N-0001, de 04 de janeiro de 1977 - Dispõe sobre a observância de medidas de proteção à fauna aquática nos projetos de construção de barragens,**
- **Portaria MINTER Nº 124, de 20 de agosto de 1980 - Estabelece normas para prevenção da poluição hídrica**
- **Resolução CONAMA Nº 005/87**
- **Resolução CONAMA Nº 006/87**
- **Resolução CONAMA Nº 009/87, de 03 de dezembro de 1987 regulamenta a questão das audiências públicas**

Quanto as políticas ambientais a nível estadual, no Estado do Ceará o sistema de controle ambiental é integrado pela Superintendência Estadual de Meio Ambiente (SEMACE) e pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA), ambos criados através da Lei Nº 11 411, de 28 de dezembro de 1987, que dispõe sobre a Política Estadual de Meio Ambiente. O COEMA é um colegiado independente, embora vinculado diretamente ao Governador do Estado, onde tem assento diversos segmentos da sociedade civil, enquanto que a SEMACE é vinculada a Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SDU)

Com relação a gestão dos recursos hídricos, a Lei Nº 11 996, de 24 de julho de 1992, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos no Estado - SIGERH

A referida lei estabelece como diretriz fundamental prioridade máxima ao aumento de oferta d'água e em qualquer circunstância, para o abastecimento das populações humanas

No contexto deste trabalho é importante citar o que dispõe o artigo 24 da referida lei

'Art 24 - O Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH congregará instituições estaduais, federais e municipais intervenientes no Planejamento, Administração e Regulamentação dos Recursos Hídricos (Sistema de Gestão), responsáveis pelas obras e serviços de Oferta, Utilização e Preservação dos Recursos Hídricos (Sistemas Afins) e serviços de Planejamento e Coordenação Geral, Incentivos

Econômicos e Fiscais, Ciência e Tecnologia, Defesa Civil e Meio Ambiente (Sistemas Correlatos), bem como aqueles representativos dos usuários de águas e da sociedade civil assim organizado

- I Conselho de Recursos Hídricos do Ceará - CONERH,
- II Comitê Estadual de Recursos Hídricos - COMIRH.
- III Secretaria de Recursos Hídricos - Órgão Gestor,
- IV Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FUNORH.
- V Comitê de Bacias Hidrográficas - CBHs,
- VI Comitê das Bacias da Região Metropolitana de Fortaleza - CBRMF,
- VII Instituições Estaduais, Federais e Municipais responsáveis por funções hídricas, compreendendo
 - a) Sistema de Gestão
 - Secretaria de Recursos Hídricos - Órgão Gestor
FUNCEME
 - SEMACE
 - b) Sistemas Afins
 - SOHIDRA
 - FUNCEME
 - DAS
 - CAGECE
 - COELCE
 - SEDURB
 - SEMACE
 - Prefeituras Municipais
 - Instituições Federais

§ 1º - A sociedade civil, as instituições Estaduais e Federais envolvidas com recursos hídricos, assim como as entidades congregadoras de interesses municipais participarão do Conselho de Recursos Hídricos do Ceará

§ 2º - As Prefeituras Municipais, as Instituições Federais e Estaduais envolvidas com Recursos Hídricos e a Sociedade Civil, inclusive Associações de usuários, participarão do SIGERH nos Comitês de Bacias Hidrográficas e no Comitê das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza "

É importante salientar que a Lei Nº 10 148 , de 02 de dezembro de 1977, dispõe sobre a preservação da qualidade dos recursos hídricos existentes no Estado

Conforme dispõe a Lei 12 524, de 19 de dezembro de 1995 e considerando que as terras a serem inundadas pelo futuro reservatório pertencem a terceiros, faz-se

necessária a elaboração de um plano de desapropriações. Assim sendo, serão executados levantamentos cadastrais dos imóveis rurais na área diretamente afetada pelo projeto. A desapropriação deverá ser efetivada através de Decreto Estadual Específico, ficando a cargo de uma Comissão de Desapropriação sob a coordenação da Secretaria de Recursos Hídricos - SRH, a negociação e aquisição parcial ou total dos imóveis que serão atingidos em parte, ou na sua totalidade pela área de inundação máxima e pela faixa de proteção do reservatório. Estas etapas serão contempladas durante a elaboração do Levantamento Cadastral e do Plano de Reassentamento.

Ressalta-se, a necessidade de implementação de um código do reservatório, visto que poderão surgir situações conflitantes com o desenvolvimento dos seus usos múltiplos. O referido código deverá contemplar a proteção dos recursos naturais (água, solo, flora e fauna), controle da poluição (de origem agrícola, industrial, urbana e recreativa), reflorestamento em terrenos próprios ou de terceiros, disciplinamento do uso das águas do reservatório (à montante e a jusante), uso dos solos em terrenos próprios ou de terceiros, com influência sobre o reservatório, manutenção do reservatório e de suas infra-estruturas.

Os Governos Municipais devem conciliar suas leis orgânicas às diretrizes propostas pelo código do reservatório e pela Política Estadual de Recursos Hídricos. A participação da sociedade na gestão dos recursos hídricos deve ser estimulada, devendo se dar, preferencialmente, através de informações e consultas, sem que o poder público decline de seu dever de decidir entre alternativas.

Tendo em vista a preservação dos recursos hídricos, devem ser desenvolvidos programas de educação e conscientização ambiental da população periférica ao reservatório, através de mensagens difundidas na programação das estações de rádio e na rede de ensino, fazendo com que os habitantes da região passem a atuar como fiscais.

0

0

0

0

0

100



2. ESTUDOS BÁSICOS

2 – ESTUDOS BÁSICOS

2.1 – Localização e Acesso

O açude Pesqueiro será implantado no povoado do mesmo nome (Foto1), no município de Capistrano (Foto 2), na região Nordeste do Estado do Ceará. O futuro açude está localizado nas seguintes coordenadas geográficas:

- Longitude Sul: 38° 57'
- Longitude Oeste 4° 27"

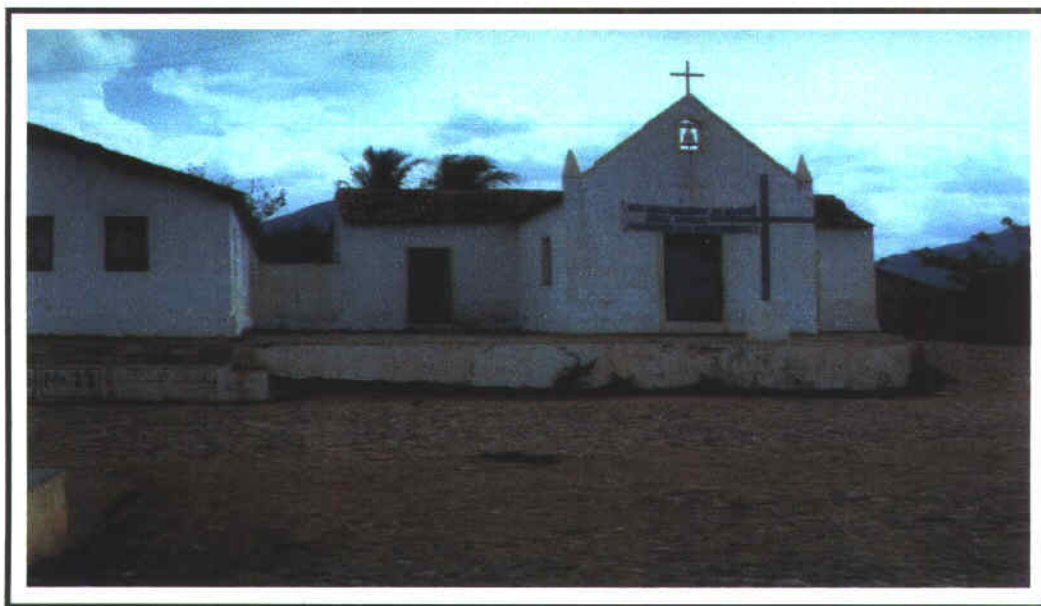


Foto 01 – Vista da Localidade de Pesqueiro



Foto 02 – Sede do município de Capistrano. Praça Principal

Partindo-se de Fortaleza pela CE-060 atinge-se a sede do município de Capistrano depois de percorrer aproximadamente 87 km. Pela Rede Ferroviária Federal S.A - REFFSA percorre-se em torno de 122 km desde Fortaleza até a sede daquele município.

O acesso ao eixo do barramento (Figura 01), partindo-se da cidade de Capistrano é feito através de uma estrada pavimentada com pedras poliédricas que liga Capistrano a Pesqueiro com cerca de 12 km pela margem direita do riacho Lagoa Nova. Segue-se nesta estrada por mais 1,0 km e chega-se na ombreira direita da barragem (Foto 03).



Foto 03 – Ombreira direita do futuro açude Pesqueiro. Afloramento rochoso evidenciando rochas gnáissicas de coloração cinza, em processo de migmatização.

2.2 - Alternativas Tecnológicas e Locacionais

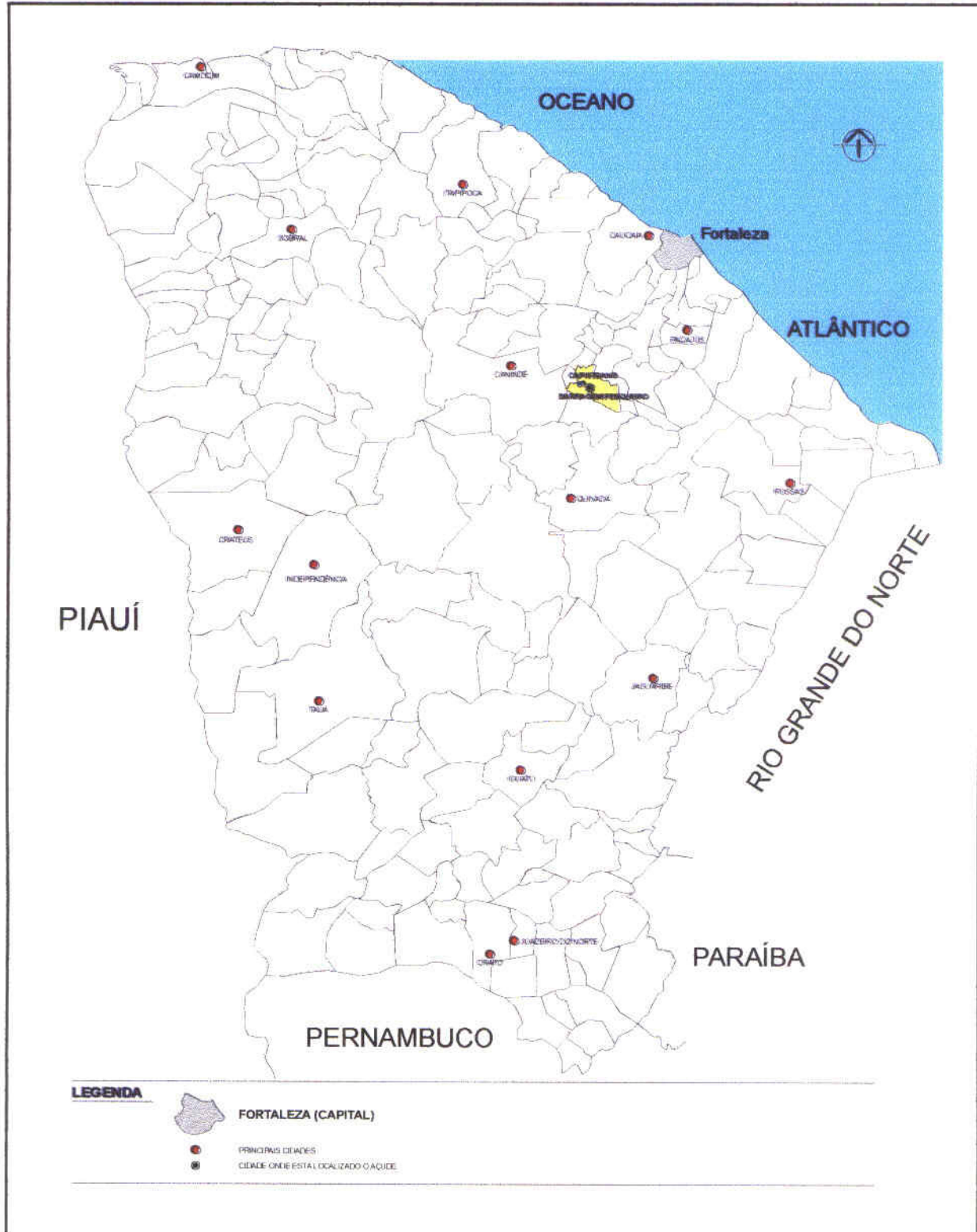
O açude Pesqueiro foi projetado para atender o município de Capistrano, beneficiando uma população urbana da ordem de 10.600 habitantes e implicando no reassentamento previsto de 99 famílias sendo, entretanto, impactadas 120 famílias, totalizando 780 pessoas. (O Plano de Reassentamento é apresentado separadamente como uma das Medidas Mitigadoras) O reservatório terá capacidade para acumular $8,2 \text{ hm}^3$ e procurará solucionar os problemas hídricos já identificados.



CEARÁ

LOCALIZAÇÃO DO PROJETO

CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM DO AÇUDE PESQUEIRO



Conceitualmente o projeto elaborado pela AGUASOLOS em 1988¹ foi concebido contemplando a construção dos seguintes elementos fundamentais da obra

- Maciço de terra homogêneo com filtro vertical e horizontal, ligado ao substrato rochoso através de uma trincheira de vedação construída com material impermeável
- Duas Barragens Auxiliares homogêneas, tipo dique, com a finalidade de evitar fugas ao longo da ombreira direita
- Proteção do talude de montante através de uma camada de bica corrida e proteção do talude de jusante através de vegetação nativa, ou plantio de grama, e canaletas de concreto
- "Rock-Fill" junto ao talude de jusante, na região central do açude, onde as cargas hidráulicas são mais elevadas
- Sangradouro situado na ombreira esquerda, constituído de um canal de 50,00 m de largura, escavado em rochas gnáissicas, com um trecho curvo de 83,25 m de canal lento, seguido de um canal rápido de 72,00 m, uma bacia de dissipação de 10 m de comprimento e um trecho final, em nível, de 89,0 m. Um cordão de fixação na cota da soleira foi projetado na passagem do canal lento para o rápido, para proteção contra possíveis processos erosivos que poderão ocorrer
- Tomada d'água em galeria, localizada na ombreira direita, a montante e registro de gaveta com bacia de dissipação a jusante

Resumidamente o projeto apresenta as seguintes características técnicas

- Localização Capistrano – Ce
- Sistema Choro
- Rio Barrado Riacho Lagoa Nova
- Área da Bacia Hidráulica 126 ha (O Levantamento Cadastral totalizou uma área de 459,38 ha)
- Área da Bacia Hidrográfica 69 km²
- Capacidade 8,2 x 10⁶ m³
- Volume Morto 1.244,15 m³

¹ Hoje este projeto está sendo atualizado pela CIGG Engenharia
AÇUDE PISSQUERO
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

- Precipitação Média Anual 1100 mm

- **BARRAGEM PRINCIPAL**

Tipo Terra

Altura Máxima 23,18 m

Largura Máxima da Base 120 m

Extensão do coroamento 266,50 m

Largura do coroamento 6,00 m

- Cota do coroamento 199,00

Volume do Maciço 139 900 m³

- Talude Montante 1 2,5 e 1 3,0

- Talude de Jusante 1 2,0

- **BARRAGEM AUXILIAR I**

Tipo Terra Homogênea

Altura Máxima 3,09 m

Extensão do coroamento 190,50 m

- Largura do coroamento 3,0 m

- Volume do Maciço 2 500 m³

- **BARRAGEM AUXILIAR II**

Tipo Terra Homogênea

Altura Máxima 2,80 m

Extensão do coroamento 94,0 m

Largura do coroamento 6,0 m

Volume do Maciço 1 150 m³

- **REMANEJAMENTO DE TRECHO DA RODOVIA
CAPISTRANO/ARATUBA**

- Extensão Total a Remanejar 460 m

Volume de Corte 2 600 m³

Volume de Aterro 10 446 m³

- **SANGRADOURO**

- Tipo Soleira Espessa

- Largura 50,00 m

- Vazão Máxima de Projeto (TR²=1 000 anos) 95,2 m³/s

- Lâmina Máxima Prevista 1,05 m

- Volume de Corte 52 876.05 m³
- Cota da Soleira 196.50

▪ TOMADA D'ÁGUA

Tipo Galeria

Diâmetro 450 mm

- Cota do Porão 186.00
- Cota da Boca de Montante 183.90
- Cota da Boca de jusante 183.60
- Controle da Vazão Dois registros a jusante
- Descarga Regularizada 90 litros/seg (80% de garantia)

O abastecimento de água através de carros-pipa de pequenos açudes da região e a perfuração de poços profundos constituem-se como alternativas, no caso da não construção do açude

É importante observar que os novos estudos hidrológicos já realizados (vide o item Identificação do Empreendimento) comprovou a concepção técnica do açude Pesqueiro frente ao que foi concebido em 1988 pela AGUASOLOS

2.3 – Justificativa Locacional e Viabilidade Econômica do Empreendimento

É preocupante a atual infra-estrutura hídrica da região, na qual se verifica baixíssimo nível de atendimento à população (considerado nulo com base no sistema atual em anos secos). O processo de hierarquização das barragens elaborado pelo PROURB, indicou, inclusive, situação crítica no abastecimento (nota máxima), devendo ainda ser citado que a avaliação preliminar para os impactos ambientais conferiu nota 1,0 a implantação da obra, significando dizer que devem ser bem ponderados os estudos técnicos subsequentes para sua realização

A partir das três alternativas apresentadas nos estudos hidrológicos recentes (vide item Identificação do Empreendimento) foram inseridas as variáveis ambientais e identificada a alternativa locacional mais viável

Quanto a viabilidade econômica, conceitualmente poderemos afirmar que, se o custo de construção do açude Pesqueiro, inclusive a adutora até a cidade de Capistrano apresentar-se dentro dos valores médios praticados pelo PROURB, sua construção seria economicamente viável. Para a realização de tal estudo, selecionou-se 10 (dez) açudes, sendo dois (2) já concluídos (Jerimum e Castro) e 8 em construção (Tabela 1). Quanto as adutores, foram selecionadas 15 com custos e comprimentos perfeitamente identificados (Tabela 2)

Tabela 1
Açudes do PROURB (Construídos e em Construção)

Item	Localidade	Superfície (ha)	Valor Médio (R\$)	Custo (R\$/hm ³)
1	Jerimum Itapagé	20.5	1 613 000.00	78 682.93
2	Castro Itapiúna	63.9	2 358 000.00	36 901.41
3	Angicos Coreaú	56.05	2 453 000.00	43 764.50
4	Ubalzinho Cedro	32.00	2 465 000.00	77 031.25
5	Barra Velha Independência	99.5	4 875 000.00	48 994.97
6	Gangora Granja	46.2	3 944 000.00	85 367.97
7	Sítios Novos Caucaia	123.2	8 340 000.00	67 694.81
8	Souza Canindé	30.84	3 725 000.00	120 784.70
	Media	59.02	3 721 625.00	69 902.82
	Desvio Padrão	35.78	2 144 874.68	27 177.61

Fonte: AMPLA Engenharia - 1998 (Dados primários do PROURB)

O custo de construção do açude Pesqueiro previsto pelo projeto de 1988 foi de US 1 121 865.75 o que corresponde a preços em Real, a importância de R\$ 1 278 927 00

Considerando que o volume previsto do reservatório e de $8,2 \times 10^6$ m³ teremos um custo em torno de R\$ 155 966.00 por hm³. Pode-se observar que, com os dados atuais o custo de construção extrapola, numa primeira aproximação, aos custos praticados pelo PROURB. Entretanto, após a conclusão da atualização do projeto executivo poder-se-á verificar com maior precisão tais valores. Nesta ocasião serão consideradas outras variáveis na composição dos custos, tais como as variáveis pedológicas.

Por outro lado, se considerarmos os preços previstos no Estudo de Custo/Benefício (Item 2.4), que corresponde a R\$ 761 791.13, o preço do hm³ cairia para R\$ 92 901.00, o que tornaria sua construção bem mais viável. É importante observar que o preço previsto na análise de Custo/Benefício é mais real do que o previsto no projeto de 1988.

O projeto do Açude Pesqueiro elaborado em 1988 não contempla o custo de construção da adutora Pesqueiro/Capistrano em torno de 12 km. Pela Tabela 2, o Valor Médio de construção de adutoras praticado pelo PROURB situa-se em torno de R\$ 47 000,00 por km, com Desvio Padrão em torno de R\$ 24 000.00 considerando o universo da amostra

consideradas. Deste modo a adutora de Capistrano pode ser considerada economicamente viável se seu custo girar em torno de 600 000,00

Tabela 2
Adutoras do PROURB (Construídas e em Construção)

Item	Adutora	Comprimento (km)	Custo Total (R\$)	Custo/m (R\$/km)
1	Caio Prado	11.76	493 000,00	41 921.77
2	Ideal/Capivara/Ocara	11.14	494 000,00	44 344.70
3	Palmatoria	12.06	270 000,00	22 388.06
4	Senador Sa/Uruoca	33.03	1 148 000,00	34 756.28
5	Jordão	26.25	1 479 000,00	56 342.86
6	Ipu	12.90	300 000,00	23 255.81
7	Alcântara	17.08	1 183 000,00	69 262.30
8	Itapage	16.97	509 000,00	29 994.11
9	Irauçuba	33.08	794 000,00	24 002.42
10	Ibicuitinga/Palhano/Itaiçaba	22.70	278 000,00	12 246.70
11	Piquet Caneiro	7.40	414 000,00	55 945.95
12	Cedro	6.00	449 000,00	74 833.33
13	Assaré	12.00	1 049 000,00	87 416.67
14	Várzea Alegre	12.00	988 000,00	82 333.33
	Media	16.74	703 428.57	47 074.59
	Desvio Padrão	8.77	396 503.70	24 333.67

Fonte: AMPLA Engenharia (Dados primários do PROURB)

2.4 – Relação Custo X Benefício

Entende-se que o objetivo maior de qualquer projeto de investimento público é a maximização do bem-estar da sociedade. Embora este objetivo seja irrecusável, as múltiplas dimensões do conceito de bem-estar dificultam e, muitas vezes, não permitem a definição de critérios diretos e abrangentes que possam auxiliar na tomada de decisão quanto às alternativas de investimentos públicos. Este é o problema que se apresenta quando da análise de custo/benefício de qualquer projeto, posto que esta se propõe a indicar, entre alternativas, aquela que a sociedade mais prefere.

Entende-se hoje que a definição das dimensões de um barramento, bem como a sua própria construção está associada às decisões do Comitê da Bacia Hidrográfica a qual pertence o futuro reservatório, tendo como subsídio os custos de implementação, operação, monitoramento e conservação do barramento, bem como os custos ambientais, notadamente o impacto sócio-econômico que o futuro reservatório poderá

provocar. Não se tendo ainda Comitê de Bacia na região hidrográfica Bacias Metropolitanas e os estudos ambientais agora e que estão sendo incrementados, o estudo de dimensionamento da barragem Pesqueiro teve como parâmetro decisor o estudo de custo-benefício em que o custo é uma estimativa do custo de implantação da obra e os benefícios associados aqueles oriundos da vazão disponível (ou alocável). O estudo de custo-benefício é concluído com a estimativa do custo incremental da água.

O estudo de Custo X Benefício, numa primeira aproximação visto não levar em conta as variáveis ambientais, consta da análise de vinte alternativas de configurações de dimensões de vertedouro e maciço tendo por base os estudos hidrologicos já realizados para o açude Pesqueiro³.

2.4.1 – Estimativa de Custo

O custo do barramento é estimado neste trabalho como sendo a soma do custo do maciço do barramento e do custo do vertedouro. O custo do barramento é estimado a partir da estimativa de implantação de um maciço homogêneo de terra com coroamento definido pelo nível do armazenamento máximo do reservatório somado ao nível da cheia de projeto acrescido de uma folga de dois metros.

O custo do vertedouro foi estimado a partir da cubação da escavação necessária e das obras de engenharia necessárias à execução do mesmo.

O Quadro 2.2 apresenta a cota do coroamento do maciço das barragens calculado para diferentes dimensões do vertedouro e diferentes capacidades de armazenamento. O coroamento foi calculado utilizando os níveis máximos do reservatório apresentados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Cotas Máximas do Reservatório em Metros após a Laminação Associada a Cheia de Recorrência Próximo a Milenar

		Comprimento do Vertedouro (m)			
		80	60	40	20
Cota da Soleira (m)	193,50	194,32	194,39	194,50	194,65
	194,50	195,32	195,39	195,50	195,65
	195,50	196,32	196,40	196,50	196,62
	196,50	197,20	197,25	197,32	197,42
	198,00	198,70	198,75	198,82	198,93

Fonte: GHG Engenharia - Estudos Hidrológicos do Pesqueiro, 1998.

³ O estudo Hidrológico completo encontra-se inserido em item específico no Diagnóstico Ambiental AÇUDE PESQUEIRO - ESTUDO DE IMPACTO AMBIENCIAL - IIA.

Quadro 2.2 – Cota do Coroamento da Barragem Estimada a partir das Cotas Máximas Calculadas Anteriormente

Soleira (m)	Volume (hm³)	20	40	60	80
198.00	10.00	200.93	200.82	200.75	200.70
196.50	8.05	199.42	199.32	199.25	199.20
195.50	7.00	198.62	198.50	198.40	198.32
194.50	6.05	197.65	197.50	197.39	197.32
193.50	5.05	196.65	196.50	196.39	196.32

Fonte: GHG Engenharia - Estudos Hidrológicos do Pesqueiro, 1998

O Quadro 2.3 e Quadro 2.4 apresentam os custos do maciço e do vertedouro, respectivamente, para os diversos níveis do reservatório e para as diferentes capacidades de armazenamento. Observa-se que há uma relação de troca entre os custos do maciço e do vertedouro. Enquanto o custo do maciço cresce com o aumento da capacidade de armazenamento do reservatório e com o decréscimo do tamanho do vertedouro, o custo do vertedouro decresce com o aumento da capacidade de armazenamento do reservatório (maior amortecimento das cheias) e com o incremento do tamanho do vertedouro. Esta relação de troca sugere um mínimo de custo.

Quadro 2.3 – Estimativa de Custo do Maciço em Reais (R\$)

Soleira (m)	Volume (hm³)	20	40	60	80
198.00	10.00	619 764,69	611 596,97	606 436,88	602 768,92
196.50	8.05	513 831,43	507 277,53	502 723,13	499 486,72
195.50	7.00	462 953,95	455 625,00	449 576,96	444 777,25
194.50	6.05	405 913,69	397 535,00	391 464,46	387 633,76
193.50	5.05	352 224,99	344 605,00	339 087,41	335 607,07

Fonte: GHG Engenharia - Estudos Hidrológicos do Pesqueiro, 1998

Quadro 2.4 – Estimativa de Custo do Vertedouro em Reais (R\$)

Soleira (m)	Volume (hm³)	20	40	60	80
198.00	10.00	95 072,00	187 984,00	280 896,00	373 808,00
196.50	8.05	86 876,00	172 972,00	259 068,00	345 164,00
195.50	7.00	81 412,00	162 964,00	244 516,00	326 068,00
194.50	6.05	75 948,00	152 956,00	229 964,00	306 972,00
193.50	5.05	70 484,00	142 948,00	215 412,00	287 876,00

Fonte: GHG Engenharia - Estudos Hidrológicos do Pesqueiro, 1998

O Quadro 2.5 apresenta uma estimativa do custo global para as vinte alternativas de dimensionamento do reservatório e o valor mínimo encontrado para cada uma das diferentes capacidades de armazenamento consideradas.

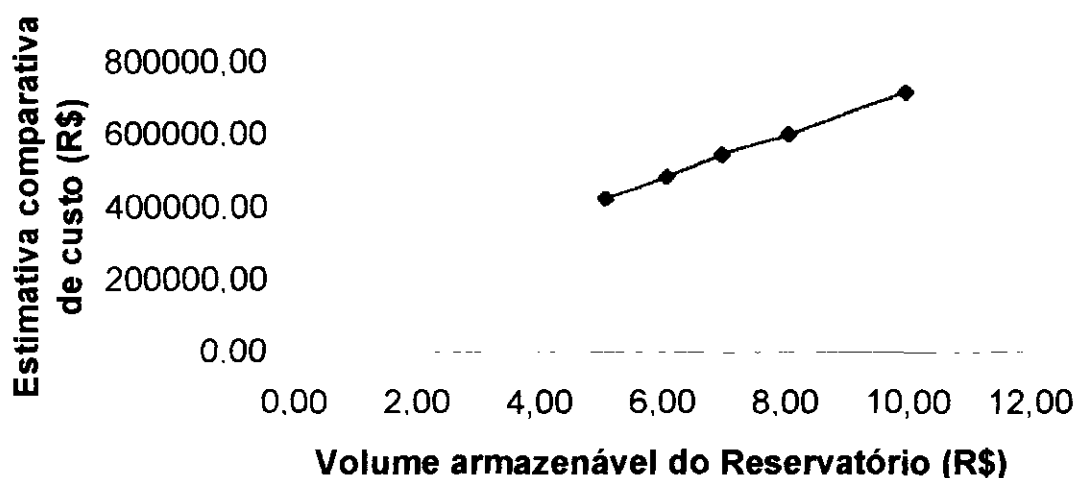
Quadro 2.5 – Estimativa de Custo Global em Real (R\$)

Soleira (m)	Volume (hm ³)	20	40	60	80	Menor
198.00	10,00	714 836,69	799 580,97	887 332,88	976 576,92	714 836,69
196.50	8.05	600 707,43	680 249,53	761 791,13	844 650,72	600 707,43
195.50	7.00	544 365,95	618 589,00	694 092,96	770 845,25	544 365,95
194.50	6.05	481 861,69	550 491,00	621 428,46	694 605,76	481 861,69
193.50	5.05	422 708,99	487 553,00	554 499,41	623 483,07	422 708,99

Fonte: GHG Engenharia - Estudos Hidrológicos do Pesqueiro, 1998

A Figura 2.1 apresenta o gráfico da evolução do custo versus capacidade máxima armazenável do reservatório

Figura 2.1 – Crescimento do Custo do Barramento com o Volume Máximo Armazenável do Reservatório



Fonte: GHG Engenharia - Estudos Hidrológicos do Pesqueiro, 1998

2.4.2 – Estimativas Custo – Benefício

O custo incremental da água é apresentada no Quadro 2.6. O custo incremental da água expressa a razão entre a variação do custo do barramento e do incremento da vazão regularizada quando se aumenta as dimensões do reservatório em um dado valor. Pode-se dizer que este é o custo da água regularizada que se incrementa quando se aumenta as dimensões do reservatório. O custo médio mostrado neste quadro traduz a estimativa de quanto custa a água regularizável do reservatório para as diferentes dimensões.

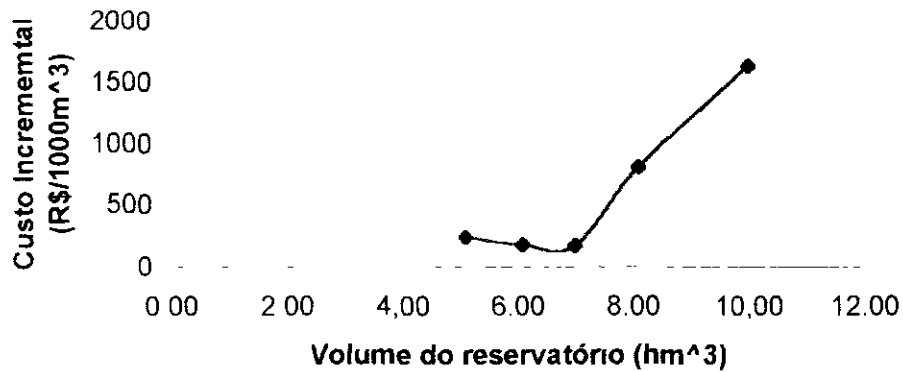
Quadro 2.6 – Custo Incremental da Água

Volume (hm ³)	Regularização (hm ³)	Custo (R\$)	Custo Incremental (R\$/1000m ³)	Custo Médio (R\$/1000m ³)
10,00	2,66	714.836,69	1630,41	268,74
8,10	2,59	600.707,43	804,87	231,93
7,00	2,32	544.365,95	168,93	216,02
6,10	2,15	481.861,69	173,97	224,12
5,10	1,81	422.708,99	233,54	233,54

Fonte: GHG Engenharia - Estudos Hidrológicos do Pesqueiro, 1998

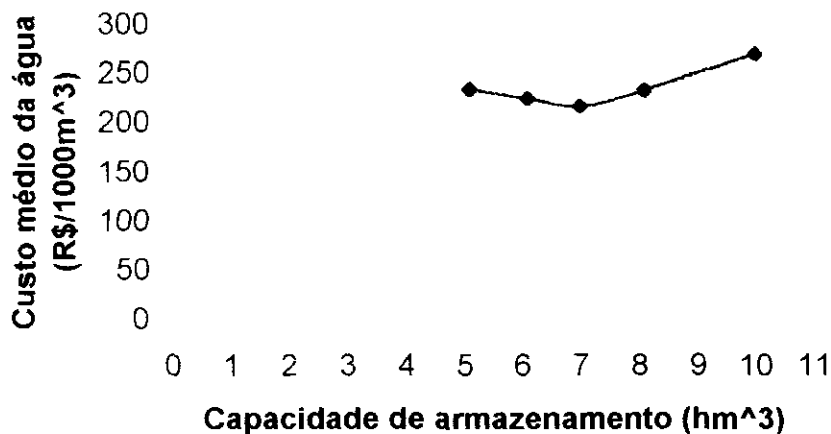
As Figuras 2.2 e 2.3 mostram, em gráfico, os dados apresentados no Quadro 2.6

Figura 2.2 – Variação do Custo Incremental da Água X Capacidade de Armazenamento do Reservatório



Fonte: GHG Engenharia - Estudos Hidrológicos do Pesqueiro, 1998

Figura 2.3 – Variação do Custo Médio da Água X Capacidade de Armazenamento do Reservatório



Fonte: GHG Engenharia - Estudos Hidrológicos do Pesqueiro, 1998

A análise dos dados de custo sugerem que o reservatório deve ser projetado com uma capacidade de armazenamento em torno de oito hectômetros cúbicos (8hm³)

O incremento de custo acentuado para capacidades de armazenamento maiores que oito milhões de metros cúbicos e devido a topografia do boqueirão, que se torna muito aberto e surgem diversas celas que fazem com que haja a necessidade de diques, encarecendo significativamente o custo incremental da água

Evidentemente que, por ocasião da inclusão das variáveis ambientais para a conclusão da análise Custo/Benefício, necessário se faz conhecer as características do Vertedouro, bem como a Capacidade de Regularização do Reservatório e Erosão Média da Bacia (Perda de Solo). A íntegra destes estudos encontra-se, como já citado anteriormente, no item Identificação do Empreendimento

2.4.3 – Dimensionamento do Vertedouro

O estudo de dimensionamento do vertedouro pretende definir as dimensões do vertedouro a partir de um estudo de diversas alternativas de tipos e dimensões refinando a metodologia do estudo realizado quando da análise de alternativas mostrada no item O estudo de alternativas de dimensões do barramento indicou um volume de armazenamento do reservatório em torno de 8,0 hm³, que corresponde a soleira do vertedouro na cota 196,5 m. A partir destas informações foi desenvolvido o estudo hidrologico objetivando dimensionar o vertedouro do açude Pesqueiro

Foram estudadas três curvas alternativas de descarga, quais sejam

- Vertedouro do tipo Creager
- Vertedouro escavado em rocha com fundo plano horizontal
- Vertedouro escavado em rocha com declividade longitudinal de 0.005 m/m

Em seguida, o estudo hidrologico apresenta o comportamento da propagação da cheia milenar e decamilenar no reservatorio sujeita a estes três tipos de vertedouros frente as quatro dimensões diferentes ja citada, isto e 20, 40, 60 e 80 metros

A analise do comportamento geral dos vertedouros solicitados por cheia de recorrência milenar e decamilenar conforme o estudo hidrologico, sugere

- comportamento do vertedouro escavado em rocha com declividade longitudinal de 0.005 m/m e *proximo* ao comportamento do vertedouro do tipo Creager para cheias milenares.
- O comportamento do vertedouro escavado em rocha com declividade longitudinal de 0.005 m/m e *idêntico* ao comportamento do vertedouro do tipo Creager para cheias decamilenar
- A curva de descarga do vertedouro escavado com declividade de 0,005 m/m produz lâminas de 20 a 30 cm menores que o vertedouro de fundo horizontal,

Partindo-se destas considerações e considerando ainda que o vertedouro escavado e de construção mais simples e mais econômica que o Creager, e indicado a implantação de um vertedouro escavado em rocha com declividade de 0.005 longitudinal para a barragem Pesqueiro. Considerando as velocidades e a lâmina maxima, recomenda-se que o vertedouro tenha 60 m de largura

2.4.4 – Capacidade de Regularização do Reservatório

A importância do estudo da capacidade de regularização de um reservatório esta ligada ao conhecimento das mudanças temporais e espaciais dos deflúvios naturais, visando o atendimento das demandas da sociedade. Buscou-se avaliar a capacidade de regularização do reservatorio para diferentes garantias operando em estado de equilibrio as incertezas na regularização para series de vazões curtas (por exemplo 30 e 60 anos), a regularização do reservatorio para diferentes garantias e os niveis de permanência do reservatorio em estado de equilibrio

O estudo realizado pela empresa projetista foi realizado em três partes. A primeira analisou o futuro reservatório utilizando modelos que simulam a solução direta da equação do balanço hidrico. a segunda parte, analisou o comportamento do reservatorio

utilizando o método da matriz de transição e a terceira sintetizou os resultados obtidos nas análises anteriores

A comparação dos resultados das duas metodologias mostra que não há variação significativa na vazão regularizada com garantia de 90% calculada nas diversas formas sendo a estimativa de vazão regularizada do reservatório de 2.32 hm³/ano ou seja 73 l/s pelo método da matriz de transição, e de 2.44 hm³/ano (77 l/s) pelo método da simulação direta. A probabilidade de vertimento do reservatório foi de 45% pelo método da matriz de transição vertendo-se aproximadamente 60% da vazão afluente segundo os cálculos da simulação direta do reservatório

2.4.5 – Erosão no Reservatório

A metodologia tradicionalmente utilizada para o cálculo da erosão média em bacias hidrográficas é o USLE⁴ porém Simon & Senturk (1992) advertem que esta metodologia apresenta importantes limitações, particularmente, em regiões semi áridas. O valor mais questionável é a estimativa de R, naquela formulação, devido principalmente às chuvas de grande intensidade que ocorrem nestas regiões associado a possibilidade de intermitência nos escoamentos

Como forma de corrigir este inconveniente, o estudo elaborado pela empresa projetista propõe uma equação de perda de solo modificada (MUSLE). Devido às condições semi áridas da região nordestina se faz necessário portanto, a aplicação da equação de perda de solo modificada (MUSLE) na avaliação de assoreamento de reservatório como no caso do açude Pesqueiro

A perda de solo em cada sub-bacia foi calculada pela Equação Universal de Perda de Solos Modificada, MUSLE, para eventos isolados de precipitação, esta equação tem a forma

$$Y = R w K L S C P \quad (\text{Eq 2.1})$$

onde Y é a produção de sedimentos para um evento isolado, em toneladas, R w é o fator de escoamento, K é o fator de erodibilidade do solo, em t h⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, C é o fator de manejo do solo, P é o fator de prática conservacionista

O fator R w avalia o potencial erosivo do escoamento superficial. O fator K avalia a suscetibilidade do solo a erosão, em função da distribuição granulométrica, da porcentagem de matéria orgânica, da estrutura e da permeabilidade do solo. O fator LS expressa a influência do comprimento e da declividade da rampa sobre a erosão. O fator C leva em conta os efeitos da cobertura vegetal e de uso e manejo do solo. O fator P leva em conta as práticas conservacionistas mais comuns

⁴ Equação Universal de Perda de Solo
ACI DE PESQUEIRO
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

O fator de escoamento R_w é calculado pela equação

$$R_w = 89,6 (QS qp)^{0,56} \quad (\text{Eq 2 2})$$

onde QS é o volume escoado superficialmente, em m^3 e, qp é a vazão de pico do escoamento superficial em $m^3 s^{-1}$.

O valor de K em $t h^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}$ foi obtido pelo mapa de erodibilidade do solo produzido em estudo da ELETROBRAS denominado "Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos principais rios brasileiros".

O valor do fator de uso e manejo do solo, C , na falta de levantamentos detalhados da cobertura vegetal foi fixado em 0,36. Esse valor é indicado por Lencastre e Franco (1984), para vegetação rasteira cobrindo aproximadamente 25% da área da bacia, com o restante do solo sem nenhum revestimento.

Na fixação do fator de prática conservacionista, P , considerou-se a prática conservacionista como *cordões de vegetação permanente* que Segundo Carvalho (1994) tem valor igual a 0,20.

O valor do fator conjunto de comprimento e grau de declive, LS , foi calculado pela equação de Williams e Berndt (1977) citado em Paiva et al (1995), dada por

$$LS = (L/22,1)^m (0,065 + 0,0454 S + 0,0065 S^2) \quad (\text{Eq 2 3})$$

onde m é 0,2 para $S < 0,5$, m é 0,3 para $0,5 < S < 3,5$ e m é 0,5 para $S > 4,5$.

S é a declividade da rampa em %, L é o comprimento da rampa em metros, definido como a distância entre o início do escoamento superficial e a mudança de inclinação do terreno, ou outra causa de interrupção do escoamento da lâmina de água superficial, medida segundo o máximo declive.

Define-se o percurso médio do escoamento superficial como a distância média que a água da chuva teria que percorrer, caso o escoamento se desse em linha reta, desde o ponto de queda na bacia até o curso d'água mais próximo. Admitindo que uma bacia com um único curso d'água passando pelo seu centro, possa ser representada por uma área de drenagem retangular, o percurso médio do escoamento superficial, corresponde a $\frac{1}{4}$ da largura do retângulo. Por essa razão, a projetista adotou o valor do comprimento da rampa como $\frac{1}{4}$ da largura do retângulo equivalente da bacia.

A largura do retângulo equivalente dada por

$$l_e = \frac{P}{2} - L \quad (\text{Eq 2 4})$$

onde P é o perímetro da bacia e L é o comprimento do retângulo equivalente, dado pela equação

$$L = 0,89 kc A [1 + 1 - (1,12/kc)^2] \quad (\text{Eq 2 5})$$

sendo A a área da bacia e Kc o coeficiente de compacidade, dado pela equação

$$Kc = 0,28 \cdot P/A \quad (\text{Eq 2.6})$$

Aplicou-se esta equação a eventos de cheias com recorrência de 2, 10, 25, 50 e 100 anos. E integrou-se os valores pela curva de probabilidades, como é mostrado no quadro resumo nos resultados (Quadro 2.7). Esta integração fornece o valor estimado da carga sólida afluenta ao reservatório Pesqueiro.

Estima-se em seguida o assoreamento do reservatório ao fim de um período de cem anos. Para este fim utiliza-se a curva de retenção de sólidos proposta por Brune e obtém-se a eficiência da retenção. Calcula-se em seguida o peso específico do sedimento depositado ao final do século e com este valor obtém-se o volume total assoreado pela simples divisão do total de sedimento retido nos cem anos de vida do reservatório pela densidade aparente do sedimento naquela data.

Os valores básicos para a aplicação das Equações 2.2 a 2.6, assim como os resultados oriundos da aplicação das mesmas encontra-se descrito no Quadro 2.7.

Quadro 2.7 – Resumo dos Resultados da Aplicação das Equações 2.2 a 2.6

Parâmetro	Valor	Unidade
Perímetro da bacia	50,28	km
Área da bacia	84,19	km ²
L _{tal}	11,5	km
Declividade em %	9,34	%
M	0,5	
Fator de Forma (K _c)	1,53	
L _e	13,0	km
L	12,2	km
L _{rampa}	3,0	km

Fonte: GHG Engenharia – Estudo Hidrológico, 1998

A aplicação da metodologia anteriormente descrita produz os valores para os parâmetros da equação MUSLE, considerando fator de erodibilidade do solo (K) igual a 0,3, fator de manejo do solo (C) igual a 0,36, fator de prática conservacionista (P) igual a 0,2 e fator que está associado a declividade e ao comprimento do talvegue (LS) igual a 0,25. Estes valores quando implementados na equação MUSLE produzem os resultados apresentados no Quadro 2.8 onde pode-se observar que a produção média anual de sedimento na bacia do Pesqueiro é de aproximadamente 12.300 t/ano.

É importante observar que a aplicação dos parâmetros calculados na equação MUSLE com a substituição do valor do parâmetro associado a chuva R pelo valor regional obtido do estudo da ELETROBRAS denominado "Diagnostico das Condições Sedimentológicas dos principais rios brasileiros" igual a 500 e aplicada a equação USLE, obteve-se para a descarga sólida afluente anual do reservatório Pesqueiro o valor de 21 980 t/ano

Quadro 2.8 – Calculo da Descarga Solida pelo Metodo MUSLE

Tr (anos)	Freq	P (ocorrer)	Vol Cheia (m3)	Q (m3/s)	Rw	Evento (ton)	Anual	
2	0.50	0.50	54000	1.66	53175.1	288.60	144.299	
10	0.10	0.90	144000	4.26	156120.6	847.32	338.926	
25	0.04	0.96	922000	26.26	1222819.5	6636.62	398.197	
50	0.02	0.98	1574000	44.22	2208905.6	11988.42	239.768	
100	0.01	0.99	2481000	68.71	3647792.9	19797.70	395.954	
							12 288.8	t/ano

Fonte: GHG Engenharia – Estudo Hidrológico, 1998

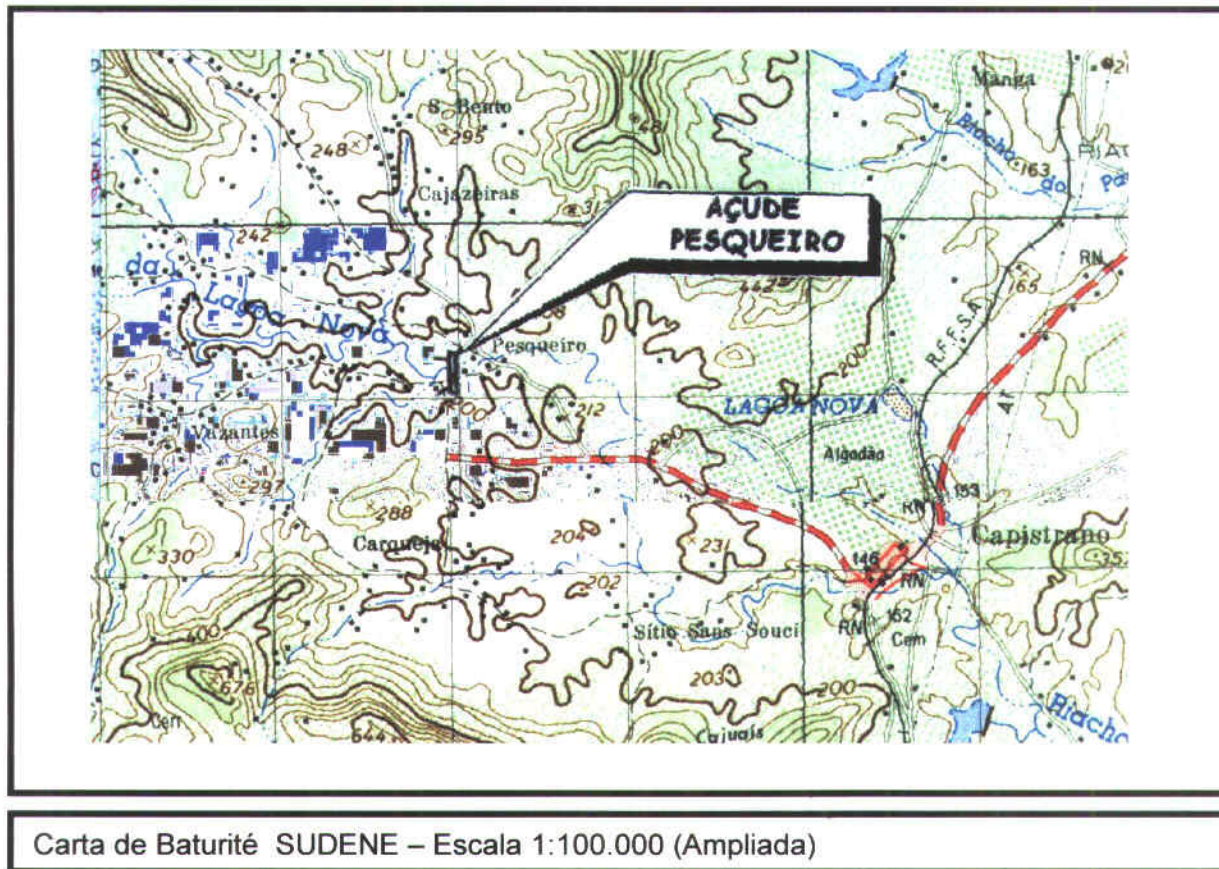
Observação: Após concluído o cronograma das obras físicas do açude Pesqueiro (que esta associado ao desembolso financeiro), juntamente com os custos de desapropriação e os usos múltiplos (receita) do reservatório sera possível, apresentar, em definitivo, a Relação Custo/Benefício do Empreendimento

2.5 - Estudos Topográficos – Declividade da Bacia Hidrográfica do Açude Pesqueiro

Considerando que os estudos topográficos realizados pela Aguasolos apresentaram valores distorcidos, não sendo recomendável sua utilização para fins de cadastramento da propriedades e infra-estrutura existentes na bacia hidráulica a AMPLA Engenharia tomou a decisão de realizar tais serviços mesmo que não estejam previsto em seu contrato. Entretanto, a nível de bacia hidrográfica, podemos apresentar o que se segue:

O barramento do açude Pesqueiro foi localizado, como já citado anteriormente, a cerca de doze quilômetros a noroeste da cidade de Capistrano, sendo a BR – 060 a rodovia que interliga essa cidade a Fortaleza, capital do Estado do Ceará. A Figura 2.4 mostra a localização do boqueirão do reservatório Pesqueiro.

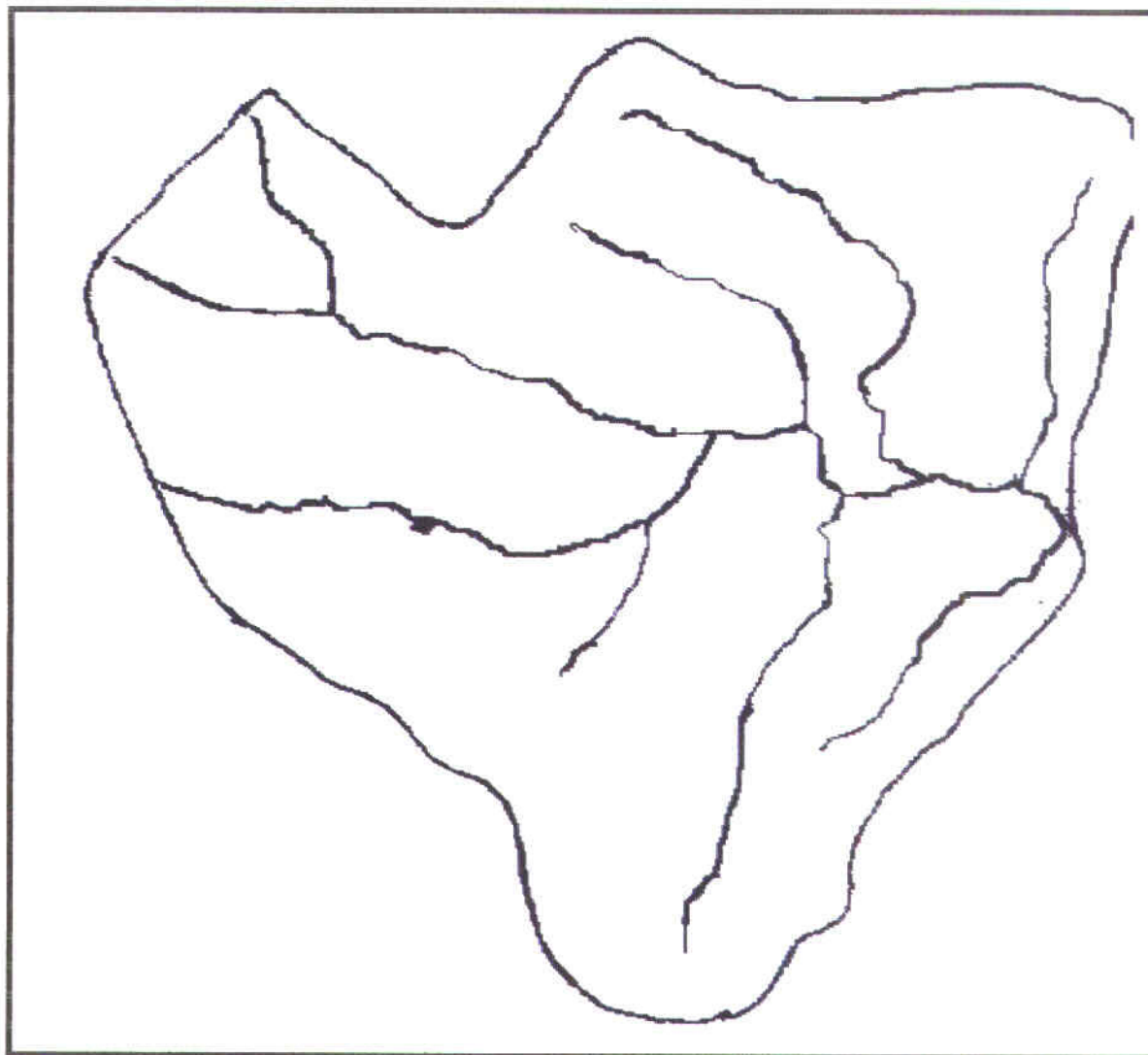
Figura 2.4 - Mapa de Localização do Açude Pesqueiro



Com base nas cartas da SUDENE na escala de 1:100.000, gerou-se o mapa dos contornos da bacia, que depois de escaneizado e vetorizado, gerou uma base num sistema geográfico de informação (GIS), mapa este em formato raster com resolução de 28 m. A partir deste mapa obteve-se a área da bacia hidrográfica como produto do número de elementos contidos no quadrado de 28mX28m, cujo valor da feição padronizou-se como sendo a área interna da bacia. Obteve-se desta forma o valor de 84,19 km² para a bacia de contribuição do açude Pesqueiro. Deste mesmo mapa obteve-se o perímetro da bacia hidrográfica como sendo de 50,26 km.

Usando o mesmo procedimento com as cartas de 1:100.000, gerou-se um mapa da bacia hidrografia, isolando-se apenas o riacho da Lagoa Nova. Obtém-se, desta forma, um comprimento de seu talvegue de 15,79 km, conforme ilustra a Figura 2.5.

Figura 2.5 - Rede Hidrográfica da Bacia do Pesqueiro (Riacho da Lagoa Nova)



Fonte: GHG Engenharia – Estudo Hidrológico, 1998

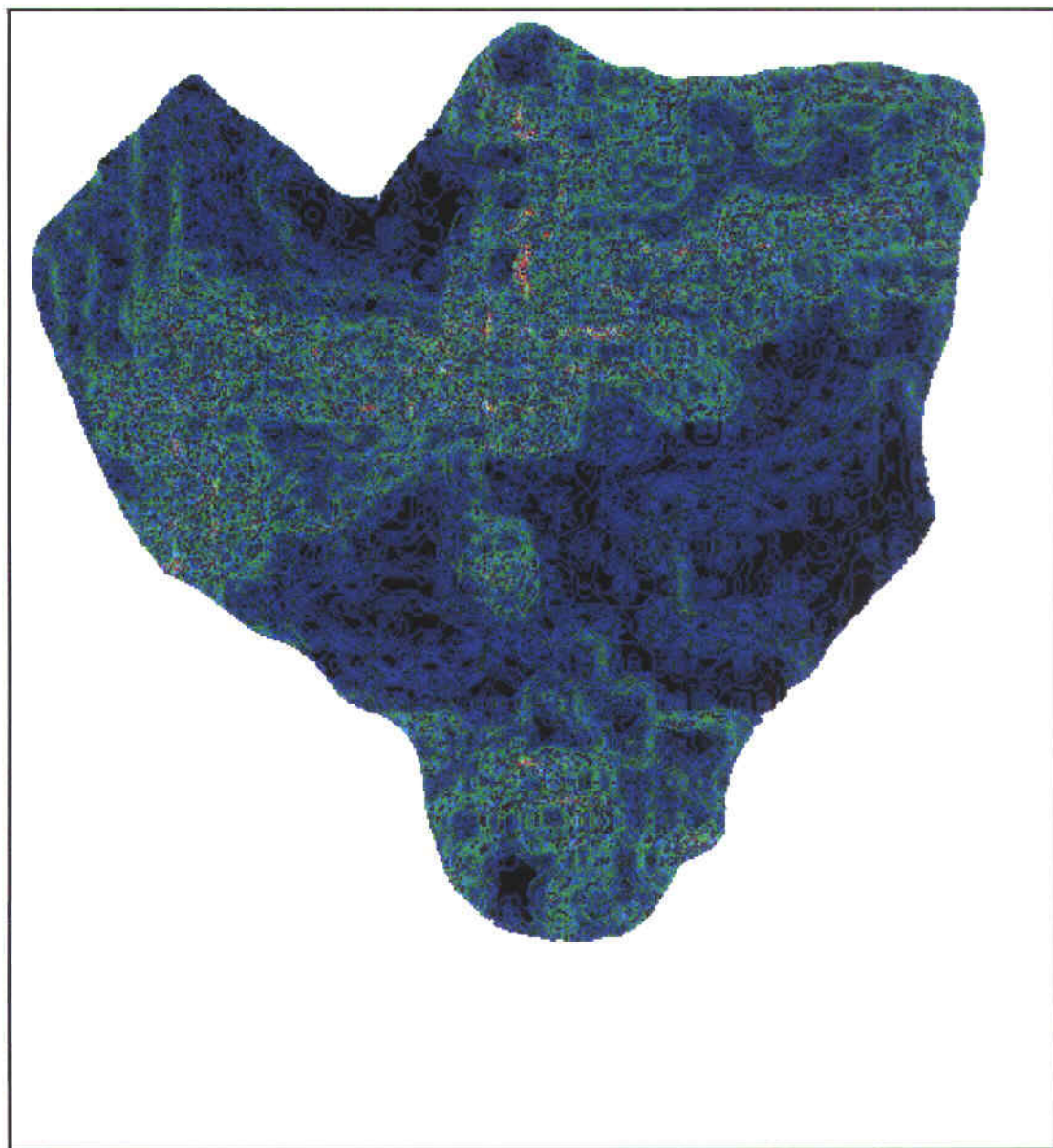
Para se estudar a declividade da bacia isolou-se na carta de 1:100.000 um retângulo que circunscovia a bacia e traçou-se um reticulado e retirou-se as cotas dos pontos de intercessão da grade com as curvas de nível fundos de vale. Além dos pontos cotados. A partir destes pontos em um software de geoprocessamento gerou-se um modelo digital do terreno e com mesmo software gerou-se um mapa de declividade.

A Figura 2.6 apresenta um mapa da declividade do terreno em percentagem, sendo que os pontos azuis tendendo para o negro apresenta valores mais baixos e os mais claros tendendo para o verde já apresenta valores mais elevados.

Peio mapa pode-se distinguir tres regiões bem caracterizadas: uma região de menores declividades situadas no baixo vale do riacho, as regiões de altas declividades localizadas na encosta e região relativamente plana no alto da serra fazendo os contornos da bacia.

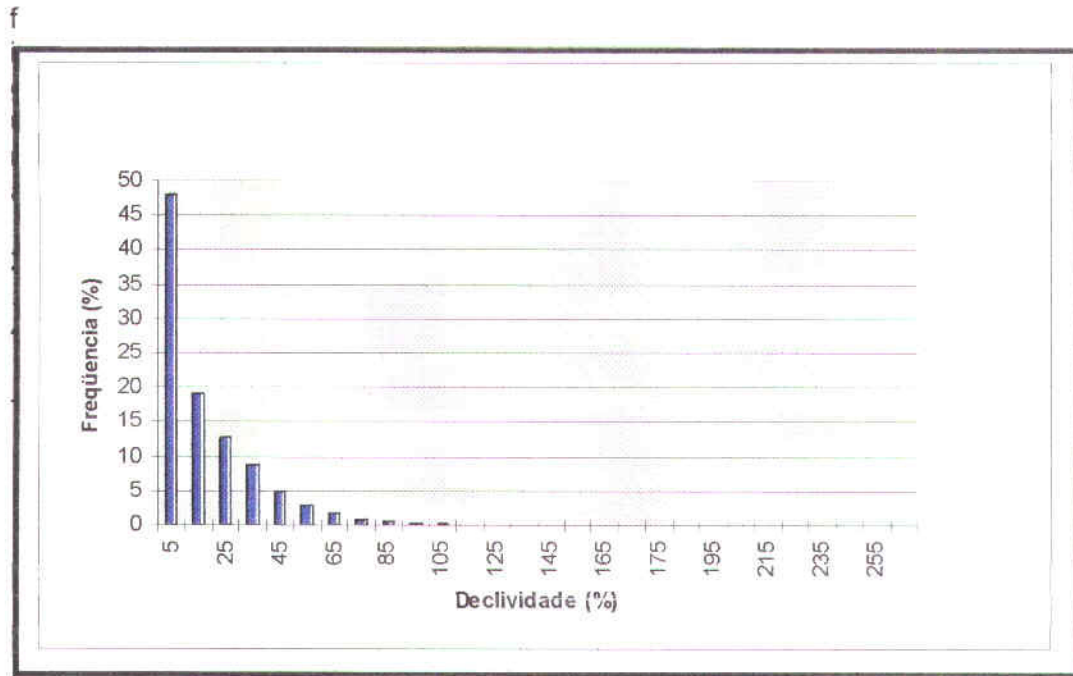
A Figura 2.4 mostra o histograma das declividades, daí pode-se perceber que apesar da bacia apresentar pontos de declividade acima de 200 por cento, os valores de maior frequência estão abaixo dos 20 por cento de declividade, tendo uma frequência acumulada acima de 60 por cento. A declividade média da área da bacia hidrográfica é de 9,34 %, média esta obtida através da média aritmética simples dos valores das declividades médias de cada pixel.

Figura 2.6 – Mapa de declividade do terreno da bacia hidráulica do Pesqueiro



Fonte: GHG Engenharia – Estudo Hidrológico, 1998

Figura 2.4 – Histograma das declividades em Porcentagem



Fonte: GHG Engenharia – Estudo Hidrológico, 1998

A declividade equivalente foi calculada usando a fórmula apresentada na equação 2.7.

$$I_e = \left[\frac{L_t}{\sum (L_i / I_i^{1/2})} \right]^2 \quad (\text{Eq.2.7})$$

Onde:

- L_t é comprimento total do curso d'água, no caso foi adotado o do riacho da Lagoa Nova, cujo comprimento é de 15.788 m;
- L_i é o comprimento do trecho do curso d'água em que se tomou os valores das declividades médias. Como foi usado o geoprocessamento, o valor de L_i é constante e igual ao valor da resolução que no caso é de 28m;
- I_i é o valor da declividade média no trecho considerado, no caso o mapa obtido pela simples aplicação de módulos que compõem o GIS em mapa do modelo digital do terreno.

Com base em transformações sucessivas no mapa de declividade se obteve um mapa cujos valores das feições são iguais a raiz quadrada do inverso da declividade do terreno em metro por metro. Ao ser solicitado o valor do somatório das feições que ocupam os pontos da grade onde passa o riacho Lagoa Nova se obtém que $1 / \sum I_i^{1/2} = 1.671,91$, daí

se tem que $I_e = [(15\,788 / (28 * 1\,671.91))^2]$. consequentemente $I_e = 0,1137$ m/m ou seja. a declividade equivalente do curso do riacho Lagoa Nova é de 11,37%

2.6 – Estudos Geológicos e Geomorfológicos

A área onde será inserido o açude está situada em terrenos pré - cambrianos. mais precisamente dentro do contexto do Complexo Nordestino

A litologia da área caracteriza-se por apresentar rochas gnáissicas de coloração cinza. bandado, caracterizadas por exibir em sua composição minerais máficos com um domínio claro de biotita. seguidos em menor incidência por quartzo e feldspato. Estas rochas mostram um evidente processo de migmatização, visto a partir da observação de sua orientação planar e linear e dos planos de xistosidade incipientes

Em alguns pontos da área identificou-se a sequência gnáissica sendo cortada por veios pegmatóides. e ainda a presença de significativos blocos de quartzo bastante angulosos, caracterizando o preenchimento de fraturas, seguidos de posterior desagregação

Os eventos tectônicos ocorridos na área não afetam o comportamento da barragem do ponto de vista da estanqueidade, uma vez que não foram, a princípio, observados falhamentos ou fraturamentos de grande profundidade ou com características que comprometam a estabilidade do reservatório

Estas rochas do cristalino encontram-se recobertas por sedimentos recentes, originados a partir do intemperismo *in situ* das rochas do Complexo Nordestino, com um pacote de espessura bastante variável, sendo mais espesso nas proximidades do riacho a ser barrado em função dos depósitos aluviais

Em termos geomorfológicos, podemos afirmar que a área esboça um vale semi-aberto com presença constante de afloramentos rochosos no leito do riacho a ser barrado (riacho da Lagoa Nova). O talvegue apresenta-se bem recortado onde a ação fluvial em alguns pontos diseca margem dos rios esboçando perfis perpendiculares, evidenciando assim, pacotes de argila bem destacados. Nas áreas mais elevadas, encostas dos vales, observa-se o predomínio de saibro capeando a base geológica

A Depressão Sertaneja também observada na geologia regional, engloba a subdivisão denominada Depressão Interplanáltica Central, onde a sudeste surge uma superfície plana elaborada por processos de pediplanação e no restante da área aparecem as formas de dissecação convexas de vales em "V" e as formas tabulares com relevos de topo plano e vales de fundo igualmente plano

Grande parte da área em estudo mostra dissecação em interflúvios tabulares com restos do aplainamento conservado nos arredores da Serra de Batunté. Este setor apresenta com certa frequência os efeitos seletivos da erosão através de "inselbergs" isolados ou em grupos

Como Planalto Residual sobressai a Serra de Batunté a noroeste da área. Trata-se de um maciço gnáissico cuja altitude média é de 600m. Possui topo dissecado em colinas formando um plano cimeiro, ladeado por cristas.

Este maciço, devido a altitude elevada e ao posicionamento pré-litorâneo, barra os ventos que sopram do litoral, aí depositando parte da umidade, esses terrenos funcionam como um "brejo".

Atualmente observam-se apenas resquícios do revestimento primário, pois a região é muito cultivada. A incisão da drenagem é forte, proporcionando a ocorrência de vales em "V" e por vezes suspensos.

A estratigrafia apresenta um posicionamento da seguinte forma:

- **ROCHAS PLUTONICAS DE POSICIONAMENTO DUVIDOSO** – Trata-se de corpos de natureza pré-tectônica, considerados como fragmentos antigos de rochas possivelmente originadas no manto, sendo, portanto, de idades muito mais antigas do que as indicadas pelas atuais datações radiométricas. Na área aparece, a nordeste, um corpo diorítico encaixado em rochas gnáissico-magmáticas do Complexo Nordestino. Trata-se de uma rocha de granulação que varia de equigranular a porfírica, com formato irregular a subarredondado, com dimensões de até 3 km de diâmetro. Seus contatos com as encaixantes são bruscos e algumas vezes difusos. Em alguns corpos dioríticos aparecem núcleos gabróides que dão origem a contatos gradacionais, sem variações visíveis nos padrões geomorfológicos, caracterizados pelo escurecimento do solo e aumento de sua espessura, além da presença de blocos subarredondados desta rocha com relativa abundância.
- **COMPLEXO NORDESTINO** - Está representado por uma associação de rochas parcial ou totalmente migmatizadas, bastante variadas, onde aparecem migmatitos, gnáisses, quartzitos, xistos e calcânios cristalinos (gqxc), anfíbolitos, xistos, metabasitos, quartzitos (q²); calcânios metamórficos (ca), calcossilicáticas (cs) e ultrabásicas. Estruturalmente exibe um estilo complicado, com planos de foliação geralmente verticalizados e intensamente contorcidos, raramente lineares, originando vários tipos de dobramentos. Aparecem ainda terminações braquiformais e falhamentos em toda a área. O Complexo Nordestino foi posicionado como substrato das sequências supracrustais. A sua verdadeira posição cronoestratigráfica não está bem definida, sendo considerada a idade pré-cambriana inferior a média para tal Complexo. Sua distribuição na área em questão compreende quase toda sua extensão, estando por vezes recoberto pelos sedimentos do Grupo Barreiras.
- **GRUPO BARREIRAS INDIVISO** - Formado por sedimentos areno-argilosos, a fossilíferos que ocorrem sob a forma de tabuleiros no centro da área em epígrafe. Caracteriza-se por escarpas suaves de pequenas amplitudes, podendo localmente apresentar-se quase ao mesmo nível altimétrico das áreas aplainadas do Complexo Nordestino. Estratigraficamente está posicionado entre o Terciário e o Quaternário.

Em sua litologia predominam sedimentos areno-argilosos com intercalações sílticas e conglomeráticas. As argilas podem aparecer puras e em grandes extensões formando, às vezes, depósitos economicamente importantes (caulim). Apresentam cor variada, com tons avermelhados até esbranquiçados. Em geral são sedimentos pouco consolidados, com grau diagenético fraco.

- **ALUVIÕES** - Os sedimentos quaternários são representados pelas aluviões que ocorrem nos maiores nos da região. Litologicamente são representadas por areias finas a grossas, de coloração cinza-claro com variações para tonalidades escuras, ocorrendo localmente cascalhos grosseiros, blocos com dimensões de matacão e argila com matéria orgânica em decomposição.

2.6.1 – Geologia Local

Baseado na carta topográfica na escala 1:1000 que está sendo levantada, será realizado o mapeamento geológico de superfície do sítio barrável e sangradouro do Açude Pesqueiro. No mapa geológico serão apresentados os detalhes do mapeamento realizado, onde serão mostrados os contatos líticos e os aspectos estruturais da área.

No que diz respeito à litologia, destaca-se na área um tipo litológico encoberto parcialmente por depósitos sedimentares recentes. Trata-se de um gnáisse cinza, bandado, com composição mineralógica de máficos, onde predomina a biotita e secundariamente quartzo e feldspato. A orientação planar e linear e planos de xistosidade incipientes denotam alguma migmatização.

Pode-se notar ainda a presença de veios pegmatóides cortando a sequência gnáissica. Por todo o sítio observou-se blocos até matações de quartzo angulosos e quebrados evidenciando preenchimento de fraturas, com posterior desagregação.

Ao longo do nacho da Lagoa Nova os depósitos aluviais encobrem as rochas cristalinas e, no eixo do barramento, atingem uma estreita faixa de 60m com espessura reduzida.

A composição granulométrica é alternada com a estratificação e, via de regra, se constitui de areias mais grosseiras na base e frações síltico-argilosas no topo.

Além das aluviões, ocorrem ainda sedimentos nas partes mais elevadas e encostas, oriundos da decomposição das rochas "in situ" ou transportados pela ação da gravidade.

É importante observar que levou-se em conta para a análise estrutural da área mapeada as estruturas primárias representadas pelas lineações e planos de xistosidade e as estruturas secundárias, constituídas pelas fraturas.

As lineações ou planos de xistosidade têm altitude N33°W, na zona onde se situa o eixo barrável. Esta direção é compatível com o "trend" regional.

Quanto às fraturas pode-se observar uma direção preferencial, com mergulhos verticalizados (N55°E/V) Esta direção é perpendicular à lineação, portanto são fraturas tracionais com possibilidades de serem abertas

Os blocos maiores de quartzo aparecem fraturados, o que indica manifestação tectônica distinta daquela que provocou o fraturamento inicial das rochas

Apesar do fraturamento, parece não haver problemas com relação à estanqueidade da bacia bem como quanto à fundação do maciço, entretanto é fundamental aguardar a atualização destes estudos por parte da atual projetista (GHG Engenharia) visto ser de sua responsabilidade direta as conclusões finais sobre esta área

Quanto ao material a ser usado na construção do maciço e obras complementares, é de boa qualidade, existindo em quantidade suficiente e as distâncias de transporte são diminutas

2.7 – Estudos Geotécnicos

Os estudos geotécnicos realizados pela Aguasolos (1988) constaram de identificação das características geotécnicas regionais, a nível de reconhecimento e do estudo detalhado de superfície e sub-superfície no local da obra

2.7.1 – Aspectos Geotécnicos Regionais

Geotecnicamente a região representa um "trend" estrutural que obedece as estruturas de caráter regional, que são conseqüências diretas de tectônica ruptural regional

As fraturas se encontram geralmente preenchidas com exceção de pequenas áreas superficiais alteradas, concluindo-se que o maciço rochoso, para a carga hidráulica máxima da obras de 21,00 m, deverá apresentar um insignificante fluxo de percolação, como indicaram os ensaios de perda d'água executado pela Aguasolos

Nas encostas e locais mais elevados encontram-se solos residuais argilo-arenosos ou transportados pela ação da gravidade (solos areno-siltosos), junto ao contato com o depósito aluvionar

Existe, próximo ao eixo barrável previsto, ocorrência de afloramentos de rochas gnáissicas migmatizadas que poderão ser utilizadas nas diversas fases da construção do açude

2.7.2 – Estudos Geotécnicos Locais

Os estudos geotécnicos realizados pela Aguasolos para a elaboração do projeto do açude constaram basicamente de

- Investigação da superfície
- Sondagens a percussão
- Poços a pá e picareta
- Estudos de jazidas com amostragem e Ensaio Laboratoriais
- Ensaio de Perda D'água (tipo Lugeon)

As investigações de sub-superfície, buscaram verificar as características e desempenho do pacote aluvionar quanto ao aspecto de capacidade de carga e deformabilidade, como também caracterizar o substrato rochoso, formado por gnáisses, sob o aspecto geomecânico

Para as áreas de empréstimo para a barragem principal e auxiliar I foram estudadas pela empresa supra citada as seguintes ocorrências de materiais

- Jazida 01 - Solo do tipo CL, localizada nas vizinhanças da barragem auxiliar I, na ombreira direita a aproximadamente 0,40 km do eixo
- Jazida 02 - Solo do tipo CL, localizada nas proximidades do sangradouro, na ombreira esquerda a aproximadamente 0,50 km do eixo

Suas características geotécnicas mostraram-se adequadas à obra que se tem como objetivo

Para os materiais permeáveis que formarão os filtros e drenos da barragem, a Aguasolos estudou a ocorrência de depósitos arenosos ao longo do leito do Riacho Lagoa Nova e detectou "bancos de areia" nas vizinhanças do eixo da barragem

Para enrocamento, agregado de concreto e rip-rap, foi pesquisado o afloramento de rocha gnáissica migmatizada que ocorre na região montante do eixo

A Aguasolos coletou amostras representativas nas jazidas de solo, areiais e pedreiras, levado-as para laboratório onde foram submetidas aos seguintes ensaios

- Granulometria por peneiramento
- Granulometria por sedimentação
- índices de Atterberg
- compactação (Proctor Normal)
- Permeabilidade
- Ensaio de resistência ao cisalhamento direto
- Ensaio de abrasão (Los Angeles)

Com base nos poços de inspeção das áreas de empréstimos, jazidas, e dos ensaios de laboratório, foi definido as características básicas desses materiais

Através das sondagens a percussão e rotativa obteve-se uma caracterização das camadas da fundação do açude no trecho do leito do riacho, onde ocorre o pacote aluvionar, e nas ombreiras onde ocorre solo de alteração de rochas com características

argilo-siltosas Com isto, o projeto de 1988, estimou a profundidade da trincheira de vedação, que deverá aprofundar-se até a superfície da rocha gnáissica pouco alterada

Sobre os resultados obtidos naquelas investigações pode-se fazer as seguintes observações

- Região do Lerto do Riacho — Nessa região ocorre um depósito arenoso na superfície do terreno, com profundidade máxima de 2,0 m, sobrejacente a uma rocha gnáissica decomposta com recuperação nula para sondagens de diâmetro BX e barilete simples Abaixo do gnáisse decomposto ocorre uma rocha classificada como biotita gnáisse sã, pouco alterada, com recuperação elevada nas sondagens de diâmetro BX e barilete simples (24% no contato e 70 a 80% nas zonas mais profundas) Esse substrato rochoso embora apresente um intenso fraturamento tem essas fraturas preenchidas, o que deverá proporcionar uma baixa condutibilidade hidráulica quando do enchimento da barragem Os ensaios de perda d'água nessa rocha sã apresenta uma perda d'água específica nula, o que leva a supor ser desnecessário uma cortina de injeções impermeabilizantes
- Ombreiras — Nas ombreiras ocorrem solos residuais de características argilo-arenosas ou areno-siltosas, com pequena espessura (inferior a 2,0 metros), sobrejacente a um extrato de gnáisse decomposto de recuperação nula, para sondagem com diâmetro BX e barilete simples, e impenetrável ao amostrador do ensaio de SPT Abaixo deste encontra-se o substrato rochoso o qual é constituído de biotita gnáisse pouco fraturada a extremamente fraturada, com indícios de preenchimento das fraturas Um único ensaio de perda d'água na estaca 4 (Pesquisa Aguasolos) forneceu uma perda d'água específica de $0,8 \text{ t/min/m/kg/cm}^2$, valor este que leva à suposição da inexistência de fluxos excessivos durante a operação da barragem
- Sangradouro — A sub-superfície do sangradouro consiste de uma camada superficial de solo residual de gnáisse, classificado como argila siltosa (solo CL na classificação USBR), de emprego indicado para o maciço do açude Sob esta ocorre um espesso horizonte de gnáisse decomposto, com recuperação nula na sondagem de diâmetro BX e barilete simples, cujo emprego destina-se à construção de um aterro de proteção da parte baixa do sangradouro (bota fora na região à jusante da estaca 4J na pesquisa da Aguasolos) Subjacente a esse gnáisse decomposto ocorre um gnáisse alterado a pouco alterado, com recuperação de cerca de 8% no contato e 14% a 97% na região subsequente O fundo do sangradouro foi projetado na região do gnáisse com menor grau de alteração
- Área de Empréstimo — A Jazida 01 situada na margem direita do nacho Lagoa Nova, é composta de solo classificado pelo sistema USBR como CL, de coloração avermelhada, possuindo, para a energia do ensaio Proctor Normal, peso específico seco máximo de 1,77 e umidade ótima de 16,4% Em laboratório foram determinados os limites de Atterberg que forneceram 39% para o LL e 21% para o

LP, ficando o índice de plasticidade em 18%. Apresenta permeabilidade média $1,65 \times 10^{-6}$ cm/s quando compactado na umidade ótima do Proctor Normal. Apresentou os seguintes parâmetros de resistência ao cisalhamento, determinada diretamente para

- Ensaio rápido coesão = 0,79 kg/cm, ângulo de atrito interno igual a $22,5^\circ$
 - Ensaio lento coesão = 0,38 kg/cm, ângulo de atrito interno igual a 22°
- **Área de Empréstimo** — A Jazida 02, situada na ombreira esquerda em contato com o sangradouro, é constituída de solo classificado pelo sistema USBR como CL e SC, de coloração avermelhada, com peso específico seco máximo de $1,87 \text{ kg/cm}^2$ e umidade ótima de 18% para energia do ensaio Proctor Normal. Apresenta limite de liquidez de 32% e limite de plasticidade de 18%, o que representa um índice de plasticidade de 14%. Apresenta permeabilidade média de $4,30 \times 10^{-7}$ cm/s quando compactado na umidade ótima do Proctor Normal. Para a Barragem Auxiliar II previu-se a construção com o material do corte na rodovia.
 - **Área de Empréstimo** — O areial indicado situa-se ao longo do leito do nacho Lagoa Nova, junto ao eixo da barragem, com profundidade variável de 0,20 a 2,00 metros. O peso específico seco máximo, obtido através do ensaio de compactação com energia do Proctor Normal é de $1,90 \text{ t/m}^3$ e sua granulometria é de média a fina.
 - **Área de Empréstimo** — A pedreira, constituída de gnáisse de coloração cinza com índice de migmatização, encontra-se na margem esquerda do nacho a cerca de 500 m a montante do eixo do barramento. Apresenta resistência a abrasão tipo Los Angeles, de 72%.

2.8 – Aspectos Pedológicos

Na bacia hidrográfica do açude Pesqueiro predominam os solos do tipo Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico, Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico abrupto e Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico e Latossólico (representados pelo símbolo PE₁₀). As características principais da bacia hidrográfica do açude são indicadas no Quadro 2.8, segundo a delimitação de área realizada em mapa.

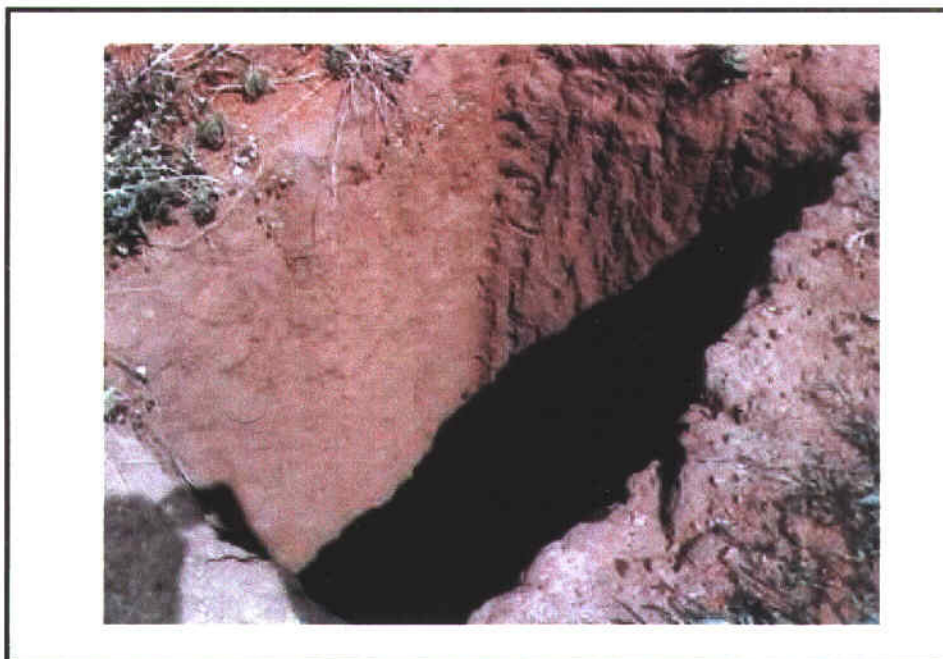


Foto 4 – Solo Podzólico Vermelho Amarelo - Amarelo Eutrófico Latossólico em avançado processo de intemperismo, profundo, muito poroso (Perfil de uma amostra).

O estudo pedológico tem por objetivo subsidiar o estudo de cheia e deflúvio médio na bacia, bem como o estudo de perda de solo com vista a identificação do assoreamento do reservatório.

Embora ocorra uma pequena mancha de solo Bruno não cálcico no limite superior da bacia hidráulica, os solos podzólicos ocupam totalmente a bacia, apresentando apenas uma fraca variação na textura e na coloração, sendo que a coloração varia do vermelho ao vermelho amarelo.

Quanto à textura, os solos variam de média a argilosa. As Figuras 2.5 e 2.6 mostram os mapas de classificação e classe textural dos solos que ocorrem na bacia hidrográfica do Pesqueiro. Para os solos em questão Withers e Vipond sugerem uma velocidade de infiltração básica em torno de 25 mm/h.

QUADRO 2.9 - Diagnóstico das Terras das Áreas das Bacia Hidrográfica do Açude Pesqueiro

Açude	Pesqueiro	
Unidade de Mapeamento <i>Símbolo</i> <i>Solos Componentes</i>	PE10 Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente eutrófico abrupto Podzólico Vermelho Amarelo equivalente eutrófico e latossólico	
Textura	Argilosa Argilosa	
Fase <i>Relevo</i> <i>Vegetação</i>	SO+O Floresta / Cast	P+SO Floresta caducifólia
Classificação Climática <i>Koepfen</i> <i>Gausson</i>	AW' 4cTh	
Principais Fatores Limitantes AA B C	H,t H,e H,m	H,t H H
Classe da Aptidão	2abc 2abc	
Percentual na Unidade de Mapeamento	40 30	
Níveis de Exigências de Insumos <i>Fertilizantes e Corretivos</i> <i>Práticas Conservacionistas</i>	F2 C2	F2 C1
Possibilidades de Mecanização	M2 M1	

Fonte AMPLA Engenharia – Estudo de Impacto Ambiental Cumulativo, 1997

Figura 2.5 - Classes de Solos na Bacia Hidrográfica do Pesqueiro

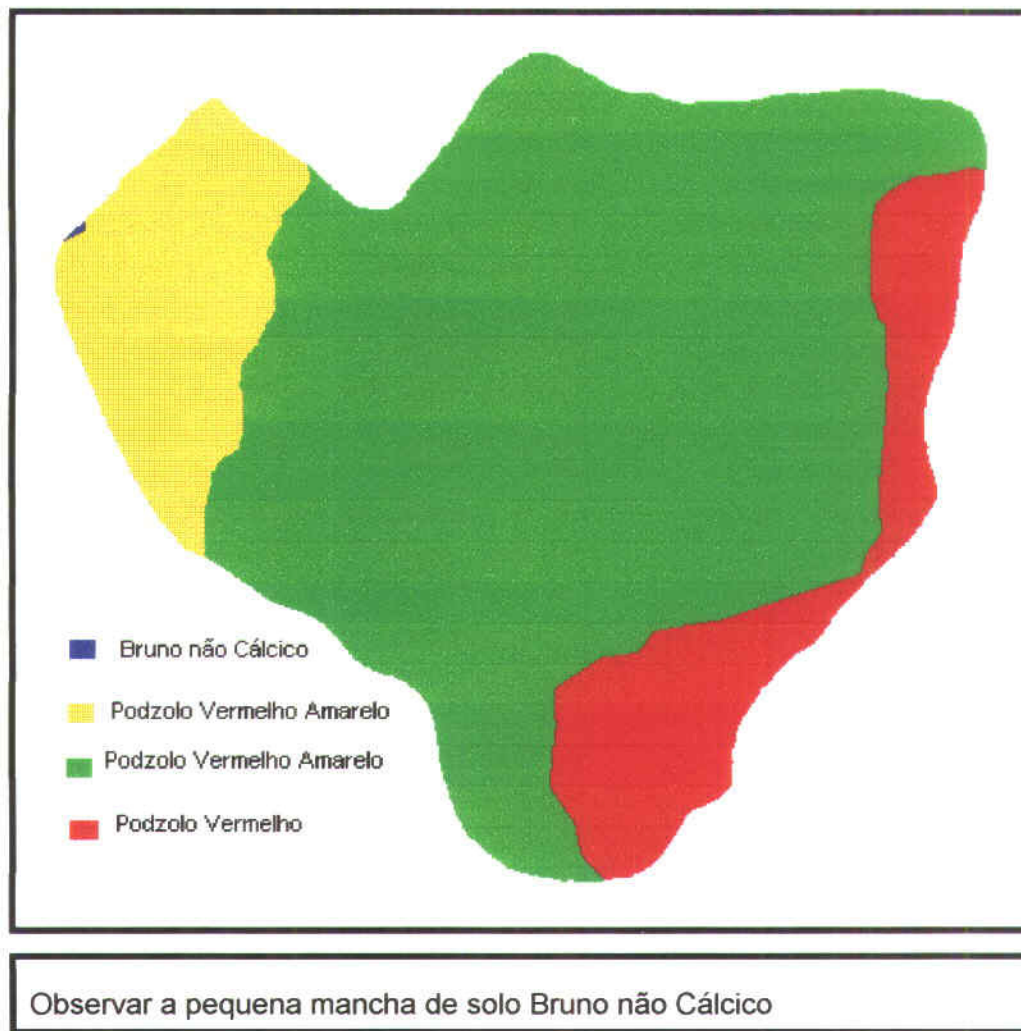
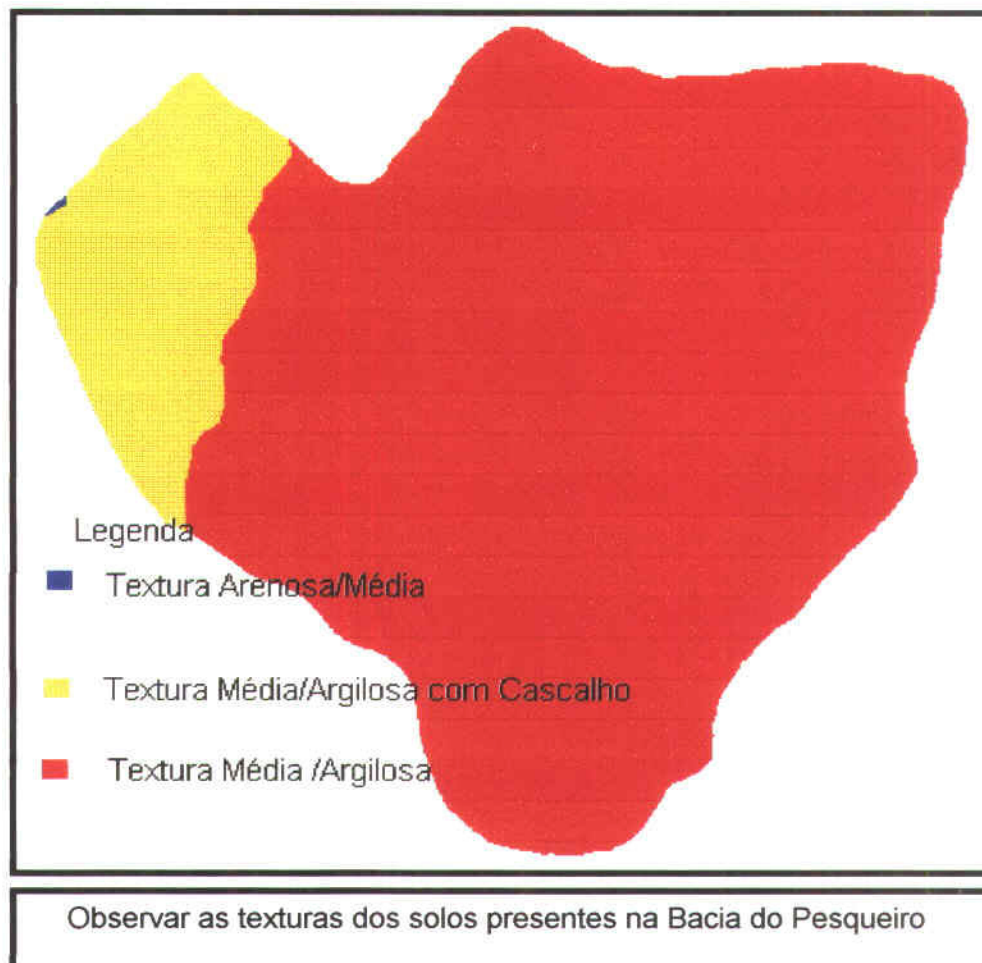


Figura 2.6 - Textura dos Solos que Ocorrem na Bacia Hidrográfica do Pesqueiro



2.9 – Uso, Benefício e Aproveitamento do Reservatório

A situação crítica do abastecimento atual aponta a finalidade principal do reservatório, qual seja a de abastecer a população de Capistrano, que em 2016 (segundo previsões da COGERH) deverá requerer 15,26 l/s (sendo 83,33% deste total representado por consumo doméstico).

A obra tem a finalidade de barrar o riacho Lagoa Nova, a cerca de 12 Km da sede municipal, possibilitando a criação de um reservatório que funcionará como fonte de recursos hídricos para o abastecimento da população da cidade de Capistrano e das localidades vizinhas, para irrigação de áreas aluvionares que ocorrem à jusante do barramento e para piscicultura, visto que a vazão regularizada do reservatório poderá chegar a 77 litros por segundo. Dados estão sendo levantado objetivando a quantificação

das variáveis que compõem os usos múltiplos desse reservatório. Tais dados compõem o que podemos chamar de Projetos Básicos (Piscicultura, Irrigação, etc.)

2.10 – Aspectos Antrópicos

O Município de Capistrano está localizado no Norte do Estado do Ceará, com Latitude de 4°28' 12" e Longitude de 38°54' 05". Sua extensão territorial é de 252 km² com uma Altitude de 159,98 m, em relação ao nível do mar.

Limita-se ao Norte com os Municípios de Batutê e Mulungu, ao Sul com o Município de Itapiúna, à Leste com Batutê e a Oeste com o Município de Aratuba.

Integrando o Município de Capistrano temos somente o distrito sede de mesmo nome.

2.10.1 – Demografia

2.10.1.1 – População

A população total do Município de Capistrano em 1970 correspondia a 12.568 habitantes. Pela evolução registrada entre 1970 e 1991, o IPLANCE - Fundação Instituto de Planejamento do Ceará, estimou para 1995, 1996 e 1997 uma população total de 15.726, 15.769 e 15.814 habitantes, respectivamente.

Em pesquisa realizada diretamente no município de Capistrano em 28/04/98, foram coletadas informações junto à prefeitura desta cidade, na pessoa do Secretário de Obras/Agricultura, e na Secretária de Educação, sobre a população atual do município. As informações levaram ao valor de 15.504 habitantes.

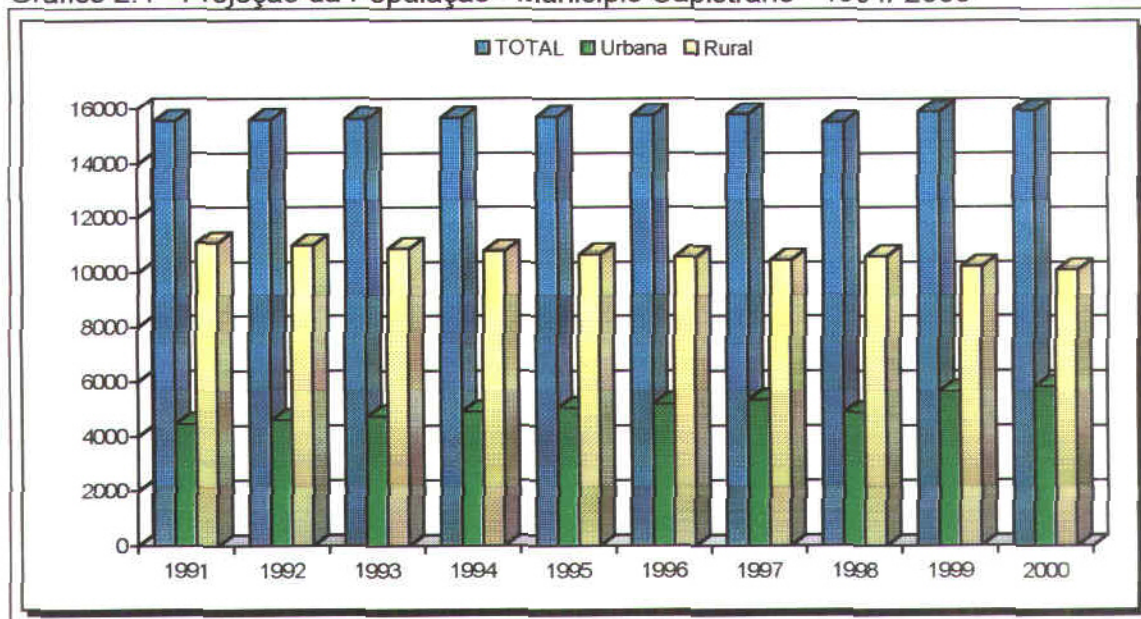
Verificou-se então um acréscimo de 23,36% com relação a 1970. Pelo Quadro 2.10 apresentado, pode-se observar que houve um decréscimo populacional bem pequeno entre a estimativa populacional de 1995 e os dados coletados em 1998, atingindo um percentual de apenas 1,41%.

Quadro 2.10 - Crescimento Populacional Município Capistrano

DISCRIMINAÇÃO	ANOS				
	1970	1980	1991	1995(1)	1998(2)
POPULAÇÃO TOTAL	12.568	15.154	15.559	15.726	15.504
Urbana	1.772	3.038	4.459	5.045	4.890
Rural	10.796	12.116	11.100	10.681	10.611
Homens	6.278	7.539	7.831
Mulheres	6.290	7.615	7.728
Dens.Demog.(hab/km ²)	49,87	60,14	61,73	62,40	61,52

FONTE: IBGE/Secretaria de Educação de Capistrano

Gráfico 2.1 - Projeção da População - Município Capistrano - 1991/ 2000



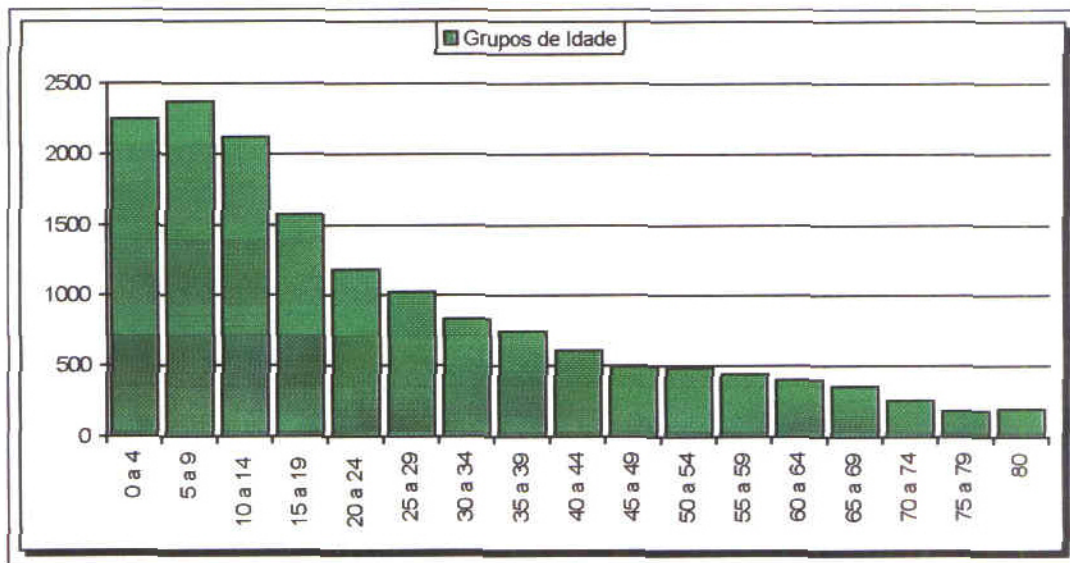
Fonte: Anuário Estatístico do Ceará - 1994

De acordo com o Anuário Estatístico do Ceará (dados de 1994) a População Economicamente Ativa - PEA, do Município de Capistrano apresentou, no intervalo de 21 anos um aumento, passando de 3.083 habitantes em 1970, para 6.355 pessoas em 1991, o que representa um acréscimo de 106,13%.

Pela estimativa do IPLANCE para 1991, dos três setores econômicos, o Primário, com um acréscimo entre 1970 e 1991, foi o que apresentou um maior contingente, com 6.355 pessoas, seguido do Terciário com 1.260. Em termos percentuais, o Setor Secundário apresentou no mesmo período, um crescimento de 744,1%, passando de 68 para 574 pessoas.

No que se refere às faixas etárias, constata-se que a população apresenta maior concentração na faixa compreendida entre 5 e 9 anos de idade, o que pode ser visualizado no Gráfico 2.2.

Gráfico 2.2 - Distribuição Etária - Município Capistrano - 1991



Fonte: Anuário Estatístico do Ceará - 1994

2.10.1.2 - Indicadores Demográficos

O Quadro 2.11 mostra como se comportou a população do Município de Capistrano frente ao Estado do Ceará, tanto no que se refere à população urbana quanto rural. Como se observa, ocorreu redução na população da zona rural, no período considerado.

Quadro 2.11 - Indicadores Demográficos (1991)
 Estado do Ceará e Município de Capistrano

Estado/ Município Considerado	Densidade Demográfica 1991 (Hab/Km ²)	Taxa Geométrica de Crescimento Anual(%)			Taxa de Urbanização(%)	
		Total	Urbana	Rural	1980	1991
Ceará	43,36	1,70	3,63	-1,06	53,14	65,35
Capistrano	61,73	0,24	3,56	-0,80	20,05	28,70

Fonte: IPLANCE, 1996.

2.10.2 - infra-estrutura Física e Social

2.10.2.1 - Habitação e Urbanismo

Segundo o Censo/91, no Município de Capistrano existiam 3.074 domicílios, sendo que 69,05% destes(2.122 domicílios) localizavam-se na zona rural, ao passo que os demais, 30.95%(952 domicílios) situavam-se na zona urbana.

A maioria das casas são construídas de alvenaria, sendo moradias simples com sala, 2 quartos, cozinha e banheiro. A cobertura predominante é a telha de barro.

No que se refere a Conjuntos Habitacionais existe 01 construído pela Prefeitura Municipal e 01 pela COHAB - Companhia de Habitação do Ceará.

Quanto ao saneamento básico, este componente foi analisado através de indicadores relacionados principalmente com ações municipais e estaduais, envolvidos com abastecimento d'água, instalações sanitárias e disposição de lixo urbano.

No que diz respeito ao destino dado ao lixo urbano, o Censo/91, registra a prática observada em campo. Parte da população dispõe o lixo doméstico em terreno baldio, não obstante existir um local que está servindo de lixão onde é recebido o rejeito doméstico, sem nenhum programa de manejo e tratamento, situado a aproximadamente 04 km da cidade de Capistrano . Existe também coleta de lixo realizada por caminhões da Prefeitura.



Foto 5 – Lixão - 04 km da cidade de Capistrano.

No que se refere ao destino dado ao lixo domiciliar dos 3.074 domicílios existentes, foi registrado o seguinte:

- 298 domicílios - com coleta pública
- 350 domicílios - queima o lixo
- 2.426 domicílios - enterram o lixo ou jogam em terreno baldio



Foto 6 – Container de coleta de lixo

O abastecimento d'água é atualmente realizado pela CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará, é disponível apenas na sede do município. Em 1994, foram realizadas 828 ligações, atendendo a uma população de 3.050 pessoas. A rede de distribuição é de 7.851 metros de extensão. O volume de água produzido à população em 1994, foi de 84.242 m³. Estes números indicam uma relação per capita de 28 litros/hab.dia e 9,5 metros de rede/ligação domiciliar.

Nos distritos a forma de abastecimento é precária, principalmente durante o período de estiagem, onde o abastecimento chega a ser realizado através de carros pipa. Este problema ainda persiste haja vista às deficiências de armazenamento d'água em açudes e a necessidade de adutoras.

Quanto às instalações sanitárias, o Censo/91 - Dados Gerais, registra que do total de 3.074 domicílios apenas 471 dispunham de instalações sanitárias e fossas sépticas, 976 se utilizavam de fossas negras e 1.627 sem qualquer tipo de acesso ao saneamento básico.

Em visita técnica realizada no município de Capistrano, em abril de 98, verificamos que o escritório local da CACEGE havia sido fechado, passando a responsabilidade dos serviços de manutenção e ampliação da rede de abastecimento de água, para o escritório local de Quixadá. Os dados atualizados sobre a manutenção e ampliação da rede de abastecimento de água de Capistrano, encontram-se em processamento.

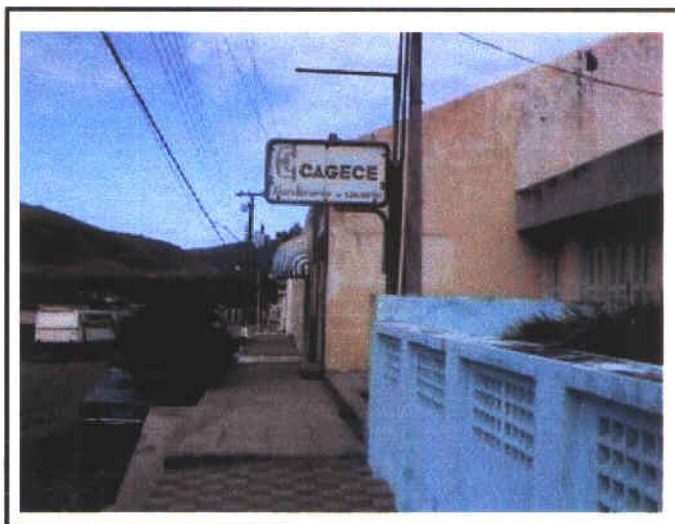


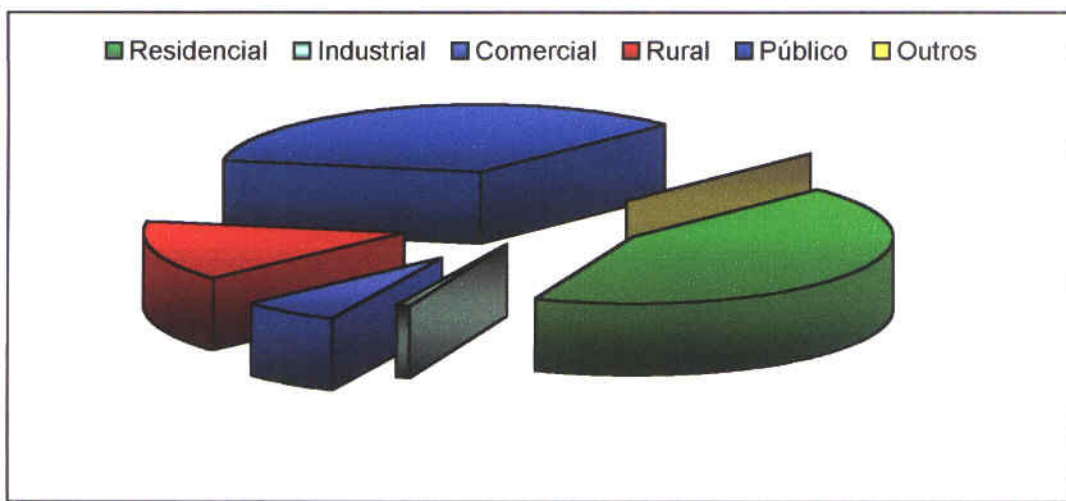
Foto 7 - Escritório da CAGECE (desativado)

2.10.2.2 - Energia Elétrica

Os equipamentos e serviços existentes no Município de Capistrano, são oferecidos pela COELCE - Companhia Energética do Ceará. O consumo residencial em 1994 representa 43,56% em relação as outras classes, seguido pelo consumo público com 34,73%.

O Gráfico 2.3 apresenta as classes de consumidores de energia elétrica no Município de Capistrano e o consumo médio em MWH, em 1994.(COELCE-1994).

Gráfico 2.3 - Consumo de energia elétrica em MWH de acordo com as principais atividades de consumo



Fonte: COELCE - 1994.

Verificamos ainda na visita supracitada que o escritório da COELCE, também fora desativado, passando a responsabilidade dos serviços para o escritório local de Baturité.

Os dados atualizados sobre o fornecimento, manutenção e ampliação da rede elétrica de Capistrano, encontram-se em processamento.

2.10.2.3 - Comunicação

O Município de Capistrano, segundo dados da TELECEARÁ, obtidos através do Anuário Estatístico do Ceará-1994, possui:

Equipamentos instalados -	200
Equipamentos em serviço -	143
Equipamentos Públicos -	7

A sede do município detém a maioria dos terminais de telefonia instalados, bem como o comércio local.

Da mesma forma que os escritórios da CAGECE e COELCE, o escritório local da TELECEARÁ, também foi desativado, passado à responsabilidade dos serviços para o escritório de Fortaleza.



Foto 8 – Escritório local da TELECEARÁ (desativado)

2.10.2.4 - Transportes

A infra-estrutura rodoviária do município conta, segundo dados fornecidos pelo DERT(1994), com uma rede estadual de 21,5 Km e municipal com uma extensão de 208 Km.

A empresa de ônibus Redentora mantém uma frota de veículos que interliga Fortaleza à outros municípios da região, passando desta forma pelo mesmo. Os ônibus saem diariamente do Terminal Rodoviário de Fortaleza de duas em duas horas a partir das 6:30hs.

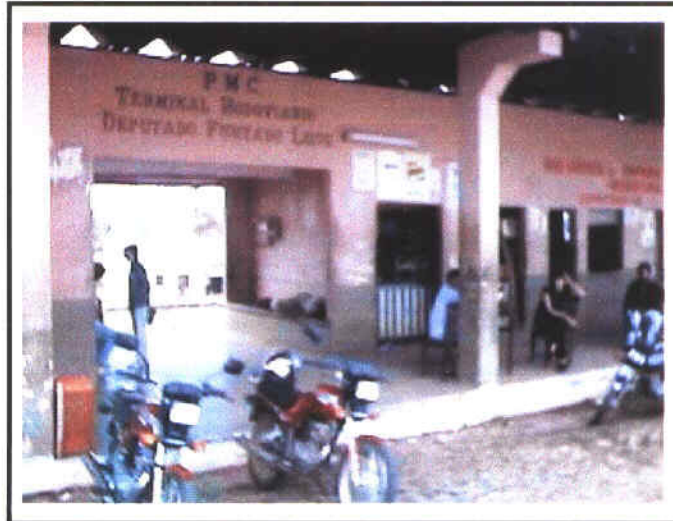


Foto 9 – Terminal Rodoviário de Capistrano

Da mesma maneira que a maioria das sedes municipais do Estado do Ceará, Capistrano também conta com o serviço de moto-taxi.

2.10.2.5 - Saúde

Segundo informações da Secretaria de Municipal de Saúde (dados de abril de 98), o Município de Capistrano possui 12 Estabelecimentos de Saúde assim definidos:

Hospitais/Maternidades	1 com 20 leitos
Postos de Saúde.....	07
Outras Unidades de Saúde	
Centro de Saúde.....	01
Clínica Odontológica	01
Centro de Nutrição	01
Posto de atendimento de Mazagão	01

A Secretaria Municipal de Saúde de Capistrano, dispõe, para atender à população: 8 Médicos, 3 Dentistas, 1 Nutricionista, 1 Fisioterapeuta, 1 Bioquímico e 3 enfermeiras. Há também Agentes de Saúde, com um total de 35 profissionais que atendem, em sua maioria a zona rural. O município conta ainda com 1 veterinário que atende tanto a zona urbana quanto a rural.



Foto 10 – Clínica Odontológica na sede municipal



Foto 11 – Centro de Saúde de Capistrano



Foto 12 – Vista do Hospital Municipal de Capistrano

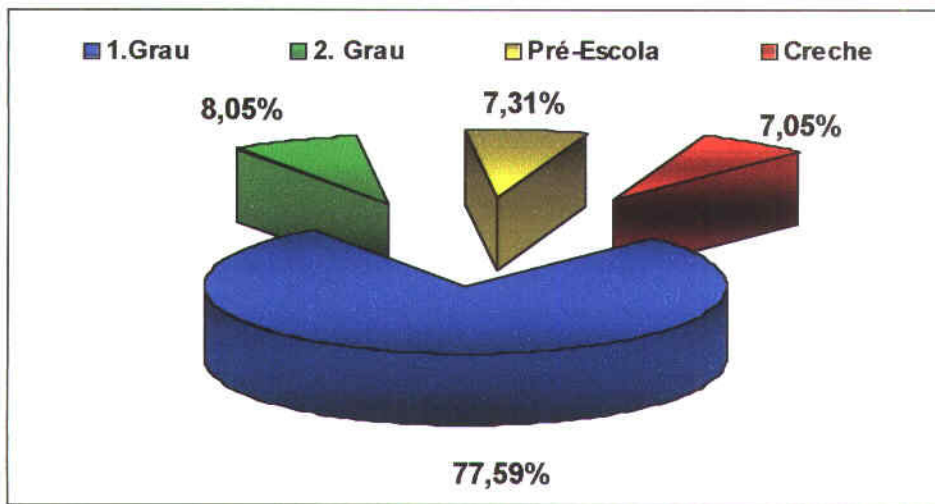
2.10.2.6 - Educação

Baseado em informações coletadas junto a Secretaria Municipal de Educação em 1998, o Município de Capistrano possui 60 escolas com 137 salas de aula. O número de alunos matriculados totaliza 5.932, distribuídos da seguinte forma:

Matrícula Creche	449 alunos
Matrícula Pré-Escolar	467 alunos
Matrícula 1º Grau	4.951 alunos
Matrícula 2º Grau	514 alunos

A seguir, o Gráfico 2.4 mostrando os índices de matrículas em 1998, em relação ao total de alunos matriculados:

Gráfico 2.4 - Índice de Matrículas em Capistrano -1998



Fonte: SEC. MUNIC. DE EDUC. DE CAPISTRANO

Em visita ao município em questão verificamos junto à Secretaria de Educação, que houve um aumento no número de alunos matriculados no ensino de 2º grau com relação ao período de 1994, e redução para os matriculados no período pré-escolar. Esta comparação pode ser verificada observando-se o Quadro 2.12 a seguir.

Quadro 2.12- Alunos Matriculados no Município Capistrano

DISCRIMINAÇÃO	ANOS		Crescimento (%)
	1994	1998	
Creche	Sem registro	449	Sem registro
Pré Escola	1.726	467	- 73,98 %
1º Grau	3.229	4.951	53,33 %
2º Grau	170	514	202,35%

Fonte: IBGE/SEC. EDUC. MUNIC. CAPISTRANO

Mesmo com o aumento considerável de matrícula no 2º Grau, o pequeno índice destas ocorre principalmente pela deficiência do ensino municipal e estadual, forçando uma migração de estudantes para centros com melhores condições educacionais. Outro fator que facilita a evasão escolar, diz respeito a possibilidade de emprego para o adolescente, em outros centros.



Foto 13 – Secretaria Municipal de Educação

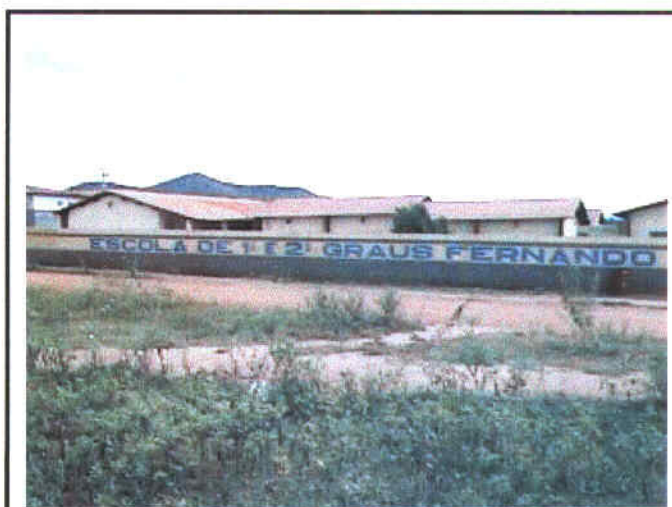


Foto 14 – Escola de 1º e 2º Graus

2.10.2.7 - Justiça e Segurança

O Município de Capistrano tem implantado uma Comarca Judiciária de 1ª Entrância, localizada na sede municipal.

Como parte integrante da Comarca de Capistrano existe apenas o Distrito Judiciário da sede (Capistrano).

O Município conta ainda com um Fórum (com 01 Juiz e 01 promotor) e 01 delegacia de polícia e cadeia pública.



Foto 15 – Fórum da Cidade de Capistrano

2.10.2.8 - Cultura e Lazer

Em termos de equipamentos de cultura e lazer, o Município de Capistrano conta com 03 bibliotecas, 02 espaços de abertos de lazer, 01 clube onde são promovidas festas em um pequeno balneário conhecido por Açude do Tronco e um estádio municipal.

Em termos de cultura podemos destacar que o município em questão tem características típica da região nordeste destacando-se as danças folclóricas como o Bumba-meu-Boi, as quadrilhas, etc. Atualmente podemos citar ainda como aspectos culturais, os Shows Culturais (Festas de Forró) e a dança moderna.

Em termos de preservação de costumes ainda existe as tradicionais reuniões na praça, após as celebrações religiosas.



Foto 16 – Praça principal da cidade de Capistrano



Foto 17 – Praça principal da cidade de Capistrano



Foto 18 – Estádio da Cidade de Capistrano

2.10.2.9 - Estrutura Fundiária

Baseado no Censo de 1991, a Estrutura Fundiária do Município de Capistrano apresenta as seguintes características:

Categoria	Imóveis	Área (ha)
Minifúndio	336	7.303,0
Empresa Rural	14	2.030,0
Latifúndio por Exploração	104	13.438,0

O número e área dos imóveis rurais do Município de Capistrano, por situação jurídica é a seguinte:

Situação Jurídica	Imóveis	Área (ha)
Proprietário	234	13.653,0
Proprietário/Posseiro	12	596,0
Posseiro	208	8.524,0

Desses dados pode-se observar que o Município de Capistrano possui um número maior de Minifúndios, que em média apresentam área equivalente a 21,0 ha, enquanto que os Latifúndios e Empresas Rurais possuem em média áreas superiores a 130,0ha. 74% do total dos imóveis são Minifúndios, que pelo tamanho de suas áreas tornam-se muitas vezes difíceis de serem explorados. Os imóveis considerados Latifúndios correspondem a 23% do total e a 59,01% do total das áreas dos imóveis rurais. Ao contrário do que ocorre com as áreas dos Minifúndios que correspondem a somente 8,91% do total.

Portanto, quando se refere à questão da distribuição de terras por categoria de imóveis segundo a área ocupada, pode-se verificar que a maior parte delas são ocupadas por Latifúndios por Exploração. A explicação para esta aparente incompatibilidade é bastante simples, sendo necessário apenas se atentar que, embora os latifúndios por exploração sejam numericamente inferiores ao número de minifúndios, ocupam áreas bem maiores.

Salientamos que em visita ao município foi verificado que o Escritório local da EMATER-CE fora desativado.



Foto 19 – Escritório da EMATERCE (desativado)

2.10.2.10 - Economia

Dados mais recentes sobre a situação econômica do município, estão sendo processados junto à Secretária de Indústria e Comércio, bem como com a Prefeitura de Capistrano.

A - Setor Primário

A maioria dos Municípios do Estado do Ceará se caracteriza por explorar uma agricultura de subsistência, tendo em vista, principalmente, as condições meteorológicas adversas e a falta de incentivos por parte do Governo. Capistrano não é exceção. Dentre os produtos agrícolas explorados pode-se destacar: Mandioca, Feijão e Milho. Baseado no Censo/94, estes produtos tiveram a seguinte produção:

Cultura	Área(ha)	Produção(t)
Mandioca	310,0	2.480
Feijão	5.148,0	1.441
Milho	6.650,0	6.584

O Algodão Herbáceo, o Arroz, a Cana-de-Açúcar e a Banana, foram destaques também em 1994 São produtos que podem ser citados como representativos da agricultura regional Na Fruticultura, a Manga e a Laranja se destacaram com 832ton e 960ton respectivamente

Segundo informações do Anuário Estatístico do Ceará-1994 (IBGE-1993), no que diz respeito a pecuária, o maior efetivo de animais é representado por Bovinos, com 3 023 cabeças, seguido de Suínos com um total de 2 168 cabeças

Foi observado pela equipe de campo que na área de influência direta do empreendimento, embora se constate a existência de alguns sítios, a pecuária não está presente de forma intensiva São criações pontuais

Vale salientar que a Avicultura no Município de Capistrano é significativa Segundo o Censo/93, o plantel é de 9 772 unidades

B - Setor Secundário

As atividades industriais existentes se desenvolveram mais no ramo de Produtos Alimentares, com 4 estabelecimentos de um total de 5 O Setor Vestuário / Calçadista vem logo em seguida com 1 estabelecimento Estas informações foram levantadas pela SIC-Secretaria da Indústria e Comércio do Estado do Ceará em 1991

C - Setor Terciário

O Setor Terciário do Município de Capistrano está em sua maioria, concentrado na Zona Urbana A Secretaria da Indústria e Comércio, em 1993, registrou um total de 102 Estabelecimentos Comerciais, sendo 1 Atacadista e 101 Varejistas

Uma boa parte da estrutura urbana da Cidade de Capistrano é ocupada pelo Centro Comercial, onde predomina o Comércio Varejista

A sede municipal conta ainda com um posto de atendimento do Banco do Brasil

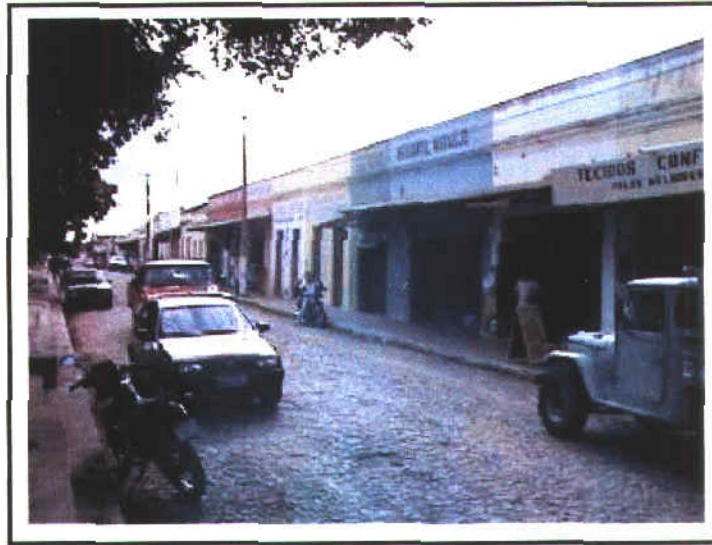


Foto 20 – Comércio Varejista de Capistrano

2.10.2.11 - Associativismo

Em 1994, segundo o Anuário Estatístico do Ceará, o Município de Capistrano possuía 17 entidades de classe, distribuídas no Quadro 2.13.

Quadro 2.13 - Associativismo - 1994

DISCRIMINAÇÃO	QUANTIDADE
Sindicatos	01
Associações	06
Comunidades	01
Outros	09
TOTAL	17

Fonte: IPLANCE (1994)



Foto 21 – Sindicato dos trabalhadores de Capistrano

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL
PERTINENTE

000077

3 - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PERTINENTE

3 – LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PERTINENTE

3.1 – Considerações Gerais

As principais normas regulamentadoras referentes a construção e operação de obras de barragens, sob o aspecto legal ambiental, serão apresentadas segundo o âmbito federal, estadual e municipal

Os capítulos da lei maior pertinentes ao meio ambiente que rege cada esfera do poder serão transcritos, entretanto, os demais instrumentos legais como leis, decretos, resoluções e outras normas, tanto referentes ao meio ambiente como em particular as que envolvam direta e indiretamente projetos de barragens, serão citados e discriminados

3.2 – Legislação Federal

3.2.1 – Constituição Federal de 1988

A Constituição Federal de 1988 consagrou, em normas expressas, as diretrizes fundamentais de proteção ao meio ambiente. Através do Artigo 23 estabelece a competência comum da União, dos Estados e dos Municípios para Proteção do acervo histórico e cultural, bem como os monumentos e paisagens naturais e dos sítios arqueológicos, a proteção ao meio ambiente e combate à poluição em quaisquer de suas formas, e, preservação das florestas, da fauna e da flora

Artigo 23 – É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios

I – Zelar pela guarda da Constituição, das leis e das instituições democráticas e conservar o patrimônio público,

II – Cuidar da saúde e assistência pública, da proteção e garantia das pessoas portadoras de deficiência,

III – Proteger os documentos, as obras e outros bens de valor histórico, artístico, e cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis e os sítios arqueológicos.

IV – Impedir a evasão, a destruição e a descaracterização de obras de arte e de outros bens de valor histórico, artístico e cultural,

V – Proporcionar os meios de acesso à cultura, a educação e à ciência,

VI – Proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas.

VII – Preservar as florestas, a fauna e a flora,

VIII – Fomentar a produção agropecuária e organizar o abastecimento alimentar.

IX – Promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico.

X – Combate as causas da pobreza e os fatores de marginalização social dos setores desfavorecidos.

XI – Registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios,

XII – Estabelecer e implantar política de educação para segurança do trânsito

Parágrafo Único – Lei complementar fixará normas para a cooperação entre a União e os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, tendo em vista o equilíbrio do desenvolvimento e do bem-estar em âmbito nacional”

O Artigo 24 fixou a competência concorrente da União, dos Estados e dos Municípios para legislar sobre Floresta, pesca, fauna, conservação da natureza, proteção ao patrimônio histórico, artístico, turístico, cultural e paisagístico, e, responsabilidade por danos ao meio ambiente e a bens de valor artístico, estético, histórico e paisagístico

"Artigo 24 – Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre

I – Direito tributário, financeiro, penitenciário, econômico e urbanístico,

II – Orçamento,

III – Juntas comerciais.

IV – Custas de serviços forenses.

V – Produção de consumo.

VI – Florestas, caça, pesca, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle de poluição,

VII – Proteção ao patrimônio histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico,

VIII – Responsabilidade por dano ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico,

IX – Educação, cultura, ensino e desporto,

X – Criação, funcionamento e processo do juizado de pequenas causas,

XI – Procedimento em matéria processual,

XII – Previdência social, proteção e defesa da saúde,

XIII – Assistência jurídica e defensoria pública,

XIV – Proteção e integração social das pessoas portadoras de deficiência,

XV – Proteção à infância e a juventude,

XVI – Organização, garantias, direitos e deveres das polícias civis

Parágrafo 1º - No âmbito da legislação concorrente, a competência da União limitar-se-á a esclarecer normas gerais

Parágrafo 2º - A competência da União para legislar sobre normas gerais exclui a competência suplementar dos Estados

Parágrafo 3º - Inexistindo lei federal sobre normas gerais, os Estados exercerão a competência legislativa plena, para atender as suas peculiaridades.

Parágrafo 4º - A superveniência da lei federal sobre normas gerais suspende a eficácia da lei estadual, no que lhe for contrário"

No Capítulo do Meio Ambiente, VI, o Artigo 225 expressa que "Todos têm direito ao ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações", atribuindo ao Poder Público a responsabilidade da aplicação das eficácias, medidas no cumprimento do preceito protetor a Constituição assegurou-lhes as prerrogativas Criação de espaços territoriais que devem ficar a salvo de qualquer utilização ou supressão a não ser que a lei expressamente o autorize, exigir, na forma da lei, precedentemente à instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo do impacto ambiental ao qual se dará publicidade, obrigar aos que exploram recursos minerais, recuperar o meio ambiente degradado de acordo com as soluções técnicas exigidas pelo órgão público competente, na forma da lei, e, impor

sanções penais e administrativas aos que desenvolvem atividades consideradas lesivas ao meio ambiente, sejam pessoas físicas ou jurídicas, sem prejuízo da obrigação de recuperação dos danos causados

"Artigo 225 – Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo para as presentes e futuras gerações

Parágrafo 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público

I – Preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e promover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas,

II – Preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético,

III – Definir em todas as unidades da federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitida somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção,

V – Exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade,

V – Controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem riscos para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente.

VI – Promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente.

VII – Proteger a fauna e a flora, vedada, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade

Parágrafo 2º Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei

Parágrafo 3º As condutas e atividades consideradas lesivas ao ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados

Parágrafo 4º A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal mato-grossense e a Zona Costeira, são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais

Parágrafo 5º São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais

Parágrafo 6º As usinas que operam com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas"

3.2.2 – Principais Diplomas Federais

LEIS FEDERAIS

LEI Nº 3.824, DE 23 DE NOVEMBRO DE 1960 – Institui a obrigatoriedade na limpeza das bacias hidráulicas de açudes, represas ou lagos artificiais

LEI Nº 4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965 – Institui o novo Código Florestal

LEI Nº 5.197 DE 03 DE JANEIRO DE 1967 – Dispõe sobre proteção à fauna silvestre e dá outras providências

LEI Nº 4.089 DE 13 DE JUNHO DE 1967 - Dispõe sobre processos erosivos

LEI Nº 4.717, DE 29 DE JUNHO DE 1968 – Regula a ação popular

LEI Nº 6.225 DE 14 DE JUNHO DE 1975 – Dispõe sobre a discriminação, pelo Ministério da Agricultura, sobre as regiões para execução obrigatória de planos de proteção ao solo e combate à erosão

LEI Nº 6.513, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1977 – Dispõe sobre a criação de Áreas Especiais e de locais de Interesse Turístico, sobre o inventário com finalidades turísticas dos bens de valor cultural e natural, acrescenta o inciso ao artigo 2º da Lei nº 4.132, de 10 de setembro de 1962, altera a redação e acrescenta dispositivo à Lei nº 4.771, de 29 de junho de 1965, e dá outras providências

LEI Nº 6.766, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1979 – Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências

LEI Nº 6.803, de 02 de junho de 1980 – Dispõe sobre diretrizes para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição e dá outras providências (alterada pela Lei Nº 7.804, de 18 de julho de 1989)

LEI Nº 6.902, DE 27 DE ABRIL DE 1981 – Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências (alterada pela Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989)

LEI Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências (alterada pela Lei Nº 7.804, de 18 de julho de 1989)

LEI Nº 7 347. DE 24 DE JULHO DE 1985 – Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (vedado) e dá outras providências

LEI Nº 7 679 DE 23 DE NOVEMBRO DE 1988 – Dispõe sobre a proibição da pesca de espécies em períodos de reprodução e dá outras providências

LEI Nº 7 735, DE 22 DE FEVEREIRO DE 1989 – Dispõe sobre a extinção da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), e da Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE), e a criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e dá outras providências (alterada pela Lei Nº 7 804, de julho de 1989)

LEI Nº 7 754. DE 14 DE ABRIL DE 1989 – Estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios e dá outras providências

LEI Nº 7 797, DE 10 DE JUNHO DE 1989 – Cria o Fundo Nacional de Meio Ambiente e dá outras providências

LEI Nº 7 803, DE 16 DE JULHO DE 1989 – Altera a redação da Lei Nº 4 771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as leis Nº 6 535, de 15 de junho de 1978 e 7 511, de julho de 1986

LEI Nº 7 804, DE 18 DE JULHO DE 1989 - Altera a Lei Nº 6 938, de 31 de agosto de 1981, a Lei Nº 7 735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei Nº 6 803, de 02 de junho de 1980, a Lei Nº 6 902, de 21 de abril de 1981 e dá outras providências

LEI Nº 7 886. DE 20 DE NOVEMBRO DE 1989 – Regulamenta o artigo 43 do "Ato das Disposições Constitucionais Transitórias" e dá outras providências

LEI Nº 8 028. DE 12 DE ABRIL DE 1990 – Dispõe sobre a organização de órgãos públicos, como SEMA, CONAMA, FUNAMA, dentre outros, alterando a Lei Nº 6 938, de 21 de agosto de 1981

LEI Nº 8 171, DE 17 DE JANEIRO DE 1991 – Dispõe sobre a Política Agrícola

LEI Nº 9 605, DE 12 DE FEVEREIRO DE 1998 – Dispõe sobre a aplicação das penalidades previstas nos crimes ambientais

LEI Nº 9 605 de 12 de fevereiro de 1998
Dispõe sobre os Crimes Ambientais

PRINCIPAIS INOVAÇÕES PROVOCADAS PELA LEI DE CRIMES AMBIENTAIS

ANTES	HOJE
Leis esparsas, de difícil aplicação	A legislação ambiental é consolidada, as penas têm uniformização e graduação adequadas e as infrações são claramente definidas
Pessoa jurídica não responsabilizada criminalmente	Define a responsabilidade da pessoa jurídica – inclusive a responsabilidade penal – e permite a responsabilização também da pessoa física autora ou co-autora da infração
Pessoa Jurídica não tinha decretada liquidação quando cometia infração ambiental	Pode ter liquidação forçada no caso de ser criada e/ou utilizada para permitir, facilitar ou ocultar crime definido na lei E seu patrimônio é transferido para o Patrimônio Penitenciário Nacional
Reparação do dano ambiental não extinguiu a punibilidade	A punição é extinta com apresentação de laudo que comprove a recuperação do dano ambiental
Impossibilidade de aplicação direta de pena restritiva de direito ou multa	A partir da constatação do dano ambiental, as penas alternativas ou a multa podem ser aplicadas imediatamente
Aplicação das penas alternativas era possível para crimes cuja pena privativa de liberdade fosse aplicada até 02 (dois) anos	É possível substituir penas de prisão até 04 (quatro) anos por penas alternativas, como a prestação de serviços à comunidade A grande maioria das penas previstas na lei têm limite máximo de 04 (quatro) anos
Destinação dos produtos e instrumentos da infração não era bem definida	Produtos e subprodutos da fauna e flora podem ser doados ou destruídos, e os instrumentos utilizados na infração podem ser vendidos
Matar um animal da fauna silvestre, mesmo para se alimentar, era crime inafiançável	Matar animais continua sendo crime No entanto, para saciar a fome do agente ou da sua família, ou para se defender do ataque de animais ferozes, a lei descriminaliza o abate
Maus tratos contra animais domésticos e domesticados era contravenção	Além dos maus tratos, o abuso contra estes animais, bem como aos nativos ou exóticos passam a ser crime
Não havia disposições claras relativas a experiências realizadas com animais	Experiências dolorosas ou cruéis em animal vivo, ainda que para fins didáticos ou científicos são consideradas crimes, quando existem recursos alternativos

Pichar e grafitar não tinham penas claramente definidas	A prática de pichar, grafitar ou de qualquer forma conspurcar edificação ou monumento urbano, sujeita o infrator a até um ano de detenção
A prática de soltura de balões não eram punida de forma clara	Fabricar, vender, transportar ou soltar balões, pelo risco de causar incêndios em florestas e áreas urbanas. sujeita à prisão e multa
Destruir ou danificar plantas de ornamentação em áreas públicas ou privadas, considerado como contravenção	Destruição, dano, lesão ou maus tratos das plantas de ornamentação é crime punido, até 01 (um) ano
O acesso livre às praias garantido, entretanto sem prever punição criminal a que o impedisse	Quem dificultar ou impedir o uso público das praias está sujeito a até 05 (cinco) anos de prisão
Desmatamentos ilegais e outras infrações contra a flora eram considerados contravenções	O desmatamento não autorizado agora é crime, além de ficar sujeito a pesadas multas
Comercialização, transporte e armazenamento, de produtos e subprodutos florestais, punido como contravenção	Compra, vender, transportar, armazenar madeira, lenha ou carvão, sem licença da autoridade competente, sujeita o infrator a até 01 (um) ano de prisão e multa
A conduta irresponsável de funcionários de órgãos ambientais não estava claramente definida	Funcionário de órgão ambiental que fizer afirmação falsa, enganosa, omitir a verdade, sonegar informações ou dados em procedimentos de autorização ou licenciamento ambiental, pode pegar até 03 (três) anos de cadeia
As multas, na maioria, eram fixadas através de instrumentos normativos passíveis de contestação judicial	A fixação e aplicação de multas têm a força da lei
A multa máxima por hectare, metro cúbico ou fração era de R\$ 5 mil	A multa administrativa varia de R\$ 50 a R\$ 50 milhões

DECRETOS FEDERAIS

DECRETO Nº 24 643, DE 10 DE JUNHO DE 1934 – Institui o Código de Águas

DECRETO Nº 50 877, DE 29 DE JUNHO DE 1961 – Dispõe sobre o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores ou litorâneas do País, e dá outras providências

DECRETO Nº 303, DE 28 DE FEVEREIRO DE 1967 – Cria o Conselho Nacional de Controle da Poluição Ambiental e dá outras providências

DECRETO-LEI N° 1 413, DE 14 DE AGOSTO DE 1975 – Dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente provocada por atividades industriais

DECRETO N° 76 389, DE 03 DE OUTUBRO DE 1975 – Dispõe sobre as medidas de controle da poluição industrial de que trata o Decreto-lei n° 1 413, de 14 08 75. e dá outras providências

DECRETO N° 86 176, DE 06 DE JULHO DE 1981 – Regulamenta a Lei n° 6 513, de 20 de dezembro de 1977. que dispõe sobre a criação de Áreas Especiais e de Locais de Interesse Turístico e dá outras providências

DECRETO N° 86 028, DE 27 DE AGOSTO DE 1981 – Institui em todo Território Nacional a Semana Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências

DECRETO N° 88 351, DE 01 DE JUNHO DE 1983 – Regulamenta a Lei n° 6 938, de 31 de agosto de 1981 e a Lei de n° 6 902, de 27 de abril de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção ambiental, e dá outras providências

DECRETO N° 88 783, DE JUNHO DE 1983 – Regulamenta o Decreto-Lei N° 2 032/83

DECRETO N° 89 336, DE 31 DE JANEIRO DE 1984 – Dispõe sobre Reservas Ecológicas e Áreas de Relevante Interesse Ecológico e dá outras providências

DECRETO N° 89 336, DE 31 DE JANEIRO DE 1984 – Dispõe sobre as Reservas Ecológicas e Áreas de Relevante Interesse Ecológico, e dá outras providências

DECRETO N° 92 008, DE 28 DE NOVEMBRO DE 1985 – Determina os requisitos para investimentos estatais em novos projetos, bem como na ampliação e modernização de empreendimentos existentes, e dá outras providências

DECRETO N° 92 302, DE 16 DE JANEIRO DE 1986 – Regulamenta o Fundo para Reconstituição de Bens Lesados de que trata a Lei n° 7 347, de 24 de julho de 1985, e dá outras providências

DECRETO N° 94 076, DE 05 DE MARÇO DE 1987 – Institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas e dá outras providências

DECRETO N° 97 628, DE 10 DE ABRIL DE 1989 – Regulamenta o artigo 21 da Lei n° 4 771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal), e dá outras providências

DECRETO N° 97 632, DE 10 DE ABRIL DE 1989 – Dispõe sobre a regulamentação do art 2°, inciso VIII da lei N° 6 938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências

DECRETO N° 97 633, DE 10 DE ABRIL DE 1989 – Dispõe sobre o Conselho Nacional de Proteção à Fauna (CNPFA), e dá outras providências

DECRETO Nº 97 635, DE 10 DE ABRIL DE 1989 – Regula o art 27 do Código Florestal e dispõe sobre a prevenção e combate a incêndio, e dá outras providências

DECRETO Nº 97 946, DE 11 DE JULHO DE 1989 – Dispõe sobre a estruturas básica do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos recursos Naturais Renováveis - IBAMA e da outras providências

DECRETO Nº 98 161. DE 21 DE SETEMBRO DE 1989 – Dispõe sobre a administração do Fundo Nacional do Meio Ambiente e dá outras providências

DECRETO Nº 98 816, DE 11 DE JANEIRO DE 1990 – Dispõe sobre a regulamentação da Lei Nº 7 802 de 11 07 89 (Agrotóxicos e componentes afins), e dá outras providências

DECRETO Nº 99 193. DE 27 DE MARÇO DE 1990 – Cria Grupo de Trabalho para analisar Estudos de Zoneamento Ecológico Econômico, e propõe medidas necessárias para agilizar sua execução

DECRETO Nº 99 274, DE 06 DE JUNHO DE 1990 – Regulamenta a Lei Nº 6 902, de 27 de abril de 1981 e a Lei Nº 6 938. de 31 de agosto de 1981, que dispõe, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental, e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências

DECRETO Nº 1 205, DE 1º DE AGOSTO DE 1994 – Aprova a estrutura regimental do Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal e dá outras providências

RESOLUÇÕES

RESOLUÇÃO/CONAMA Nº02/85, DE 05 DE MARÇO DE 1985 – Dispõe sobre a obrigatoriedade dos projetos de implantação de barragens, serem apreciados pelos órgãos estaduais competentes, para fins de licenciamento

RESOLUÇÃO/CONAMA Nº04/85, DE 18 DE SETEMBRO DE 1985 – Estabelece definições e conceitos sobre Reservas Ecológicas

RESOLUÇÃO/CONAMA Nº01/86, DE 23 DE JANEIRO DE 1986 – Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente

RESOLUÇÃO/CONAMA Nº 06/86, DE 24 DE JANEIRO DE 1986 – Aprova os modelos de publicações em periódicos de licenciamento em quaisquer de suas modalidades, sua renovação e a respectiva concessão e aprova modelos para publicação de licenças

RESOLUÇÃO/CONAMA Nº 11/86, DE 18 DE MARÇO DE 1986 – Altera e acrescenta incisos na Resolução 001/86 que institui RIMA

RESOLUÇÃO/CONAMA N° 20/86, DE 18 DE JUNHO DE 1986 – Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional

RESOLUÇÃO/CONAMA N°26/86, DE 13 DE DEZEMBRO DE 1986 – Estabelece a criação das Câmaras Técnicas de Recursos Hídricos, Poluição Industrial, Mineração, Fauna e Flora, e Agrotóxicos

RESOLUÇÃO/CONAMA N° 09/87, DE 3 DE DEZEMBRO DE 1987 – Estabelece normas para realização de audiência pública para informação sobre o projeto e seus impactos ambientais e discussão do RIMA, referida na resolução N°01/86

RESOLUÇÃO/CONAMA N°10/87, DE 3 DE DEZEMBRO DE 1987 – Dispõe sobre a obrigação para implantação de Estações Ecológicas pela entidade ou empresa responsável por empreendimentos que causem danos às florestas e a outros ecossistemas, como pré requisito ao licenciamento das obras

RESOLUÇÃO/CONAMA N° 01/88, DE 13 DE JUNHO DE 1988 – Estabelece o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental

RESOLUÇÃO/CONAMA N° 02/88, DE 13 DE JUNHO DE 1988 – Estabelece as atividades que podem ser desenvolvidas nas Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)

RESOLUÇÃO/CONAMA N° 03/88, DE 13 DE JUNHO DE 1988 – Dispõe sobre a fiscalização, por entidades civis com finalidades ambientalistas, de Unidades de Conservação e demais áreas, através de mutirões ambientalistas

RESOLUÇÃO/CONAMA N°10/88 DE 14 DE DEZEMBRO DE 1988 – Dispõe sobre as Áreas de Proteção Ambiental e Zoneamento Ecológico Econômico

RESOLUÇÃO/CONAMA N° 01/90, DE 08 DE MARÇO DE 1990 – Estabelece padrões, critérios e diretrizes a serem observados na emissão de ruídos

RESOLUÇÃO/CONAMA N°07/90, DE 17 DE OUTUBRO DE 1990 – Dispõe sobre a composição das câmaras Técnicas

RESOLUÇÃO/CONAMA N°13/90 DE 06 DE DEZEMBRO DE 1990 – Estabelece normas de uso dos entornos de Unidades de Conservação

RESOLUÇÃO/CONAMA N° 03/91, DE 22 DE AGOSTO DE 1991 – Cria 08 (oito) Câmaras Técnicas permanentes, dentre as quais a de Recursos Hídricos e Saneamento. A resolução também delibera a composição das Câmaras, revogando as disposições em contrário nas resoluções 26/86 e 07/90, dentre outras

PORTARIAS FEDERAIS

PORTARIA GM N° 13/76, DE 15 DE JANEIRO DE 1976 – Dispõe sobre as classificações da águas interiores do Brasil

PORTARIA SUDEPE N° 01/77, DE 04 DE JANEIRO DE 1977 – Dispõe sobre as medidas de proteção a fauna aquática nos projetos de construção de barragens

PORTARIA MINTER N° 53/79, DE 01 DE MARÇO DE 1979 – Estabelece normas para projetos de tratamento e disposição final de resíduos sólidos, e determina os critérios de implantação e fiscalização

PORTARIA MINTER N° 124/80, DE 20 DE AGOSTO DE 1980 – Estabelece normas para prevenção da poluição hídrica

PORTARIA N° 1 141/GM5, DE 08 DE DEZEMBRO DE 1987 – Dispõe sobre zonas de Proteção e aprova o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos

PORTARIA IBDF N° 231-P, DE 08 DE AGOSTO DE 1988 – Promove o disciplinamento no uso de fogo em práticas agropastoris, dentro dos preceitos do art 27 do Código Florestal

PORTARIA IBAMA N° 441/89, DE 09 DE AGOSTO DE 1989 – Dispõe sobre a obrigatoriedade de reposição florestal, relativa a sua exploração, utilização, transformação ou consumo, como matéria prima florestal

PORTARIA IBAMA N° 94/90, DE 26 DE JANEIRO DE 1990 – Dispõe sobre o serviço de defesa ambiental, na estrutura das Superintendências Estaduais e no DF

3.3 – Legislação Estadual

3.3.1 – Constituição Estadual de 1988

CAPÍTULO II – DOS BENS

Artigo 19 – Incluem-se entre os bens do Estado

I – Os que atualmente lhe pertencem,

II – Os lagos e os nos em terrenos de seu domínio e os que têm nascente e foz em seu território,

III – As ilhas fluviais, lacustres e as terras devolutas não compreendidas entre os bens da União,

IV – A dívida ativa proveniente de receita não arrecadada,

V – Os que tenham sido ou venham a ser, a qualquer título, incorporados a seu patrimônio

Parágrafo 1º A alienação de bens imóveis do Estado dependerá, em cada caso, de prévia autorização legislativa, nas alienações onerosas, salvo os casos especialmente previstos em lei, observar-se-á o princípio da licitação, desde que o adquirente não seja pessoa jurídica de direito público interno, empresa pública, sociedade de economia mista ou fundação pública, a lei disporá sobre as concessões e permissões de uso de bens e imóveis do Estado

Parágrafo 2º Os bens públicos estaduais são impenhoráveis, não podendo, ainda, ser objeto de arresto ou qualquer medida de apreensão judicial, ressalvada a hipótese de que trata o Parágrafo 2º, do art. 100 da Constituição da República "

CAPÍTULO VIII – DO MEIO AMBIENTE

Artigo 259 – O meio ambiente equilibrado e uma sadia qualidade de vida são direitos inalienáveis do povo, impondo-se ao Estado e a comunidade o dever de preservá-los

Parágrafo Único Para assegurar a efetividade desses direitos cabe ao Poder Público, nos termos da lei estadual

I – Manter um órgão próprio destinado ao estudo, controle e planejamento da utilização do meio ambiente,

II – Manter o Conselho Estadual do Meio Ambiente - COEMA,

III – Delimitar, em todo território do Estado, zonas específicas para desapropriação, segundo critérios de preservação ambiental e organizados de acordo com um plano geral de proteção ao meio ambiente.

IV – Estabelecer, dentro do planejamento geral de proteção ao meio ambiente, áreas especialmente protegidas, criando através de lei, parque, reservas, estações ecológicas e outras unidades de conservação, implantando-os e mantendo-os com os serviços públicos indispensáveis às suas finalidades,

V – Limitar zonas industriais do território estadual para instalação de parque fabris, estabelecendo-os mediante legislação ordinária, vedada a concessão de subsídios ou incentivos de qualquer espécie, para a instalação de novas indústrias fora dessas áreas,

VI – Conservar os ecossistemas existentes nos seus limites territoriais, caracterizados pelo estágio de equilíbrio atingindo entre as condições físico-naturais e os seres vivos, com o fim de evitar a ruptura desse equilíbrio.

VII – Adotar nas ações de planejamento uma visão integrada dos elementos que compõem a base física do espaço,

VIII – Preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e promover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas concomitantemente com a União e os Municípios, de forma a garantir a conservação da natureza, em consonância com as condições de habilidade humana.

IX – Preservar a diversidade e integridade do patrimônio genético do Estado e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de materiais genéticos, no âmbito estadual e municipal.

X – Controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida e o meio ambiente,

XI – Proteger a fauna e flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade, fiscalizando a extração, captura, produção, transporte, comercialização e consumo de seus espécimes e subprodutos,

XII – Proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas,

XIII – Fomentar o florestamento e o reflorestamento nas áreas críticas em processos de degradação ambiental, bem como em todo território estadual,

XIV – Controlar, pelos órgãos estaduais e municipais, os defensivos agrícolas, o que se fará apenas mediante receita agronômicas,

XV – Definir as áreas destinadas a reservas florestais, criando condições de manutenção, fiscalização, reflorestamento e investimento em pesquisa, sobretudo na Chapada do Araripe,

XVI – Proibir, no território do Estado, a estocagem, a circulação e o livre comércio de alimentos ou insumos contaminados por acidentes graves de qualquer natureza, ocorrido fora do estado,

XVII – Implantar delegacias policiais especializadas na prevenção e combate aos crimes ambientais,

XVIII – Desenvolver estudos e estimular projetos, visando à utilização de fontes naturais de energia e à substituição de combustíveis atualmente utilizados em indústrias e veículos por outros menos poluentes.

XIX – Embargar a instalação de reatores nucleares, com exceção daquele destinado exclusivamente à pesquisa científica e de uso terapêutico, cuja localização e especificação serão definidas em lei,

XX – Proteger os documentos, as obras e outros bens de valor histórico, artístico e cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis e os sítios arqueológicos,

XXI – Registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direito de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seu território, autorizados pela União, ouvidos os municípios

Artigo 260 – O processo de planejamento para o meio ambiente deverá ocorrer de forma articulada entre Estado, Município e entidades afins, em nível federal e regional

Parágrafo Único O sistema estadual de meio ambiente orientar-se-á para a recuperação, preservação da qualidade ambiental, visando o desenvolvimento sócio-econômico, dentro de parâmetros a serem definidos em lei ordinária que assegurem a dignidade humana e à proteção à natureza,

Artigo 263 – O Estado e os Municípios deverão promover educação Ambiental em todos os níveis de ensino, com vistas à conscientização pública da preservação do meio ambiente

Artigo 264 – Para licitação, aprovação ou execução de qualquer obra ou atividade pública ou privada potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente, e/ou que comporte risco para a vida, é obrigatória, nos termos da lei estadual, a realização de estudo prévio de impacto ambiental, com a publicação do respectivo relatório conclusivo do estudo no Diário Oficial do Estado

Parágrafo 1º A lei estabelecerá os tipos de obras ou atividades que podem ser potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente e/ou que comportem risco à vida e à qualidade de vida, e disporá sobre o Conselho Estadual do Meio Ambiente, órgão subordinado diretamente ao Governador do Estado, em que é garantida a participação da comunidade através das entidades representativas de classe de profissionais de nível superior das áreas de engenharia, arquitetura, agronomia, biologia, medicina e direito

Parágrafo 2º Só será licenciada, aprovada ou executada a obra ou atividade, cujo relatório conclusivo de estudo prévio de que trata caput deste artigo, apreciado pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente, aprovação ou execução

Artigo 266 – O zoneamento ecológico-econômico do Estado deverá permitir

I – Áreas de preservação permanente,

II – Localização de áreas ideais para instalação de parques, florestas, estações ecológicas, jardins botânicos e hortos florestais ou quaisquer unidades de preservação estaduais ou municipais

III – Localização de áreas com problemas de erosão, que deverão receber especial atenção dos governos estadual e municipal.

IV – Localização de áreas ideais para o reflorestamento

Artigo 267 – As condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, sujeitarão a sanções administrativas na forma da lei

Artigo 268 – A irrigação deverá ser desenvolvida em harmonia com política de recursos hídricos e com os programas de conservação do solo e da água

3.3.2 – Principais Diplomas Estaduais

LEIS ESTADUAIS

LEI Nº 9.499, DE 20 DE JUNHO DE 1971 – Cria a Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE

LEI Nº 10.148, DE 02 DE DEZEMBRO DE 1977 – Dispõe sobre a preservação e controle dos recursos hídricos, existentes no estado do Ceará e dá outras providências

LEI Nº 11.306, DE 11 DE ABRIL DE 1977 – Dispõe sobre a extinção, transformação e criação de Secretarias de Estado, cria a Secretaria de Recursos Hídricos e Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente e dá outras providências

LEI Nº 11.411, DE 28 DE DEZEMBRO DE 1987 – Dispõe sobre a Política de Meio Ambiente e cria o Conselho Estadual de Meio Ambiente - COEMA, a Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE e dá outras providências

LEI Nº 11.831, DE 22 DE JULHO DE 1991 – Dispõe sobre a criação da Superintendência do Desenvolvimento do Estado do Ceará - SEDURB, e dá outras providências

DECRETOS ESTADUAIS

DECRETO Nº 14.535, DE 02 DE JULHO DE 1981 – Dispõe sobre a preservação dos recursos hídricos regulamentando Lei precedente

DECRETO Nº 20.067, DE 26 DE ABRIL DE 1989 – Aprova o Regime Interno do Conselho Estadual do Meio Ambiente - COEMA

OUTRAS NORMAS

PORTARIA/SEMACE Nº 14, DE 22 DE NOVEMBRO DE 1989 – Estabelece normas técnicas e administrativas do sistema de Licenciamento de atividades utilizadoras de recursos ambientais no Estado do Ceará

3.4 – LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

A Lei Orgânica do Município de Capistrano foi promulgada em 05 de Abril de 1990 e trata do meio ambiente nos seguintes artigos

Art 8º - Da Competência do Município

IX – promover a proteção do patrimônio histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico local, observada a legislação fiscalizadora federal e estadual

Artigo 13 – Cabe a Câmara Municipal, com sanção do Prefeito, legislar sobre as matérias de competência do Município, especialmente no que se refere ao seguinte

I – assuntos de interesse local, inclusive, suplementando a legislação federal e a estadual, notadamente no que diz respeito

e) à proteção ao meio ambiente e ao combate à poluição

Artigo 289 – Na promoção do desenvolvimento econômico, o Município agirá, sem prejuízo de outras iniciativas, no sentido de

VI – proteger o meio ambiente

Artigo 312 – O município deverá atuar no sentido de assegurar a todos os cidadãos, o direito ao meio ambiente ecologicamente saudável e equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida

Parágrafo único - Para assegurar efetividade a esse direito, o Município deverá articular-se com os órgãos estaduais, regionais e federais competentes e ainda, quando for o caso, com outros Municípios, objetivando a solução de problemas comuns relativos a proteção ambiental

Artigo 313 – O Município deverá atuar, mediante planejamento, controle e fiscalização das atividades públicas ou privadas, causadoras efetivas ou potenciais de alterações significativas do meio ambiente

Artigo 314 – O Município, ao promover a ordenação de seu território, definirá zoneamento e diretrizes gerais de ocupação que assegurem a proteção dos recursos naturais, em consonância com o disposto na legislação estadual pertinente

Artigo 315 – A política urbana do Município e o seu plano diretor, deverão contribuir para a proteção do meio ambiente, através da adoção de diretrizes adequadas para o uso e ocupação do solo urbano

Artigo 316 – Nas licenças de parcelamento, loteamento e localização, o Município exigirá o cumprimento da Legislação de proteção ambiental, emanada da União e do Estado

Artigo 317 – As empresas concessionárias ou permissionárias de serviços públicos deverão atender rigorosamente aos dispositivos de proteção ambiental em vigor, sob pena de não ser renovada a concessão ou a permissão pelo Município

Artigo 318 – O Município assegurará a participação das entidades representativas da comunidade no planejamento e na fiscalização de proteção ambiental, garantindo o amplo acesso dos interessados às informações sobre as fontes de poluição e degradação ambiental, ao seu dispor

CARACTERIZAÇÃO DO
EMPREENDIMENTO

000096

4. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

4 – CARACTERIAZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A caracterização do Projeto do açude Pesqueiro, a ser construído no município de Capistrano, neste Estado, teve por base os estudos hidrológicos da bacia hidrográfica do riacho Vila Nova. A íntegra de tais estudos é apresentado a seguir

4.1 – Estudos Pluviométricos

A pluviometria do Estado do Ceará foi detalhadamente analisada por ocasião do PERH (Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará, 1992), sendo esta análise iniciada com a coleta dos registros inventariados e atualizados pela SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste) até 1988. Esta etapa foi seguida de várias outras, entre as quais destacam-se

- caracterização do regime pluviométrico em vários intervalos de tempo,
- estabelecimento das séries pluviométricas médias para as bacias hidrográficas dos açudes de médio e grande porte

O PERH contemplou a consistência e homogeneização das séries pluviométricas pelo método do vetor regional. Foram utilizados inicialmente nove postos pluviométricos próximos da região de interesse. Destes postos apenas três mostraram influência na construção dos polígonos de Thiessen. Os estudos de precipitação a nível anual, mensal e diário e de precipitações intensas são descritos a seguir

Para a obtenção dos polígonos de Thiessen, selecionou-se nove postos mais próximos da bacia do riacho Vila Nova. Com base nas coordenadas geográficas destes postos e de um identificador para cada um deles, utiliza-se o Sistema Geográfico de Informação (SIG) para gerar o mapa contendo as áreas de influência de cada um destes postos. Para obtenção deste mapa, a partir de um arquivo "vector", pontual, gera-se uma grade retangular de resolução preestabelecida cujo valor será o identificador do posto mais

próximo Quando se mostra os valores desta grade num sistema "raster", tem-se o mapa do polígono de Thiessen

Através das cartas de 1 100 000 da SUDENE, estabeleceu-se os contornos da bacia colocando-os em forma digital através de um processo de scanização Com a utilização de um SIG, obteve-se um mapa digital de tal forma que os valores dentro do contorno fossem todos iguais a 1 (um), e do lado de fora, todos fossem iguais a 0 (zero), gerando-se, desta forma, um mapa base da bacia

Através de um processo de "overlay" com uma operação de produto (produto entre os elementos de duas grades de arquivos do tipo raster que ocupam a mesma posição) apenas os identificadores dos postos internos da bacia permanecem com os valores diferentes de zero Esta grade quando traduzida de forma colorida, transforma-se num mapa com os polígonos de Thiessen tendo em vista apenas os contornos da bacia

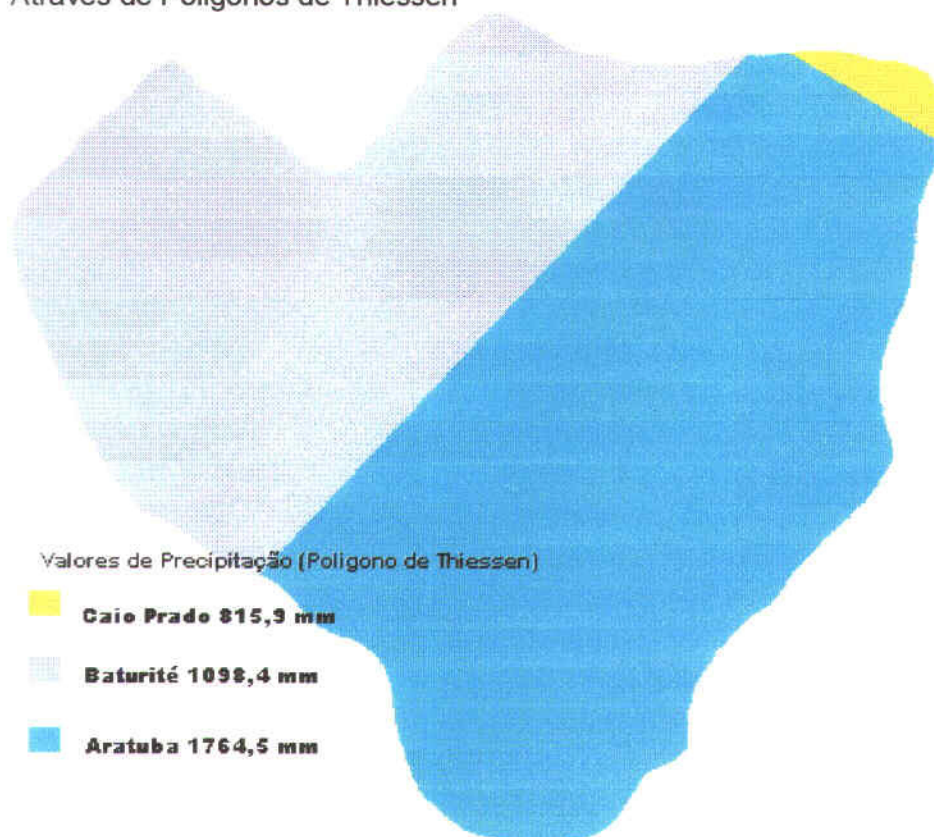
Feitas as operações mencionadas acima, dos nove postos escolhidos, apenas três apresentaram influência na bacia do Pesqueiro A Figura 4.1 apresenta os polígonos de Thiessen obtidos na bacia Os postos com influência foram os de Aratuba, Batunté e Caio Prado

Usando ainda um SIG, pode-se obter os valores de cada área de influência dos postos em questão Os nomes dos postos e suas áreas de influência estão relacionados no Quadro 4.1

Quadro 4.1 - Valores das Áreas de Influência na Bacia do Pesqueiro dos Postos Meteorológicos Escolhidos Através do SIG

Posto	Área (ha)
Aratuba	50,06
Batunté	34,72
Caio Prado	1,00

Figura 4.1 - Mapa das Áreas de Influência dos Postos na Bacia do Pesqueiro Obtido Através de Polígonos de Thiessen



4.1.1 – Caracterização do Regime Pluviométrico

A – Nível Anual

Usando as áreas de influência dos postos selecionados como fatores de ponderação, procedeu-se a análise da precipitação cujos resultados são apresentados no Quadro 4.2.

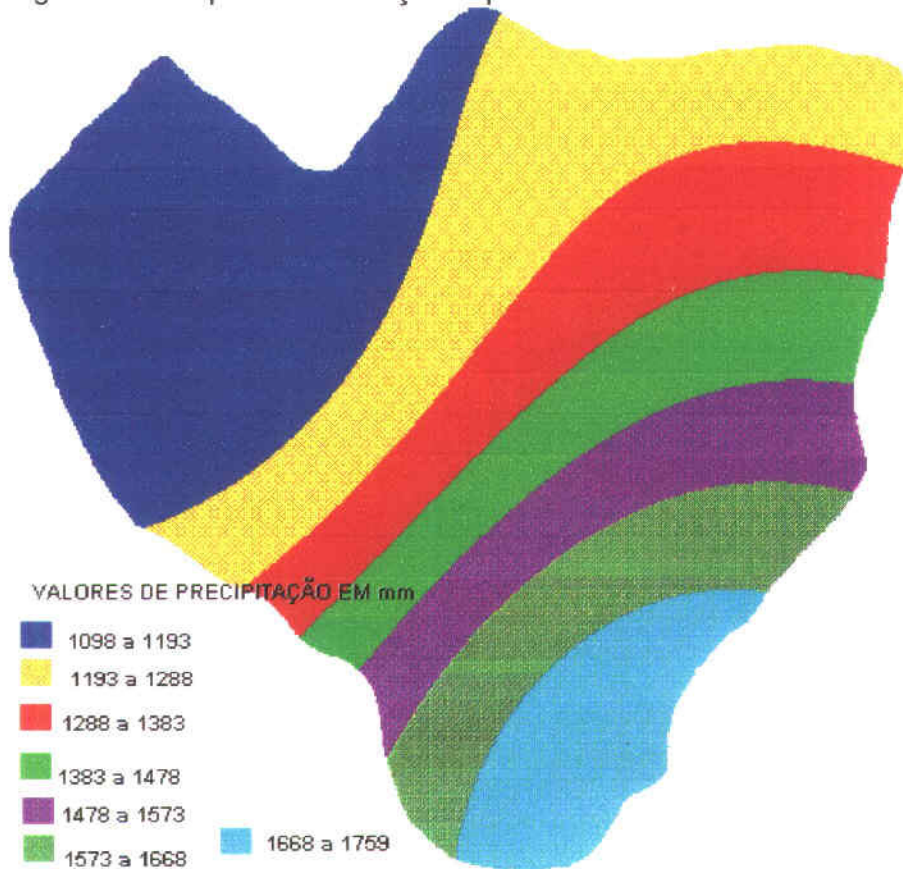
A precipitação anual média na bacia é de 1.483,82 mm, sendo que o coeficiente de variação vai desde 0,325 a 0,345. Conforme pode-se verificar no Quadro 4.2 as maiores precipitações anuais observadas durante o período estudado foi de 1.682,60 mm, em Caio Prado; 2.033,80 mm em Baturité e 3.238,20 em Aratuba. Pode-se observar, ainda no mesmo quadro, que as menores precipitações anuais observadas durante o período estudado foi de 168,90 mm, em Caio Prado; 307,30 mm em Baturité e 735,90 em Aratuba..

Quadro 4.2 – Resultado da Análise Estatística dos Dados Pluviométricos dos Postos com Influência na Bacia do Pesqueiro

Posto	Média (mm)	DESVPA	Coefficiente de Variação	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
Caio Prado (2892307)	815,90	282,44	34,62 %	1 682,60	168,90
Batunté (2882626)	1 098,40	375,74	34,21 %	2 033,80	307,30
Aratuba (2881895)	1 764,49	574,65	32,57 %	3.238,20	735,90

Com base nas coordenadas dos postos selecionados e nos valores de precipitação média para cada um deles, gerou-se um mapa vetorial de pontos e, através de um processo de interpolação espacial, obteve-se um mapa digital de precipitações médias anuais. O software utilizado interpola um modelo digital através das médias de uma distância de ponderação média. Para facilitar a visualização, foi feita uma reclassificação dos valores de tal forma que a bacia ficou dividida em faixas representando intervalos escolhidos previamente. O mapa obtido é apresentado na Figura 4.2. Observa-se nesta figura que, como nem todos os postos de influência na bacia estão inseridos, a faixa de valores encontrada difere dos valores médios dos postos, tendo a precipitação anual média valores entre 1 096 mm e 1 759 mm.

Figura 4.2 - Mapa da Distribuição Espacial da Pluviometria na Bacia do Pesqueiro

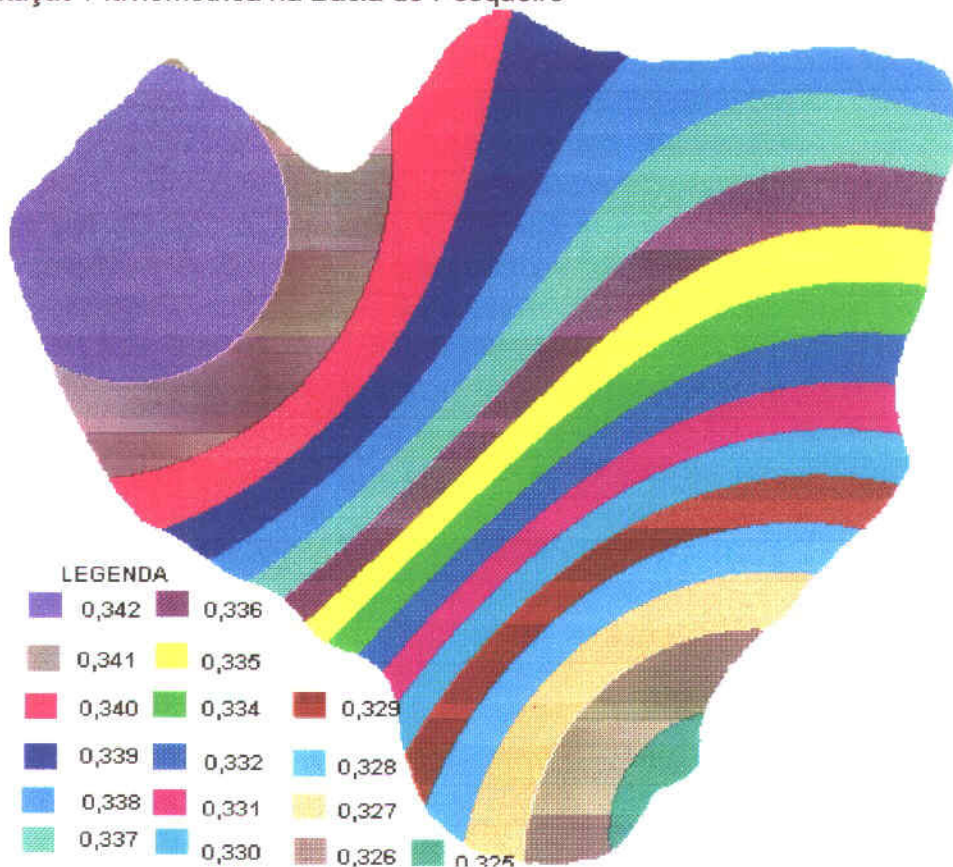


Fazendo uso destes mesmos procedimentos, substituindo-se a precipitação anual média de cada posto pelo coeficiente de variação anual da pluviometria de um deles, obteve-se o mapa apresentado na Figura 4.3. Como se tinha uma estreita faixa de valores do coeficiente de variação não se procedeu a reclassificação por faixas, prefixando-se apenas uma precisão de centésimos, fazendo surgir uma faixa de valores no processo de arredondamento, conforme pode ser verificado na referida figura.

B – Nível Mensal

Foi realizada análise estatística da pluviometria em cada um dos postos de influência na área da bacia, cujos os resultados são apresentados no Quadro 4.3. Tendo como base uma ponderação com a área de influência de cada posto, obteve-se as médias mensais cujos valores são apresentados no Quadro 4.4. Neste quadro, observa-se que a maior média mensal encontrada foi no mês de abril, cujo valor é de 293,77 mm e a menor média observada foi a de setembro, com 14,07 mm.

Figura 4.3 - Mapa Mostrando a Distribuição Espacial do Coeficiente de Variação da Precipitação Pluviométrica na Bacia do Pesqueiro



Conforme pode ser observado nas Figuras 4.4, 4.5 e 4.6, onde são apresentados, respectivamente, os histogramas de precipitação mensais, trimestrais e semestrais nos três postos, o regime de precipitação é o mesmo nos três, apesar dos valores serem diferentes. A distribuição anual das chuvas tem comportamento similar nestes postos. A maior média observada foi a de abril do posto de Aratuba, tendo um valor de 349,95 mm e a menor, no mês de setembro, no posto de Caio Prado, cujo valor foi de 1,40 mm.

A nível trimestral pode-se observar na Figura 4.5 que o maior valor acumulado em um trimestre ocorre de março a maio em todos os três postos ou seja, em valores médios corresponde a 819,28 mm, correspondendo assim a 56,99% do valor médio observado durante todo o ano.

Quando se analisa as distribuições semestrais, observando a Figura 4.6, nota-se que o semestre de maior precipitação é o que vai de janeiro a junho, neste período observa-se uma precipitação, em termos médios, de 85,69% do total anual, ou seja 1.231,85 mm.

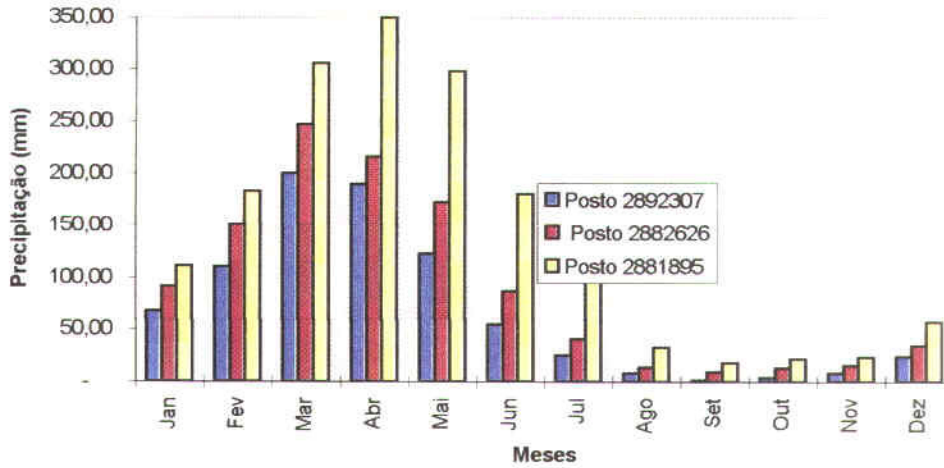
Quadro 4.3 - Resultados Obtidos da Análise de Precipitação Pluviométrica na bacia do rancho Lagoa Nova para os Diferentes Postos de Influência na Bacia

Posto		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2892307 Caio Prado	Média	68,30	110,13	199,84	189,41	122,49	54,85	24,88	7,79	1,40	3,91	7,93	23,67
	DP	57,86	84,79	108,69	105,21	74,56	52,60	32,17	14,11	2,99	8,77	15,59	28,29
	CV	84,71	77,00	54,39	55,55	60,87	95,91	129,30	181,07	213,51	224,12	196,60	119,54
	Máximo	309,30	346,80	471,60	493,20	314,20	252,70	133,40	93,60	15,00	51,20	102,00	102,10
	Mínimo	0,00	3,20	14,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2882626 Batunté	Media	91,08	150,71	247,07	215,78	172,27	86,89	40,63	13,75	9,35	12,83	15,31	34,11
	DP	77,43	99,32	103,48	101,13	95,41	69,36	44,96	26,08	16,66	17,38	21,10	37,97
	CV	85,01	65,90	41,88	46,87	55,38	79,82	110,67	189,61	178,16	135,47	137,83	111,30
	Máximo	356,00	370,00	496,80	462,00	404,50	279,50	216,00	167,00	91,00	94,20	104,80	172,30
	Mínimo	0,00	18,30	53,00	17,00	27,00	9,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2881895 Aratuba	Media	110,99	182,84	305,46	349,95	297,76	180,50	111,91	32,47	17,60	21,26	23,59	57,02
	DP	98,86	130,65	143,25	196,14	178,61	132,51	100,20	39,41	21,35	33,49	26,02	56,47
	CV	89,07	71,46	46,90	56,05	59,99	73,41	89,54	121,38	121,32	157,57	110,27	99,02
	Máximo	441,70	612,80	728,10	1 122,80	799,60	570,30	484,20	194,00	91,70	205,30	142,90	294,10
	Mínimo	0,00	29,10	65,30	78,00	32,90	15,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Quadro 4.4 - Resultados Obtidos da Análise de Precipitação Pluviométrica na bacia do rancho Lagoa Nova (Médias Mensais Ponderadas com as Áreas de Influência de Cada Posto obtida por polígonos de Thiessen)

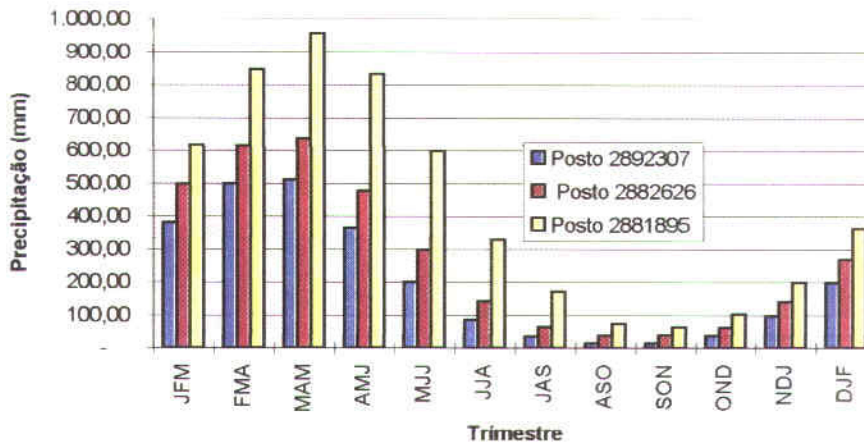
Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	102,43	168,99	280,59	293,77	244,92	141,15	82,04	24,61	14,07	17,65	20,06	47,36

Figura 4.4 - Gráfico das Precipitações Médias Mensais



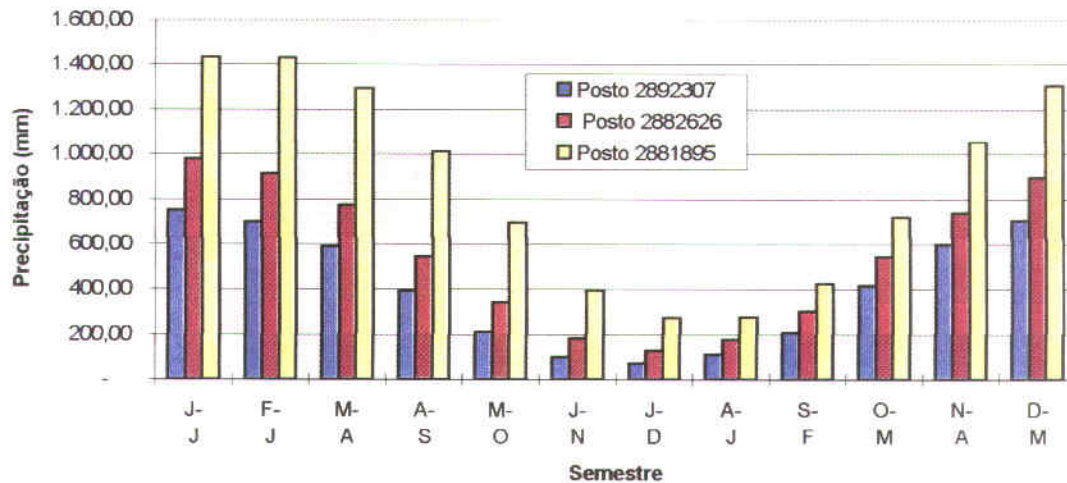
Valores de Precipitação Mensal para os Diferentes Postos

Figura 4.5 - Gráfico das Precipitações Médias Acumuladas Trimestrais



Precipitação para os Diferentes Postos em Diversos Trimestres

Figura 4.6 - Gráfico das Precipitações Médias Acumuladas Semestrais



Valores da Pluviometria Semestral nos Direntes Postos

4.1.2 - Chuvas Intensas

Para projetos de obras hidráulicas em geral é importante a caracterização do regime pluviométrico em intervalos de tempo inferiores a 24 horas. A definição da vazão de projeto, por exemplo, de canais integrantes da rede de drenagem, obras d'arte, encontra-se vinculada a determinação da relação intensidade-duração-freqüência pluviométrica.

Na área em estudo (região do Pesqueiro) não existem registros de pluviógrafos, sendo o aparelho mais comum o pluviômetro, capaz de registrar a "precipitação máxima de 1 dia". Isto impossibilita o uso da metodologia convencional, na qual, a partir de chuvas intensas de várias durações registradas em pluviogramas, estabelece-se uma equação que relaciona intensidade, duração e freqüência para a área de representatividade do aparelho.

Como alternativa ao método tradicional, tem-se o Método das Isozonas (TORRICO, 1975)¹ que, partindo da transformação da chuva de 1 dia em 24 horas, permite estimar valores para intervalos de menor duração.

A desagregação da chuva de 24 horas em chuvas de menores duração consiste nas seguintes etapas de cálculo descritas a seguir:

- multiplicar a chuva de um dia por 1,10 para se obter a chuva pontual de 24 horas;
- determinar a isozona onde está localizado o centro de gravidade da bacia hidrográfica - isozona C para a área em estudo, sendo adotado D apenas para o posto 2871202 (Figura 4.7);

¹ TORRICO, J.T., 1975. PRÁTICAS HIDROLÓGICAS, 2ª. EDIÇÃO, TRANSCOM, RIO DE JANEIRO.

- estimar, para os diversos períodos de retorno, a chuva de 1 hora de duração a partir da chuva de 24 horas, através da multiplicação pelo fator R_{1h} ,
- plotar os valores P_{24h} e P_{1h} em papel probabilístico para obtenção de chuvas de durações intermediárias

O método das isozonas apresenta diferenças bem significativas quando comparado com o método tradicional, conforme mostra Silva, Kem e Henrique (1989), o que sugere que os resultados obtidos pelo método das isozonas sejam observados com certas restrições

4.1.3 – Precipitação Diária

Para a escolha do papel probabilístico a utilizar no método das isozonas, ajustou-se várias funções de probabilidade (Pearson, LogPearson, Extremo I e Log-Normal) aos dados de pluviometria dos três postos, obtendo-se o Chi-quadrado destas distribuições para a escolha entre elas. As Figuras 4.8, 4.9 e 4.10 ilustram os resultados obtidos. Também nestas figuras pode-se observar o papel probabilístico escolhido e utilizado na determinação das chuvas de várias durações e vários períodos de retorno.

Os resultados para cada um dos postos podem ser vistos no Quadro 4.5. Observa-se que o posto de Aratuba (2881895), mesmo apresentando uma precipitação média anual maior que os demais, teve uma estimativa de precipitação com recorrência de 10 000 anos menor que os demais postos. Este fato pode ser atribuído ao regime de precipitação mas, sem dúvida, tem uma forte carga na extrapolação realizada visto que, considerando a existência de menos de uma centena de dados, estimar um fenômeno com espaço temporal cem vezes maior.

Quadro 4.5 Precipitação Máxima Diária Associada a Diversos Períodos de Retorno

Período de Retorno (anos)	2881895	2882626	2892307
2	3.9	4.8	4.8
2.33	5.7	6.2	6.7
5	10.1	10.0	12.5
10	15.1	16.2	21.2
20	22.1	23.8	32.7
25	25.1	25.9	37.1
50	39.2	34.9	55.3
100	72.9	67.7	75.8
200	117.3	114.8	98.4
500	167.1	158.8	142.8
1000	222.8	195.6	183.8
10000	176.0	351.5	388.4

De acordo com o Quadro 4.5 o posto de Caio Prado apresenta os maiores valores estimados de precipitação extrema associada a diferentes tempos de retorno com importância espacial significativa na bacia hidrográfica. Adotou-se como posto base para análise de eventos extremos o posto Caio Prado.

A chuva pontual para este posto foi convertida em chuva para toda a bacia pela equação

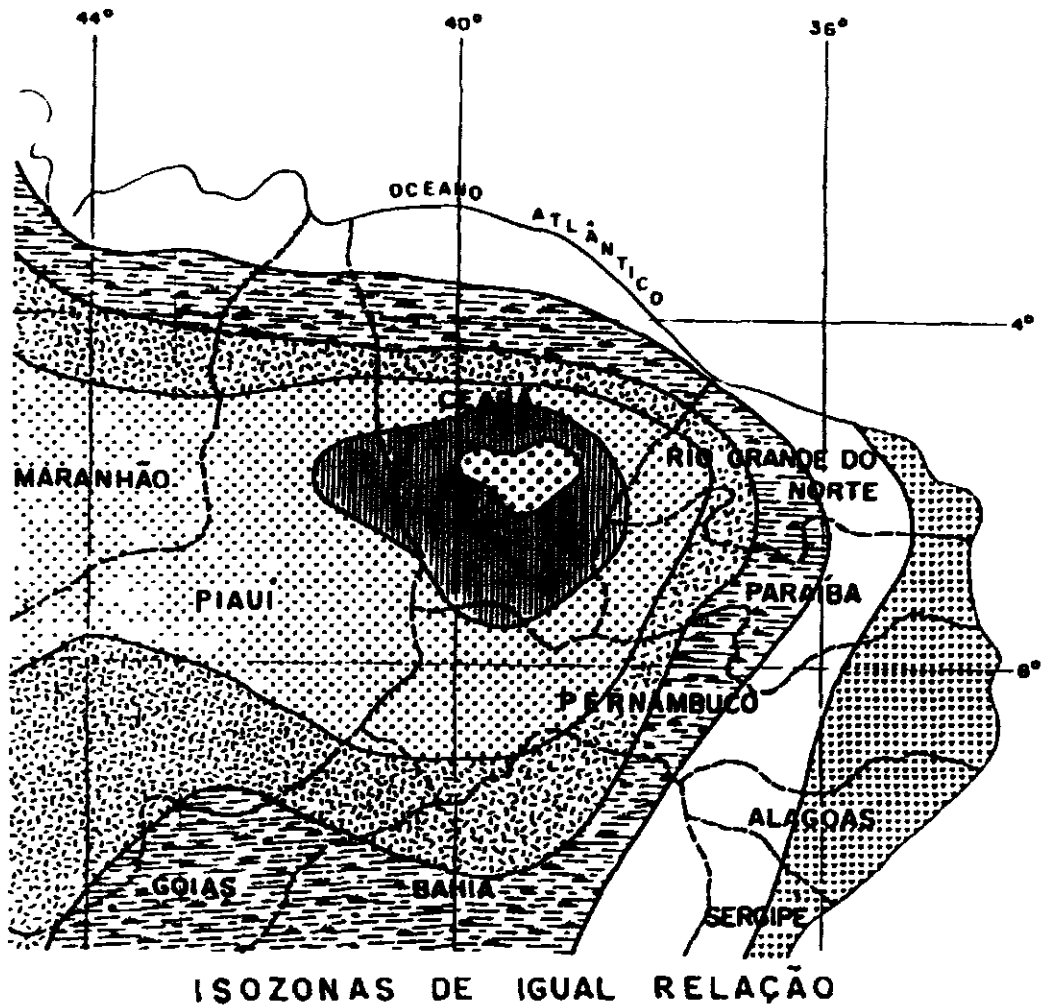
$$P_A = P_0 \left(1 - W \log\left(\frac{A}{A_0}\right)\right)$$

onde

- W = 0,15 (coeficiente regional para zonas úmidas e semi-úmidas),
- P_A = Precipitação sobre toda a área,
- P₀ = Chuva pontual,
- A = 84 km² (área da bacia),
- A₀ = 25 km² (área base para chuva pontual),

A partir destes dados obtém-se um fator de redução igual a 0,92 (1-W log(A/A₀)). O Quadro 4.6 apresenta a chuva de projeto sem redução e com a aplicação do fator redutor de área. A Figura 4.11 mostra as curvas altura-duração-frequência (chuvas pontuais) para diferentes tempos de retorno dos postos utilizados.

Figura 4 7 - Isozonas de Igual Relação



ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO

ISOZONA	TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS											
	1 HORA / 24 HORAS CHUVA										5 mm / 24h CHUVA	
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10.000	5-50	100
B	38,1	37,8	37,4	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,0	39,4	37,2	36,2	9,6	9,0
D	42,0	41,8	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
E	44,0	43,8	43,3	43,2	43,0	42,2	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
F	46,0	45,9	45,3	45,1	44,9	44,8	44,3	44,1	42,7	41,3	13,8	12,4
G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,0	46,7	46,4	45,9	44,3	43,1	15,4	13,7
H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,6	48,3	47,0	46,3	44,8	16,7	14,9

Figura 4.8 – Ajuste das Funções Probabilísticas e Plotagem no Papel Probabilístico para o Posto de Aratuba

TR	Pearson	LogPearson	Extremo I	LogNormal
2	6.9	6.4	9.2	6.4
2.33	8.7	7.8	11.7	7.8
5	19.1	16.4	22.6	16.4
10	30.1	27.0	31.5	26.8
20	42.1	40.8	40.0	40.2
25	46.1	46.1	42.7	45.2
50	59.2	65.3	51.1	63.4
100	72.9	89.6	59.4	85.9
200	87.3	119.6	67.6	113.4
500	107.1	170.2	78.5	158.7
1000	122.8	218.2	86.7	201.0
10000	178.0	458.1	114.0	404.9
Chi-quadrado	6.0	13.9	32.3	10.9

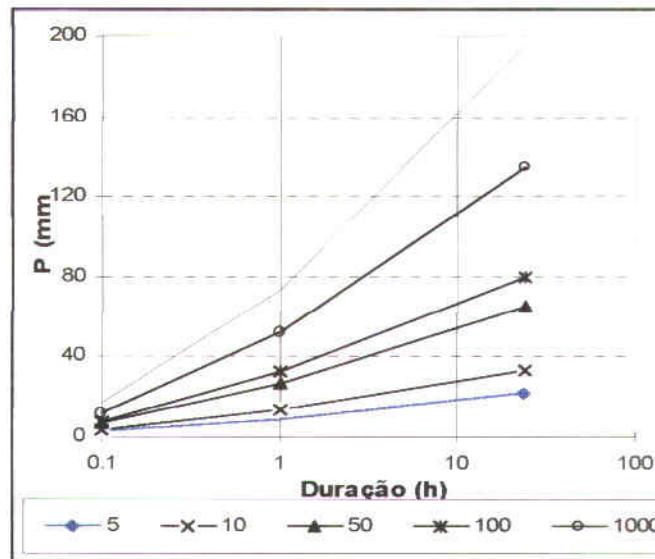
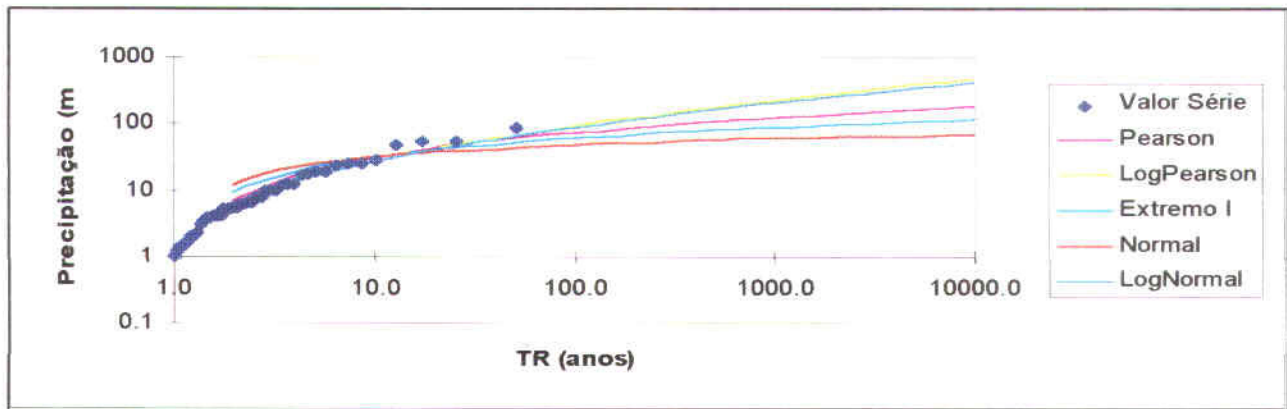


Figura 4.9 – Ajuste das Funções Probabilísticas e Plotagem no Papel Probabilístico para o Posto de Baturité.

TR	Pearson	LogPearson	Extremo I	LogNormal
2	5.5	4.8	8.0	4.5
2.33	7.4	6.2	10.6	5.8
5	18.4	15.0	21.9	14.8
10	29.8	26.2	31.2	27.7
20	42.2	40.6	40.1	46.5
25	46.4	45.9	42.9	54.0
50	59.9	64.9	51.6	83.2
100	74.1	87.7	60.2	122.6
200	88.9	114.6	68.7	174.9
500	109.4	156.6	80.1	268.8
1000	125.5	193.6	88.6	363.5
10000	182.3	351.5	117.0	889.3
Chi-Quadrado	43.8	8.5	68.4	10.2

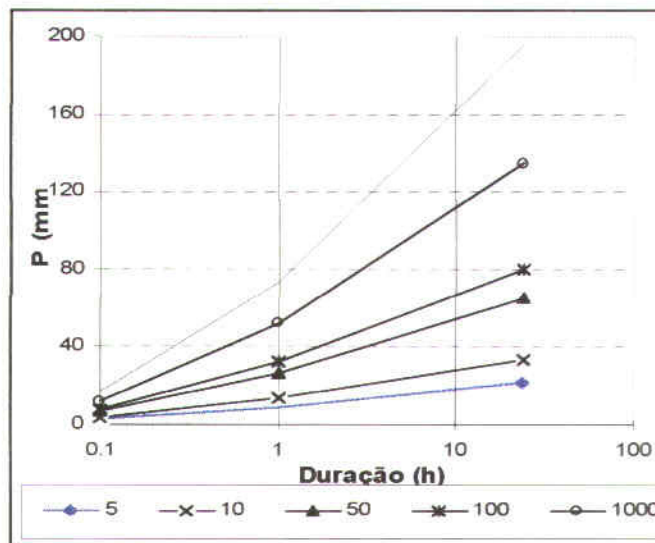
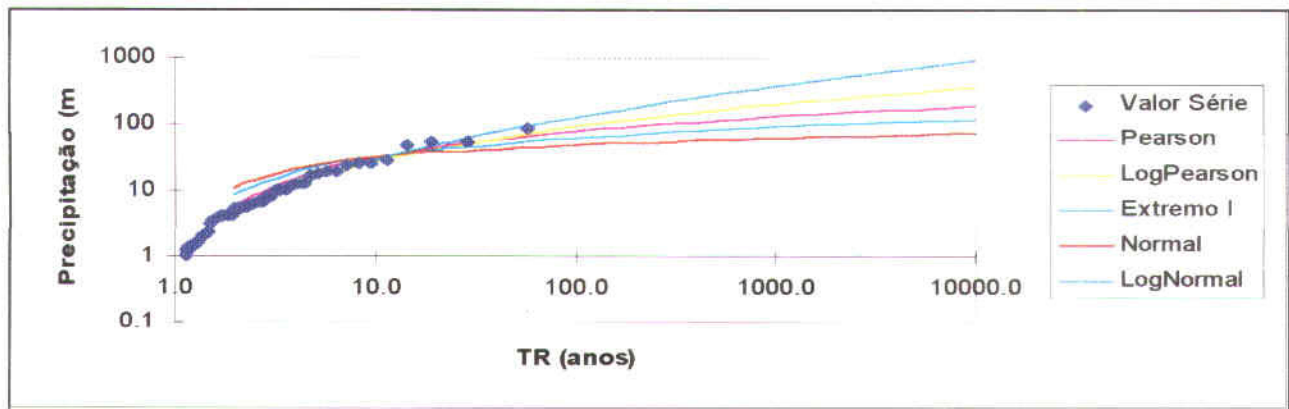
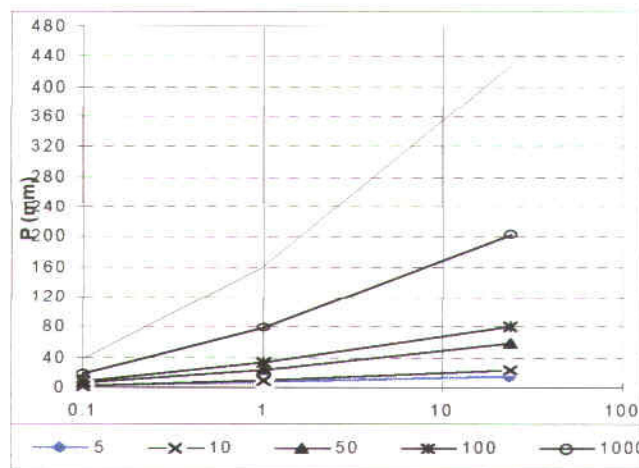
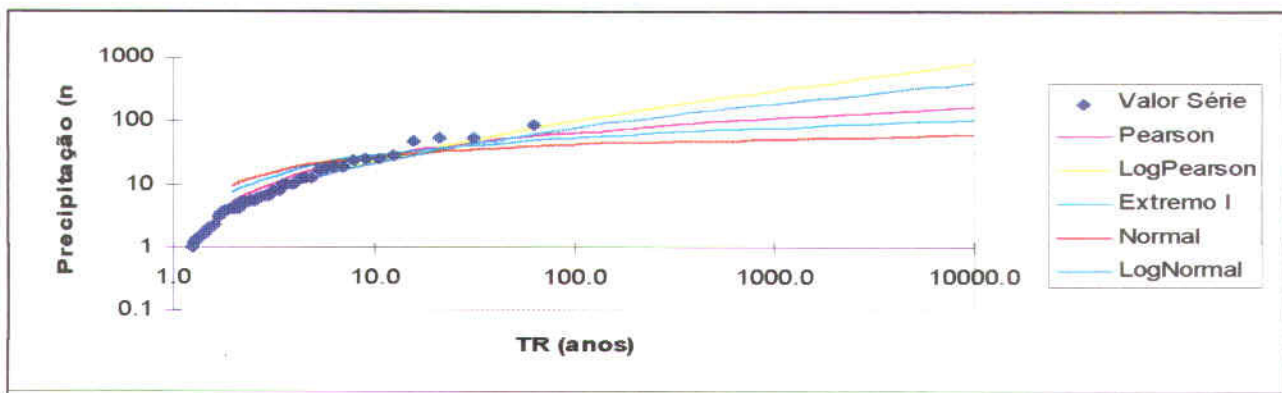


Figura 4.10 – Ajuste das Funções Probabilísticas e Plotagem no Papel Probabilístico para o Posto de Caio Prado.

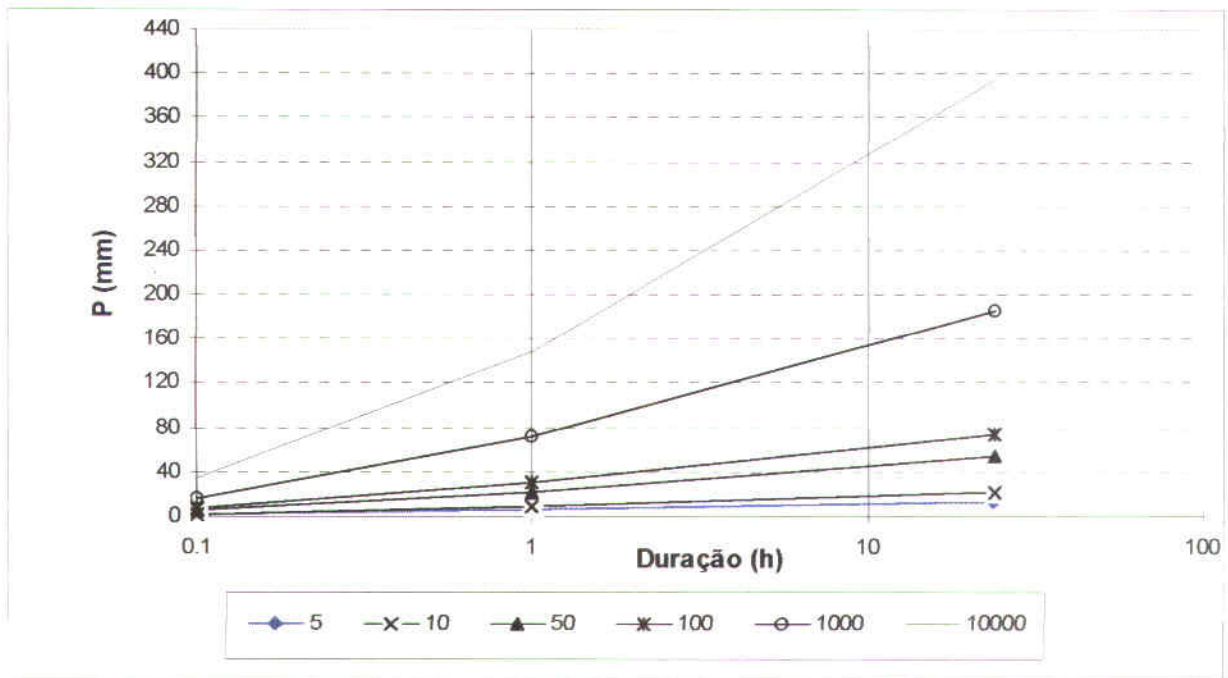
TR	Pearson	LogPearson	Extremo I	LogNormal
2	5.1	4.3	7.1	4.6
2.33	6.7	5.4	9.4	5.7
5	16.0	12.3	19.2	12.5
10	25.9	21.8	27.2	21.2
20	36.7	35.7	34.9	32.7
25	40.3	41.3	37.3	37.1
50	52.1	63.1	44.8	53.3
100	64.6	93.4	52.2	73.8
200	77.6	134.7	59.6	99.4
500	95.6	211.9	69.4	142.6
1000	109.8	293.2	76.7	183.8
10000	160.1	793.2	101.2	389.4
Chi-quadrado	10.8	8.5	55.5	3.9



Quadro 4.6. Período De Retorno Para Diferentes Durações Do Posto Escolhido

Duração		Período de Retorno								
(h)	(min)	2	5	10	20	25	50	100	1000	10000
0.10	6	0.90	1.54	2.61	4.03	4.57	6.56	8.12	18.38	37.54
0.17	10	1.09	1.86	3.13	4.83	5.47	7.84	9.94	22.85	46.69
0.25	15	1.32	2.25	3.79	5.82	6.60	9.45	12.22	28.45	58.12
0.50	30	2.03	3.43	5.76	8.82	9.99	14.25	19.05	45.25	92.43
1.00	60	3.44	5.78	9.69	14.81	16.77	23.85	32.71	78.83	161.06
2.00	120	3.64	6.13	10.28	15.73	17.81	25.36	34.82	84.19	172.68
3.00	180	3.84	6.47	10.87	16.65	18.86	26.88	36.92	89.56	184.30
4.00	240	4.04	6.82	11.46	17.57	19.90	28.39	39.03	94.92	195.92
6.00	360	4.44	7.52	12.65	19.41	21.99	31.41	43.25	105.64	219.16
12.00	720	5.64	9.60	16.19	24.92	28.26	40.47	55.89	137.80	288.89
24.00	1440	8.05	13.76	23.29	35.95	40.80	58.61	81.17	202.14	428.34
Diária		5.5	12.5	21.2	32.7	37.1	53.3	73.8	183.8	389.4

Figura 4.11 – Curvas Itura-Duração-Freqüência para Diferentes Tempos de Retorno



4.2 - Estudo de Deflúvio

O objetivo básico do estudo de deflúvio consiste na definição das séries de vazões afluentes ao Boqueirão do futuro açude Pesqueiro, produto das chuvas que ocorrem em sua bacia até às proximidades da cidade de Capistrano. Estas séries fluviométricas podem ser utilizadas como base para estudos direcionados para a construção de pequenos e médios açudes e para avaliação de alternativas para projetos de irrigação na área.

A execução de projetos, tais como o dimensionamento de reservatórios, requer a utilização de dados das séries fluviométricas. Devido ao elevado custo de implantação e manutenção das estações fluviométricas, o número destas é inferior ao de pluviométricas. No caso particular da bacia do riacho Lagoa Nova, não existe nenhum posto fluviométrico, tendo sido utilizado os dados fluviométricos dos postos de Caio Prado (35830000) e Choró (3588000) pertencentes a bacia do rio Choró do qual o riacho Lagoa Nova é afluente.

Duas são as alternativas para transpor as vazões nas seções do rio Choró para a bacia do riacho Lagoa Nova. A primeira é ajustar um modelo chuva-vazão e tomar os parâmetros deste modelo como regionais; utilizando as precipitações na bacia hidrográfica do Lagoa Nova, calcular uma série de vazões associada a elas. A segunda metodologia consiste em regionalizar a lâmina e o coeficiente de variação das séries históricas já que este número possibilita a realização de estatística sobre as mesmas

4.2.1 Alternativa 1 – Aplicação do MODHAC

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) aplicou o Modelo chuva-deflúvio MODHAC¹ para estender as séries históricas fluviométricas dos postos de Caio Prado e Choró.

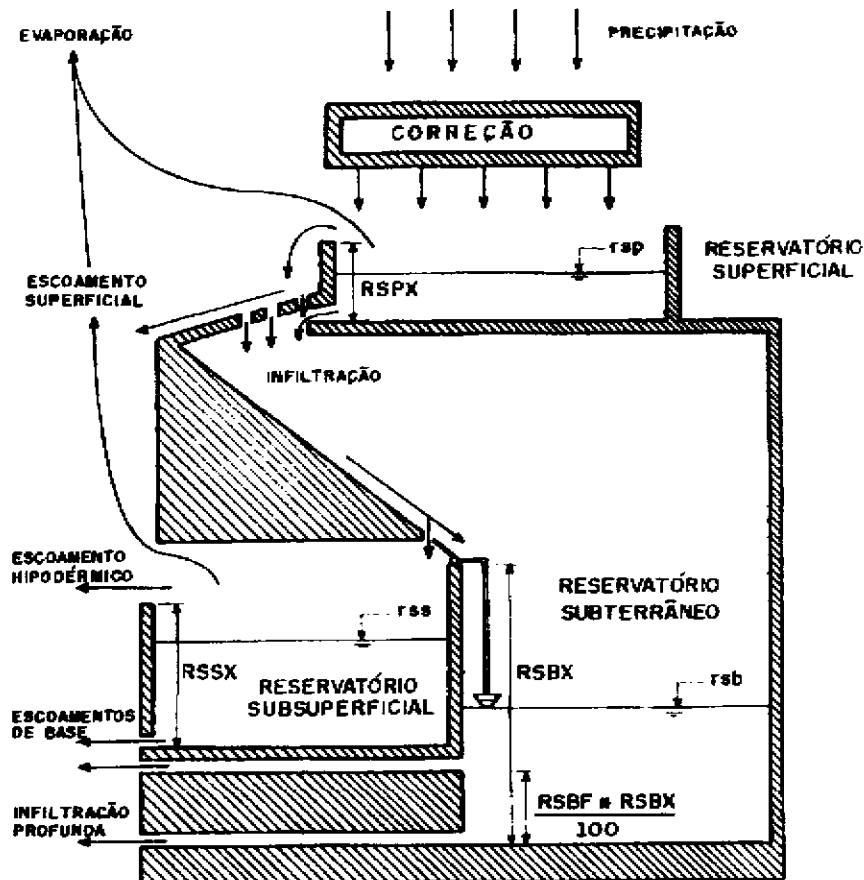
4.2.1.1 Metodologia

O modelo, que se utiliza de dados de precipitação média diária, é esquematicamente apresentado na Figura 4.12 e descrito sucintamente a seguir.

O modelo MODHAC é composto de três reservatórios fictícios dispostos em séries, cada um com seus parâmetros de ajuste próprios. Estes reservatórios fictícios serão descritos, resumidamente, da seguinte forma:

- **RESERVATÓRIO SUPERFICIAL** – permite simular os processos de interceptação da água pela vegetação, o armazenamento nas depressões impermeáveis e semi-permeáveis do solo. Seus parâmetros são:
 - RSPX – capacidade máxima do reservatório superficial, e
 - ASP – expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional à permeabilidade do reservatório.

Figura 4.12 - Esquema do Modelo MODHAC



- **RESERVATÓRIO SUB-SUPERFICIAL** – permite representar a água armazenada dentro do solo, desde a superfície do terreno até a profundidade radicular das plantas. A recarga deste reservatório é a infiltração e as descargas são o escoamento hipodérmico, evaporação do solo e a evapotranspiração das plantas. São seus parâmetros:
 - $RSSX$ – capacidade máxima do reservatório sub-superficial, e
 - ASS – expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional a permeabilidade das camadas mais superficiais do solo.
- **RESERVATÓRIO SUBTERRÂNEO** – representa o armazenamento da água nas camadas mais profundas do solo onde não existe nem evapotranspiração das plantas, nem evaporação do solo. A recarga deste reservatório é a percolação profunda do reservatório sub-superficial e a descarga é o escoamento de base. Seus parâmetros são:

- RSSB – capacidade máxima do reservatório subterrâneo, e
- ASB – expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional à transmissividade das camadas mais profundas do solo.

Além destes coeficientes próprios de cada reservatório fictício, existem outros que permitem representar as características do solo e da evaporação. São eles:

- IMIN – infiltração mínima observada;
- IMAX – representa a capacidade de percolação de todo o horizonte do solo;
- IDEC – parâmetro que permite representar uma gama de valores compreendida entre o ponto onde não existe infiltração e o ponto que representa toda a água infiltrada, e
- CEVA – parâmetro da lei de evapotranspiração do solo.

Os dados necessários para a calibração do MODHAC são: pluviometria diária, séries fluviométricas mensais/diárias e evapotranspiração potencial. Devido a inexistência de estações fluviométricas na bacia do riacho Lagoa Nova, optou-se por utilizar valores dos parâmetros do MODHAC obtidos na calibração deste em uma região próxima. Esta hipótese simplificadora assume que os parâmetros utilizados são representativos para simular os processos de transformação chuva-vazão que ocorrem na bacia do riacho Lagoa Nova. Assim, a partir dos valores destes parâmetros obtidos pela calibração do MODHAC para o posto situado no rio Choró em Caio Prado, controlador de uma área de 1.755 km², é possível gerar séries de vazões a partir de séries de precipitações da área de interesse, e com extensão igual destas últimas.

O Quadro 4.7 apresenta os parâmetros utilizados pelo modelo MODHAC para geração de série de vazões mensais. O ajuste da série utilizado foi o realizado no PERH.

Quadro 4.7 - Parâmetros Utilizados pelo Modelo MODHAC –Caio Prado

Posto	RSPX mm	RSSX mm	IMAX	ININ	IPEC	ASP	ASS	CEVA
Caio Prado	78.0	249.4	43.36	4.48	0.6157	0.0030	0.0009	0.0329
Choró	54.0	132.2	16.56	4.95	0.2113	0.0010	0.0053	0.9439

4.2.1.2 - Resultados

O PERH-Ce aplicou o MODHAC aos postos de Caio Prado e Choró, tendo avaliado que o ajuste de Caio Prado foi regular e o de Chorozinho foi bom.

No PERH, a lâmina média da série gerada pelo MODHAC foi de 55.5mm e o coeficiente de escoamento de 7.1% em Caio Prado, enquanto em Chorozinho a lâmina média escoada foi de 134.1mm e coeficiente de escoamento foi de 14.9%.

O coeficiente de deflúvio, calculado pela razão entre a lâmina escoada e a precipitada, situa-se em torno de 6,4 %. O regime de escoamento no local do barramento pode ser melhor caracterizado pelos seguintes valores:

- lâmina anual média escoada = 55,5 mm
- volume anual médio escoado = 4,7 hm³/ano
- coeficiente de variação dos deflúvios anuais = 1,0

4.2.2 Alternativa 2 – Análise Estatística da Série

4.2.2.1 – Posto de Caio Prado

A. Escoamento Médio

A área drenada até a estação de Caio Prado é de 1.710 km², tendo a série histórica trinta (30) anos de medição. Esta série segundo DAEE(1990²) tem um número de eventos que possibilita ajuste estatístico.

A Figura 4.13 mostra a distribuição temporal das vazões médias anuais enquanto a Figura 4.14 mostra o total acumulado das vazões, as duas para a seção em Caio Prado. O Quadro 4.8 apresenta as vazões históricas na seção de Caio Prado enquanto o Quadro 4.9 mostra as características principais destas afluições. A Figura 4.15 apresenta a autocorrelação da série de vazões afluentes à seção de Caio Prado

Figura 4.13 - Distribuição Temporal das Vazões Médias Anuais

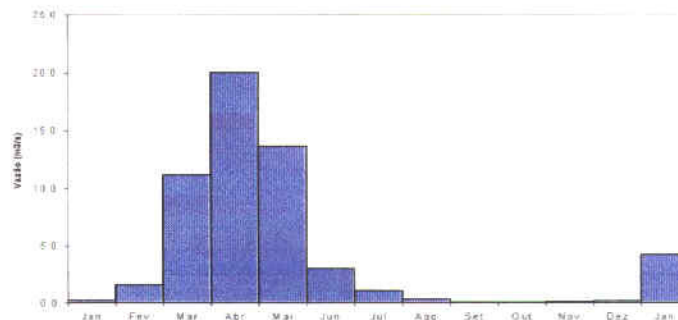
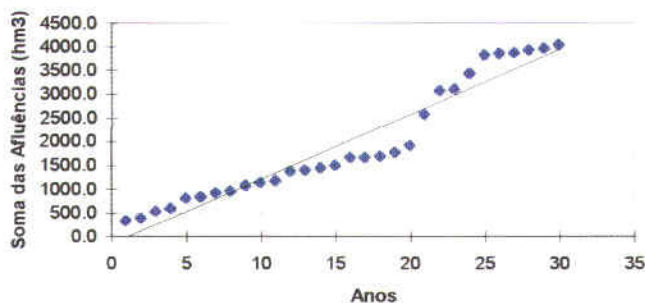


Figura 4.14 - Total acumulado das vazões afluentes à seção de Caio Prado



2 "Manual de Cálculo de vazões Máximas, Médias e Mínimas em Bacias Hidrográficas", SAT, DAEE (1990)

Quadro 4.8 - Vazões Históricas afluentes a seção de Caio Prado

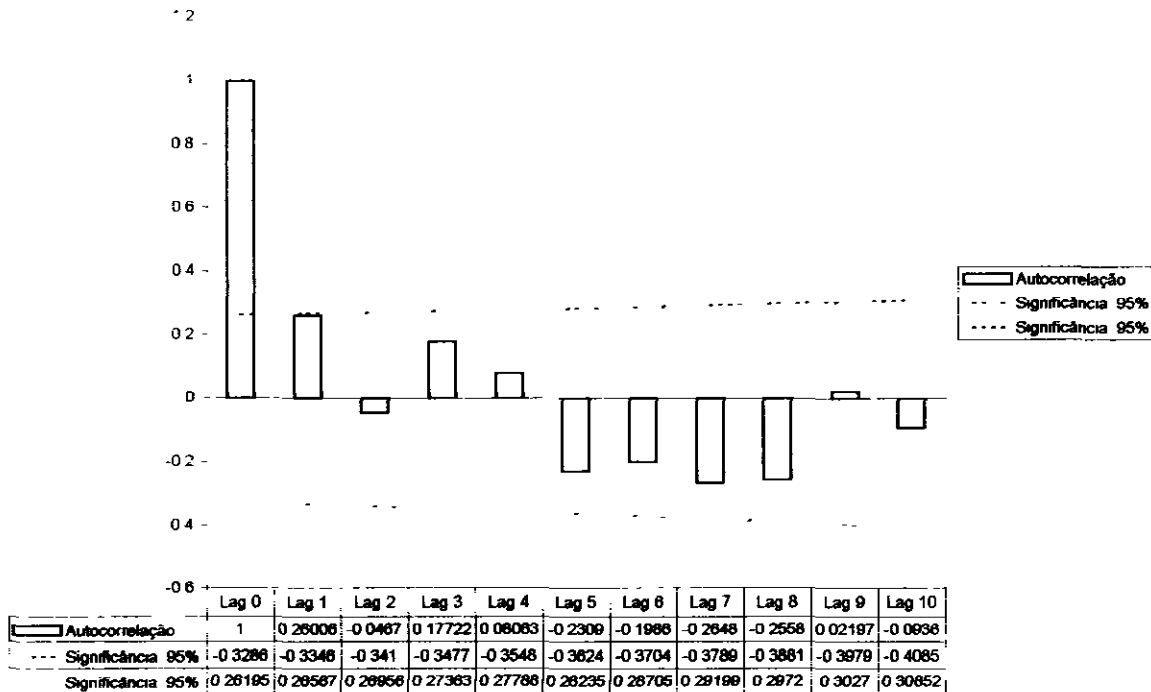
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média
1934	00	61	382	327	463	42	03	01	00	00	00	00	107
1937	00	00	00	91	64	32	04	00	00	00	00	00	16
1938	00	00	375	100	33	12	05	00	00	00	00	00	44
1939	00	12	168	61	18	06	00	00	00	00	00	00	22
1940	00	05	83	257	354	68	38	11	00	00	00	00	68
1941	00	00	71	28	17	03	00	00	00	00	00	00	10
1945	00	81	12	54	99	17	44	04	00	00	00	00	26
1946	00	09	38	23	10	41	00	00	00	00	00	00	10
1947	00	00	197	106	142	19	06	00	00	00	11	05	41
1948	00	00	49	67	75	22	11	00	00	00	00	00	19
1949	00	00	30	82	21	10	01	00	00	00	00	00	12
1950	00	00	43	579	136	11	04	00	00	00	00	00	64
1951	00	00	00	40	10	29	07	00	00	00	00	00	07
1955	00	00	00	74	93	05	00	00	00	00	00	00	14
1956	00	00	35	180	10	00	00	00	00	00	00	00	19
1957	00	00	23	546	25	07	00	00	00	00	00	00	50
1958	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1959	12	23	42	21	19	06	00	00	00	00	00	00	10
1960	00	00	141	108	37	00	00	00	00	00	00	00	24
1984	-	-	-	-	29	861	004	0	0	0	0	0	47
1985	0	437	843	823	417	254	37	148	083	134	125	138	207
1986	278	761	519	845	35	58	3	1	03	0	0	0	160
1987	0	0	455	116	033	253	057	0	0	0	0	0	08
1988	0	008	616	516	677	304	0	0	0	0	0	105	108
1989	092	071	384	66	587	348	923	081	073	053	096	206	123
1990	088	072	052	053	575	07	023	028	013	013	022	007	08
1991	008	027	059	0	458	0	0	0	0	0	065	001	05
1992	065	128	107	781	03	015	03	054	029	059	06	006	21
1993	046	077	054	037	048	127	271	452	023	0	0	0	09
1994	0	0	222	131	319	784	184	0	0	0	0	0	23
Média	02	16	112	201	136	3.1	11	03	01	01	0.2	0.2	43

FONTE: Dados CPRM/ANELL e Plano Estadual de Recursos Hídricos

Quadro 4.9 - Característica das afluições a seção de Caio Prado

Média (34-52)	30	m ³ /s	93	hm ³ /ano
Média (84-94)	67	m ³ /s	212	hm ³ /ano
Média	43	m ³ /s	135	hm ³ /ano
Desvio Padrão (34-52)	27	m ³ /s		
Desvio Padrão (84-94)	72	m ³ /s		
DESVIO SÉRIE	50	m ³ /s		
CV (34-52)	091			
CV(84-94)	107			
CV	118			

Figura 4.15 - Autocorrelação da série de vazões afluentes a seção de Caio Prado



B - Eventos Extremos

A análise das séries de máximas precipitações anuais produziu uma estatística da vazão máxima afluente anual mostrada no Quadro 4.10. A média e o desvio padrão das séries de máximas vazões em Caio Prado são respectivamente $220 \text{ m}^3/\text{s}$ e $221 \text{ m}^3/\text{s}$.

Quadro 4.10 - Vazão Máxima Afluente ao posto de Caio Prado

Período de Retorno (anos)	Distribuição Gumbel (m^3/s)	Distribuição Pearson III (m^3/s)
1000	1365	1679
500	1240	1486
10	528	492

A lâmina específica da cheia no referido posto é apresentada no Quadro 4.11 a seguir.

Quadro 4.11 - Lâmina Específica da Cheia em Caio Prado

Período de Retorno (anos)	Distribuição Gumbel ($\text{m}^3/\text{s.km}^2$)	Distribuição Pearson III ($\text{m}^3/\text{s.km}^2$)
1000	0,777	0,957
500	0,725	0,869
10	0,301	0,287

Estas lâminas específicas, desprezando o efeito de escala que tende aumentar significativamente o valor das vazões de pico, são apresentadas no Quadro 4.12.

Quadro 4.12 – Lâminas Específicas Desprezando o Efeito de Escala

Período de Retorno (anos)	Distribuição Gumbel ($m^3/s.km^2$)	Distribuição Pearson III ($m^3/s.km^2$)
1000	65,27	80,39
500	60,90	73,00
10	25,28	24,11

4.2.2.2 – Posto de Choró

A seção de Choró é exutório de uma bacia hidrográfica de 4.050 km^2 e possui uma série histórica de medição de vinte e quatro (24) anos.

A – Escoamento Médio

A Figura 4.16 mostra a distribuição temporal das vazões médias anuais enquanto a Figura 4.17 mostra o total acumulado das vazões, as duas para a seção em Choró. O Quadro 4.13 apresenta as vazões históricas na seção de Choró enquanto o Quadro 4.14 apresenta as características principais destas afluições. A Figura 4.18 mostra a correlação das séries de vazões médias anuais em Caio Prado e em Choró.

Figura 4.16 – Distribuição Temporal das Vazões Médias Anuais

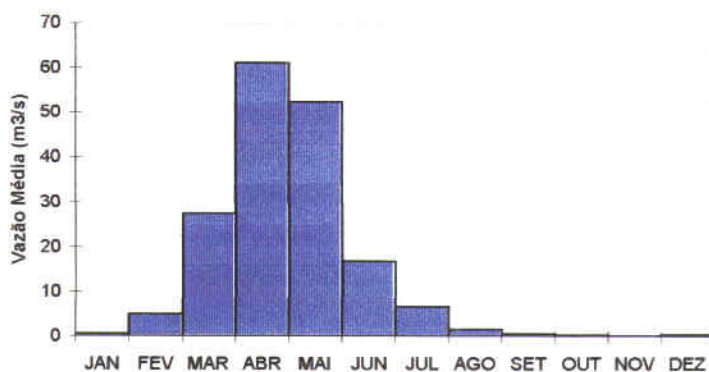
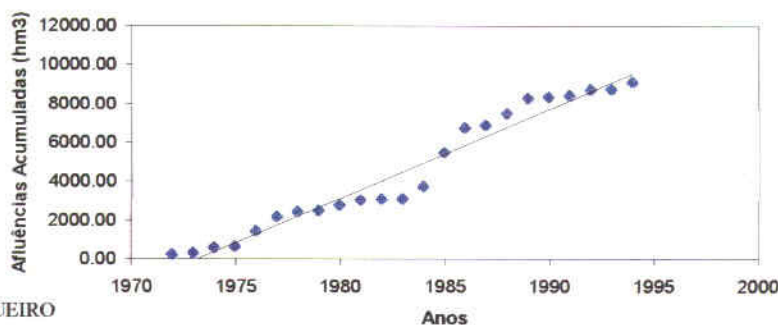


Figura 4.17 - Total acumulado das vazões afluentes à seção de Choró



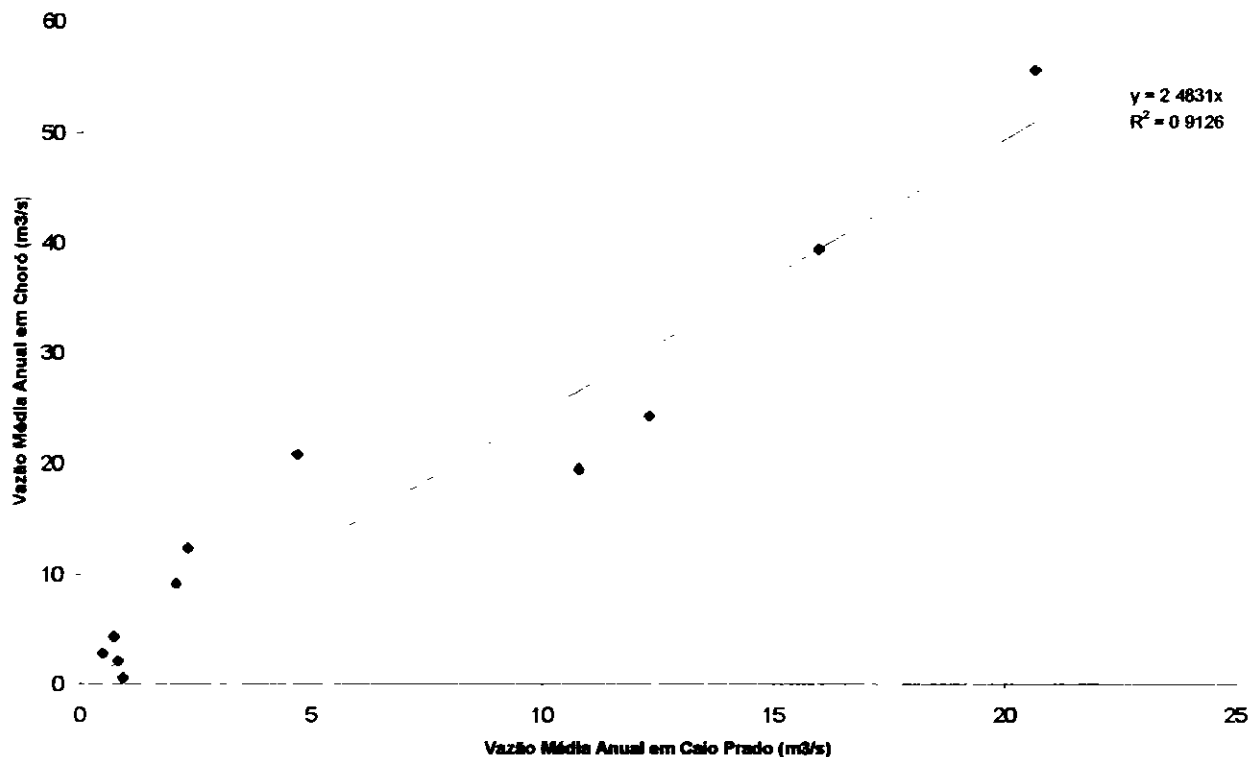
Quadro 4 13 - Vazões Históricas Afluentes a seção de Choró

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA (m ³ /s)
1972	0 00	0 00	0 00	0 00	12 82	17 38	36.71	7 22	2.75	1 49	1 01	0.63	6 67
1973	2 06	1 43	12 16	13.47	4 03	2 12	0 95	0 48	0.00	0 00	0 00	0.00	3 06
1974	0 15	1 07	8 36	24 77	25 10	34 62	6 11	3 19	0 80	0 90	1 21	0 43	8 89
1975	0 71	1 47	2 29	2 44	6 66	3 14	1 46	0 34	0 11	0.00	0.00	0 00	1 55
1976	0 30	5 01	17 06	119 6 9	91 71	46 58	10 25	3 25	1 46	0 51	0 31	0 59	24 73
1977	2 44	16 38	21 40	39 67	107 5 2	44 44	35 57	7 85	3 91	2 32	1 31	1 10	23 66
1978	0 63	5 44	10 94	25 38	39 40	7 55	6 36	3 06	1 61	1 08	0 94	1 29	8.64
1979	1 01	1 28	2 87	3 03	7 59	2 83	0 19	0 00	0.00	0 00	0 00	0 00	1 57
1980	0 00	30.74	66 18	7 89	0 74	1 46	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	8 92
1981	0 00	0 00	61 91	32 66	2 78	3 71	0 10	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	8 43
1982	0 59	0 27	3 57	2 7	11 8	1 58	0 08	0	0	0	0	0	1 72
1983	0	1 23	0 89	0 85	0 04	0	0	0	0	0	0	0	0 25
1984	0	0	17 9	81 7	117	30	3	0 3	0	0	0	0	20 83
1985	2	10	190	211	162	70	15	5	2	1	0 5	0 78	55 77
1986	1 87	8 13	95 1	215	101	33 9	9 88	3.85	1 36	1 55	1 27	0.89	39 48
1987	0 81	1 02	12 8	11 4	3 23	14 6	5 59	1 15	0 58	0 26	0 21	0 07	4 31
1988	0 83	1	3 72	80 1	126	13 5	6 18	1 36	0 46	0 18	0 18	0 97	19 54
1989	1 51	0 74	2 2	100	105	32 3	38 4	5 67	2 28	1 32	0 98	2 12	24 38
1990	1 04	1 09	1 51	3 62	13 9	2 93	0 7	0 22	0 01	0	0	0	2 09
1991	0	0 33	4 04	5 81	21 7	1 45	0 05	0	0	0	0 04	0	2 79
1992	0	40 8	13 6	49 4	3 72	1 4	0 29	0 13	0	0	0 03	0	9 11
1993	0	0 08	0 57	0 52	0 31	0 5	1 15	2 55	0 42	0	0	0	0 51
1994	0	1 15	11 3	32 2	17								12 33
Média	0 67	5 06	27 5	61 1	52 5	16 8	6 69	1 69	0 59	0 36	0 27	0 4	14 47

Quadro 4 14 - Característica das afluições a seção de Choró

Média	12 65	m3/s	399 0	hm3/ano
Desvio	13 59	m3/s	428 7	hm3/ano
Cv	1 07			
Número de Anos	24			

Figura 4 18 Correlação das Séries de Vazões Médias Anuais em Caio Prado e em Choró



4 2 3 - Conclusões Sobre a Estatística dos Dados Históricos

O posto fluviométrico escolhido para representar os escoamentos foi o de Caio Prado. Não foi escolhido o posto de Choró existente na bacia hidrográfica, por ter uma área de contribuição aproximadamente duas vezes maior que o de Caio Prado e receber o aporte de um grande rio, o Aracoiaba, com regime hidrológico diferente ao encontrado à montante da seção de Caio Prado.

O ajuste realizado pelo MODHAC para a seção de Caio Prado, segundo o plano foi regular; deste modo optou-se entre uma transposição de parâmetros regularmente calibrados e a transposição de parâmetros estatísticos da série relativamente longa, para a região do nacho Lagoa Nova. Do posto de Caio Prado, optou-se pela transposição de vazão.

A transposição de vazões da seção de Caio Prado para a seção do nacho Lagoa Nova foi realizada utilizando-se a equação de regionalização, cuja expressão apresentada a seguir:

$$\frac{L_{\text{Pesqueiro}}}{L_{\text{Caio Prado}}} = \left(\frac{\text{Área}_{\text{Pesqueiro}}}{\text{Área}_{\text{Caio Prado}}} \right)^{-0.075}$$

A lâmina média vertente no Pesqueiro é 96,25 mm, estando associada a uma vazão média anual de 8,1 hm³/ano e um coeficiente de variação dos deflúvios de 1,2

A estimativa dos deflúvios máximos realizados com os dados da série histórica servirá como uma envolvente de valores mínimos de vazão a ser encontrada na seção do riacho Lagoa Nova, já que a correção necessária à modificação de escala entre as seções Caio Prado e Lagoa Nova não foi considerada

4.3 – Definição da Cheia de Projeto

A determinação da cheia de projeto para dimensionamento do sangradouro pode ser realizado com base em dados históricos de vazão (método direto) e com base na precipitação (método indireto), 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 riacho Lagoa Nova não apresenta nenhuma estação fluviográfica ou fluviométrica em sua bacia, sendo a seção mais próxima no rio Choró, do qual o riacho Lagoa Nova é caldatão, o posto de Caio Prado.

A estimativa da vazão específica para cheias de diferentes recorrências foi realizada no item que trata do estudo de deflúvio. Este valor serve de referência para o estudo de cheia. A estimativa em Caio Prado deve ser considerada como uma referência de valor mínimo possível para a vazão específica da cheia na bacia do riacho Lagoa Nova, devido a diferença de áreas entre as duas bacias de contribuição. Como não se podia realizar uma regionalização que possibilitasse a incorporação da dimensão espacial, optou-se em se calcular a chuva de projeto de forma sintética.

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,
- precipitação associada a um risco ou probabilidade de ocorrência

O programa de investimentos no qual esta barragem esta prevista (O PROURB) estabeleceu que o período de retorno da precipitação deve ser de 1000 anos

4.3.1 – Metodologia

A metodologia procura descrever as diversas hipóteses de cálculo da cheia de projeto a escolha da chuva de projeto, o hietograma utilizado, a definição da precipitação efetiva, o hidrograma da cheias em cada subacia e põe fim a propagação da cheia no canal. A ferramenta utilizada para a implementação desta metodologia foi o programa HEC-1¹¹

As relações chuva-deflúvio para a bacia do Pesqueiro foram estabelecidas utilizando-se o modelo HEC-1, um modelo desenhado para simular o escoamento superficial em uma bacia, sendo esta representada como um sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para esta bacia foi estudada a sua resposta ao hietograma de projeto correspondente a um período de retorno (Tr) de 500 anos e verificado para uma cheia de 1000 anos.

O modelo HEC-1 permite o uso de várias metodologias para determinação da chuva efetiva, simulação do escoamento superficial em bacia (*overland flow*) e propagação do escoamento em canais e reservatórios. No caso da bacia Pesqueiro, diante dos dados disponíveis e possíveis de serem levantados em tempo hábil, foi adotado o seguinte:

- Método Curva-Número (*Soil Conservation Service*) na determinação da chuva efetiva,
- Método do *Soil Conservation Service* na determinação do hidrograma unitário Sintético - Escoamento Superficial na bacia (*Overland flow*),
- Método da Onda Cinemática para a propagação em canais

4.3.2 – Precipitação

A Determinação da Chuva de Projeto foi realizada com a utilização da equação de chuvas intensas do Prof. Taborga apresentado no item de Chuvas Intensas.

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

O hietograma adotado baseia-se na curva intensidade-duração-frequência definido para a região nos estudos climatológicos.

A partir daqueles estudos calcula-se a precipitação associada aos tempos de retornos já definidos para as durações de 5 min, 15 min, 60 min, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h e 24h.

¹¹US ARMY CORPS OF ENGINEERS - HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER. 1990. HEC-1 FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE - USFRS MANUAL. 415 p.

O HEC-1 utiliza estes dados para construir uma distribuição triangular da precipitação, onde é assumido que cada total precipitado para qualquer duração ocorre durante a parte central da tempestade (tempestade balanceada). Alturas correspondentes a 10 e 30 minutos são interpoladas das alturas precipitadas de 5, 15 e 60 minutos através das equações do HYDRO-35 (National Weather Service, 1977)

$$P_{10min} = 0,41 P_{5min} + 0,59 P_{15min}$$
$$P_{30min} = 0,51 P_{15min} + 0,49 P_{60min}$$

onde P_n é a precipitação para a duração de n minutos

A precipitação pontual é ajustada à área da sub-bacia usando a seguinte equação

$$F = 1 - BV (1 - \text{EXP}(-0,015 A))$$

onde F é o coeficiente de ajuste da precipitação pontual, BV é a máxima redução da chuva pontual, e A é a área da sub-bacia em milhas quadradas. Os fatores de conversão de chuva pontual estão dados no Quadro 4.15

Quadro 4.15 – Fatores de conversão de chuva pontual

Duração (h)	BV
0,5	0,480
1	0,350
3	0,220
6	0,170
24	0,090
48	0,068
96	0,055
168	0,049
240	0,044

HEC-1 (1990)

4.3.3 – 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

O cálculo das perdas de precipitação podem ser usadas nos componentes do modelo HEC-1 hidrograma unitário e onda cinemática. No caso do hidrograma unitário, estas perdas são consideradas uniformemente distribuídas sobre a bacia (ou sub-bacia). Por outro lado, no caso da onda cinemática, estas perdas podem ser especificadas para cada plano de escoamento, sendo assumidas uniformemente distribuídas sobre estes planos

De maneira geral, existem três metodologias utilizadas para determinação da chuva efetiva: equações de infiltração, índices e relações funcionais. Especificamente, o HEC-1 possibilita o uso de 5 métodos, quais sejam:

- taxa de perda inicial e uniforme,
- taxa de perda exponencial,
- Curva-Número,
- Holtan,
- Função de Infiltração Green e Ampt

Foi considerado mais adequado, diante dos dados disponíveis, o método Curva-Número do *Soil Conservation Service*

O método Curva-Número é um procedimento desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo USDA, no qual a lâmina escoada (isto é, a altura de chuva efetiva) é uma função da altura total de chuva e de um parâmetro de abstração denominado Curva-Número, CN. Este coeficiente varia de 1 a 100, sendo uma função das seguintes propriedades geradoras de escoamento na bacia: (1) tipo de solo hidrológico, (2) uso do solo e tratamento, (3) condição da superfície subterrânea, e (4) condição de umidade antecedente.

A equação de escoamento do SCS é dada por:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (1)$$

onde

Q = escoamento

P = precipitação

S = capacidade máxima de armazenamento do solo

I_a = perdas antes do início do escoamento

As perdas antes do início do escoamento (I_a) incluem água retida em depressões superficiais, água interceptada pela vegetação, evaporação, e infiltração. I_a é altamente variado, mas a partir de dados de pequenas bacias, I_a é calculado, por aproximação, pela seguinte equação:

$$I_a = 0,20 S \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1) elimina-se I_a, resultando em:

$$Q = \frac{(P - 0,20 S)^2}{P + 0,80 S}$$

onde S está relacionado às condições de solo e cobertura através do parâmetro CN

$$CN(III) = \frac{2,3 CN(II)}{10 + 0,13 CN(II)}$$

onde CN varia de 30 a 100 (quadros 3-4) CN foi tabelado para diferentes tipos de solos e cobertura Os Quadros 4 17 e 4 18 apresentam CNs para condições de umidade antecedente normal (AMC II)

Alternativamente, os CNs para estas condições podem ser obtidos, a partir da condição normal (AMC II), utilizando-se o Quadro 4 19

Como já mencionado, o CN foi tabelado para diferentes tipos de solos, os quais foram classificados pelo SCS em quatro grupos de solos hidrológicos (A, B, C e D) de acordo com sua taxa de infiltração Estes quatro grupos são descritos a seguir

- A – solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração Solos arenosos profundos com pouco silte e argila
- B – solos menos permeáveis que o anterior Solos arenosos menos profundo que o do tipo A e com permeabilidade superior à média.
- C – solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo
- D – solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial

Desde que o método do SCS dá o excesso total para uma tormenta, o excesso incremental de precipitação para um período de tempo é calculado como a diferença entre o excesso acumulado no fim do presente período e o acumulado do período anterior

4 3 4 – Definição do CN

A partir dos mapas e estudos pedológicos e de uso do solo realizados para a bacia do riacho Lagoa Nova pode-se caracterizar os solos como hidrológicamente do tipo C e com CN = 72

4 3 5 – Hidrograma Unitário – SCS

A técnica do hidrograma unitário é usada para transformar a precipitação efetiva em escoamento superficial de uma sub-bacia Este método foi escolhido por ter sido idealizado para bacias de áreas entre 2,5 e 1000 km², e por ser construído exclusivamente a partir de informações hidrológicas Além disto, este modelo necessita apenas de um parâmetro o T_{LAG} Este parâmetro, T_{LAG}, é igual à distância (*lag*) entre o centro de massa do excesso de chuva e o pico do hidrograma unitário A vazão de pico e o tempo de pico são calculados por

$$Q_p = 208 \frac{A}{t_p} \quad t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{LAG}$$

onde

Q_p = é a vazão de pico (m³/s)

t_p = tempo de pico do hidrograma (h)

Uma vez determinados estes parâmetros e o intervalo de cálculo (duração do hidrograma unitário), o HEC-1 utiliza estes para interpolar um hidrograma unitário a partir de um hidrograma unitário adimensional do SCS. A seleção do intervalo de cálculo é baseado na relação $Dt = 0,20 t_p$, não devendo exceder $0,25 t_p$. Estas relações baseiam-se nas seguintes relações empíricas

$$t_{lag} = 0,60 T_c \quad \text{e} \quad 1,7 t_p = \Delta t + T_c$$

onde

T_c = é o tempo de concentração da sub-bacia

O HEC-1 sugere que $Dt \leq 0,29 T_{LAG}$

Para cálculo do hidrograma de projeto por esta metodologia, é necessário o estabelecimento de uma estimativa do tempo de concentração de cada sub-bacia. Estes tempos de concentração foram avaliados através da aplicação do método da onda cinemática

4.3.6 – Cálculo do Tempo de Concentração na Bacia

O cálculo do tempo de concentração na da bacia foi realizado utilizando o método do Califórnia *Highway and Public Roads*. O valor encontrado para o tempo de concentração foi de 1,4 horas

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Quadro 4.16 - CN para Áreas Urbanas (1)

DESCRIÇÃO DA COBERTURA		CN P/ GRUPOS DE SOLOS HIDROLÓGICOS			
Tipo de Cobertura e Condição Hidrológica	% Média de Áreas IMP. ²	A	B	C	D
Áreas urbanas completamente desenvolvidas (vegetação condicionada)					
Espaço aberto (parques públicos, campos de golfe, cemitérios, etc) ³					
• Condição pobre (cobertura de grama < 50 %)		68	79	86	89
• Condição média (cobertura de grama de 50-75 %)		49	69	79	84
• Condição boa (cobertura de grama > 75 %)		39	61	74	80

Áreas impermeáveis • Lotes de parques pavimentados, telhados, viadutos, etc • Ruas e estradas asfaltados e com drenagem de águas pluviais • Pavimentada, valas • Carroçal • Terra		98	98	98	98
		98	98	98	98
		83	89	92	93
		76	85	89	91
		72	82	87	89
Distritos urbanos • Comerciais e de escritórios • Industriais	85	89	92	94	95
	72	81	88	91	93
Distritos residenciais por tamanho de lote médio: • < 500 m ² (casas de cidade) • 1000 m ² • 1300 m ² • 2000 m ² • 4000 m ² • 8000 m ²	65	77	85	90	92
	38	61	75	83	87
	30	57	72	81	86
	25	54	70	80	85
	20	51	68	79	84
	12	46	65	77	82
Áreas urbanas em desenvolvimento					
Áreas sistematizadas recentemente (somente áreas permeáveis, nenhuma vegetação)		77	86	91	94
Terras ociosas (CNs são determinados usando tipos de cobertura similares a aqueles do Quadro 4)					

1 Condição de umidade antecedente média e $I_a = 0,2 S$

2 A % de área impermeável média apresentadas são usadas para desenvolver os CNs compostos. Outras suposições: áreas impermeáveis estão diretamente conectadas ao sistema de drenagem, áreas impermeáveis tem um CN = 98, e áreas permeáveis são consideradas equivalentes ao espaço aberto em boa condição hidrológica.

3 CNs apresentados são equivalentes a aqueles de pastos. CNs compostos podem ser calculados para outras combinações de tipo de cobertura para espaço aberto.

Quadro 4.17 - CN Para Outras Terras Agrícolas¹

DESCRIÇÃO DA COBERTURA		CN P/ GRUPOS DE SOLOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Tipo de Cobertura e Condição Hidrológica	Condição Hidrológica				
Pastagens ou forragens ²	C	60	72	81	84
	C&T	57	70	78	89
	Pobre	68	79	86	89
	Média	49	69	79	84
	Boa	39	61	74	80

Campos permanentes, não usados para pasto e geralmente cortados para feno	---	30	58	71	78
Mato - capim com mato sendo o elemento principal ³	Pobre	48	67	77	83
	Média	35	56	70	77
	Boa	30 ⁴	48	65	73
Florestas - combinação de gramado (pomar ou fazenda de árvores) ⁵	Pobre	57	73	82	86
	Média	43	65	76	82
	Boa	32	58	72	79
Florestas ⁶	Pobre	45	66	77	83
	Média	36	60	73	79
	Boa	30 ⁴	55	70	77
Locais de fazenda, construções, veredas, estradas, e lotes circunvizinhos	---	59	74	82	86

1 Condição de umidade antecedente e $la = 0,2 S$

2 Pobre menos do que 50% da cobertura do solo em pastagem pesada Média. 50-75% de cobertura do solo e sem pastagem pesada Boa mais do que 75% de cobertura do solo e ligeiramente ou somente ocasionalmente com pastagem de animais

3 Pobre menos do que 50% de cobertura do solo Média 50-75% de cobertura do solo Boa mais do que 75% de cobertura do solo

4 Curva número atual é menor do que 30, use $CN = 30$ para cálculos de escoamento

5 CNs apresentados foram calculados para áreas com 50% destinado ao crescimento de árvores e 50% de cobertura de grama (pastagem)

6 Pobre Adubo de floresta, pequenas árvores, e mato são destruídos pela pastagem pesada de animais ou queimadas regulares Média Árvores em crescimento são roçadas mas não queimadas, e algum adubo de floresta cobre o solo Boa Árvores em crescimento são protegidas da roçagem, e adequados adubo e mato cobrem o solo

Quadro 4.18 – Coeficientes CURVA-NÚMERO Correspondentes as Três Condições de Umidades Antecedentes (AMC)

AMC II	AMC I	AMC II	AMC I	AMC I	AMC II
100	100	100	60	40	78
99	97	100	59	39	77
98	94	99	58	38	76
97	91	99	57	37	75
96	89	99	56	36	75
95	87	98	55	35	74
94	85	98	54	34	73
93	83	98	53	33	72
92	81	97	52	32	71
91	80	97	51	31	70
90	78	96	50	31	70
89	76	96	49	30	69
88	75	95	48	29	68
87	73	95	47	28	67
86	72	94	46	27	66

85	70	94	45	26	65
84	68	93	44	25	64
83	67	93	43	25	63
82	66	92	42	24	62
81	64	92	41	23	61
80	63	91	40	22	60
79	62	91	39	21	59
78	60	90	38	21	58
77	59	89	37	20	57
76	58	89	36	19	56
75	57	88	35	18	55
74	55	88	34	18	54
73	54	87	33	17	53
72	53	86	32	16	52
71	52	86	31	16	51
70	51	85	30	15	50
69	50	84			
68	48	84			
67	47	83			
66	46	82	25	12	43
65	45	82	20	9	37
64	44	81	15	6	30
63	43	80	10	4	22
62	42	79	5	2	13
61	41	78	0	0	0

4.3.7 – Propagação da Cheia nos Canais

As dimensões da bacia de contribuição indicaram um modelo semi-distribuído para modelar o evento extremo, sendo o escoamento superficial, em cada sub-bacia, modelado a partir das metodologias descritas acima para os hidrogramas, sendo nos canais utilizado um modelo de propagação da cheia. A propagação da cheia nos canais teve o objetivo de possibilitar uma composição das cheias afluentes das diversas sub-bacias obedecendo a cronologia dos escoamentos nas mesmas (não se pode compor vazões que ocorreram em tempos diferentes) e de possibilitar que a teoria dos hidrogramas unitários sintéticos pudesse ser aplicada em bacias pequenas.

As metodologias para a propagação do hidrograma das cheias pode se utilizar de modelos com formulação originariamente hidrológica (Muskingum) ou hidrodinâmicas

(onda Cinemática^{12 13}, onda difusiva¹⁴, onda dinâmica¹⁵) O modelo Muskingum pode ser deduzido a partir do modelo da onda cinemática, reduzindo do ponto de vistas prático a três alternativas de cálculo do transiente em canais

Todos os modelos hidrodinâmicos são compostos pelas equações da continuidade e da quantidade de movimento, distinguindo-se nos termos desta última, as que são considerados no cálculo

O método utilizado para a propagação da cheia nos canais da rede de drenagem foi o da onda cinemática, o qual é uma simplificação da equação de quantidade de movimento, conforme mostra a equação 5.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2 / A)}{\partial x} + g A \frac{\partial y}{\partial x} = g A S_0 - g A S_f \quad (5)$$

inércia pressão gravidade atrito

Nesta equação o primeiro termo representa a aceleração local; o segundo termo é o termo advectivo, inercial, o terceiro termo representa as forças de pressão, o quarto termo a força do campo gravitacional e o quinto termo as forças de fricção. A equação da onda cinemática considera que os termos gravitacionais e de fricção são os mais significativos, desprezando o efeito dos demais

A equação da onda cinemática após a simplificação é descrita pelas equações 3 e 4. As equações 3 e 4 podem ser compostas e esta resolvida de forma linearizada. O HEC-1, utilizado como ferramenta para as simulações hidrológicas, faz uso desta forma linearizada

As equações 3 e 4 descrevem a onda cinemática, sendo a primeira de conservação da massa e a segunda a de conservação da quantidade de movimento

$$b \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = p \quad (3)$$

e

$$S_o = S_f \quad (4)$$

onde
y = profundidade,

¹²CUNJE J. A. 1969. "AU SUJET D'UNE METHODE DE CALCUL DE PROPAGATION DE CRUES (METHODE MUSKINGUM)". JOURNAL OF RESEARCHES HYDRAULIQUES. Nº 2

¹³LI, R. M. DARYL B. S. & STEVENS. 1975. "NONLINEAR KINEMATIC WAVE APPROXIMATION FOR WATER ROUTING". M. A. WATER RESOURCES RESEARCH. VOL. 11. Nº 2. APRIL

¹⁴PONCE, V. M. 1986. "DIFFUSION WAVE MODELING OF CATCHMENT DYNAMICS". PONCE, V. M. JOURNAL OF HYDRAULICS ENGINEERING. VOL. 112. Nº 8. AUG. 1986

¹⁵"MODELOS MATEMÁTICOS EM HIDROLOGIA E HIDRAULICA". RBE. VOL. 3. RIO DE JANEIRO. 1986

b = largura,
Q = vazão,
x = distância no sentido longitudinal,
p = p(x,t) - precipitação

A equação de conservação da quantidade de movimento utilizada pela onda cinemática é simplificada. Nesta equação são desprezados o efeito das forças de inércia e de pressão, sendo considerado apenas os efeitos das forças gravitacionais e de fricção. Esta simplificação do modelo condena-o a ser restrito a escoamentos submetidos a altas declividades e que não sofram efeitos de jusante.

4.3.8 – Resultados

O Quadro 4.19 apresenta os resultados obtidos da simulação das cheias afluentes ao reservatório.

A aplicação da metodologia descrita anteriormente no programa HEC1 produziu estimativa de vazão afluente apresentada no Quadro 4.21.

Quadro 4.19 - Resultados da aplicação do Programa HEC1 para o Cálculo da Cheia Afluente ao Reservatório Pesqueiro

Período de Retorno (anos)	Vazão de pico (m ³ /s)	Precipitação Efetiva (mm)	Lâmina Infiltrada (mm)	Lâmina Escorada (mm)
10000	510	142,0	74,6	67,6
1000	178	76,7	55,9	20,8
100	71	36,4	26,7	9,8
50	44	27,8	21,7	6,1
25	26	20,5	17,0	3,5
10	10	12,5	11,1	1,4
2	2	4,9	4,7	0,2

Foi aplicada metodologia alternativa no cálculo do hietograma descrito na metodologia. Utilizando-se um hietograma do tipo triangular. Os resultados obtidos são os mostrados no Quadro 4.20 e os hidrogramas da cheia afluente são apresentados nas Figuras 6.19 a 6.25.

Quadro 4.20 – Vazões Afluentes ao Reservatório Pesqueiro Utilizando o hietograma Triangular

Período de Retorno (anos)	Vazão de pico (m ³ /s)	Volume da Cheia (hm ³)
10000	448,9	16,9
1000	167,3	5,6
100	68,7	2,5
50	44,2	1,6
25	26,3	0,9
10	4,3	0,2
2	1,7	0,1

Apresenta-se nas paginas a seguir um resumo das diversas simulações realizadas para o caso de hietograma triangular.

Figura 4.19 - Período de Retorno 2 anos

Vazão Máxima Afluente	1,7	m ³ /s
Precipitação Total Pontal	1,05	cm
Precipitação Total Área	0,93	cm
Precipitação Efetiva	0,06	cm
Infiltração	0,77	cm
Retenção Inicial	0,10	cm
Volume Total Escoado	0,054	hm ³

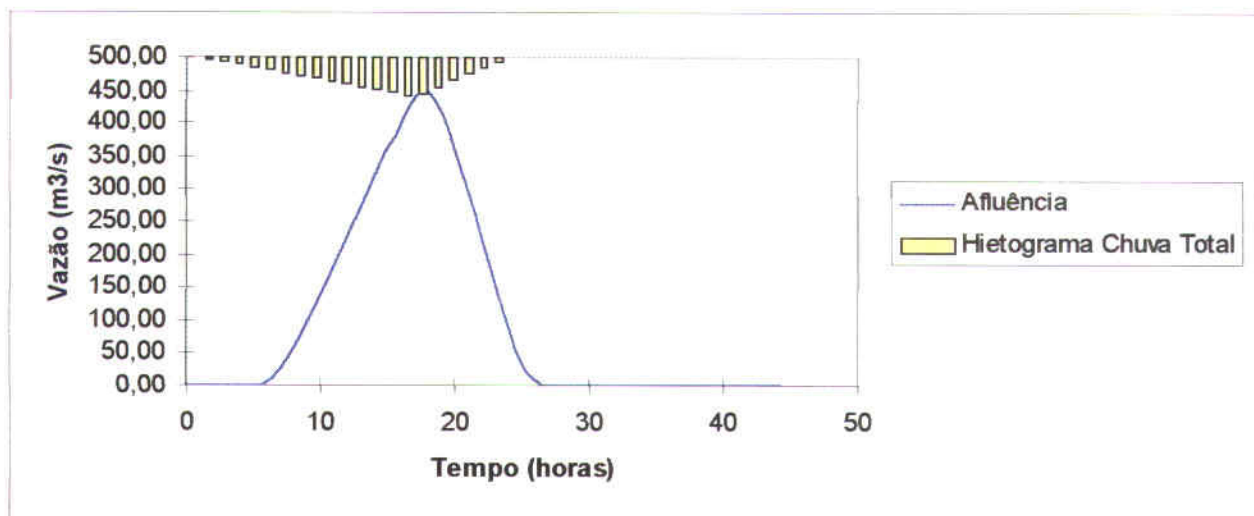


Figura 4.20 - Período de Retorno 10 anos

Vazão Máxima Afluente	4,3	m ³ /s
Precipitação Total Pontal	1,68	cm
Precipitação Total Área	1,48	cm
Precipitação Efetiva	0,17	cm
Infiltração	1,22	cm
Retenção Inicial	0,10	cm
Volume Total Escoado	0,144	hm ³

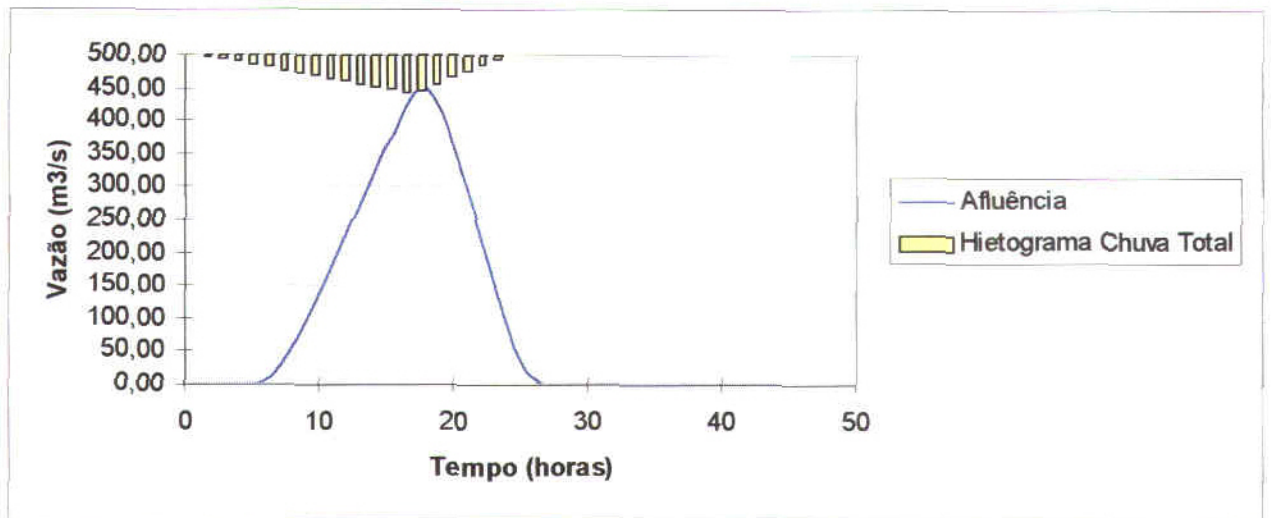


Figura 4.21 - Período de Retorno 25 anos

Vazão Máxima Afluente	26,3	m3/s
Precipitação Total Pontal	4,50	cm
Precipitação Total Área	3,98	cm
Precipitação Efetiva	1,09	cm
Infiltração	2,79	cm
Retenção Inicial	0,10	cm
Volume Total Escoado	0,922	hm3

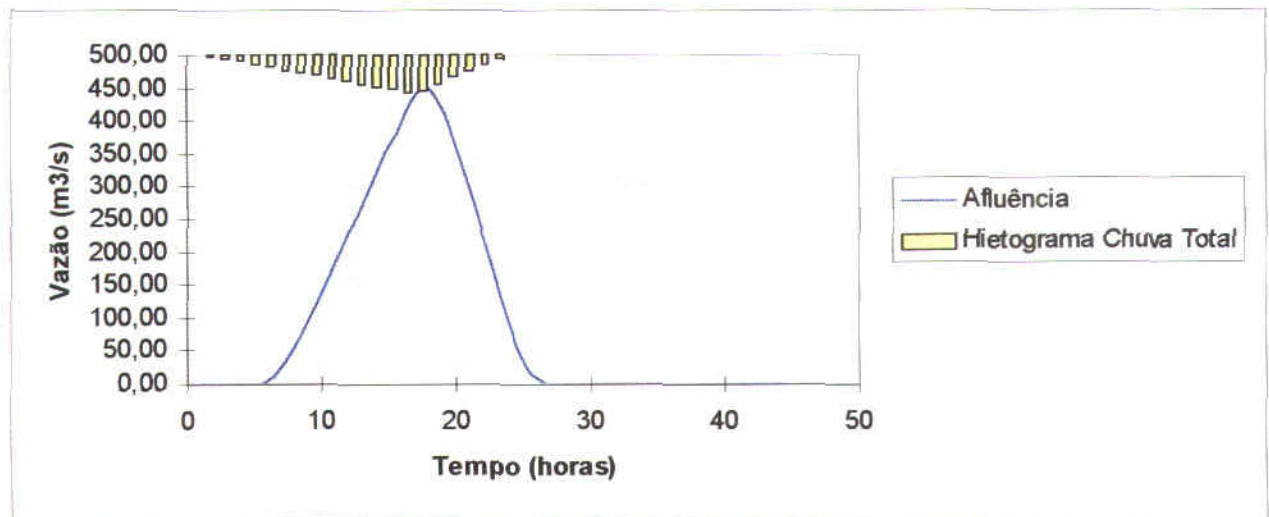


Figura 4.22 - Período de Retorno 50 anos

Vazão Máxima Afluente	44,2	m ³ /s
Precipitação Total Pontal	6,14	cm
Precipitação Total Área	5,43	cm
Precipitação Efetiva	1,87	cm
Infiltração	3,46	cm
Retenção Inicial	0,10	cm
Volume Total Escoado	1,574	hm ³

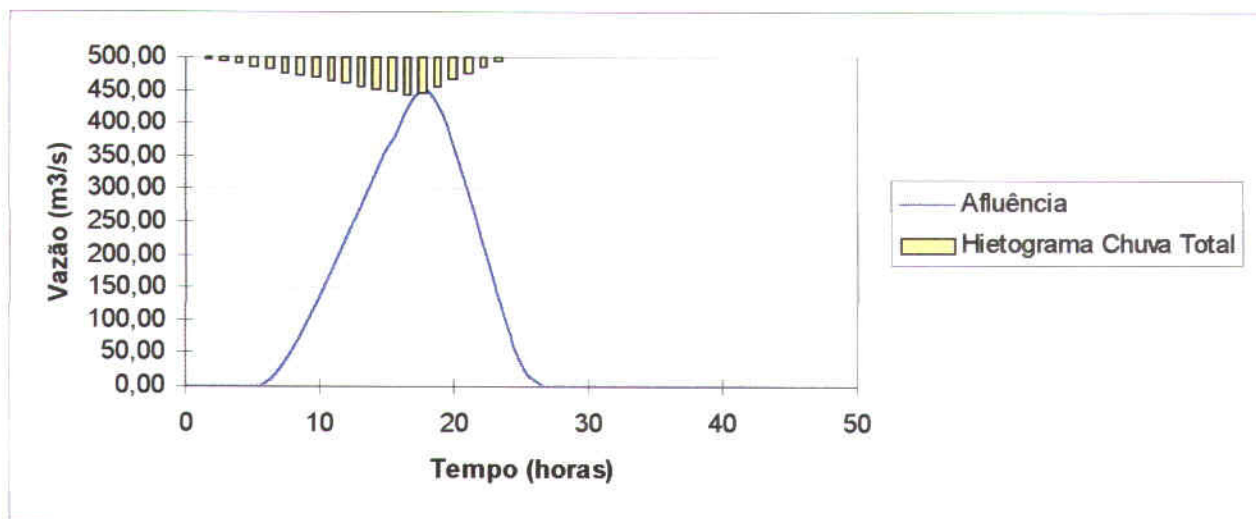


Figura 4.23 - Período de Retorno 100 anos

Vazão Máxima Afluente	68,7	m ³ /s
Precipitação Total Pontal	8,10	cm
Precipitação Total Área	7,16	cm
Precipitação Efetiva	2,94	cm
Infiltração	4,12	cm
Retenção Inicial	0,10	cm
Volume Total Escoado	2,481	hm ³

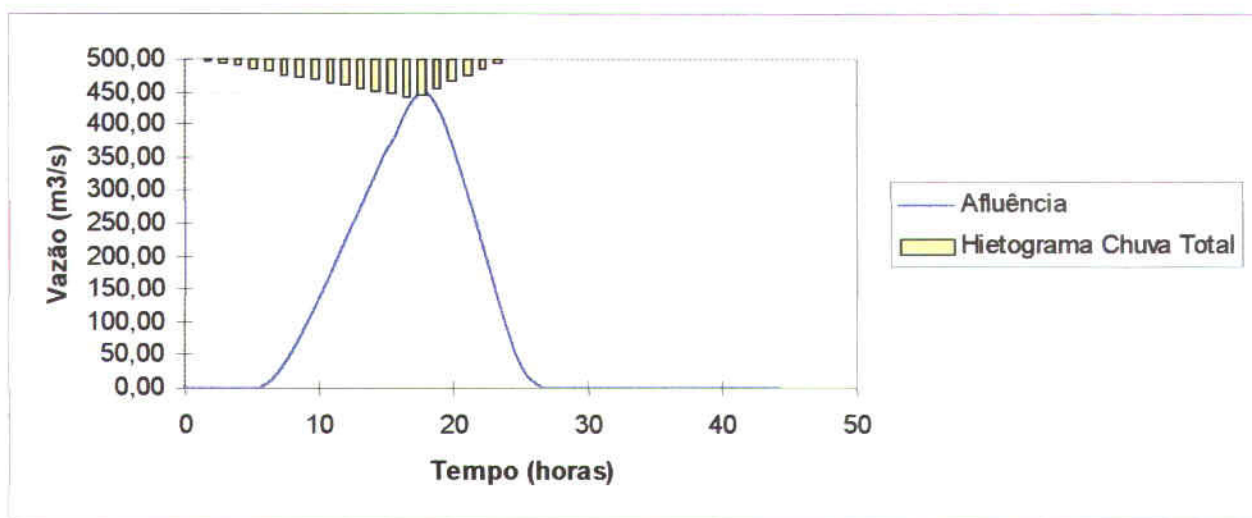


Figura 4.24 - Período de Retorno 1000 anos

Vazão Máxima Afluente	167,3	m ³ /s
Precipitação Total Pontal	15,87	cm
Precipitação Total Área	14,03	cm
Precipitação Efetiva	6,62	cm
Infiltração	5,43	cm
Retenção Inicial	1,98	cm
Volume Total Escoado	5,583	hm ³

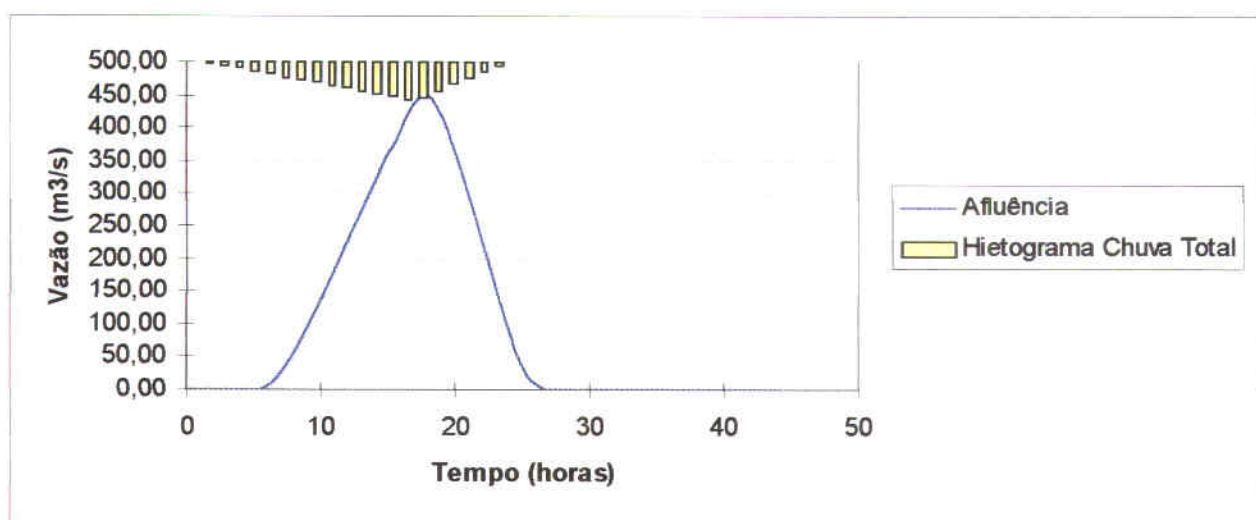
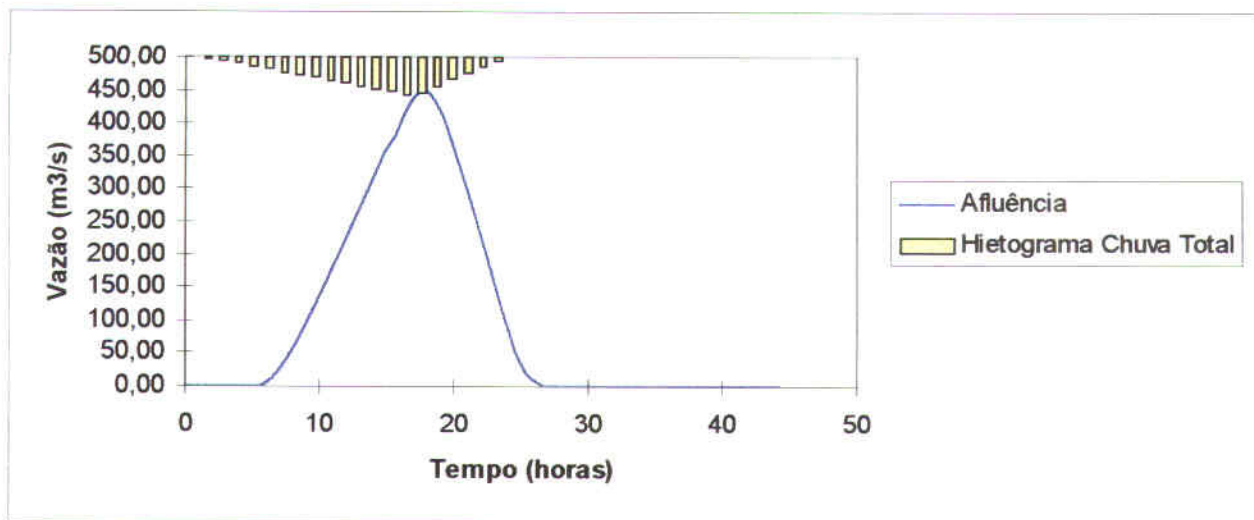


Figura 4.25 - Período de Retorno 10000 anos

Vazão Máxima Afluente	448,9	m ³ /s
Precipitação Total Pontal	33,19	cm
Precipitação Total Área	29,34	Cm
Precipitação Efetiva	20,10	Cm
Infiltração	7,26	Cm
Retenção Inicial	1,98	Cm
Volume Total Escoado	16,946	hm ³



4.4 – Estudo de Alternativa de Dimensão do Reservatório Pesqueiro

Este estudo tem como objetivo identificar a dimensão que deve ser projetado o reservatório. De posse destes dados e de estudos complementares de incertezas associadas à regularização, estudo de permanência de nível, probabilidade de esvaziamento e enchimento, estudo otimizado do vertedouro, processou-se os cálculos para a definição da alternativa escolhida.

Os objetivos centrais deste capítulo são:

- análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade para a barragem Pesqueiro;
- estimativa inicial das perdas por evaporação e sangria para cada uma das alternativa;
- análise de custo para as diversas alternativas de dimensões do vertedouro e do barramento;
- estimativa do custo da água para as diferentes alternativas do barramento;

Estes objetivos necessitaram de um estudo de regularização do reservatório para diferentes dimensões e de um estudo da lâmina vertida para uma cheia arbitrária da

ordem de grandeza da cheia de projeto, isto é, 1000 anos. Tais estudos, com vistas à estimativa de custo, são descritos a seguir.

O principal reservatório à jusante do Pesqueiro, já implantado, é o reservatório Pacajus com capacidade de armazenamento de 148 hm^3 e com bacia hidrográfica mais de cinquenta vezes maior a bacia do Pesqueiro, e o maior reservatório previsto para a bacia é o reservatório Choró com área de drenagem mais de vinte e cinco vezes a área de drenagem do Pacajus. Somando-se a este fato a pequena densidade de drenagem da bacia hidrográfica do rio Choró pode-se afirmar que o reservatório Pesqueiro não impacta os reservatórios a jusante consideravelmente sendo este critério desconsiderado para efeito de análise das alternativas de dimensão do futuro reservatório Pesqueiro.

4.4.1 – Vazão Regularizada para Diferentes Dimensões

Este estudo tem por objetivo estimar a vazão regularizada para diferentes alternativas de dimensão do reservatório Pesqueiro. A vazão de referência para estimativa da regularização é aquela com garantia de 90% sem volume de alerta. O método adotado para o cálculo da vazão regularizada para as diferentes dimensões do reservatório foi o Método da Matriz de Transição. O programa de simulação utilizado foi o MATRIZ, desenvolvido por Campos.

4.4.1.1 – Metodologia

A descrição da metodologia da Matriz de Transição apresentada a seguir é transcrição de artigo apresentado por Campos & Souza Filho no Simpósio da ABRH de 1997.

A representação da *sanfona hidráulica*, em termos matemáticos, foi inicialmente desenvolvida por Patrick Moran para representar o funcionamento hidráulico dos reservatórios do Norte da Austrália – também caracterizados pela intermitência dos rios. Quando primeiro lançado, o modelo de Moran chamou a atenção dos pesquisadores de então, sobretudo pela elegância do procedimento. Posteriormente, algumas críticas foram feitas a Moran porque seu modelo não representava bem as condições hidrológicas de rios permanentes onde o coeficiente de auto-correlação dos deflúvios anuais podem se tornar significativos. Muitas pesquisas foram desenvolvidas e o modelo de Moran ficou, com as devidas correções, aplicável a rios perenes e a rios intermitentes. É certo, contudo, que a teoria é mais apropriada, por ser de aplicação mais simples, aos rios intermitentes.

A - Hipóteses do Modelo de Moran

O modelo utiliza as seguintes hipóteses:

- tempo é uma variável discreta dividida em duas estações, uma úmida e uma seca,
- o volume é discreto e a unidade de volume é 1/20 da capacidade do reservatório,
- os deflúvios anuais são espacialmente independentes,

- todas as aflúncias aos reservatórios ocorrem durante a estação úmida e nessa estação a evaporação líquida (lâmina evaporada menos lâmina precipitada) é negligenciável,
- todas as retiradas e as perdas por evaporação ocorrem na estação seca,
- os deflúvios afluentes anuais podem ser representados pela função densidade de probabilidade gama,

B - O Método de Campos

Campos (1987), desenvolveu uma equação adimensional para representar o balanço hídrico de um reservatório para solucionar o problema do funcionamento hidrológico dos nos intermitentes sujeitos a altas taxas de evaporação. O modelo de Campos representa as relações entre cota x volume e altura de água em um reservatório pelas equações

$$Z = \alpha h^3$$
$$A = 3Ah^2$$

Onde

$Z(h)$ = estoque de água acumulado no reservatório quando a água encontra-se a uma altura h ,

h = altura da água, medida em relação ao ponto mais baixo da bacia hidráulica,

A = área do espelho de água com altura h ,

α = constante que depende da geomorfologia do reservatório e é denominada de fator de forma do reservatório

A partir dessas hipóteses a equação do balanço hidráulico do reservatório passa a ter a seguinte forma

$$Z_{t-1} = Z_t + I_t - 3\alpha^{1/3} \left(\frac{Z_{t-1}^{2/3} + Z_t^{2/3}}{2} \right) E - S_t$$

Onde Z , M e S são respectivamente o volume acumulado, o deflúvio e a sangria. I e E são a aflúncia e a evaporação e α é o fator adimensional de forma do reservatório obtido pelo ajuste da equação $Z = \alpha h^3$ referente a cota - volume do reservatório

Dividindo-se todos os termos da equação anterior pelo deflúvio médio anual, obtém-se a equação adimensional utilizada neste processo de simulação

$$z_{t-1} = z_t + I_t - m - f_E \left(\frac{z_{t-1}^{2/3} + z_t^{2/3}}{2} \right) - m - s_t$$

onde f_E representa o fator adimensional de evaporação, z o volume acumulado adimensional (Z/μ), I o deflúvio adimensional (I/μ), m a retirada adimensional (M/μ), e s a sangria adimensional (S/μ)

Finalmente o modelo chega a seguinte equação adimensional

$$f_M = \varphi (f_K, C_V, f_E, PE),$$

onde

$$f_M = M/\mu,$$

$$f_K = K/\mu,$$

$$f_E = 3 \alpha^{(1/3)} E/\mu^{(1/3)}$$

sendo f_M o fator adimensional de capacidade, M a retirada anual do reservatório, f_K o fator adimensional de capacidade, K a capacidade do reservatório, f_E o fator adimensional de evaporação, α o fator de forma da bacia hidráulica, E a evaporação do lago que ocorre durante a estação seca e μ o volume afluente anual ao reservatório

B1 - Procedimento de Cálculo

Baseado nas hipóteses precedentes, o procedimento desenvolvido por Campos (1987) para dimensionamento de reservatórios de águas superficiais em nos intermitentes sujeitos a altas taxas de evaporação foi adaptado para aplicação no cálculo das grandezas hidrológicas necessárias aos projetos de microcentrais e minicentrais hidrelétricas. O procedimento tem as etapas de cálculo descritas a seguir

Passo 1 – Definição dos Espaço dos Estados de Reserva

Considerando que o volume da reserva é uma grandeza contínua e o modelo de Moran lida com grandezas discretas, a primeira etapa de cálculo consiste em representar, de forma discreta, o volume do reservatório. Esse processo é feito da seguinte maneira a capacidade do reservatório (K) é dividida em N partes, a unidade de volume (a) é admitida igual a K/N . Neste presente trabalho N foi tomado igual a 20

O reservatório é dito **vazio**, representado pelo o estado $z = 0$, quando o volume de água estocado Z for menor que $a/2$, O reservatório é dito **no estado** $z = j$ para $j = 1, 2, 3, \dots, N-1$, quando $(j - 0,5)a \leq Z < (j + 0,5)a$. O reservatório é dito **cheio**, no estado $z = N$ quando $Z \geq (N - 0,5)a$. As condições descritas são apresentadas na Tabela 4.1

Tabela 4.1 - Limites das fronteiras dos estados dos reservatórios

Estado da reserva	Limites dos estados	Número do estado
$Z = \text{vazio}$	$0 < Z < (1/2)a$	$z = 0$
$Z = a$	$(1/2)a < Z \leq (3/2)a$	$z = 1$
$Z = 2a$	$(3/2)a < Z \leq (5/2)a$	$z = 2$
$Z = (N-1)a$	$(N - 3/2)a < Z \leq (N - 1/2)a$	$z = N-1$
$Z = \text{cheio}$	$Z > (N - 1/2)a$	$z = N$

Passo 2 – Definição do Vetor de Probabilidade da Reserva

A Teoria Estocástica dos Reservatórios de Moran estuda a probabilidade do estoque de água está em um determinado estado, em um dado tempo. Dessa forma, o vetor de probabilidade da reserva no tempo T procura mostrar, em forma de um vetor com N+1 elementos, as probabilidades do reservatório conter, no tempo T, um estoque de água em cada um dos estados definidos no item anterior.

Passo 3 – Definição da Matriz de Transição em uma Etapa de Tempo

Para os propósitos do presente trabalho o elemento da transição em uma etapa de tempo é definido como q_{ij} = a probabilidade do reservatório alcançar o estado i a partir do estado j em uma etapa de tempo. Ou seja

$$q_{ij} = \Pr\{z_t = i / z_{t-1} = j\}$$

Por exemplo, o elemento q_{02} refere-se à probabilidade da reserva estar seca no tempo t (estado $z = 0$) dado que no tempo t-1 ela estava no estado 2, com estoque de água igual a Z, no intervalo $(3/2)a < Z \leq (5/2)a$.

A matriz que tem como entrada os elementos correspondentes às transições de probabilidade q_{ij} é denominada matriz de transição em uma etapa de tempo, a qual é denotada por $[Q]$ e tem a seguinte forma

$$[Q] = \begin{pmatrix} q_{00} & q_{01} & q_{02} \\ q_{10} & q_{11} & q_{12} \\ q_{20} & q_{21} & q_{22} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ q_{n0} & q_{n1} & q_{n2} \end{pmatrix}$$

Passo 4 – Definição da Equação de Evolução da Reserva

De acordo com a teoria das cadeias de Markov, para o caso em que os deflúvios são serialmente independentes e identicamente distribuídos, o vetor de probabilidade da reserva P_t segue a relação

$$P_{t+1} = [Q] P_t$$

Da equação acima pode-se concluir que, conhecido o vetor de probabilidade da reserva no tempo $t = 0$, P_0 – condição inicial do estoque de água – e a matriz de transição em uma etapa de tempo, é possível calcular o vetor P_t , em qualquer tempo t subsequente através da relação

$$P_t = [Q]^t P_0$$

Passo 5 – Definição do Regime de Equilíbrio

De acordo com os conceitos da Teoria das Cadeias de Markov, quando o número de etapas de tempo t cresce muito, a matriz $[Q]^t$ tende para uma matriz constante na qual todos os elementos de uma mesma linha são iguais entre si. Ademais, o vetor P_t tende a um vetor constante significando que, quando t é suficientemente grande $P_{t+1} = P_t$ qualquer que seja o vetor no tempo inicial P_0 . Essa condição limite, quando o estado da reserva torna-se independente das condições iniciais, é denominada regime de equilíbrio.

Nessas condições, tem-se as seguintes relações

$$\lim P_t = \begin{bmatrix} \pi_0 \\ \pi_1 \\ \pi_2 \\ \vdots \\ \pi_n \end{bmatrix}$$

sendo π_i a probabilidade da reserva está no estado i quando o tempo decorrido, em relação ao tempo inicial, é muito longo.

Passo 6 – Cálculo do Vetor de Probabilidade da Reserva em Regime de Equilíbrio

O cálculo do vetor de probabilidade da reserva em estado de equilíbrio constitui-se o elemento chave do processo de dimensionamento de níveis de água no reservatório para fins de estimativa da queda bruta para geração de energia hidrelétrica. Existem dois procedimentos possíveis para efetuar esse cálculo. O primeiro consiste em elevar sucessivamente ao quadrado a matriz de transição $[Q]$, $[Q]^2$, $[Q]^4$, $[Q]^8$ até que o resultado seja uma matriz com todos os elementos, de todas as filas, iguais entre si dentro de cada fila. Um segundo procedimento, aplicado no presente trabalho, usa a relação de recorrência como segue:

$$\Pi = [Q] \Pi$$

Sendo Π o vetor de probabilidade da reserva em regime de equilíbrio e $[Q]$ a matriz de transição em um intervalo de tempo. A relação matricial acima produz um sistema não homogêneo de equações lineares com $N+1$ equações e $N+1$ incógnitas. Para tornar o sistema homogêneo substitui-se uma das equações pela relação

$$\pi_0 + \pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_N = 1$$

Onde π_i representa a probabilidade da reserva está no estado i em regime de equilíbrio. Dessa maneira obtém-se o seguinte sistema de equações

$$Q_{00}\pi_0 + Q_{01}\pi_1 + Q_{02}\pi_2 + \dots + Q_{0N}\pi_N = 0,$$

$$Q_{10}\pi_0 + Q_{11}\pi_1 + Q_{12}\pi_2 + \dots + Q_{1N}\pi_N = 0,$$

$$\pi_0 + \pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_N = 1$$

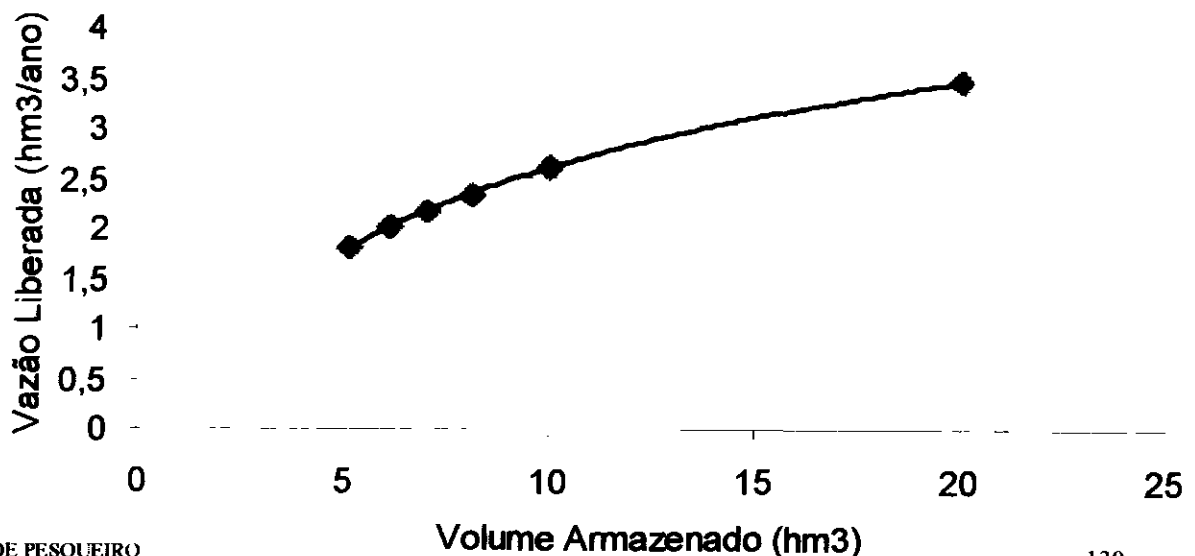
4.4.1.2 – Resultados

A aplicação da metodologia descrita anteriormente produz os resultados mostrados no Quadro 4.21, isto é, a vazão regularizada com 90% de segurança sem volume de alerta para diferentes capacidades de armazenamento. Os resultados dos níveis de armazenamento e da vazão regularizada são apresentados na Figura 4.26

Quadro 4.21 - Vazão regularizada com 90% de garantia e probabilidade de vertido em percentagem para diferentes níveis de armazenamento

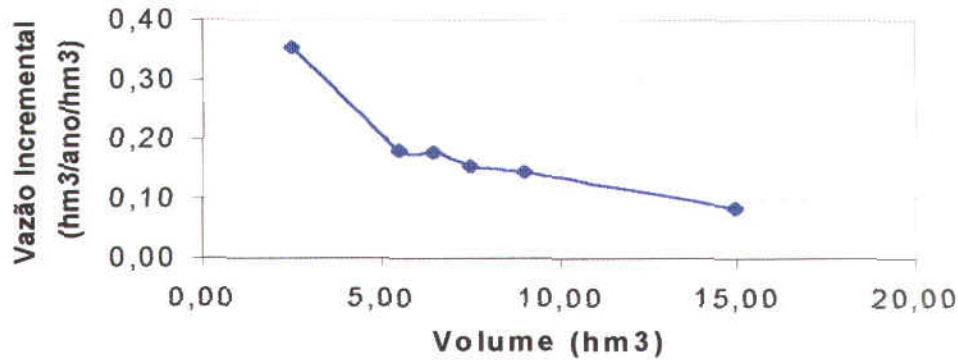
Cota da Soleira do Vertedouro (m)	Volume do Reservatório (hm ³)	Vazão Regularizada (hm ³ /ano)	Vazão Regularizada (l/s)	Percentagem de Sangria
-	20,0	3,42	108,45	20,87
198,0	10,0	2,59	82,13	37,79
196,5	8,1	2,32	73,56	43,68
195,5	7,0	2,15	68,18	47,32
194,5	6,1	1,99	63,10	51,09
193,5	5,1	1,81	57,39	55,21

Figura 4.26 - Relação entre o volume regularizado com 90% de garantia e o volume armazenado



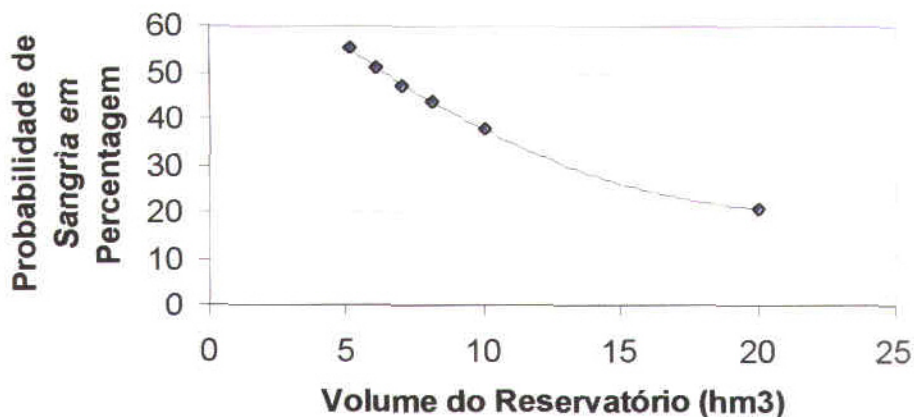
Observa-se na Figura 4.27 que a probabilidade de vertimento entre as capacidades de armazenamento de 10 hm³ e 5,0 hm³ sofre uma variação de aproximadamente 17 %. Este dado torna-se relevante na definição da dimensão do barramento já que indica um potencial impacto do reservatório em estudo nos reservatórios de jusante, não obstante outros fatores serem de grande importância em uma análise de interferência hidrológica.

Figura 4.27 - Relação entre o probabilidade de vertimento e volume armazenado



A Figura 4.28 apresenta a variação da vazão incremental com o volume armazenável no reservatório. Esta curva traduz a relação de troca (*Trade-off*) do incremento do volume médio regularizado e a dimensão do reservatório. Esta curva definirá o benefício (aumento da disponibilidade hídrica) associado a elevação de um reservatório, de um nível para outro. Este benefício será utilizado na relação benefício/custo com vistas a definição da dimensão do reservatório.

Figura 4.28 - Relação entre o volume regularizado com 90% de garantia e o volume armazenado



4.5 – Estimativa das Dimensões do Vertedouro

O cálculo estimativo da dimensão do vertedouro e da lâmina máxima associada a esta dimensão é necessário e essencial para análise do custo do vertedouro e do barramento visto que este cálculo define as dimensões do vertedouro e a nível do coroamento do reservatório. O estudo de dimensionamento do vertedouro realizado nesta fase se reveste de caráter preliminar tendo o coeficiente de descarga do mesmo sido avaliado sem cálculos mais detalhados. A alternativa de vertedouro e barramento que se apresentar mais interessante nesta fase será detalhada nas etapas subsequentes.

4.5.1 – Metodologia

O cálculo de dimensão do vertedouro exige a definição da cheia afluente, a definição do tipo de vertedouro e da curva chave e da propagação da cheia no reservatório com identificação da lâmina média efluente ao reservatório.

O estudo com vistas a determinação da cheia afluente foi realizado no item anterior, tendo sido sua metodologia, naquela ocasião, descrita. Cabe neste ponto descrever a metodologia de cálculo da propagação da cheia no reservatório e o mecanismo de definição da curva chave do vertedouro do reservatório.

4.5.1.1 – Propagação da Cheia no Reservatório

A propagação da cheia no reservatório será calculada utilizando como ferramenta computacional o programa HEC-1 e como metodologia de cálculo o método de Pulls modificado.

Os hidrogramas de efluentes das barragens foram calculados pelo método de Pulls, o qual baseia-se em um balanço hidrológico no reservatório caracterizado pela equação da continuidade:

$$I - Q = \frac{ds}{dt}$$

Esta equação pode ser resolvida por diferenças finitas, tendo a discretização a forma descrita a seguir:

$$\frac{(I_{t-1} + I_t)}{2} - \frac{(Q_{t-1} + Q_t)}{2} = \frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t}$$

Onde

- I_t = Vazão afluente ao reservatório no tempo t
- Q_t = Vazão efluente ao reservatório no tempo t
- Δt = Intervalo de tempo
- S_t = Água estocada no reservatório no tempo t

Esta equação pode ser reescrita como

$$Q_{i+1} + 2 S_{i+1}/\Delta t = I_t + I_{t+1} - Q_i + 2 S_i/\Delta t$$

Conhecendo-se a função $Q = f(S)$, constrói-se uma função $Q = h(Q + 2 S/\Delta t)$, resultando no seguinte processo de cálculo

- determinação do volume inicial S_0 (conforme objetivo do estudo), e a partir deste, determina-se Q_0 ,
- calcula-se o termo direito da equação acima, uma vez que o hidrograma de entrada foi determinado pelo método do hidrograma unitário de SCS,
- com este valor $(Q_{i+1} + 2 S_{i+1}/\Delta t)$ é possível obter Q_{i+1} através de $Q = h(Q + 2 S/\Delta t)$ e S_{i+1} através de $S = f^{-1}(Q)$,
- repete-se os passos 2 e 3 para todos intervalos de cálculo

A determinação da curva que relaciona vazão e armazenamento é realizado a partir da curva cota-volume e da curva chave do vertedouro

4.5.1.2 – Definição da Curva Chave do Vertedouro

O estudo de alternativas foi realizado admitindo-se que todos os vertedouros sejam do tipo *escavado em rocha* e com coeficiente de descarga de 1,5 (estimado a partir do trabalho de Silva (1993))

A curva de descarga do vertedouro é representada na Equação 6.1. Estimativa mais precisa da curva chave de descarga do vertedouro será realizado no dimensionamento do vertedouro da alternativa escolhida

$$Q = C L H^{3/2} \quad (6.1)$$

Analisou-se quatro alternativas de vertedouros escavados em rocha para cada alternativa de armazenamento. As dimensões dos vertedouros analisadas foram as de 20, 40, 60 e 80 metros de largura

4.5.2 – Resultados

Os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia descrita anteriormente são apresentados no Quadro 4.22. Estes dados darão subsídio para a estimativa de custo do vertedouro com vistas a seleção da alternativa a ser implantada

Quadro 4 22 - Cotas máximas do reservatório em metros após a laminação associada a cheia de recorrência próximo a milenar

		Comprimento do Vertedouro (m)			
		80	60	40	20
Cota da Soleira (m)	193,50	194,32	194,39	194,50	194,65
	194,50	195,32	195,39	195,50	195,65
	195,50	196,32	196,40	196,50	196,62
	196,50	197,20	197,25	197,32	197,42
	198,00	198,70	198,75	198,82	198,93

O Quadro 4 23 apresenta para as cotas entre 193,50 e 195,50, vazões efluentes similares. Este fato tem sua justificativa na tabela cota-volume do reservatório que neste trecho tem uma variação supostamente linear, impondo para uma mesma variação de cota uma mesma variação de volume independentemente da cota onde se está dando o incremento. O mesmo raciocínio é válido para as cotas 196,5 e 180,0 metros.

Quadro 4 23 - Vazão máximas efluente ao reservatório em metros após a laminação associada a cheia de recorrência próximo a milenar

		Comprimento do Vertedouro (m)			
		80	60	40	20
Cota da Soleira (m)	193,50	89,0	77,0	60,0	37,0
	194,50	90,0	77,0	60,0	37,0
	195,50	89,0	77,0	60,0	36,0
	196,50	70,0	59,0	45,0	27,0
	198,00	70,0	59,0	45,0	27,0

4.6 – Análise de Custo – Benefício das Alternativas

O ideal moderno de definição da existência e dimensões de um barramento tem como local da decisão o comitê de bacia hidrográfica e como subsídio os custos de implementação, operação, monitoramento e conservação do barramento, bem como os custos ambientais e o impacto sócio-econômico do mesmo. Não se tem ainda o comitê de bacia na região hidrográfica Bacias Metropolitanas e os estudos ambientais poderão influenciar este dimensionamento.

O estudo de dimensionamento da barragem Pesqueiro teve como parametrizador o estudo de custo-benefício em que o custo é uma estimativa do custo de implantação da obra e os benefícios associados aqueles oriundos da vazão disponível (ou alocável). O estudo de custo-benefício é concluído com a estimativa do custo incremental da água.

O presente estudo consta da análise de vinte alternativas de configurações de dimensões de vertedouro e maciço.

4.6.1 – Estimativa de Custo

O custo do barramento é estimado neste trabalho como sendo a soma do custo do maciço do barramento e do custo do vertedouro. O custo do barramento é calculado a partir da estimativa de implantação de um maciço homogêneo de terra com coroamento definido pelo nível do armazenamento máximo do reservatório, somado ao nível da cheia de projeto, admitindo-se uma folga de dois metros. O custo do vertedouro foi estimado a partir da cubação da escavação necessária e das obras de engenharia necessárias à sua execução.

O Quadro 4.24 apresenta a cota do coroamento do maciço das barragens calculado para diferentes dimensões do vertedouro e diferentes capacidades de armazenamento. O coroamento foi calculado utilizando os níveis máximos do reservatório apresentados no Quadro 4.22.

Quadro 4.24 - Cota do coroamento das barragem estimada a partir das cotas máxima calculadas anteriormente

Soleira (m)	Volume (hm³)	20	40	60	80
198,00	10,00	200,93	200,82	200,75	200,70
196,50	8,05	199,42	199,32	199,25	199,20
195,50	7,00	198,62	198,50	198,40	198,32
194,50	6,05	197,65	197,50	197,39	197,32
193,50	5,05	196,65	196,50	196,39	196,32

O Quadro 4.25 e Quadro 4.26 apresentam os custos do maciço e do vertedouro, respectivamente, para os diversos níveis do reservatório e para as diferentes capacidades de armazenamento. Observa-se que há uma relação de troca entre os custos do maciço e do vertedouro. Enquanto o custo do maciço cresce com o aumento da capacidade de armazenamento do reservatório e com o decréscimo do tamanho do vertedouro, o custo do vertedouro decresce com o aumento da capacidade de armazenamento do reservatório (maior amortecimento das cheias) e com o incremento do tamanho do vertedouro. Esta relação de troca sugere um mínimo de custo.

Quadro 4.25 - Estimativa de Custo do Maciço em Reais

Soleira (m)	Volume (hm³)	20	40	60	80
198,00	10,00	619764,69	611596,97	606436,88	602768,92
196,50	8,05	513831,43	507277,53	502723,13	499486,72
195,50	7,00	462953,95	455625,00	449576,96	444777,25
194,50	6,05	405913,69	397535,00	391464,46	387633,76
193,50	5,05	352224,99	344605,00	339087,41	335607,07

Quadro 4.26 - Estimativa de Custo do Vertedouro em Reais

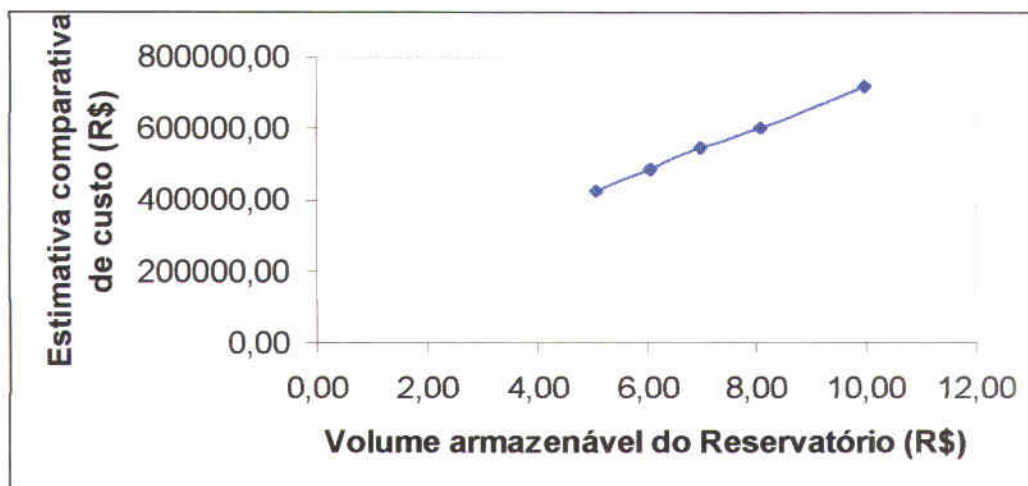
Soleira (m)	Volume (hm3)	20	40	60	80
198,00	10,00	95072,00	187984,00	280896,00	373808,00
196,50	8,05	86876,00	172972,00	259068,00	345164,00
195,50	7,00	81412,00	162964,00	244516,00	326068,00
194,50	6,05	75948,00	152956,00	229964,00	306972,00
193,50	5,05	70484,00	142948,00	215412,00	287876,00

O Quadro 4.27 apresenta uma estimativa do custo global para as vinte alternativas de dimensionamento do reservatório e o valor mínimo encontrado para cada as diferentes capacidades de armazenamento consideradas. A Figura 4.29 apresenta o gráfico da evolução do custo com a capacidade máxima armazenável do reservatório.

Quadro 4.27 - Estimativa de custo global

Soleira (m)	Volume (hm3)	20	40	60	80	Menor
198,00	10,00	714836,69	799580,97	887332,88	976576,92	714836,69
196,50	8,05	600707,43	680249,53	761791,13	844650,72	600707,43
195,50	7,00	544365,95	618589,00	694092,96	770845,25	544365,95
194,50	6,05	481861,69	550491,00	621428,46	694605,76	481861,69
193,50	5,05	422708,99	487553,00	554499,41	623483,07	422708,99

Figura 4.29 - Crescimento do custo do barramento com o volume máximo armazenável do reservatório



4.6.2 – Estimativas Custo – Benefício

O custo incremental da água é apresentada no Quadro 4.29. O custo incremental da água expressa a razão entre a variação do custo do barramento e do incremento da vazão regularizada quando se aumenta as dimensões do reservatório em um dado valor. Pode-se dizer que este é o custo da água regularizada que se incrementa quando se aumenta

as dimensões do reservatório. O custo médio mostrado no Quadro 4.30 é a estimativa de quanto custou a água regularizável do reservatório para as diferentes dimensões.

Quadro 4.30 - Custo incremental da água

Volume (hm ³)	Regularização (hm ³)	Custo (R\$)	Custo Incremental (R\$/1000m ³)	Custo Médio (R\$/1000m ³)
10,00	2,66	714836,69	1630,41	268,7356
8,10	2,59	600707,43	804,87	231,9334
7,00	2,32	544365,95	168,93	216,0182
6,10	2,15	481861,69	173,97	224,1217
5,10	1,81	422708,99	233,54	233,5409

Figura 4.30 - Variação do custo incremental da água com a capacidade de armazenamento do reservatório

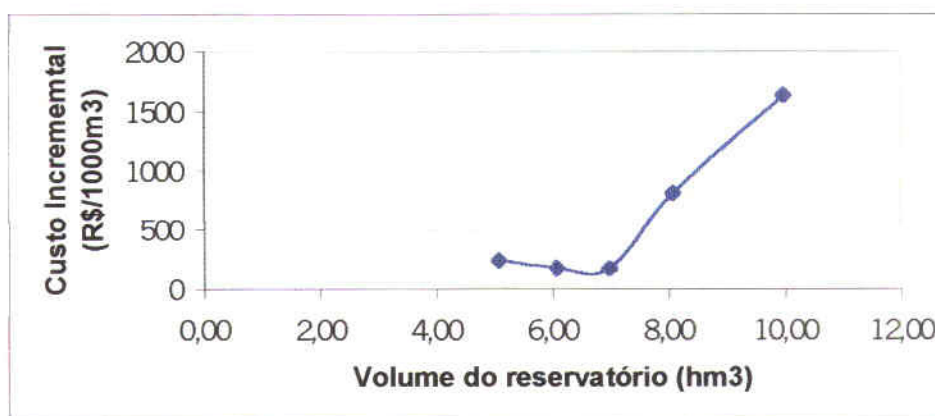
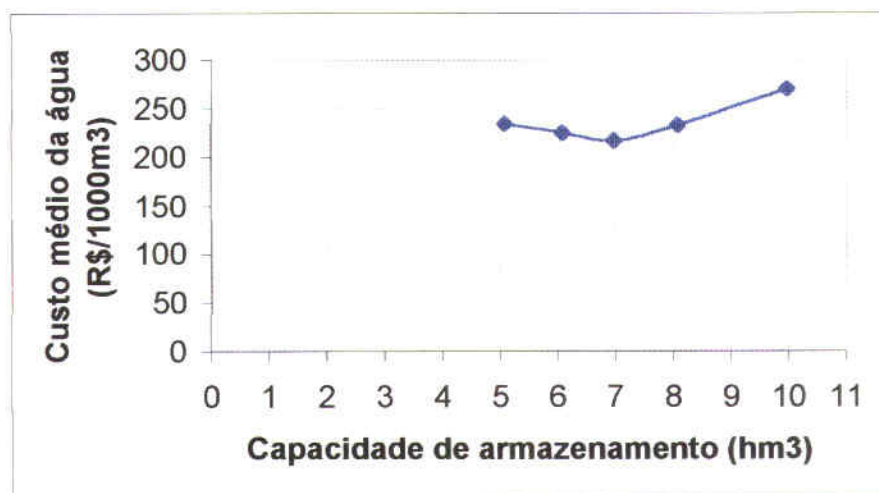


Figura 4.31 - Variação do custo médio da água com a capacidade de armazenamento do reservatório



A análise dos dados de custo sugerem que o reservatório deve ser projetado com uma capacidade de armazenamento no entorno de oito hectômetros cúbicos (8hm^3). O incremento custo acentuado para capacidades de armazenamento maiores que oito milhões de metros cúbicos é devido a topografia do boqueirão, que se toma muito aberto e surgem diversas celas que fazem com que haja a necessidade de diques, encarecendo significativamente o custo incremental da água.

4.7 – Dimensionamento Hidrológico do Vertedouro

O estudo de dimensionamento do vertedouro pretende definir as dimensões do vertedouro a partir de um estudo de diversas alternativas de tipos e dimensões refinando a metodologia do estudo realizado quando da análise de alternativas no capítulo anterior.

O estudo de alternativas de dimensões do barramento indicou um volume de armazenamento do reservatório de $8,0\text{hm}^3$, que corresponde a soleira do vertedouro na cota 196,5 m, desta informação é que se dará os estudos apresentados neste capítulo.

O presente capítulo apresenta o estudo da curva de descarga de três alternativas de vertedouros a saber:

- Vertedouro do tipo Creager;
- Vertedouro escavado em rocha com fundo plano horizontal,
- Vertedouro escavado em rocha com declividade longitudinal de $0,005\text{m/m}$

Em seguida apresenta-se o comportamento da propagação da cheia milenar e decamilenar no reservatório, a qual está sujeita a estes três tipos de vertedouros, com quatro dimensões diferentes.

4.7.1 – Definição da Cheia Afluente

A metodologia adotada é similar a descrita no item que descreve o cálculo da Cheia Afluente, onde se encontra a descrição das diversas hipóteses de cálculo da cheia de projeto: a escolha da chuva de projeto, o hietograma utilizado, a definição da precipitação efetiva, o hidrograma das cheias em cada subárea e por fim a propagação da cheia no canal. A ferramenta utilizada para a implementação desta metodologia foi o programa HEC-1.

As relações chuva-deflúvio para a bacia do Pesqueiro foram estabelecidas utilizando-se o modelo HEC-1, um modelo desenhado para simular o escoamento superficial em uma bacia, sendo esta representada como um sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para esta bacia foi estudada a sua resposta ao hietograma de projeto correspondente a um período de retorno (T_r) de 1 000 anos e verificado para uma cheia de 10 000 anos.

O modelo HEC-1 permite o uso de várias metodologias para determinação da chuva efetiva, simulação do escoamento superficial em bacia (*overland flow*) e propagação do

escoamento em canais e reservatórios. No caso da bacia Pesqueiro, diante dos dados disponíveis, foi adotado o seguinte:

- Método Curva-Número (*Soil Conservation Service*) na determinação da chuva efetiva,
- Método do *Soil Conservation Service* na determinação do hidrograma unitário Sintético - Escoamento Superficial na bacia (*Overland flow*),
- Método da Onda Cinemática para a propagação em canais

4.7.2 – Definição da Curva de Descarga do Vertedouro

O estudo da curva de descarga se dará para dois tipos de vertedouro: um do tipo Creager e outro do tipo escavado em rocha. A metodologia seguida para o dimensionamento destes dois tipos de vertedouros e os resultados obtidos de sua aplicação, são apresentados a seguir.

4.7.2.1 – Metodologia

A - Vertedouro Escavado em Rocha

A curva de descarga do vertedouro escavado em rocha foi determinada partindo das hipóteses de que o vertedouro escavado em rocha tem comportamento similar a um canal, portanto, aplica-se a equação de escoamento variado em canais (Equação 8.1) para várias vazões por unidade de largura do canal (q) obtendo-se o nível do reservatório associado àquela vazão. Para o cálculo desta linha d'água hipotetiza-se que o nível d'água no ponto imediatamente anterior ao escapa de jusante do vertedouro está sob o regime crítico (Froude igual a 1). A associação das diversas descargas aos níveis do reservatório definem a curva de descarga do vertedouro. A Equação 8.1 pode ser resolvida de diversas formas utilizando-se o método numérico de Runge-Kutta de quarta ordem ou, no caso de canais prismáticos, aplicando o método denominado de "Step Method" construído a partir de uma breve manipulação da Equação 8.1. A aplicação deste método encontra-se exemplificada nos resultados para as vazões por unidade de comprimento de $25\text{m}^2/\text{s}$ e para as declividades do fundo do canal vertedouro de $0,005\text{ m/m}$ e de fundo horizontal.

Aplicado esta metodologia estima-se uma regressão e obtém-se os valores de alfa (α) e beta (β) na Equação 8.1:

$$q = \frac{Q}{L} = \alpha H^\beta \quad (8.1)$$

Onde q é a vazão por unidade de comprimento em m^2/s , Q é vazão efluente ao reservatório em m^3/s , L é a largura do vertedouro em metros; e H é a lâmina no reservatório em metros.

B – Vertedouro Creager

O vertedouro Creager teve seu dimensionamento realizado utilizando os ábacos do Capítulo 14 do livro “Open channel Hydraulics”, Chow (1973)

4.7.2.2 – Resultados

Os resultados obtidos são apresentados inicialmente para os vertedouros escavados em rocha e em seguida para vertedouro do Tipo Creager

A – Vertedouro Escavado em Rocha

O Quadro 4.31 apresenta a curva de descarga para os vertedouros escavados em rocha com fundo horizontal e com declividade de 0,005 m/m, estes valores são apresentados na forma gráfica na Figura 4.32. Os valores tabulares da curva de descarga foram ajustados através de regressão não linear as Equações 8.2 e 8.3 para o canal com fundo horizontal e com declividade de 0,005m/m, respectivamente

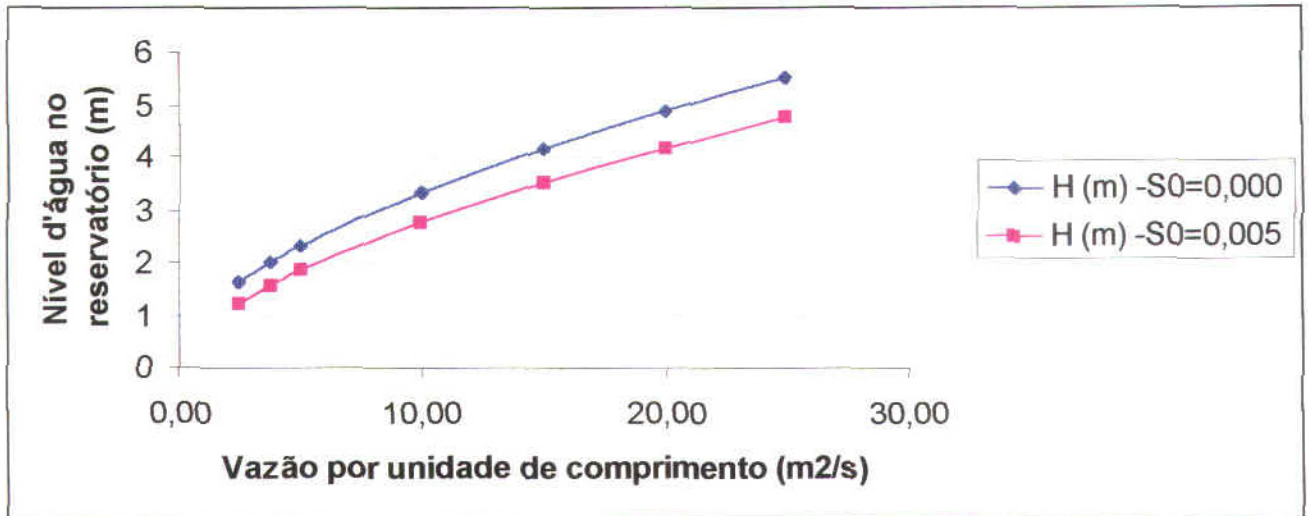
$$Q = 1,03LH^{1,88} \quad (8.2)$$

$$Q = 1,78LH^{1,70} \quad (8.3)$$

Quadro 4.31 - Curva de descarga para os vertedouros escavados em rocha com fundo horizontal e com declividade de 0,005 m/m

q (m ² /s)	H (m)	
	Fundo Horizontal (S ₀ =0,000)	(S ₀ =0,005)
25,00	5,51	4,74
20,00	4,86	4,15
15,00	4,15	3,5
10,00	3,33	2,76
5,00	2,31	1,84
3,75	1,99	1,55
2,50	1,62	1,22

Figura 4.32 - Gráfico da curva de descarga para os vertedouros escavados em rocha com fundo horizontal e com declividade de 0,005 m/m.



A construção das tabelas foram realizadas a partir da aplicação do "Step Method" como afirmado na metodologia. A estrutura das tabelas construídas para cada vazão e declividade do reservatório é similar a apresentada nos Quadros 4.32 e 4.33 para a vazão de 25 m²/s e declividades nula e 0,005 m/m, respectivamente. A linha de energia e a linha d'água da superfície do canal são apresentadas nas Figuras 4.33 e 4.34 para os valores tabulados nos Quadros 4.32 e 4.33.

B - Vertedouro Creager

A curva de descarga calculada para o vertedouro Creager tem a forma apresentada seguir.

$$Q = 2,00LH^{1,50} \quad (8.4)$$

Quadro 4 32 - Aplicação do "Step Method" para canal de fundo plano e Vazão por unidade de comprimento 25 m²/s

Q	25	m ² /s	Vazão por unidade de comprimento
N	0,04	Sistema Internacional	Número de Manning
S ₀	0	m/m	Declividade do fundo do canal
Y _c	3,99	m	Profundidade crítica
G	9,81	m/s ²	Aceleração da gravidade
INC	0,10	m	Incremento no tirante d'água

Y	A	P	Rh	V	E	S _f	S ₀ - S _f	DX	X
3,99	3,99	1,00	3,99	6,26	5,991	0,01			120,00
							-0,01	0,38	
4,09	4,09	1,00	4,09	6,11	5,995	0,01			119,62
							-0,01	1,19	
4,19	4,19	1,00	4,19	5,96	6,01	0,01			118,42
							-0,01	2,06	
4,29	4,29	1,00	4,29	5,82	6,02	0,01			116,37
							-0,01	2,97	
4,39	4,39	1,00	4,39	5,69	6,04	0,01			113,40
							-0,01	3,95	
4,49	4,49	1,00	4,49	5,56	6,07	0,01			109,45
							-0,01	4,98	
4,59	4,59	1,00	4,59	5,44	6,10	0,01			104,47
							-0,01	6,07	
4,69	4,69	1,00	4,69	5,33	6,14	0,01			98,39
							-0,01	7,23	
4,79	4,79	1,00	4,79	5,21	6,18	0,01			91,17
							-0,01	8,44	
4,89	4,89	1,00	4,89	5,11	6,22	0,01			82,73
							0,00	9,72	
4,99	4,99	1,00	4,99	5,01	6,27	0,00			73,00
							0,00	11,07	
5,09	5,09	1,00	5,09	4,91	6,32	0,00			61,93
							0,00	12,49	
5,19	5,19	1,00	5,19	4,81	6,37	0,00			49,44
							0,00	13,97	
5,29	5,29	1,00	5,29	4,72	6,43	0,00			35,47
							0,00	15,53	
5,39	5,39	1,00	5,39	4,63	6,49	0,00			19,94
							0,00	17,16	
5,49	5,49	1,00	5,49	4,55	6,55	0,00			2,78

Onde y é o tirante d'água, S_f é a perda de carga unitária, A é a área molhada, P é o perímetro molhado, Rh é o raio hidráulico, E é a energia específica e a distância do início do canal

Figura 4.33 - Linha d'água para $q=25 \text{ m}^2/\text{s}$ e fundo Horizontal

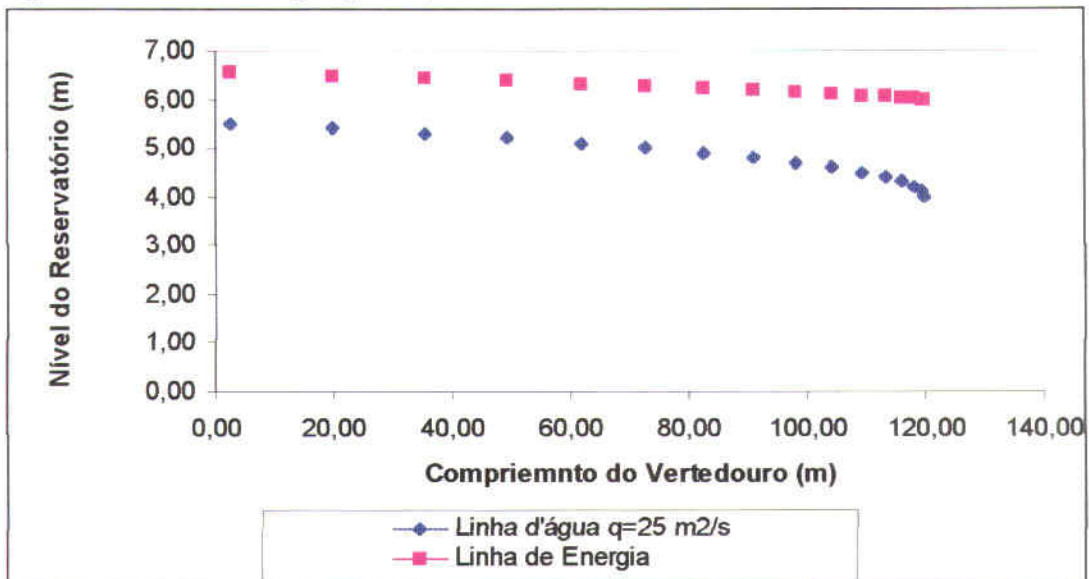
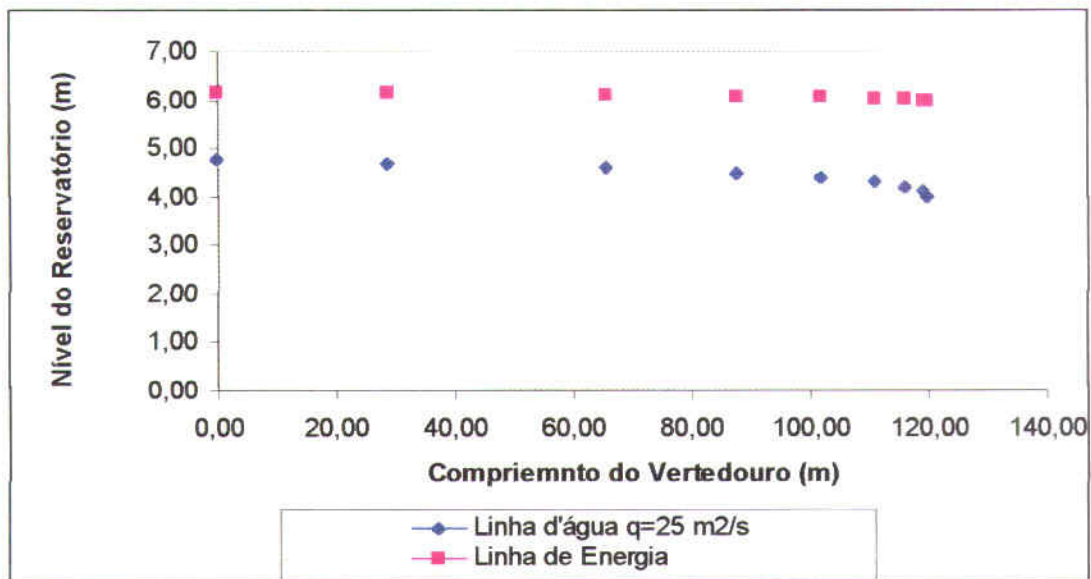


Figura 4.34 - Linha d'água para $q=25 \text{ m}^2/\text{s}$ e fundo declividade de $0,005 \text{ m/m}$



Quadro 4.33 - Aplicação do "Step Method" para canal de 0,005 de declividade de fundo e Vazão por unidade de comprimento 25 m²/s

Q	25	M²/s	Vazão por unidade de comprimento
N	0,04	Sm^{-1/3}	Número de Manning
S₀	0,005	M/m	Declividade do fundo do canal
Y_c	3,99	M	Profundidade crítica
G	9,81	M/s²	Aceleração da gravidade
INC	0,10	M	Incremento no tirante d'água

Y	A	P	Rh	V	E	S _f	S ₀ - S _f	DX	X
3,99	3,99	1,00	3,99	6,26	5,991	0,01			120,00
							-0,005	0,81	
4,09	4,09	1,00	4,09	6,11	5,995	0,01			119,19
							-0,004	2,78	
4,19	4,19	1,00	4,19	5,96	6,01	0,01			116,41
							-0,003	5,38	
4,29	4,29	1,00	4,29	5,82	6,02	0,01			111,03
							-0,002	8,96	
4,39	4,39	1,00	4,39	5,69	6,04	0,01			102,07
							-0,002	14,14	
4,49	4,49	1,00	4,49	5,56	6,07	0,01			87,93
							-0,001	22,27	
4,59	4,59	1,00	4,59	5,44	6,10	0,01			65,66
							-0,001	36,75	
4,69	4,69	1,00	4,69	5,33	6,14	0,01			28,91

Onde y é o tirante d'água, S_f é a perda de carga unitária, A é a área molhada, P é o perímetro molhado, Rh é o raio hidráulico, E é a energia específica e a distância do início do canal

4.8 – Propagação de Cheia no Reservatório

O vertedouro, caracterizado sua curva de descarga, propaga as cheias de recorrência milenar e decamilenar no reservatório. Analisa-se, em seguida, a lâmina máxima vertida, a vazão afluente e os níveis máximos do reservatório para os três tipos de vertedouro que tiveram sua curva de descarga definidas e simula-se cada um destes vertedouros com quatro comprimentos diferentes a saber 20m, 40m, 60m e 80m

A cheia milenar é a cheia de projeto e a decamilenar é a cheia de verificação. A verificação da cheia decamilenar é, no que tange ao nível do coroamento do maciço do reservatório, a que não deverá ser inferior ao nível da cheia decamilenar acrescido de 0,50m, segundo definição do Painel de Segurança de Barragens

Dividiu-se a apresentação da propagação da cheia em duas partes na primeira é descrita a metodologia adotada e na Segunda, apresenta-se os resultados obtidos da aplicação da referida metodologia

4.8.1 – Metodologia

O propagação da cheia no reservatório realizou-se pelo método de Pulls modificado na forma apresentada no estudo de cheias, no item *Estudo de Alternativas*

Os projetos tradicionalmente utilizam para definir a cheia de dimensionamento, quando geradas por modelo chuva-deflúvio, aquela associada a chuva de duração igual ao período de concentração da bacia de contribuição. Este raciocínio procura proporcionar o evento de maior vazão afluente possível e baseia-se no fato de que a intensidade da chuva decresce com o crescimento da duração da mesma para um dado período de retorno induzindo o fato de que se deve procurar a chuva de menor duração possível. O menor tempo em que toda a bacia drene água ao mesmo instante para o exutório é o tempo de concentração da bacia, sendo este o tempo da chuva de projeto. Este raciocínio é perfeito para obras que são dimensionadas pela vazão afluente, não sendo este o caso de um reservatório.

A cheia afluente sofre uma transformação no processo de laminação, transformação esta que é função da capacidade de acumulação do reservatório (dimensão volumétrica), da capacidade de descarga do vertedouro (dimensão do fluxo de vazão) e a distribuição temporal do volume afluente. A incorporação desta transformação no dimensionamento altera o critério duração da chuva igual a duração do período de retorno e coloca a questão do volume da cheia afluente e sua distribuição temporal como parâmetros do dimensionamento.

Devido este motivo trabalhou-se com chuvas de duração até dezessete vezes o tempo de concentração da bacia (1,4 horas), mantendo-se os eventos de máxima intensidade em menores durações inclusive no hietograma de projeto utilizado no programa HEC1.

4.8.2 – Resultados

4.8.2.1 – Cheia Milenar

A vazão máxima efluente para a cheia milenar encontra-se apresentada no Quadro 4.34, estando o amortecimento da cheia ($1 - Q_{\text{saída}} / Q_{\text{entrada}}$) em percentagem expresso no Quadro 4.35. Observa-se que o amortecimento foi muito elevado, sendo este fato justificado pela relação entre o volume da cheia afluente de recorrência milenar, igual a $5,5 \text{ hm}^3$, e a variação do volume associado aos níveis máximas do reservatório (Quadro 4.36) e do associado a soleira do vertedouro (196,5m) estimado em $1,7 \text{ hm}^3$. A lâmina máxima do reservatório na cheia é apresentada no Quadro 4.37.

Quadro 4 34 - Vazões máxima efluentes (m³/s) cheia de recorrência milenar

	Dimensões do Vertedouro			
	20	40	60	80
Escavado em rocha(S0=0,000)	20	34	44	53
Escavado em rocha(S0=0,005)	30	50	64	76
Creager	33	55	70	83

Quadro 4 35 - Amortecimento da Cheia milenar

	Dimensões do Vertedouro			
	20	40	60	80
Escavado em rocha(S0=0,000)	89%	80%	75%	70%
Escavado em rocha(S0=0,005)	83%	71%	63%	56%
Creager	81%	68%	60%	52%

Quadro 4 36 - Níveis máximos do reservatório na cheia milenar

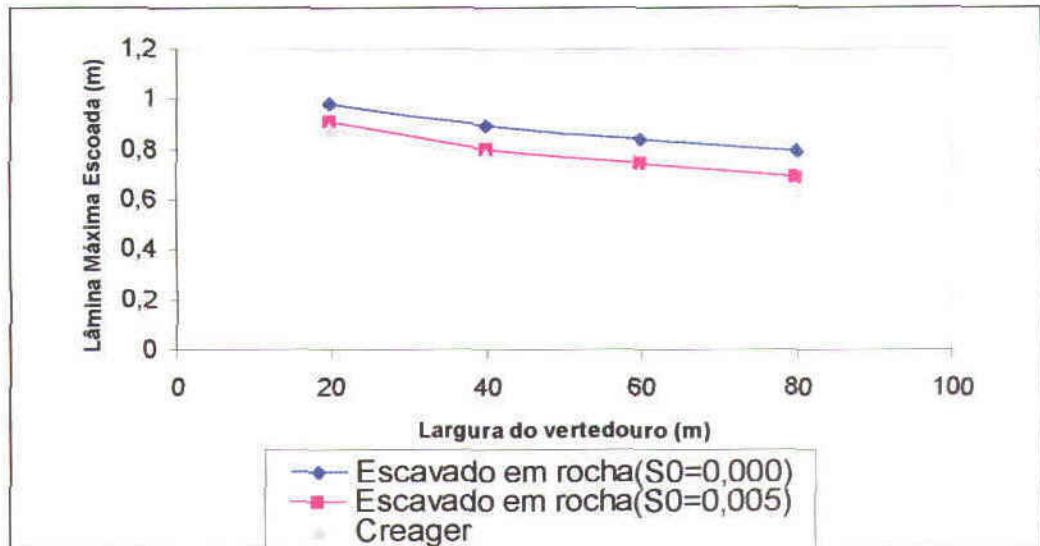
	Dimensões do Vertedouro			
	20	40	60	80
Escavado em rocha(S0=0,000)	197,48	197,39	197,34	197,29
Escavado em rocha(S0=0,005)	197,41	197,30	197,24	197,19
Creager	197,38	197,27	197,20	197,14

Quadro 4 37 - Lâminas máximas no vertedouro do reservatório na cheia milenar

	Dimensões do Vertedouro			
	20	40	60	80
Escavado em rocha(S0=0,000)	0,98	0,89	0,84	0,79
Escavado em rocha(S0=0,005)	0,91	0,8	0,74	0,69
Creager	0,88	0,77	0,7	0,64

A comparação das lâminas máximas produzidas pela cheia de recorrência milenar para as diversas dimensões do vertedouro e para os diversos tipos de vertedouro é apresentada na Figura 3 35. Observa-se que o comportamento do vertedouro Creager é similar ao do escavado em rocha com declividade longitudinal de 0,005 m/m

Figura 4.35 - Lâmina máxima para cheia de recorrência milenar nas diversas configurações de vertedouros



4.8.2.2 – Cheia decamilenar

A vazão máxima efluente para a cheia decamilenar encontra-se apresentada no Quadro 4.38, estando o amortecimento da cheia ($1 - Q_{\text{saída}} / Q_{\text{entrada}}$) em percentagem expresso no Quadro 4.39. Observa-se que o amortecimento foi significativamente maior que o da cheia milenar para todas as configurações de vertedouro, estando o vertedouro com dimensões de 20 m, com laminação ainda muito alta. A diminuição no amortecimento é devido ao volume da cheia afluente de recorrência decamilenar, igual a $16,9 \text{ hm}^3$, aproximadamente três vezes maior que a milenar, e a variação do volume associado aos níveis máximas do reservatório (Quadro 4.40) e do associado a soleira do vertedouro ($196,5 \text{ m}$) estimado em $1,7 \text{ hm}^3$. A lâmina máxima do reservatório na cheia é apresentada no Quadro 4.41.

Quadro 4.38 - Decamilenar vazões máxima efluentes (m³/s)

	20	40	60	80
Escavado em rocha(S0=0,000)	145	223	275	311
Escavado em rocha(S0=0,005)	182	269	323	360
Creager	171	259	314	352

Quadro 4.39 - Amortecimento da cheia decamilenar afluente

	Dimensões do Vertedouro			
	20	40	60	80
Escavado em rocha(S0=0,000)	72%	56%	46%	39%
Escavado em rocha(S0=0,005)	64%	47%	37%	29%
Creager	66%	49%	38%	31%

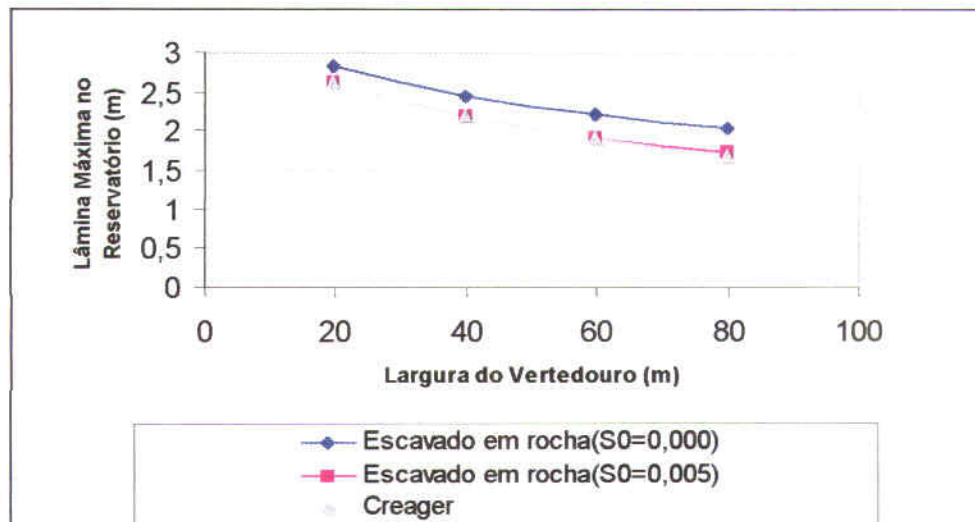
Quadro 4.40 - Níveis máximos do reservatório na cheia decamilenar

	Dimensões do Vertedouro			
	20	40	60	80
Escavado em rocha(S0=0,000)	199,32	198,95	198,71	198,53
Escavado em rocha(S0=0,005)	199,11	198,68	198,41	198,22
Creager	199,13	198,68	198,4	198,19

Quadro 4.41 - Lâminas máximas no vertedouro do reservatório na cheia decamilenar

	Dimensões do Vertedouro			
	20	40	60	80
Escavado em rocha(S0=0,000)	2,82	2,45	2,21	2,03
Escavado em rocha(S0=0,005)	2,61	2,18	1,91	1,72
Creager	2,63	2,18	1,9	1,69

Figura 4.36 - Lâmina máxima para cheia de recorrência decamilenar nas diversas configurações de vertedouros



Observa-se pelo gráfico da Figura 4.36 que não há distinção dos vertedouros escavado em rocha com declividade longitudinal de 0,005 m/m e o vertedouro do tipo Creager para cheias decamilenares.

As velocidades que ocorrem no vertedouro estão associadas as tensões de atrito no leito do mesmo, que por sua vez definem a força de abrasão a que a rocha, na qual está assentado o vertedouro, sofre quando da passagem da cheia. Menores velocidades significam menor desgaste da rocha sendo, pois, mais interessantes. O Quadro 4.42

apresenta uma estimativa das velocidades máximas, em m/s, próximo a seção à montante no vertedouro para a cheia decamilenar

Quadro 4.42 - Velocidades máximas em m/s próximo a seção mais a montante no vertedouro para a cheia decamilenar

	Dimensões do Vertedouro			
	20	40	60	80
Escavado em rocha(S0=0,000)	2,57	2,28	2,07	1,92
Escavado em rocha(S0=0,005)	3,49	3,08	2,82	2,62
Creager	3,25	2,97	2,75	2,60

4.8.3 - Observações Finais

A análise do comportamento geral dos vertedouros solicitados por cheia de recorrência milenar e decamilenar sugere

- O comportamento do vertedouro escavado em rocha com declividade longitudinal de 0,005 m/m é *próximo* ao comportamento do vertedouro do tipo Creager para cheias milenares,
- O comportamento do vertedouro escavado em rocha com declividade longitudinal de 0,005 m/m é *idêntico* ao comportamento do vertedouro do tipo Creager para cheias decamilenar,
- A curva de descarga do vertedouro escavado com declividade de 0,005 m/m produz lâminas de 20 a 30 cm menores que o vertedouro de fundo horizontal,

Partindo-se destes dados e considerando que o vertedouro escavado é de construção mais simples e de menor custo que o Creager, indica-se a implantação de um vertedouro escavado em rocha com declividade de 0,005 longitudinal para a barragem Pesqueiro

Considerando as velocidades e a lâmina máxima, recomenda-se que o vertedouro tenha 60 m de largura

4.9 - Capacidade 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 a capacidade de regularização do reservatório para diferentes garantias operando em estado de equilíbrio, as incertezas na regularização para séries de vazões curtas (por exemplo 30 e 60 anos), a regularização do reservatório para diferentes garantias e os níveis de permanência do reservatório em estado de equilíbrio

Este item é dividido em três partes. A primeira analisará o reservatório utilizando modelos que simulam a solução direta da equação do balanço hídrico, a segunda parte analisará o comportamento do reservatório utilizando o método da matriz de transição e a terceira

sintetizará os resultados obtidos nas etapas anteriores. Realizar-se-á na primeira parte, simulação direta, os estudos de associação da incerteza na regularização de séries curtas e a definição da regularização para diferentes garantias. Na segunda parte, utiliza-se o método da matriz de transição em estado de equilíbrio, estudar-se-á os níveis de permanência do reservatório e a probabilidade de enchimento na fase de equilíbrio.

4.9 1 – Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico

4.9 1.1 – Metodologia

Na determinação das curvas de regulação do reservatório foi utilizada a solução direta da equação de balanço hídrico¹⁶

A equação do balanço hídrico de um reservatório pode ser dada por

$$Z_{t+1} = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M - S_t$$

com

$$S_t = \max(B - K, 0)$$

$$B = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M$$

Onde

Z_t = volume armazenado no início do ano t ,

I_t = volume afluente ao reservatório durante o ano t ,

A_t = área do espelho d'água no início do ano t ;

E = lâmina evaporada durante o ano t , suposta constante ao longo dos anos,

K = capacidade do reservatório,

S_t = volume perdido por sangria durante o ano t

Representando-se a bacia hidrográfica por

$$Z(h) = \alpha h^3 \quad \text{e} \quad A(h) = 3 \alpha h^2,$$

Onde.

h = altura d'água

α = fator de forma (obtido por regressão entre Z e h^3)

¹⁶ CAMPOS, J. N. B. 1990, REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMITENTES. TESE PARA CONCURSO DE PROF. TITULAR. UFC

Supondo um modelo mutuamente exclusivo com volume contínuo e uma série de vazões afluentes com uma extensão de 2000 anos, seguindo uma distribuição Gamma de 2 parâmetros, pode-se resolver a equação de balanço hídrico segundo o processo descrito por CAMPOS (1990), a saber

- 1 estabelece-se um valor inicial para a retrada M ,
- 2 considera-se um volume inicial igual $\text{MIN}(0,5K, 0,5 \alpha)$,
- 3 Calcula-se

$$Z_U = Z_t + I_t \quad p/ Z_t + I_t \leq K$$
$$Z_U = K$$

Caso contrário

$$D_S = \text{MAX}(Z_t + I_t - K, 0)$$

onde Z_U é o volume armazenado no final da estação e D_S o volume sangrado no ano t

- 4 Calcula-se o volume no fim da estação seca (início do próximo ano) por
 - a) divide-se M e E em L partes (no caso $L=6$),
 - b) retirada da reserva, se disponível, de M/L

ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO

$$Z_2 = Z_1 - M/L \quad \text{se } Z_1 - M/L > Z_{\text{MIN}}$$
$$Z_2 = Z_{\text{MIN}}$$

Caso contrário (ANO FALHO)

$$Z_{\text{MIN}} = \text{MAX}(0,05 K, 0,20 \mu)$$

VOLUME UTILIZADO

$$D_M = Z_1 - Z_2$$

ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO

$$h_2 = \left(\frac{Z_2}{\alpha} \right)^{1/3}$$

- c) retirada da reserva, se disponível, de E/L

ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO

$$h_3 = h_2 - E/L \quad \text{se } h_2 - E/L \geq 0$$
$$h_3 = 0$$

Caso contrário

ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO

$$Z_3 = \alpha h_3^3$$

VOLUME UTILIZADO

$$D_E = Z_3 - Z_2$$

d) retoma-se a b) até completar as L fases da integração

- 5 Prossegue-se com os passos 3 e 4 até que se complete os 2000 anos da série gerada, totalizando os volumes evaporado, sangrado e liberado;
- 6 Concluído os 2000 anos, verifica-se se a frequência de falha está entre 9,95 e 10,05 %, ou se o erro em retirada é menor do que 0,5 unidades. Caso afirmativo aceita-se o valor de M, caso contrário atribui-se novo valor de M e retoma-se a 1

4 9 1 2 – Resultados

Os resultados dos estudos de associação da incerteza a regularização de séries curtas e a definição da regularização para diferentes garantias são apresentados a seguir. Inicialmente apresenta-se os resultados do estudo de incerteza no suprimento

A – Incerteza no Suprimento

A incerteza do suprimento hídrico produzida pela grande variabilidade dos deflúvios é uma realidade que necessita ser incorporada na definição do volume alocável de um reservatório. Não basta a definição da vazão regularizada de longo termo, é necessário referência da vazão regularizável em séries temporais de menor duração, tais como as de trinta e sessenta anos. Na perspectiva de prover referência da regularização destas séries e dos riscos associados às regularizações é que foi construído o texto a seguir

Geou-se uma série histórica anual com 5000 anos de dados e subdividiu-a em cento e cinquenta e quatro subconjuntos com trinta anos de dados e sessenta subconjunto com sessenta anos de dados. As séries com trinta anos de dados são equiprováveis entre si, o mesmo ocorrendo para as séries com 60 anos de dados

Figura 4.37 - Histograma das vazões regularizadas do reservatório Pesqueiro para séries de trinta anos

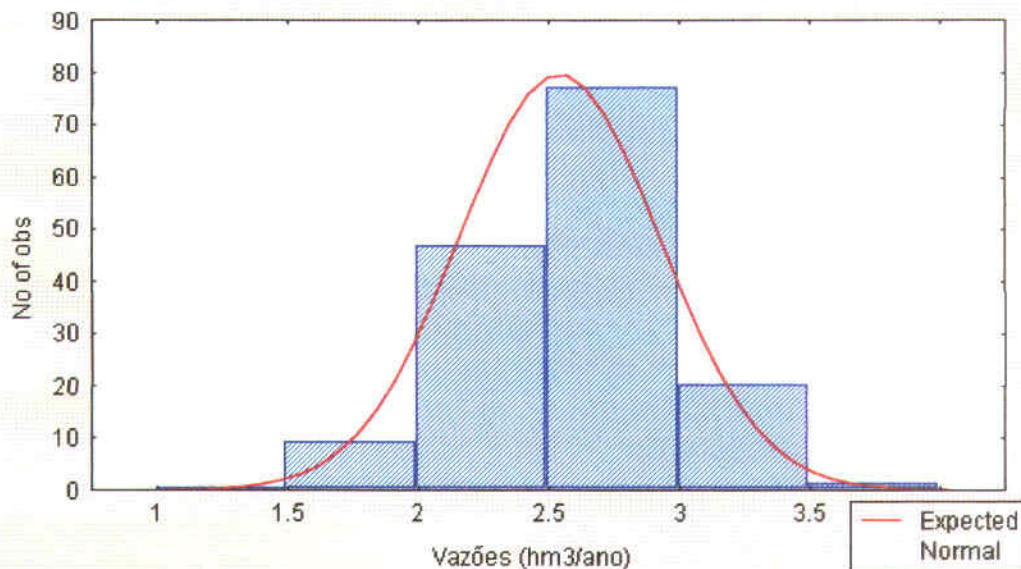
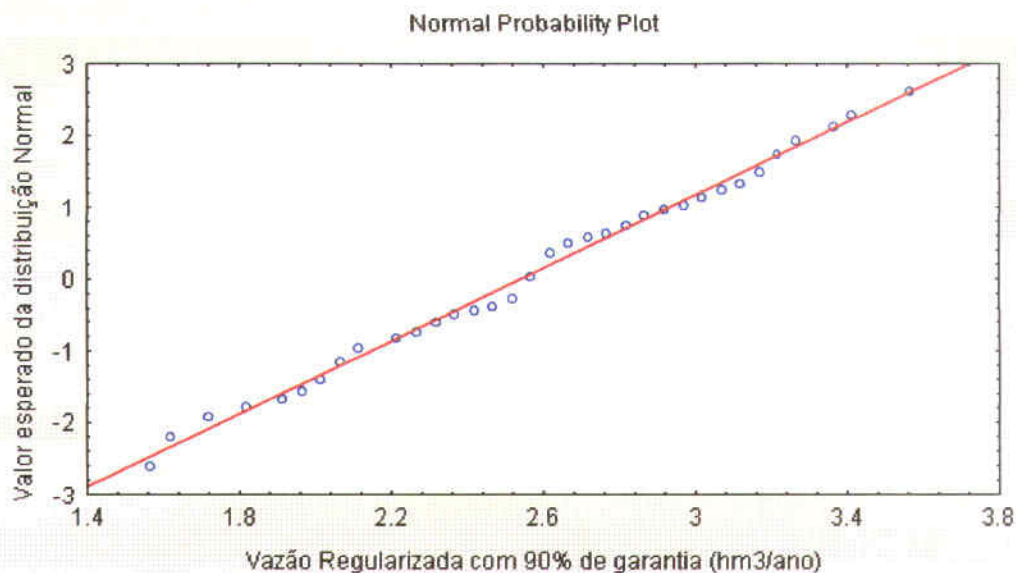


Figura 4.38 - Distribuição Normal das vazões regularizadas para 154 séries de trinta anos



Quadro 4 43 - Estatística da vazão regularizada em 154 séries de trinta anos

Média	2 547
Erro padrão	0 031
Mediana	2 570
Modo	2 570
Desvio padrão	0 386
Varância da amostra	0 149
Curtose	0 015
Assimetria	-0 031
Intervalo	2 000
Mínimo	1 570
Máximo	3 570
Contagem	154 000
Maior(1)	3 570
Menor(1)	1 570
Nível de confiança(95.0%)	0.061

* Unidades comprimento em hm e tempo em anos

Quadro 4 44 - Estatística da vazão regularizada em 60 séries de sessenta anos

Média	2 51
Erro padrão	0 0322
Mediana	2 52
Modo	2 57
Desvio padrão	0 279
Varância da amostra	0 0777
Curtose	-0 140
Assimetria	0 082
Intervalo	1 35
Mínimo	1 87
Máximo	3 22
Soma	188 45
Maior(1)	3 22
Menor(1)	1 87
Nível de confiança(95 0%)	0.064126

* Unidades comprimento em hm e tempo em anos

Figura 4.39 - Histograma das vazões regularizadas do reservatório Pesqueiro para séries de sessenta anos

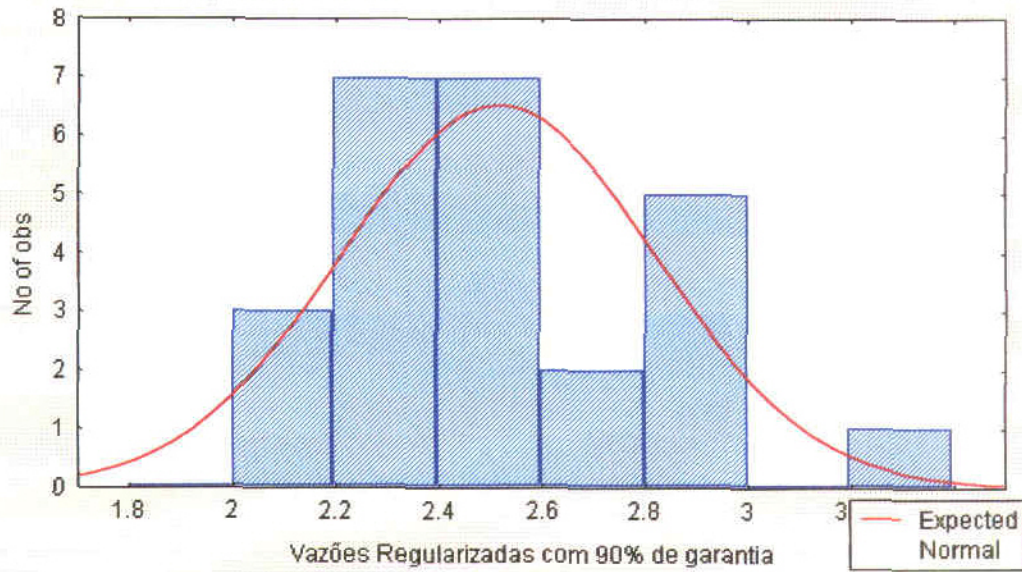
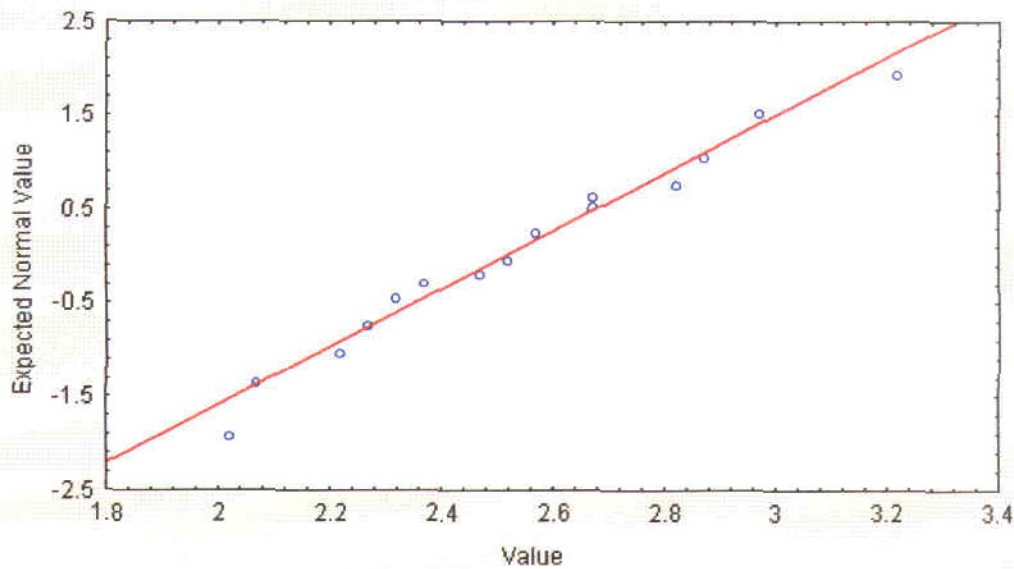


Figura 4.40 - Distribuição Normal das vazões regularizadas para 60 séries de sessenta anos



Simulou-se cada uma das 150 séries de trinta anos geradas com o objetivo de obter a vazão regularizada com 90% de garantia. O resultado deste processo foi 150 valores de vazão regularizada com a estatisticamente independentes e equiprováveis. A Figura 4.39 apresenta o histograma da série de vazões obtida e a Figura 4.40 o ajuste desta série de vazões a uma distribuição do tipo normal. A média das vazões regularizadas foi de 2,55 hm³/ano, com desvio padrão de 0,386 hm³/ano. Encontrou-se vazões regularizadas para estas séries equiprováveis variando de 1,57 a 3,57 hm³/ano, isto é, no intervalo de 2,0hm³/ano. O Quadro 4.43 apresenta resumo da estatística da série de trinta anos.

Observa-se no histograma da série de trinta anos uma pequena assimetria provavelmente ocasionada pelo volume inicial do reservatório.

Simulou-se cada uma das 60 séries de 60 anos geradas com o objetivo de obter a vazão regularizada com 90% de garantia. O resultado deste processo foi 60 valores de vazão regularizada com a estatisticamente independentes e equiprováveis. A Figura 4.39 apresenta o histograma da série de vazões obtida e a Figura 4.40 o ajuste desta série de vazões a uma distribuição do tipo normal. A média das vazões regularizadas foi de 2,51 hm³/ano, com desvio padrão de 0,28 hm³/ano. Encontrou-se vazões regularizadas para estas séries equiprováveis variando de 1,87 a 3,22 hm³/ano, isto é, no intervalo de 1,35hm³/ano. O Quadro 4.44 apresenta resumo da estatística da série de sessenta anos.

B – Outros Níveis de Garantia

As Figuras 4.41 e 4.42 apresentam a falha e a garantia, respectivamente, associada a regularização do reservatório Pesqueiro. Obteve-se estas curvas com o reservatório em regime de equilíbrio através da simulação de uma série gerada com 2000 anos de dados. Assumiu-se o fator de evaporação (F_e) igual a 0,16, o coeficiente de variação das aflúncias (CV) igual a 1,17 e a capacidade de armazenamento do reservatório igual 8,0 hm³.

A Quadro 4.45 apresenta um resumo do balanço hídrico do reservatório para as várias vazões liberadas. O Quadro 4.46 apresenta o balanço hídrico com percentagem da vazão afluente. A vazão com 90% de garantia por esta metodologia é de 2,44 hm³/ano.

Quadro 4.45 - Balanço Hídrico do reservatório para diversas retiradas

Retirada (hm ³)	Evaporação (hm ³)	Vertimento (hm ³)	Liberação (hm ³)	Falha
5,00	0,577	3,993	3,504	50,60
4,00	0,670	4,251	3,204	38,78
3,00	0,791	4,625	2,725	17,28
2,50	0,864	4,942	2,374	10,44
2,00	0,941	5,281	1,963	4,58

Quadro 4 46 - Balanço Hídrico do reservatório para diversas retiradas como percentagem da vazão afluente

Retirada (hm ³)	Evaporação	Vertimento	Liberação
5,00	7,1	49,4	43,4
4,00	8,2	52,3	39,4
3,00	9,7	57,0	33,3
2,50	10,6	60,4	29,0
2,00	11,5	64,5	24,0

Figura 4 41 - Relação da vazão regularizada e falha no suprimento

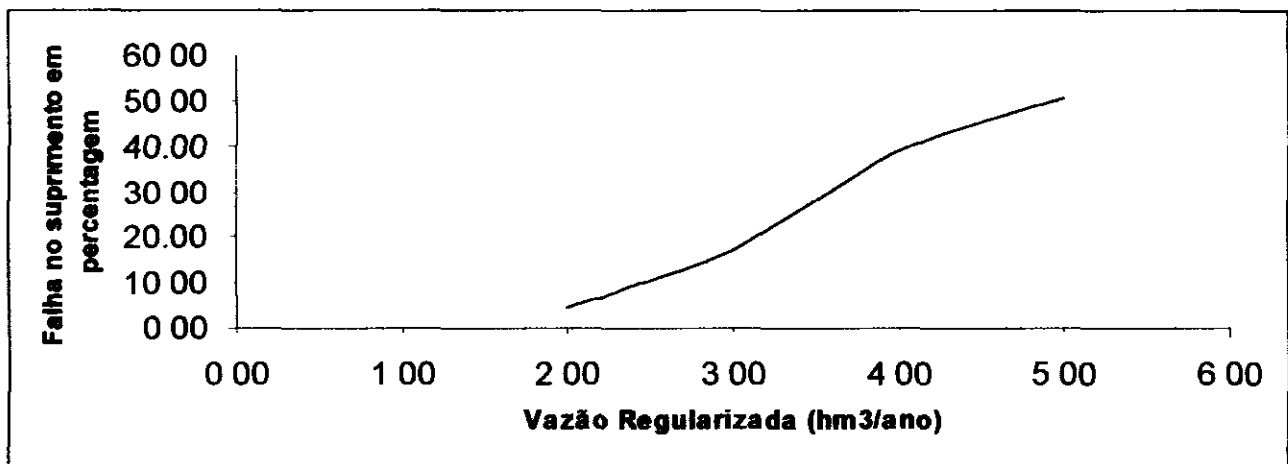
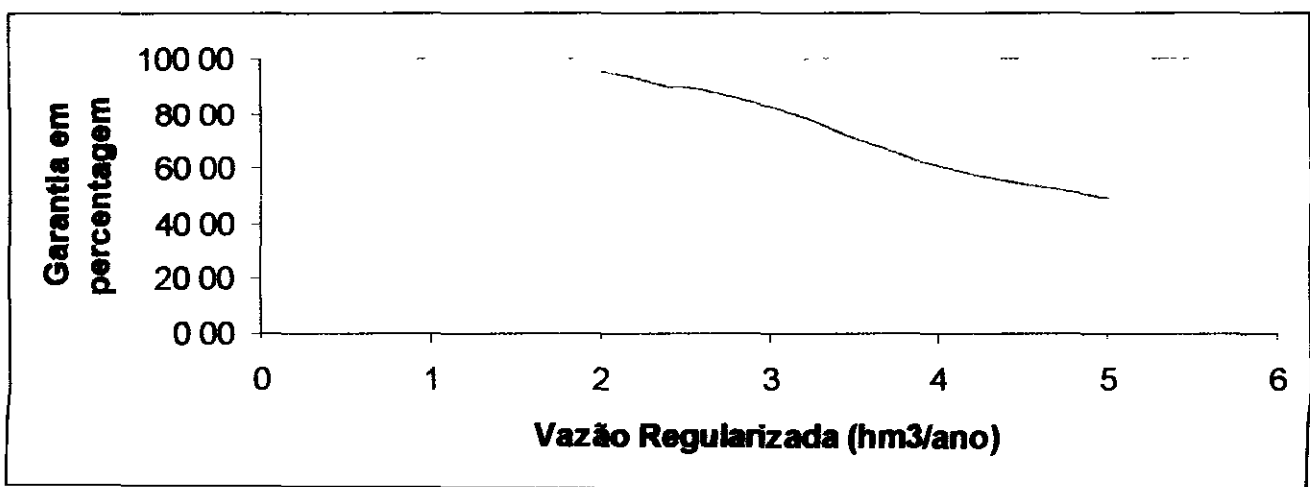


Figura 4 42 - Relação da vazão regularizada e garantia no suprimento



4.9.2 – Método da Matriz de Transição

O estudo utilizando o método da matriz de transição tem por objetivo estabelecer a permanência de nível do reservatório e conferir a probabilidade de vertimento calculada pela metodologia anterior

4.9.2.1 – Metodologia

A metodologia da matriz de transição empregada é a mesma descrita no estudo de alternativas, cabendo aqui rerepresentar as hipóteses adotadas no modelo

- tempo é uma variável discreta dividida em duas estações, uma úmida e uma seca, o volume é discreto e a unidade de volume é 1/20 da capacidade do reservatório,
- os deflúvios anuais são serialmente independentes,
- todas as afluições ao reservatório ocorrem durante a estação úmida e nessa estação a evaporação líquida (lâmina evaporada menos lâmina precipitada) é negligenciável,
- todas as retiradas e as perdas por evaporação ocorrem na estação seca,
- os deflúvios afluentes anuais podem ser representados pela função densidade de probabilidade gama,

4.9.2.2 – Resultados

O Quadro 4.47 apresenta a permanência de nível ao final da estação seca e úmida para a vazão regularizada com 90% de garantia, calculado pelo método da matriz de transição, isto é, 2,32hm³/ano. Observa-se que a probabilidade do reservatório estar cheio ao final da estação úmida é de 44%

4.9.3 Observações Finais

A comparação dos resultados das duas metodologias mostra que não há variação significativa na vazão regularizada com garantia de 90%, calculada nas diversas formas, sendo a estimativa de vazão regularizada do reservatório de 2,32hm³/ano ou 73 l/s pelo método da matriz de transição e de 2,44 hm³/ano pelo método da simulação direta. A probabilidade de vertimento do reservatório foi de 45% pelo método da matriz de transição, vertendo-se aproximadamente 60% da vazão afluente, segundo os cálculos da simulação direta do reservatório

Quadro 4.47 - Permanência de Nível ao final da estação Seca e úmida

Volume do Reservatório (hm ³)	Permanência estação Seca	Permanência estação úmida	Acumulada Seca	Acumulada úmida
,00	10,50	1,69	10,5	1,69
,42	2,38	2,34	12,9	4,0
,85	3,98	2,46	16,9	6,5
1,27	4,41	2,40	21,3	8,9
1,69	5,21	2,37	26,5	11,3
2,12	4,64	2,48	31,1	13,7
2,54	5,55	2,50	36,7	16,2
2,97	5,22	3,71	41,9	20,0
3,39	2,98	5,20	44,9	25,2
3,81	2,76	4,82	47,6	30,0
4,24	25,15	4,09	72,8	34,1
4,66	27,23	3,64	100,0	37,7
5,08	,00	3,30	100,0	41,0
5,51	,00	3,03	100,0	44,0
5,93	,00	2,81	100,0	46,8
6,36	,00	2,61	100,0	49,5
6,78	,00	2,44	100,0	51,9
7,20	,00	2,29	100,0	54,2
7,63	,00	2,15	100,0	56,3
8,05	,00	43,68	100,0	100,0

4 10 – Cálculo da Erosão no Reservatório

4 10 1 – Metodologia

A metodologia tradicionalmente utilizada para o cálculo da erosão média em bacias hidrográficas é o USLE porém Simon & Sentürk (1992) advertem que esta metodologia apresenta importantes limitações, particularmente em regiões semi áridas. O valor mais questionável é a estimativa de R, naquela formulação, devido principalmente as chuvas de grande intensidade que ocorrem nessa região, associado a possibilidade de intermitência nos escoamentos. Como forma de corrigir esta equação foi proposta a equação de perda de solo modificada (MUSLE). Devido as condições semi áridas da região nordestina se faz necessária a aplicação da equação de perda de solo modificada (MUSLE) na avaliação de assoreamento.

A perda de solo em cada sub-bacia foi calculada pela Equação Universal de Perda de Solos Modificada, MUSLE, para eventos isolados de precipitação. Esta equação tem a seguinte forma:

$$Y = R_w K L S C P \quad (10.1)$$

Onde:

Y = produção de sedimentos para um evento isolado, em (toneladas),

Rw = fator de escoamento,

K = fator de erodibilidade do solo, em $t h^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}$,

C = fator de manejo do solo,

P = fator de prática conservacionista

O fator Rw avalia o potencial erosivo do escoamento superficial. O fator K avalia a suscetibilidade do solo à erosão, em função da distribuição granulométrica, da porcentagem de matéria orgânica, da estrutura e da permeabilidade do solo. O fator LS expressa a influência do comprimento e da declividade da rampa sobre a erosão. O fator C leva em conta os efeitos da cobertura vegetal e de uso e manejo do solo. O fator P leva em conta as práticas conservacionistas mais comuns.

O fator de escoamento, Rw, é calculado pela equação

$$Rw = 89,6 (QS qp)^{0,56} \quad (10.2)$$

Onde:

QS = volume escoado superficialmente, em m^3 ;

qp = vazão de pico do escoamento superficial em $m^3 s^{-1}$.

O valor de K, em $t h^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}$, foi obtido pelo mapa de erodibilidade do solo produzido em estudo da ELETROBRAS denominado "Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos principais nos brasileiros".

O valor do fator de uso e manejo do solo, C, na falta de levantamentos detalhados da cobertura vegetal, foi fixado em 0,36. Esse valor é indicado por Lencastre e Franco (1984), para vegetação rasteira cobrindo aproximadamente 25% da área da bacia, com o restante do solo sem nenhum revestimento.

Na fixação do fator de prática conservacionista, P, considerou-se a prática conservacionista como *cordões de vegetação permanente* que, Segundo Carvalho (1994), tem valor igual a 0,20.

O valor do fator conjunto de comprimento e grau de declive, LS, foi calculado pela equação de Williams e Berndt (1977) apud Paiva et al (1995), dada por

$$LS = (L/22,1)^m (0,065 + 0,0454 S + 0,0065 S^2) \quad (10.3)$$

Onde:

m = 0,2 para $S < 0,5$,

m = 0,3 para $0,5 < S < 3,5$,

m = 0,5 para $S > 4,5$,

S = declividade da rampa em %,

L = comprimento da rampa em metros, definido como a distância entre o início do escoamento superficial e a mudança de inclinação do terreno, ou outra causa de interrupção do escoamento da lâmina de água superficial, medida segundo o máximo declive.

Define-se o percurso médio do escoamento superficial como a distância média que a água da chuva teria que percorrer, caso o escoamento se desse em linha reta, desde o ponto de queda na bacia até o curso d'água mais próximo. Admitindo-se que uma bacia com um único curso d'água passando pelo seu centro, possa ser representada por uma área de drenagem retangular, o percurso médio do escoamento superficial, corresponde a $\frac{1}{4}$ da largura do retângulo. Por essa razão, neste trabalho, o valor do comprimento da rampa, foi calculado como $\frac{1}{4}$ da largura do retângulo equivalente da bacia.

A largura do retângulo equivalente da bacia é dada por

$$l_e = \frac{P}{2} - L_e \quad (10.4)$$

onde P é o perímetro da bacia e L_e é o comprimento do retângulo equivalente, dado pela equação

$$L_e = 0,89 \cdot k_c \cdot A \cdot [1 + 1 - (1,12/k_c)^2] \quad (10.5)$$

sendo A a área da bacia e k_c o coeficiente de compacidade, dado pela equação

$$k_c = 0,28 \cdot \frac{P}{A} \quad (10.6)$$

Aplicou-se esta equação a eventos de cheias com recorrência de 2, 10, 25, 50 e 100 anos. E integrou-se os valores pela curva de probabilidades, como irá mostrar o quadro resumo nos resultados. Esta integração fornece o valor estimado da carga sólida afluente ao reservatório Pesqueiro.

Estima-se em seguida o assoreamento do reservatório ao fim de um período de cem anos. Para este fim utiliza-se a curva de retenção de sólidos proposta por Brune e obtém-se a eficiência da retenção. Calcula-se em seguida o peso específico do sedimento depositado ao final do século e com este valor obtém-se o volume total assoreado pela simples divisão do total de sedimento retido nos cem anos de vida do reservatório pela densidade aparente do sedimento naquela data.

4.10.2 – Resultados

Os valores básicos para a aplicação das Equações 10.2 a 10.6, assim como os resultados oriundos da aplicação das mesmas encontram-se descritos no Quadro 4.48.

Quadro 4 48 - Resultado da aplicação das Equações 10 2 a 10 6

Perímetro da bacia	50 28	Km
Área da bacia	84 19	km ²
Ltal	11 5	Km
Declividade em %	9 34	%
M	0 5	
Fator de Forma (Kc)	1 53	
Le	13 0	Km
L	12 2	Km
Lrampa	3 0	Km

A aplicação da metodologia anteriormente descrita produziu os valores para os seguintes parâmetros da equação MUSLE: fator de erodibilidade do solo (K) igual a 0,3; fator e manejo do solo (C) igual a 0,36, fator de prática conservacionista (P) igual a 0,2 e fator que esta associado a declividade e ao comprimento do talvegue (LS) igual a 0,25 Estes valores, quando implementados na equação MUSLE, produz os resultados apresentados no Quadro 4 49, onde se pode observar que a produção média anual de sedimento na bacia do Pesqueiro é de aproximadamente 12 300 t/ano

A aplicação dos parâmetros calculados na equação MUSLE com a substituição do valor do parâmetro associado a chuva R por valor regional obtido do estudo da ELETROBRAS denominado "Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos principais nos brasileiros" igual a 500, foi aplicado na equação USLE e obteve-se para a descarga sólida afluente anual ao reservatório Pesqueiro, o valor de 21 980t/ano

Quadro 4.49 - Cálculo da descarga sólida pelo método MUSLE

Tr (anos)	Freq	P (ocorrer)	Vol Cheia (m ³)	Q (m ³ /s)	Rw	Evento (ton)	Anual	
2	0 50	0 50	54000	1 66	53175 1	288 60	144 299	
10	0 10	0 90	144000	4 26	156120 6	847 32	338 926	
25	0 04	0 96	922000	26 26	1222819 5	6636 62	398 197	
50	0 02	0 98	1574000	44 22	2208905 6	11988 42	239 768	
100	0 01	0 99	2481000	68 71	3647792 9	19797 70	395 954	
							12288 8	t/ano

Finalmente, o açude Pesqueiro pode ser caracterizado através dos seguintes parâmetros

- Capacidade de armazenamento 8,0 hm³
- Vazão regularizada 2,32hm³/ano ou 73 l/s
- Sólidos retidos pelo reservatório 12 288,8 t/ano
- Largura do Vertedouro. 60 m
- Tipo de Vertedouro Escavado em rocha com declividade de 0,005 longitudinal para a barragem Pesqueiro

- Cota da Soleira do Vertedouro 196,5
- Percentagem de Sangria 43,68 %
- Área da Bacia Hidrográfica 84,19 km² (difere do valor inicial proposto pela Aguasolos)
- Perímetro da Bacia Hidrográfica 50,28 km
- Declividade Média da Bacia Hidrográfica 9,34 %
- Área da Bacia Hidráulica 459,38 ha de acordo com o Levantamento Cadastral
- Custo do Maciço (Hidrológico) R\$ 502.723,13
- Custo do Vertedouro (Hidrológico) R\$ 254.088,00
- Custo Total – Maciço + Vertedouro (Hidrológico). R\$ 761.791,13
- Fator de Segurança (Financeira) 35%
- Custo Total (Maciço + Vertedouro) R\$ 1.028.418,00

ANEXO

000179

PLANOS GOVERNAMENTAIS CO-LOCALIZADOS

PLANOS GOVERNAMENTAIS CO-LOCALIZADOS

1 – Aspectos Gerais

As ações do Governo do Estado do Ceará previstas para o período de 1995-1998, tem sido pautada na busca do desenvolvimento sustentável, tendo como objetivo primordial a melhoria na qualidade de vida da população. O que se observa é que nos últimos anos o Ceará tem mudado substancialmente. A administração pública tem sido moralizada e o ajuste das contas públicas, mesmo com certa dificuldade, tem permitido restabelecer a capacidade de investimento objetivando recuperar a infra-estrutura social e econômica em tal magnitude ao ponto de ganhar a confiança dos cidadãos e o acesso as fontes internas e externas de financiamento.

As ações prevista pelo Governo do Estado do Ceará foram consubstanciadas em um plano, denominado Plano de Desenvolvimento Sustentável 1995-1998 e que tem a marca da interiorização, com ações sendo executadas nas 20 regiões administrativas em que o estado foi dividido para fins de planejamento.

O Plano de Desenvolvimento Sustentável 1995-1998 está sendo implementado através dos seguintes programas

- Programas de Proteção Ambiental,
- Programas de Reordenamento Espacial,
- Programas de Capacitação da População,
- Programas de Geração de Empregos e Desenvolvimento Sustentável da Economia,
- Programas de Desenvolvimento da Cultura, Tecnologia e Inovação

1.1 – Programas de Proteção Ambiental

Os programas de proteção ambiental têm por objetivo proteger a base física do Estado, estancando os processos de degradação dos solos, de desertificação e de exaustão das fontes hídricas, que têm acarretado constantes perdas de produtividade na agropecuária cearense

É importante lembrar que a conscientização oficial em torno da preservação ambiental somente surgiu no Ceará a partir de 1987, quando foram introduzidas profundas alterações na maneira de encarar e atuar sobre os problemas ambientais. Naquela época o Estado institucionalizou-se criando instrumentos capazes de dar cumprimento as novas concepções ambientais. Foram criadas a Superintendência de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente e a Superintendência Estadual de Meio Ambiente

Como foi amplamente discutido, notadamente por ocasião da elaboração do Estudo de Impacto Ambiental Cumulativo – Fase II, elaborado pela AMPLA Engenharia, poder-se-á afirmar, em resumo, que os solos predominantes no Estado do Ceará são do tipo latossolos vermelho-amarelos, podzólicos vermelho-amarelos, bruno não-cálcicos, solos litólicos, areias quartzosas e planossolos, em suas formas isoladas ou associadas. Os solos das áreas sedimentares, possuidoras de clima mais úmido devido à altitude ou à proximidade do mar, como a Chapada da Ibiapaba, Carris Novos e Araripe e a Planície Litorânea, manifestam como fator limitante mais destacado a deficiência de fertilidade natural devido a pobreza do material de origem

Outras áreas serranas, como as serras de Batunté, Meruoca, Carriçu, Uruburetama, entre outras, situadas em climas mais ou menos úmidos são notoriamente susceptíveis à erosão. Por sua vez, a Chapada do Apodi, onde predomina uma associação de cambissolo eutrófico e latossolo vermelho-amarelo eutrófico com relevo plano, alta fertilidade natural, sem riscos de inundações, tem como maior restrição a deficiência de água. Quanto aos solos das Planícies Sertanejas, os mesmos têm como fator limitante a deficiência de água e, em alguns casos, fraca fertilidade e problemas de salinidade

Por sua vez, por estar totalmente inserido na região do Trópico semi-úmido, o Ceará tem sua vegetação constituída primordialmente por plantas xerófilas. Devido às peculiaridades do relevo, clima, solos e as diversas combinações entre estas características, originaram-se vários complexos vegetacionais, sendo os mais importantes o Complexo Vegetacional Litorâneo, a Mata Úmida, a Mata Seca, a

Caatinga Arbórea e Arbustiva, o Carrasco, os Manguesais, os Carnaubais e o Cerrado, destacando-se a Caatinga, a qual ocupa cerca de 70% do território cearense

É importante ainda ressaltar que, em termos de açudagem, as 7 227 unidades cadastradas na Secretaria de Recursos Hídricos, representam um potencial de acumulação de 11,52 bilhões de metros cúbicos de água, sem considerarmos a reserva explorável de origem subterrânea que é estimada em 1,2 bilhões de metros cúbicos

Com vistas voltadas para os aspectos supra citados, os programas de proteção ambiental foram concebidos e estão sendo implementados através dos seguintes sub-programas

- Florestamento Reflorestamento e Proteção da Biodiversidade,
- Combate à Poluição,
- Desenvolvimento e Gestão dos Recursos Hídricos

A política de florestamento, reflorestamento e proteção a biodiversidade no Estado do Ceará como um todo, vem contemplando as seguintes ações

- promoção e apoio quanto ao intercâmbio entre os diversos órgãos federais, estaduais, municipais e entidades não-governamentais, com vistas a dinamizar e descentralizar as ações voltadas para o desenvolvimento florestal e proteção da biodiversidade no Estado,
- desenvolvimento de programas e projetos de florestamento, reflorestamento e proteção da biodiversidade nos diversos ecossistemas cearenses, especialmente nos espaços fortemente degradados,
- implantação de programas e projetos de cooperação técnico-científica com apoio de organismos nacionais e internacionais, visando à obtenção de tecnologias alternativas, no sentido de simplificar as ações de florestamento e reflorestamento, garantindo ainda a proteção da biodiversidade,
- difundir as tecnologias desenvolvidas através de um programa de extensão rural em todo o Estado, incentivando a ampla participação das comunidades;
- ampliação e gerenciamento de unidades de conservação e hortos florestais em áreas representativas dos diversos ecossistemas do Estado,
- desenvolvimento de parcerias com as indústrias utilizadoras do potencial madeireiro do Estado, tendo por fim a sua participação no processo de proteção das espécies vegetais,

- criação de programa permanente de fiscalização e monitoramento ambiental, com vistas à manutenção do equilíbrio dos ecossistemas florestais e proteção da biodiversidade,
- desenvolvimento de programa de educação ambiental para a formação de recursos humanos para atuar na nova política florestal do Estado e a geração de uma consciência ecológica, em todos os níveis, baseada na valoração do potencial florestal e na biodiversidade dos ecossistemas cearenses

A política de combate à poluição em todo o Estado do Ceará vem contemplando as seguintes ações

- promoção e apoio ao intercâmbio entre os diversos órgãos federais, estaduais e municipais e entidades não-governamentais, com vistas a dinamizar e descentralizar as ações voltadas para o controle da poluição,
- desenvolvimento de programas e projetos visando o controle preventivo e/ou corretivo das atividades susceptíveis de degradar o meio ambiente,
- implantação de programas e projetos de cooperação técnico-científica com o apoio de organismos nacionais e internacionais objetivando a obtenção de tecnologias simplificadas para o controle da poluição,
- difusão das tecnologias desenvolvidas através de programas de programas em todo o Estado, incentivando a ampla participação da comunidade,
- desenvolvimento de parcerias com as indústrias poluidoras, visando a sua participação no processo de proteção ambiental,
- criação de programa permanente de fiscalização e monitoramento da poluição, com vistas à melhoria da qualidade ambiental,
- desenvolvimento de programa de educação ambiental para a formação de recursos humanos para atuar na nova política de controle da poluição do Estado no que tange, principalmente, a execução, difusão e monitoramento dos projetos de controle da poluição

No que tange ao Desenvolvimento e Gestão dos Recursos Hídricos, o Governo do Estado vem atuando com o objetivo de construir uma infra-estrutura capaz de armazenar água suficiente para garantir o abastecimento humano e tornar viável irrigação

Embora já se tenha avançado muito neste setor, a tal ponto do Estado do Ceará ser o estado nordestino com maior capacidade de armazenamento d'água, a estrutura montada ainda é insuficiente para resolver os problemas de escassez de água diante

da ocorrência das secas. Esta situação indica que o Estado do Ceará ainda não se encontra capacitado para aproveitar as oportunidades do semi-árido. Entende-se, portanto, que a ampliação e o fortalecimento da infra-estrutura de recursos hídricos constitui-se em um requisito fundamental para a solução deste problema e servindo também como elemento indutor para a interiorização do desenvolvimento.

Neste sentido, o Governo do Estado vem atuando nos seguintes sub-programas:

- A Ampliação da Oferta Hídrica
- Desenvolvimento da Infra-Estrutura Hidroagrícola,
- Águas Subterrâneas para o Desenvolvimento,
- Desalinização das Águas Subterrâneas para Abastecimento de Pequenas Comunidades,
- Desenvolvimento de Infra-Estrutura Hídrica Estratégica Açude Castanhão e Transposição das Águas do Rio São Francisco

O Programa de Ampliação da Oferta Hídrica, já em grande parte incluído no PROURB, visa desenvolver a oferta hídrica para o abastecimento urbano, industrial e agrícola, além de implantar uma política de gestão de recursos hídricos. Este programa vem sendo desenvolvido através das seguintes ações:

- construção de açudes de médio porte localizados nos cursos d'água de terceira ordem, principalmente nas regiões denominadas "vazios hídricos",
- construção adutoras que permitam o aproveitamento, por parte de núcleos urbanos, das águas estocadas nos reservatórios existentes e/ou a construir;
- organização dos usuários d'água nos diversos níveis: associações de usuários de açudes de pequeno e médio porte, distritos de irrigação e comitês de bacias,
- monitoramento da oferta d'água nos açudes públicos estaduais e federais,
- promoção de ações tendentes a obter a plena aplicação dos decretos de outorga pelo uso da água e licenciamento de obras hídricas,
- realização de estudo objetivando a implantação de uma política tarifária pelo uso da água bruta,
- fortalecimento das instituições encarregadas da construção da infra-estrutura hídrica (SOHIDRA) e da gestão dos recursos hídricos (COGERH)

O Programa de Desenvolvimento da Infra-Estrutura Hidroagrícola tem por objetivo ampliar a base física da agricultura irrigada, dar suporte aos pólos agro-industriais e criar pólos de fruticultura tropical. Este programa procura induzir a uma nova postura dos poderes públicos estadual e federal com relação ao desenvolvimento da infra-

estrutura hidroagrícola É importante salientar que, atualmente, com o processo de descentralização e estadualização impõe aos Estados a responsabilidade de implantação de novas áreas irrigadas

Os projetos Araras Norte (em implantação), Baixo Acaraú e Tabuleiro de Russas, com área irrigada superior a 25 000 hectares, estão incluídos neste programa.

O Programa Águas Subterrâneas para o Desenvolvimento tem por objetivo complementar a infra-estrutura existente de águas superficiais e garantir o abastecimento hídrico de regiões de baixa densidade demográfica e de difícil abastecimento, através de fontes subterrâneas Inclui-se neste item o programa de desalinização

Programa de Desenvolvimento da Infra-Estrutura Estratégica Açude do Castanhão e Transposição das Águas do Rio São Francisco tem por objetivo o acompanhamento, por parte do Governo Estadual, das obras de infra-estrutura hídrica estratégicas como a construção do Açude Castanhão e a transposição das águas do Rio São Francisco, principalmente no que diz respeito ao aprofundamento e complementação dos estudos existentes

A gestão destas obras se encontram sujeitas a co-gestão entre órgãos estaduais e regionais, dependendo o seu sucesso, em grande parte, do nível de organização atingido nas bacias que deverão receber as águas O programa pretende incentivar tal organização, preparando a Bacia do Jaguaribe para receber as águas do rio São Francisco de forma racional e eficiente

O principal aspecto deste programa consiste na montagem e no fortalecimento de um estrutura ágil de gestão na SRH e suas vinculadas Para isto, está sendo dado ênfase ao desenvolvimento institucional e à capacitação técnica dos quadros da refenda secretaria e suas vinculadas

1.2 – Programas de Reordenamento Espacial

Devido ao processo de industrialização e urbanização verificados no Estado do Ceará nas últimas décadas, contingentes populacionais e mão-de-obra tem se direcionada para as cidades notadamente para Fortaleza e municípios que compõem a Região Metropolitana Tal fluxo migratório rural-urbano foi influenciado também pelo colapso da cotonicultura e pelas freqüentes estiagem presenciadas no estado

Somente em 1987 é que o Governo do Estado tomou consciência da gravidade das disparidades interregionais e passou a adotar políticas explícitas e direcionadas para reverter a concentração excessiva e promover a interiorização das atividade produtivas e dos equipamentos sociais e urbanos

Com vistas voltadas para os aspectos supra citados, os programas de reorganização espacial foram concebidos e estão sendo implementados através dos seguintes sub-programas

- Estruturação da Rede Urbana,
- Organização Fundiária

Programa de Estruturação da Rede Urbana apresenta significativa intervenção do PROURB posto que beneficiará em torno de 40 áreas em diversos municípios do Ceará. Os investimentos financiados com recursos do Estado e do Banco Mundial estão sendo aplicados em infra-estrutura urbana, recursos hídricos e desenvolvimento institucional.

O Programa referente a Organização Fundiária foi concebido de tal forma a dar continuidade às ações já desenvolvidas pelo Estado através da Secretaria da Agricultura e Reforma Agrária e do Instituto de Desenvolvimento Agrário do Ceará, com recursos federais e estaduais. Este programa objetiva reduzir a ociosidade das terras, a pressão demográfica sobre os recursos naturais e aumentar a produção e a produtividade agropecuária e a oferta de empregos. Além disso, pretende (e está efetivando) regularizar a posse das terras em áreas sujeitas a especulação imobiliárias, principalmente no litoral e em zonas de projetos especiais implementados pelos governos estadual e federal (Canal do Trabalhador e eventual transposição das águas do rio São Francisco).

1.3 – Programas de Capacitação da População

Tem por objetivo elevar o nível de qualificação da população, em todos os sentidos. É importante lembrar que nenhum país logrou o desenvolvimento antes que seu povo atingisse elevados níveis educacionais e de saúde. A população deve ser tratada como sujeito do processo de desenvolvimento e não apenas como beneficiária passiva.

Para atingir tais objetivos, os planos de capacitação da população estão sendo implementados através dos seguintes sub-programas:

- Educação para Todos,
- Direito à Saúde,
- Saneamento Básico,
- Habitação,
- Segurança Pública e Defesa Social,
- Desenvolvimento Social, Redução das Desigualdades e Promoção do Trabalho

1.4 – Programas de Geração de Empregos e Desenvolvimento Sustentável da Economia

Estes programas têm por objetivo ampliar a base econômica do Estado com geração de renda e emprego e formação de poupança pública e privada. Foram concebidos e estão sendo implementados através dos seguintes sub-programas:

- Desenvolvimento Rural,
- Desenvolvimento da Indústria e Mineração,
- Desenvolvimento do Comércio, dos Serviços e do Turismo

1.5 – Programas de Desenvolvimento da Cultura, Tecnologia e Inovação

Estes programas têm por objetivo provocar mudanças culturais no que tange aos processos de desenvolvimento sustentável quanto aos aspectos ambientais, sociais, público e econômico, além de elevar os níveis gerais de eficiência em todas essas atividades. Foram concebidos e estão sendo implementados através dos seguintes sub-programas:

- Desenvolvimento da Cultura,
- Ciência, Tecnologia e Inovação

Finalmente é necessário citar o PROJETO SÃO JOSÉ. Também conhecido como Projeto de Combate à Pobreza Rural, este projeto foi concebido como um dos instrumentos para a implementação de ações de desenvolvimento sustentável do Estado, com participação ativa das comunidades. Tem por objetivo aumentar o acesso das populações rurais mais pobres às atividades de geração de emprego e renda, assim como à provisão de serviços sociais básicos e de infra-estrutura como meios para a redução da pobreza rural.

Por definição, é um projeto destinado a apoiar, através de investimentos não-reembolsáveis, subprojetos selecionados e solicitados por grupos beneficiários das comunidades carentes, através de suas organizações comunitárias legalmente constituídas.

Os subprojetos financiáveis pelo PROJETO SÃO JOSÉ são:

- Produtivos: Engenho de Rapadura, Unidade de Raspa de Mandioca, Fábrica de Gelo, Trator com Implementos, em outros,
- Infra-Estrutura: Sistema de Abastecimento de Água Comunitário, Eletrificação Rural, Passagem Molhada e Pontes em estradas vicinais, etc ,
- Sociais: Reforma e/ou Ampliação de Escolas, Postos de Saúde e Maternidade, Creches, Casas de Cultura, etc

A área de atuação do Projeto São José compreende os 176 municípios do Estado do Ceará. Somente os municípios da Região Metropolitana de Fortaleza não estão

incluídos, com exceção de Caucaia, por possuir área de assentamento da Reforma Agrária

2 – Programa de Desenvolvimento a Nível do Município

A Prefeitura Municipal de Capistrano elaborou o PLANO MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO RURAL em comum acordo com o PROGRAMA NACIONAL DE FORTALECIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR – PRONAF. O plano proposto pela Prefeitura de Capistrano deverá ser implantado durante o período de 1997 a 2000 e, em resumo, encontra-se explicitado a seguir

2.1 – Objetivo

O plano objetiva promover o desenvolvimento rural do Município de Capistrano, com geração de emprego e renda, proporcionando melhoria das condições de vida e bem-estar das famílias rurais

2.2 – Estratégia de Ação

Para consecução do objetivo e êxito, foram criados o Conselho Municipal de Desenvolvimento Sustentável, órgão deliberativo, a Secretaria de Agricultura, que coordenará as ações do Plano e um fundo municipal de apoio à agropecuária, que tem como finalidade flexibilizar e captar recursos, tanto do município, como de outras instituições governamentais e não-governamentais

O Plano prevê o desenvolvimento de esforços, para uma ação conjugada dos organismos atuantes no município, dos agricultores e da comunidade de maneira que empreendam suas atividades de forma integrada, em parceria e complementarmente, sem prejuízo de identidade das instituições participantes.

O Plano contempla, por um lado, a adaptação das políticas e programas, nos níveis Federal e Estadual, às condições da realidade rural de Capistrano e, por outro lado, a integração com o ambiente regional, nacional e global da sociedade

Considerando, principalmente, a expectativa da construção do açude Pesqueiro e da existência de solos de alta fertilidade e de uma razoável infra-estrutura de energia elétrica rural, foi dada importância fundamental às práticas de irrigação, através de uma assistência técnica efetiva, considerando-se que a irrigação constitui um fator de modernização da agricultura no semi-árido, além de gerar renda e elevar o nível de vida dos agricultores

Observa-se que a idéia da construção coletiva é o princípio fundamental do Plano. Portanto, em todas as fases, deverá garantir a ampla consulta e participação dos

beneficiários, instituições e entidades afins. Todavia, sem perder de vista que tal ocorra de maneira voluntária, dedicada e comprometida

A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE) prestará assistência técnica aos produtores, tendo sempre em vista a cadeia produtiva, isto é, o que acontece antes, durante e depois da produção. Previa-se que as orientações seriam prestadas pelos técnicos lotados no escritório local de Capistrano (hoje, infelizmente, fechado) que, por sua vez, seriam assessorados, acompanhados e supervisionados pelos técnicos do escritório regional de Baturité e do escritório estadual de Fortaleza

O Plano enfatiza, em caráter todo especial, os agro-negócios, procurando sempre agregar valores à matéria-prima produzida a fim de que os lucros, advindos da venda da produção não sejam propriedade da inter-negociação e sim retorne aos produtores, auferindo-lhes, deste modo, remuneração justa e compensadora aos custos e riscos, inerentes à produção agropecuária

Outra ênfase da Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) prevê a capacitação dos técnicos e a profissionalização dos produtores, tendo em vista mantê-los atualizados, dotando-os de conhecimento para melhor produzir

A Secretaria Municipal de Agricultura como coordenadora do Plano, deverá promover, trimestralmente, uma avaliação dos trabalhos que estão sendo desenvolvidos, proporcionando, se for o caso, o redirecionamento da programação, corrigindo deste modo, possíveis falhas e/ou entraves ao bom andamento das metas e dos resultados preconizados

2.3 – Prioridades Estabelecidas no Plano

A) Culturas de Sequeiro

Tem por objetivo melhorar o nível tecnológico e aumentar a produtividade com práticas simples e eficazes, sem aumento significativo dos custos e conseqüentemente melhorar as condições sócio-econômicas das famílias rurais

Para as culturas de sequeiro, foram contemplados

- Consórcio de Milho + Feijão
- Milho
- Feijão
- Mandioca
- Algodão Herbáceo
- Caju
- Banana

B) Culturas Irrigadas

Tem por objetivo ampliar a utilização das áreas irrigadas no município, com prioridade para a fruticultura e a oleicultura, aumentando a utilização de mão-de-obra ociosa, no período de entressafra, tornando o produtor mais profissional e melhorando suas condições alimentares e financeiras

Para as culturas irrigadas, foram contempladas

- Fruticultura
- Oleicultura

C) Pecuária e Piscicultura

Tem por objetivo melhorar as condições de exploração da pecuária, para o aumento e diversificação da produção de alimentos de origem animal (carne, leite e seus derivados), gerando renda e ocupação de mão-de-obra e conseqüentemente melhoria na alimentação e no padrão de vida das famílias rurais

Para os programas de fortalecimento da pecuária e da piscicultura, foram contemplados

- Melhoria na alimentação animal (bovino, ovino e caprino)
- Sanidade animal (bovino, ovino e caprino)
- Capacitação técnica e profissional aos produtores rurais
- Apoio a agropecuária

D) Agroindústria

O plano propõe o aproveitamento de matérias-primas das atividades agropecuárias da região, através do beneficiamento e processamento dos produtos, de tal modo a melhorar as condições de emprego, principalmente no período de entressafra, agregando valores aos produtos e melhorando as condições de renda familiar

No setor agroindústria, o plano contempla

- Elaboração de projetos agro-industriais
- Assistência Técnica

E) Obras de Infra-estrutura

Tem por objetivo fundamental a melhoria das condições econômicas e sociais das famílias, melhoria esta advinda do incremento das obras de infra-estrutura

O plano contempla as seguintes obras

- Construção de redes de eletrificação rural de alta e baixa tensão
- Construção de bueiros

- Construção de passagens molhadas
- Telefones públicos

F) Obras Hídricas

Pretende dotar o município de uma infra-estrutura hídrica capaz de suportar um período de estiagem sem conseqüências drásticas como ocorre atualmente

São prioridade as seguintes obras

- Perfuração de poços profundos
- Recuperação de poços profundos
- Construção de barragens
- Ampliação de barragens
- Construção de açudes

G) Pequenos Negócios não Agrícolas

Propõe incentivar a criação de pequenos negócios não-agrícolas, no campo, para ocupação de mão-de-obra o ano todo, objetivando o aumento da renda familiar

São contemplados os seguintes negócios não-agrícolas

- Fábrica de confecções
- Fábrica de redes
- Fábrica de calçados
- Fábrica de reciclagem de papel
- Serraria
- Olaria Padaria

H) Reestruturação Fundiária

Tem por objetivo apoiar financeiramente, através de financiamento reembolsável, às organizações comunitárias de trabalhadores sem-terra ou minifundiários, para aquisição de imóveis rurais, selecionados e solicitados por grupos de beneficiários, através de suas associações

São previstos

- Aquisições de imóveis com até 200 hectares

I) Preservação do Meio Ambiente

Pretende promover a redução dos processos de degradação dos solos e das perdas de água de deflúvio anual, da estação chuvosa e de ação antrópica

As ações previstas neste programa, contempla

- Reflorestamento
- Minhocultura
- Composto Orgânico

J) Ação Comunitária

Está previsto no plano, incrementar uma infra-estrutura para desenvolver uma política de assistência social, que permita reduzir o quadro de desigualdade social do município, priorizando as famílias mais carentes e contribuir com o processo de construção da cidadania

São estas as ações previstas neste item

- Construção de Escolas
- Ampliação de Escolas
- Aquisição de Transporte Escolar
- Construção de Miniposto de Saúde
- Melhoria Habitacional
- Ampliação do Centro Comunitário
- Construção de Centro para Idosos
- Construção de Quadra de Esporte

Observação O Plano de Desenvolvimento Rural do Município de Capistrano é extremamente importante para aquela sociedade entretanto, em nenhum momento foi abordado os aspectos relacionados com saneamento básico, notadamente no que tange a construção de aterro sanitário e fossas sépticas



AMPLA Engenharia
Assessoria , Meio Ambiente e Planejamento Ltda.
<http://www.roadnet.com.br/ampla>

BRASÍLIA - DF
CLN 310 Bloco A Sala 214, CEP 70 756-510 - Tel (061) 347 4246 Fax(061)340 2926

FORTALEZA - CE
Rua Mário Alencar Araripe, 382 Casa 09 Água Fria, CEP 60 833-500
PABX (085) 273-2543

BELÉM - PA
Av Alcino Cacela, 2439 - Bairro Cremação
CEP 66 000-000 Telefax (091) 229-5193