



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SÂMEA VALENSCA ALVES BARROS

**OTIMIZAÇÃO DOS USOS MÚLTIPLOS EM PEQUENOS AÇUDES NA BACIA DO
AÇUDE DE SUMÉ-PB**

**CAMPINA GRANDE – PB
FEVEREIRO DE 2010**

SÂMEA VALENSCA ALVES BARROS

**OTIMIZAÇÃO DOS USOS MÚLTIPLOS EM PEQUENOS AÇUDES NA BACIA DO
AÇUDE DE SUMÉ-PB**

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, na área de Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em cumprimento para obtenção do grau de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E SANITÁRIA

ORIENTADOR: Dr. WILSON FADLO CURTI

**CAMPINA GRANDE – PB
FEVEREIRO 2010**

SÂMEA VALÊNÇA ALVES BARROS

OTIMIZAÇÃO DOS USOS MÚLTIPLOS EM PEQUENOS AÇUDES NA BACIA DO
AÇUDE DE SUMÉ-PB

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação
em Engenharia Civil e Ambiental, na área de
Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento da
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG),
em cumprimento para obtenção do grau de Mestre.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

B277o

Barros, Sâmea Valensca Alves

**Otimização dos usos múltiplos em pequenos açudes na Bacia do
Açude de Sumé-PB / Sâmea Valensca Alves Barros. — Campina
Grande, 2010.**

147 f. : il. color.

**Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental)-
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e
Recursos Naturais.**

Referências.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Fadlo Curi.

1. Pequenos Açudes 2. Semiárido 3.Otimização I. Título.

CDU 556.55(043)

CAMPINA GRANDE - PB

FEBRILHO 2010

UFCG/BIBLIOTECA

SÂMEA VALENSCA ALVES BARROS

OTIMIZAÇÃO DOS USOS MÚLTIPLOS EM PEQUENOS AÇUDES NA BACIA DO
AÇUDE DE SUMÉ-PB

APROVADA EM: 25/02/2010

BANCA EXAMINADORA



Dr. WILSON FADLO CURI

(UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG)

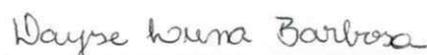
ORIENTADOR



Dra. ROSINETE BATISTA DOS SANTOS

(UNIVERSIDADE ESTADUAL DO VALE DO ACARAÚ-CE)

EXAMINADOR EXTERNO



Dra. DAYSE LUNA BARBOSA

(PESQUISADORA NO LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA – CTRN/UFCG)

EXAMINADOR INTERNO



CAMPINA GRANDE-PB

FEVEREIRO 2010

In Memória ao meu Pai José de Souza Barros, pela torcida, antes de sua partida, para que eu ingressasse no mestrado e pelos seus ensinamentos que sempre estarão presentes no decorrer de minha existência neste mundo material.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em sua Trindade Santa, por me conceder o dom da vida, a oportunidade de aprimorar meus conhecimentos e estar presente em todos os momentos da minha vida.

Aos professores Wilson Fadlo Curi e Rosires Catão Curi, pela orientação, amizade, disposição em me atender em todas as etapas deste trabalho, incentivo e ensinamentos transmitidos.

Ao meu amigo Valterlin Santos pela contribuição e pela paciência depositada no desenvolvimento deste trabalho, com os ensinamentos transmitidos.

Ao meu amigo Allan Sarmiento pela amizade e pela ajuda nas publicações de artigos no decorrer do mestrado.

A minha mãe, Raimunda, pelo amor que me dedica, incentivo e compreensão em mais uma etapa da minha vida e a minha irmã Susi, ao meu irmão Cícero pelas constantes manifestações de apoio e carinho.

A minha turma de mestrado, Marcondes Loureiro, Wendel Cabral, José Augusto, Renato Fernandes, Rodolfo Nóbrega e Heber Melo, por toda ajuda compartilhada, companheirismo e amizade dispensadas a mim.

A equipe do Projeto DISPAB-SA, em especial a turma de João Pessoa liderada pelo professor Ailan Silans, pelo apoio, paciência e disponibilização dos dados necessários para realização deste trabalho.

A todos os professores do curso de Pós- Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG, em especial aos da área de Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária.

Aos funcionários do Laboratório de Recursos Hídricos/UFCG, em especial, à bibliotecária Aureazinha, sempre disposta a ajudar.

À secretária da coordenação do curso, Josete, pelo apoio na parte administrativa.

Ao programa da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro durante o curso.

Por fim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que a concretização deste trabalho fosse possível.

Muito Obrigada!

RESUMO

Os recursos hídricos são de extrema importância para o desenvolvimento socioeconômico das diversas sociedades em âmbito mundial, assim como para preservação da vida humana e animal. Esta situação não é diferente para o semiárido nordestino, em especial o Paraibano, que apresenta ainda um valor “sentimental” devido ao sofrimento da sua população causado pela escassez destes recursos na região. Diante da escassez hídrica oriunda dos fatores climatológicos, físicos e dos usos dos recursos hídricos que caracterizam o semiárido paraibano e do excessivo número de construção de pequenos açudes à montante dos reservatórios de maior porte, verifica-se a necessidade de implementar uma política para gerenciar e prover um melhor uso dos recursos hídricos dos pequenos açudes que estão inseridos na Bacia do Açude de Sumé. O objetivo desta pesquisa que fez uso do ORNAP, modelo de Otimização baseado em Programação Linear, consiste em avaliar o comportamento do sistema hídrico e, ao mesmo tempo, otimizar os potenciais usos dos recursos hídricos de forma que promova uma melhor utilização destes recursos. Utilizou-se séries de 10 anos de dados hidroclimáticos medidos ou gerados através do SMAP (modelo do tipo chuva-vazão) assim como foram utilizados cenários de planejamento dos usos dos recursos hídricos, com diferentes ordens de prioridades de atendimento que envolve abastecimento humano e animal, piscicultura e agricultura irrigada. Os resultados obtidos foram analisados em termos de indicadores de desempenho, de risco e sustentabilidade, e permitiram verificar que existe a possibilidade de melhor utilizar as águas dos pequenos açudes de forma que se gere melhor desenvolvimento socioeconômico da região. Estes resultados podem, ainda, dar subsídios aos órgãos gestores para o estabelecimento de políticas operacionais de uso da disponibilidade hídrica, quer seja para atender aos usos existentes ou a possíveis usos a serem implantados, como a irrigação e a piscicultura, assim como motivação para a aquisição de dados hidráulicos e hidroclimáticos mais precisos.

Palavras – chaves: Pequenos açudes; semiárido; otimização

ABSTRACT

Water resources are extremely important for the socioeconomic development of diverse societies worldwide, as well as for preservation of human and animal life. This situation is no different for the semi-arid Northeast, in particular, Paraíba, which still has a value of "feeling" for the suffering of its people caused by the scarcity of resources in the region. Given the scarcity of water coming from climatological factors, physical and uses of water resources that characterize the semi-arid of Paraíba and the excessive number of construction of small dams upstream of the reservoirs larger, there is a need to implement a policy to manage and provide a better use of water resources of small dams that are inserted in the Basin Dam of Sumé. The objective of this research has made use of ORNAP, model optimization based on linear programming, is to evaluate the behavior of the water system and at the same time, optimizing the potential uses of water resources in order to promote the better use of resources. We used 10 years series of hydro-measured data or generated by SMAP (model type rainfall-runoff) were used as planning scenarios of the uses of water resources, with different order of priorities of care that involves supply and feed , fish farming and irrigated agriculture. The results were analyzed in terms of performance indicators, risk and sustainability, and helped confirm that there is scope for better use of water from small dams so that it runs better socio-economic development of the region. These results may also give grants to governing bodies for the establishment of operational policies of use of water availability, either to meet existing uses or possible uses to be deployed, such as irrigation and fish farming, as well as motivation for the acquisition of hydraulic and hydro-data more accurate..

Key – words: Small dams, semi-arid; optimization

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTO	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE QUADROS	xiii
CAPÍTULO 1	
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	01
1.1. Introdução	01
1.2. Objetivos	03
1.2.1. Objetivo Geral.....	03
1.2.2. Objetivos Específicos.....	03
CAPÍTULO 2	
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
2.1. Pequenos Açudes no Semiárido Nordestino.....	04
2.1.1. Surgimento dos Pequenos Açudes no Semiárido Nordestino.....	04
2.1.2. Operação de Reservatórios.....	05
2.1.3. Utilização dos Pequenos Açudes no Semiárido Nordestino	07
2.1.3.1. Uso do Pequeno Açude Para Abastecimento Humano e Animal.....	08
2.1.3.2. Uso do Pequeno Açude Para o Cultivo de Vazante.....	09
2.1.3.4. Uso do Pequeno Açude para Piscicultura.....	09
2.2. Análise dos Pequenos Açudes como Sistema Hídrico.....	10
2.2.1. Modelo de Simulação.....	12
2.2.2. Modelo de Otimização.....	13
2.2.2.1. Técnicas Aplicadas nos Modelos de Otimização.....	14
2.3. Gestão dos Recursos Hídricos Oriundos dos Pequenos Açudes do Semiárido Nordestino.....	15
2.4. Otimização dos Recursos Hídricos dos Pequenos Açudes do Semiárido Nordestino.....	16
2.5. Indicadores de Sustentabilidade dos Recursos Hídricos.....	17
2.5.1. Indicadores de Desempenho do Reservatório.....	17
2.5.2. Indicadores de Eficiência do Reservatório.....	19

CAPÍTULO 3

3. A REGIÃO E O SISTEMA HÍDRICO EM ESTUDO.....	21
3.1. A Região.....	21
3.1.1. Localização.....	21
3.1.2. Infra-Estrutura Hidráulica.....	22
3.1.3. Relevo, Vegetação e Solo.....	23
3.1.4. Climatologia.....	23
3.1.4.1. Temperatura.....	24
3.1.4.2. Evapotranspiração.....	24
3.1.4. Geologia.....	24
3.2. Descrição do Sistema em Estudo.....	24
3.2.1. Sistema Hídrico dos Pequenos Açudes.....	24

CAPÍTULO 4

4. MODELO UTILIZADO NO ESTUDO DO SISTEMA HÍDRICO.....	30
4.1. Funções Objetivo.....	30
4.1.1. Demandas nas Tomadas d'água.....	31
4.1.2. Volume Efluente do Reservatório.....	31
4.1.3. Volume Meta do Reservatório.....	31
4.1.4. Receita Líquida da Agricultura Irrigada.....	32
4.1.5. Mão de Obra da Agricultura Irrigada.....	36
4.1.6. Função Multiobjetivo.....	37
4.2. Equações de Restrições.....	37
4.2.1. Dos Reservatórios e as Restrições de seus Componentes.....	38
4.2.2. Critérios Operacionais e Restrições Físicas.....	41
4.2.3. Outros Componentes do Sistema.....	43
4.3. Análise da Implementação do Modelo.....	43
4.4. Descrição do Algoritmo do Modelo.....	45
4.5. Estruturação para o Modelo de Otimização.....	47

CAPÍTULO 5

5. METODOLOGIA.....	48
5.1. Generalidades.....	48
5.2. Determinação dos Dados de Entrada do Modelo.....	48

5.2.1. Dados de Precipitação.....	48
5.2.2. Dados de Evaporação.....	50
5.2.3. Dados de Vazões Afluentes Mensais.....	51
5.2.4. Dados de Demandas dos Pequenos Açudes.....	52
5.2.5. Dados dos Reservatórios.....	52
5.2.6. Dados de Piscicultura.....	52
5.2.7. Dados de Irrigação.....	53
5.3. Metodologia Aplicada na Análise do Sistema Hídrico em Estudo.....	55
5.4. Descrição dos Cenários.....	55
5.4.1. Cenário 1 (C1).....	55
5.4.2. Cenário 2 (C2).....	55
5.4.3. Cenário 3 (C3).....	56
5.4.4. Cenário 4 (C4).....	56
CAPÍTULO 6	
6. RESULTADOS E ANÁLISES.....	57
6.1. Resultados e Análises do Cenário 1.....	57
6.2. Resultados e Análises do Cenário 2.....	66
6.3. Resultados e Análises do Cenário 3.....	70
6.4. Resultados e Análises do Cenário 4.....	91
6.5. Resumo dos Cenários Estudados.....	111
CAPÍTULO 7	
7. CONCLUSÕES.....	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
ANEXOS.....	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Subdivisão em “zonas” do armazenamento total de um reservatório de usos múltiplos.....	06
Figura 3.1 – Localização da Bacia do Açude de Sumé.....	21
Figura 3.2 – Mapa da Bacia do Açude de Sumé com a localização de seus açudes.....	22
Figura 3.3 – (a) se o rebanho bebe água do açude, (b) Como a água é disponibilizada para o rebanho.....	26
Figura 3.4 – Imagens fotográficas dos pequenos açudes que formam a Bacia do Açude de Sumé.....	27
Figura 3.5 – (a) Se o açude é aproveitado para plantio de vazante, (b) O que é cultivado no plantio de vazante, (c) Se a água do açude é utilizada para irrigação.....	28
Figura 3.6 – (a) Se cria peixe no açude, (b) Que tipo de criação pratica.....	28
Figura 4.1 – Diagrama representando os componentes representados pelo ORNAP.....	38
Figura 4.2 – Fluxograma do ORNAP.....	46
Figura 4.3 – Esquema do Sistema Hídrico para o Modelo de Otimização.....	47
Figura 5. 1 – Ilustração do Método da Interpolação Ponderada pelo Inverso do Quadrado da Distância.....	49
Figura 5. 2 – Polígono de Thiessen obtido para a determinação da Evaporação dos 42 pequenos açudes que integram a Bacia do Açude de Sumé.....	50
Figura 5. 3 –. Representação da Versão mensal do modelo SMAP.....	51
Figura 6.1 – Comportamento hídrico dos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário1).....	59
Figura 6.2 – Comportamento hídrico dos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário1).....	60

Figura 6.3 – Gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender as demandas humana e animal (Cenário1).....	63
Figura 6.4 – Gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender as demandas humana e animal (Cenário1).....	64
Figura 6.5 – Comportamento hídrico dos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário3).....	72
Figura 6.6 – Comportamento hídrico dos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário3).....	73
Figura 6.7 – Gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender as demandas humana e animal, irrigação e piscicultura extensiva (Cenário3).....	74
Figura 6.8 – Gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender as demandas humana e animal, irrigação e piscicultura extensiva (Cenário3).....	75
Figura 6.9: Gráfico do comportamento da vazão aduzida pelos pequenos açudes para a área irrigada com áreas alocadas para as culturas sazonais e perenes (Cenário 3).....	79
Figura 6.10: Gráfico do comportamento da vazão aduzida pelos pequenos açudes para a área irrigada com áreas alocadas para as culturas sazonais e perenes (Cenário 3).....	80
Figura 6.11: Gráfico do comportamento da vazão aduzida pelos pequenos açudes para a área irrigada com áreas alocadas para as culturas sazonais e perenes (Cenário 3).....	81
Figura 6.12 – Comportamento hídrico dos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário4).....	93
Figura 6.13 – Comportamento hídrico dos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 4).....	94
Figura 6.14 – Gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender as demandas humana e animal, piscicultura extensiva e irrigação (Cenário 4).....	95
Figura 6.15 – Gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender as demandas humana e animal, piscicultura extensiva e irrigação (Cenário4).....	96
Figura 6.16: Gráfico do comportamento da vazão aduzida pelos pequenos açudes para a área irrigada com áreas alocadas para as culturas sazonais e perenes (Cenário 4).....	99
Figura 6.17: Gráfico do comportamento da vazão aduzida pelos pequenos açudes para a área irrigada com áreas alocadas para as culturas sazonais e perenes (Cenário 4).....	100
Figura 6.18: Gráfico do comportamento da vazão aduzida pelos pequenos açudes para a área irrigada com áreas alocadas para as culturas sazonais e perenes (Cenário 4).....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - Evaporação média mensal em mm para a estação meteorológica de Monteiro ...	51
Tabela 5.2 - Coeficiente de cultivo médio das culturas adotados no perímetro irrigado.....	53
Tabela 5.3 – Dados das Culturas e do sistema de irrigação.....	54
Tabela 5.4 – Plano cultural anual para o perímetro irrigado.....	54
Tabela 5.5 – Distinção básica entre os cenários adotados para otimização do sistema.....	56
Tabela 6.1: Indicadores de Sustentabilidade associados aos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 1).....	58
Tabela 6.2: Resultados Operacionais e Hidrológicos dos pequenos açudes no Cenário 1 para o ano que o atendimento a demanda falhou.....	61
Tabela 6.3: Indicadores de Eficiência associados aos reservatórios no Cenário 1 para os 10 anos.....	65
Tabela 6.4: Indicadores de Sustentabilidade associados aos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 2).....	67
Tabela 6.5: Indicadores de Eficiência associados aos reservatórios para os 10 anos (Cenário2).....	68
Tabela 6.6- Resultados obtidos com a prática da piscicultura extensiva para os 10 anos (Cenário 2).....	69
Tabela 6.7: Indicadores de Sustentabilidade associados aos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 3).....	70
Tabela 6.8: Resultados Operacionais e Hidrológicos dos pequenos açudes para o ano que o atendimento a demanda falhou (Cenário 3).....	76
Tabela 6.9: Resultados Operacionais e Hidrológicos dos pequenos açudes para o ano que o atendimento a demanda falhou (Cenário 3).....	77
Tabela 6.10: Indicadores de Eficiência associados aos reservatórios para os 10 anos (Cenário 3).....	78

Tabela 6.11- Área de plantio otimizada, receita líquida gerada(RL), mão de obra necessária(MO) e volume requerido para irrigação por cultura para os pequenos açudes para os 10 anos(Cenário 3).....	82
Tabela 6.12- Área de plantio otimizada, receita líquida gerada (RL), mão de obra (MO) necessária e volume requerido para irrigação por cultura para todos os pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 3).....	89
Tabela 6.13 - Resultados obtidos com a prática da piscicultura extensiva para os 10 anos (Cenário 3).....	90
Tabela 6.14: Indicadores de Sustentabilidade associados aos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 4).....	91
Tabela 6.15: Resultados Operacionais e Hidrológicos dos pequenos açudes para o ano que o atendimento a demanda falhou (Cenário 4).....	97
Tabela 6.16: Indicadores de Eficiência associados aos reservatórios para os 10 anos (Cenário 3).....	98
Tabela 6.17- Área de plantio otimizada, receita líquida gerada(RL), mão de obra necessária(MO) e volume requerido para irrigação por cultura para os pequenos açudes para os 10 anos(Cenário 4).....	102
Tabela 6.18- Área de plantio otimizada, receita líquida gerada (RL), mão de obra (MO) necessária e volume requerido para irrigação por cultura para todos os pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 4).....	109
Tabela 6.19- Resultados obtidos com a prática da piscicultura extensiva para os 10 anos(Cenário 4).....	110
Tabela A-1: Precipitação direta em mm sobre o açude 003.....	124
Tabela A-2: Precipitação direta em mm sobre o açude 44.....	124
Tabela A-3: Precipitação direta em mm sobre o açude 51.....	124
Tabela A-4: Precipitação direta em mm sobre o açude 71.....	125
Tabela A-5: Precipitação direta em mm sobre o açude 72.....	125
Tabela A-6: Precipitação direta em mm sobre o açude 73.....	125
Tabela A-7: Precipitação direta em mm sobre o açude 75.....	126
Tabela A-8: Precipitação direta em mm sobre o açude 132.....	126

Tabela A-9: Precipitação direta em mm sobre o açude 144.....	126
Tabela A-10: Precipitação direta em mm sobre o açude 181.....	127
Tabela A-11: Precipitação direta em mm sobre o açude 184.....	127
Tabela A-12: Precipitação direta em mm sobre o açude 191.....	127
Tabela A-13: Precipitação direta em mm sobre o açude 238.....	128
Tabela A-14: Precipitação direta em mm sobre o açude 248.....	128
Tabela A-15: Precipitação direta em mm sobre o açude 255.....	128
Tabela A-16: Precipitação direta em mm sobre o açude 277.....	129
Tabela A-17: Precipitação direta em mm sobre o açude 401.....	129
Tabela A-18: Precipitação direta em mm sobre o açude 433.....	129
Tabela A-19: Precipitação direta em mm sobre o açude 438.....	130
Tabela A-20: Precipitação direta em mm sobre o açude 628.....	130
Tabela B-1: Vazões afluentes em m ³ /s geradas no SMAP (Cenário 1).....	131
Tabela C-1: Vazões afluentes em m ³ /s geradas no SMAP (Cenário 2).....	137
Tabela D-1: Vazões afluentes em m ³ /s geradas no SMAP (Cenário 3 e Cenário 4).....	140
Tabela E-1: Coeficientes Alfa e K dos pequenos açudes.....	143
Tabela F-1: Cota-Área-Volume determinada a partir dos coeficientes alfa e K dos pequenos açudes.....	144
Tabela G-1: Demandas estimadas para os pequenos açudes.....	146
Tabela H-1: Capacidades/Volume atuais e máximos dos pequenos açudes.....	147

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Pequenos Açudes da Bacia Hidrográfica do Açude Público de Sumé a serem estudados.....	25
Quadro 3.2 – Açudes da Bacia Hidrográfica do Açude Público de Sumé monitorados.....	29
Quadro 5.1 – Postos Pluviométricos Utilizados no Estudo.....	49
Quadro 6.1: Resumo das Receitas Líquidas (RL) e mão de obra gerada (MO) para os pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 3).....	90
Quadro 6.2: Resumo das Receitas Líquidas (RL) e mão de obra gerada (MO) para os pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 4).....	110
Quadro 6.3: Resumo dos Cenários	111

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1 INTRODUÇÃO

O Estado da Paraíba apresenta 90% do seu território inserido na região semiárida nordestina que se caracteriza por apresentar solos com embasamento cristalino, que são praticamente impermeáveis e com capacidade de acumulação de água restrita a zonas fraturadas; rios intermitentes devido às irregularidades do regime pluvial e às demais características fisiográficas; baixos índices pluviométricos e uma taxa de evaporação anual muito elevada. Estas duas últimas peculiaridades da região semiárida geram um balanço *Chuva versus Evaporação* desfavorável, promovendo uma escassez hídrica na região.

A escassez hídrica é uma problemática que afeta a região semiárida nordestina que tem como causa não só as suas características climáticas, mas também a adoção de uma política voltada para controlar essa carência hídrica que se deu através da construção indiscriminada de açudes. Uma vez que o embasamento cristalino, presente no semiárido, caracteriza-se por ter solos rasos e escoamentos superficiais superiores a parcela de água infiltrada (processo inverso ao que ocorre no embasamento sedimentar), que favorece a construção de açudes os quais representam uma possibilidade artificial de acesso à água, já que nesse meio, em períodos de seca, as únicas possibilidades naturais de acesso à água ocorrem através das fissuras existentes nas rochas cristalinas, mas em geral, apresentam água em pequena quantidade e salinizada.

Molle & Cadier (1992) afirmam que o pequeno açude emerge como uma solução para sanar a seca no Nordeste e que as secas de 1825/1827/1830 foram responsáveis pelo início da política de açudagem pública na região e pela açudagem privada que ocorreu em paralelo a açudagem pública.

O pequeno açude surgiu como uma solução eficaz para minimizar ou eliminar os efeitos da escassez hídrica da região nordestina, pois foi construído com o objetivo de atenuar a variabilidade espacial e temporal das vazões, armazenando água nos períodos chuvosos e

permitindo o seu uso nos períodos de seca. Porém, a construção dos mesmos ocorreu de maneira aleatória e não se teve a preocupação técnica em verificar se os mesmos estavam sendo construídos em local correto e de forma adequada com a finalidade de seu uso. Com o aumento indiscriminado de pequenos e micros açudes a região Nordeste passou a ser considerada a região mais açudada do mundo, surge à preocupação de avaliar se estes açudes constituem mesmo uma solução eficaz para sanar a seca.

A maioria dos açudes construídos na região semiárida nordestina foi mal dimensionada, fazendo com que estes açudes não fossem eficientes, geralmente funcionando apenas como tanque de evaporação e prejudicando a chegada de água aos grandes açudes, ou não apresentassem sustentabilidade hídrica. Outro fator que provoca o questionamento da eficiência dos pequenos açudes nordestinos construídos no passado corresponde à falta de planejamento e gerenciamento da operação destes reservatórios, que ocasionaram a não otimização dos vários processos e técnicas que constituem a operação de reservatório, no sentido a buscar a eficiência ótima no armazenamento e uso da água do pequeno açude.

A irregularidade hídrica no semiárido nordestino, mais precisamente, no município de Sumé-PB vem sendo tratada com a construção de reservatórios superficiais de grande, médio e pequeno porte. Porém, as altas taxas de evaporação, a aleatoriedade das vazões afluentes e a falta de um estudo planejado sobre a captação e uso da água destes açudes e seus impactos socioeconômicos e ambientais na região estão entre os principais fatores da não minimização do problema de escassez hídrica desta região.

Neste contexto, emerge a necessidade de avaliar como melhor utilizar os recursos hídricos dos pequenos açudes construídos na Bacia do Açude de Sumé de forma a gerar subsídios técnicos para implementação de uma gestão adequada destes recursos no sentido de aumentar o potencial dos benefícios socioeconômicos oriundos do uso das águas destes pequenos açudes.

Um estudo do uso otimizado dos recursos hídricos dos pequenos açudes poderá dar subsídios aos órgãos gestores para estabelecer diretrizes que proporcionem um melhor aproveitamento, controle e conservação destes recursos, que podem ser obtidos através de estudos e análises de índices ou indicadores de desempenho e do “risco” de não atendimento às demandas. Este estudo contribui para que ocorra um planejamento do uso dos recursos hídricos, em função da estrutura hídrica já disponível na região, que contemple as suas relações com outras atividades econômicas, sociais e ambientais, otimizando os usos dos recursos existentes no semiárido.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é verificar alternativas técnicas que viabilizem o melhor aproveitamento das águas reservadas nos pequenos açudes que formam a Bacia do Açude de Sumé que é uma sub-bacia do Alto Rio Sucuru (sub-bacia do Rio Paraíba), de maneira a minimizar as perdas hídricas do sistema, maximizar o atendimento das demandas hídricas atuais e aumentar o uso destes recursos em outras atividades compatíveis com a cultura da região, como irrigação e piscicultura para melhorar o nível sócio-econômico da população da região.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar o potencial uso da água de pequenos açudes para o abastecimento humano;
- Definir cenários e simulações;
- Verificar as condições para as quais os pequenos açudes estariam aptos ou não a atenderem outras demandas para geração de receitas líquidas advindas da dessedentação animal, agricultura irrigada e piscicultura;
- Definir critérios e objetivos que sirvam de suporte para decisão do órgão gestor de recursos hídricos da região Semi-Árida do Nordeste;

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PEQUENOS AÇUDES NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

2.1.1 SURGIMENTO DOS PEQUENOS AÇUDES NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

O semiárido possui uma grande extensão territorial que abrange os Estados da Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Piauí, Ceará, Sergipe, Alagoas, Bahia e o norte de Minas Gerais. Apresentando uma área de 974.752 Km²; um bioma do tipo caatinga; precipitações médias anuais iguais ou inferiores a 800 mm; insolação média de 2800 h/ano e umidade relativa do ar média em torno de 50% (SDR/MI, 2005).

A região semiárida nordestina é caracterizada por apresentar peculiaridades climáticas bem definidas, como uma distribuição espaço temporal das chuvas bastante irregular, elevadas taxas de evaporação devido a altas temperaturas e baixos índices pluviométricos quando comparados com os índices das demais regiões do Brasil.

Campos (1997) destaca que as principais características físicas da região semiárida são a concentração do regime das chuvas em uma única estação do ano; balanço chuva versus evaporação desfavorável (somente nos meses em que se concentram as chuvas é que este balanço é favorável e proporciona boas condições para a prática da agricultura); a maior parte dos solos é de embasamento cristalino que tem a capacidade de acumulação das águas restrita as zonas fraturadas, e a maioria dos rios são intermitentes devido às irregularidades do regime pluvial e demais condições fisiográficas. Estas características contribuem para uma situação de escassez hídrica.

Como esta região tem sua economia definida pelas atividades agrícolas, pecuária e culturas de subsistência o pequeno açude tem uma grande importância cultural e socioeconômica para esta região. Pois surge como uma solução eficaz para minimizar ou eliminar os efeitos da escassez hídrica da região semiárida nordestina, por ter sido construído com o objetivo de atenuar a variabilidade espacial e temporal das vazões, armazenando água nos períodos chuvosos e

utilizando a mesma nos períodos de seca, fazendo a junção entre dois períodos chuvosos. Porém, o mesmo não apresenta funcionalidade para grandes estiagens, por apresentar uma probabilidade muito grande de secar.

O pequeno açude é aquele que apresenta uma capacidade variando entre 100.000 m³ e 1.000.000 m³ e tem a função principal de assegurar o abastecimento durante a estação seca, para mitigar os efeitos destes períodos durante curtos períodos de estiagem, de forma que se estabeleça a junção entre dois períodos chuvosos, conforme Molle & Cadier (1992). Campos (1997) define o pequeno açude como distribuidor espacial das águas que tem como função a regularização intra-anual. Neste contexto, o pequeno açude representa uma forma de distribuição da água para o abastecimento humano da população rural e das pequenas cidades, assim como também para o abastecimento animal e para a agricultura de subsistência. Representando um meio “eficaz” para que não falte água para estes usos no período curto de estiagem, daí sua importância socioeconômica e cultural para o semiárido nordestino.

A construção de pequenos açudes no semi-árido nordestino, conforme Silva *et al.* (2009) se desenvolveu de forma intensificada tanto por razões históricas e políticas quanto por motivos físicos e climatológicos, porém de maneira desordenada de forma que se faz necessário a implantação de programas para o licenciamento da execução destas obras, cadastramento, monitoramento e treinamento dos usuários destes através de ações dos órgãos públicos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos.

No Estado da Paraíba, de acordo com Santos *et al.* (2009), no ano 2000 foram contabilizados, a partir de imagens de satélite realizadas no mesmo ano, aproximadamente 8.000 açudes na região semiárida, dos quais 7.600 foram considerados como pequenos. Estimou-se que, em média, estão armazenados nesses açudes, 2 bilhões e 267 milhões de m³, correspondendo a 60% da quantidade de água armazenada pelos médios e grandes reservatórios.

2.1.2 OPERAÇÃO DE RESERVATÓRIOS

A operação de reservatórios consiste em um procedimento que objetiva determinar as melhores alocações para atender aos usos múltiplos de maneira a otimizar o benefício gerado por elas, a medida que os influxos são incertos e os usos múltiplos são conflitantes.

Collischonn *et al.* (2005) destacam que existem diferentes regras de operação de reservatórios, porém afirmam que todas vão indicar o armazenamento ou descarga alvo que se

pretende lograr em um determinado período de tempo. Consideram os modelos de simulação e otimização como as principais metodologias para auxiliar e alcançar as melhores formas de operar os reservatórios.

Wurbs (1996) afirma que uma das regras de operação de reservatórios mais importantes consiste na divisão do armazenamento total em diferentes “zonas”, mostrada na Figura 2.1, que apresentam políticas específicas. A distribuição do armazenamento nestas “zonas” pode ser constante ao longo do ano ou pode variar de forma sazonal.

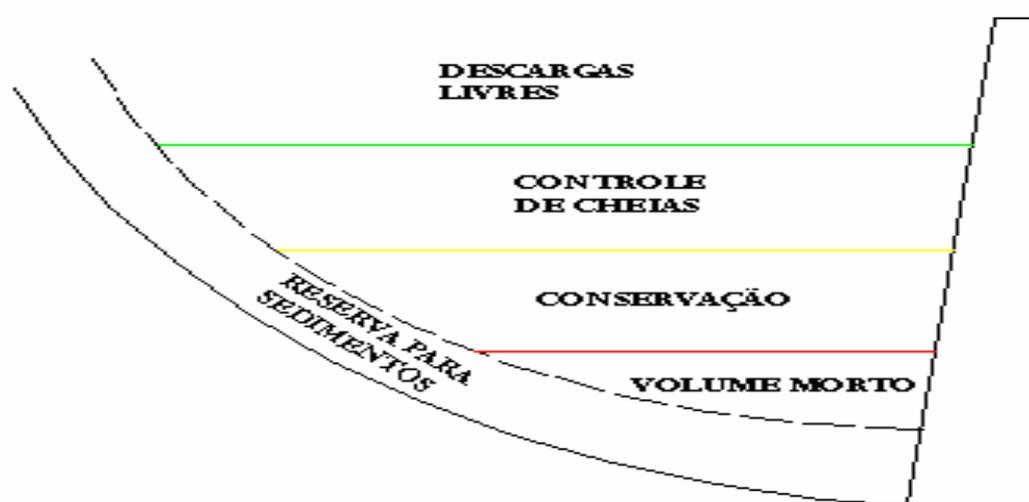


Figura 2.1: Subdivisão em “zonas” do armazenamento total de um reservatório de usos múltiplos.

Yeh (1985) destaca que as regras de operação de reservatórios são usualmente construídas por modelos de simulação que representam a operação do sistema de acordo com influxos, características do sistema e políticas de operação.

As regras de operação podem ser modificadas e aperfeiçoadas com uma série de simulações até que resultados aceitáveis sejam obtidos. Sabendo-se que existem inúmeras políticas viáveis, utilizar um modelo de simulação torna difícil o processo de busca da melhor regra. Segundo Yeh (1985), técnicas de otimização fornecem um meio de superar esta dificuldade já que possuem habilidade de examinar todas as alternativas possíveis e buscar a decisão ótima.

De acordo com Simonovic (1992), simulação e otimização são ferramentas essenciais para o desenvolvimento de uma base quantitativa de decisões em gerenciamento de reservatórios e a utilização dessas técnicas no planejamento e operação de projetos reais se encontra em crescimento.

2.1.3 UTILIZAÇÃO DOS PEQUENOS AÇUDES NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

A acumulação de águas através do escoamento natural do período chuvoso objetivando o uso posterior destas é a finalidade que deu origem ao pequeno açude no semi-árido nordestino. Assim, o desenvolvimento socioeconômico desta região encontra-se vinculado as águas disponibilizadas por este sistema hídrico, uma vez que as atividades agrícolas, pecuária e culturas de subsistência apresentam suas demandas atendidas pelo pequeno açude.

Molle & Cadier (1992) destacam que o pequeno açude é utilizado no semiárido nordestino para diversos usos, especialmente para o abastecimento humano, usos domésticos, dessedentação de animais, cultivo de vazante, irrigação, piscicultura, cultivo de jusante, recreação, entre outros. Eles destacam que os mesmos não ocorrem ao mesmo tempo, sendo cada situação específica e de acordo com as características locais.

Já Suassuna (1995) afirma que o pequeno açude deve ser usado para produção de alimentos a qual pode ocorrer por meio de três atividades distintas que são: a irrigação, a agricultura de vazante e a piscicultura, embora dê mais ênfase para a agricultura de vazante e a piscicultura.

Estes usos no semiárido nordestino só são possíveis porque os pequenos açudes regularizam as águas geradas pelos deflúvios naturais, recebendo a água escoada e armazenando para o uso no período de estiagem, embora ocorram perdas neste sistema hídrico que acontecem através da sangria nos períodos de cheia e por meio da evaporação. A sangria corresponde à parte dos deflúvios que o pequeno açude não consegue controlar devido ao seu tamanho limitado e a evaporação que se constitui a perda irreversível do sistema hídrico.

O desenvolvimento socioeconômico do semiárido nordestino encontra-se associado à disponibilidade hídrica desta região que se dá principalmente através dos pequenos açudes, isto é, da operação eficaz destes sistemas hídricos a qual proporcionará a otimização do uso dos recursos hídricos advindos destes reservatórios para atender as distintas demandas locais.

Suassuna (1995) discorda de Molle & Cadier (1992) quanto ao uso do pequeno açude voltado para irrigação, argumentando que a mesma corresponde a uma atividade econômica voltada para produção de alimentos que ocasionam a exaustão, com alguns meses de antecedência do período chuvoso da região, destes reservatórios uma vez que a maioria não foi projetada e construída de forma adequada para este uso.

Os usos dos pequenos açudes devem ocorrer em conformidade com a geometria dos mesmos, logo para o abastecimento humano o que importa é a profundidade do açude e o tempo que ele leva para secar; para o cultivo de vazante é indicado açudes rasos e abertos; para piscicultura açudes cuja superfície apresenta pouca variação, e para irrigação açudes de grandes volumes e profundidades, com α pequeno e K grande (MOLLE & CADIER, 1992). O α é o coeficiente de forma e o K é o coeficiente de abertura que juntos caracterizam a geometria do reservatório e permitem o cálculo da superfície e do volume dos açudes, sendo coeficientes importantes para solucionar problemas ligados aos açudes como o dimensionamento e a salinização

Diante do exposto, verifica-se que o pequeno açude pode ser utilizado para vários fins, porém, na realidade o seu uso no semi-árido nordestino não ocorre de maneira eficaz. Para que ocorra a utilização eficaz deste tipo de reservatório se faz necessário que os órgãos públicos orientem os seus usuários, de forma que estes adotem medidas técnicas que levem em consideração as especificidades de cada atividade, as propriedades locais, o contexto onde ele está inserido e as características destes reservatórios de forma a otimizar seus usos.

2.1.3.1 USO DO PEQUENO AÇUDE PARA O ABASTECIMENTO HUMANO E ANIMAL

A finalidade primordial dos pequenos açudes é armazenar água para utilizar no período de seca, esta utilização acontece por meio dos usos múltiplos, sendo o uso mais nobre dado as águas destes reservatórios o abastecimento humano e animal. De acordo com a Lei nº 9.433/1997 (Lei que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil), em situações de escassez hídrica deve-se priorizar o abastecimento humano e a dessedentação de animais sobre os demais usos.

A escassez hídrica do semiárido faz com que os pequenos açudes sejam a principal fonte para o abastecimento humano de comunidades que se localizam nas proximidades destes açudes, logo as

águas armazenadas nos mesmos são usadas para o consumo próprio e dos animais, além de serem utilizadas também para desenvolver as atividades domésticas.

2.1.3.2 USO DO PEQUENO AÇUDE PARA O CULTIVO DE VAZANTE

O cultivo de vazante é aquele em que o plantio é realizado próximo ao pequeno açude de forma que as culturas se beneficiem da umidade do solo proveniente das águas armazenadas nele, este tipo de cultivo é feito no período de estiagem e no período chuvoso não se pratica o mesmo devido aos riscos de inundação da área.

A cultura de vazante corresponde a uma prática comum no semiárido nordestino que tem sua demanda atendida pelo pequeno açude, tornando-se assim uma atividade econômica da região que pode ser explorada de maneira a gerar recursos para o agricultor o qual na maioria das vezes usa a produção para sua subsistência. Neste tipo de atividade, a chuva não importa podendo ser até um risco, o que importa é o pequeno açude encher antes do período de estiagem.

2.1.3.3 USO DO PEQUENO AÇUDE PARA IRRIGAÇÃO

A irrigação é atividade econômica cuja finalidade é atender as necessidades hídricas da produção agrícola de maneira que garanta sua produtividade e por tal razão é a atividade econômica que demanda uma maior quantidade de água. A mesma não é muito praticada pelos proprietários dos pequenos açudes. Suassuna (1995) afirma que a pequena irrigação deve ser estimulada pelos órgãos públicos que devem fornecer tecnologias para o pequeno produtor rural da região semiárida nordestina possam integrar a economia de mercado e melhorar a sua condição sócio-econômica.

A irrigação não deve ser vista como uma atividade isolada, mais como parte de um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção econômica de determinada cultura, com adequado manejo dos recursos naturais (DIÓGENES *et al.*, 2008).

2.1.3.4 USO DO PEQUENO AÇUDE PARA PISCICULTURA

A piscicultura é uma atividade produtiva que vem sendo desenvolvida em pequenos açudes e que tem trazido para região, retornos econômicos e sociais. Existem três tipos de piscicultura que são a intensiva, a extensiva e a superintensiva. Em se tratando de pequenos açudes é comum a prática da piscicultura extensiva que utiliza peixes que se alimentam das fontes naturais já existentes nestes açudes e por não poluírem as águas dos açudes.

Barbosa (2008) afirma que os progressos realizados nos últimos anos no controle de produção de peixes aclimatados e a relativa disponibilidade de alevinos de baixo custo em vários centros e estações de piscicultura fazem com que esta atividade econômica constitua uma das formas mais importantes de aproveitamento dos reservatórios de múltiplos usos. Destacando como as principais vantagens da piscicultura: a possibilidade de ser praticada em áreas impróprias para agricultura; não interferir em muitos outros usos da água (por não apresentar um caráter consuntivo quando se trata da extensiva e, além disso, a piscicultura intensiva pode poluir e afetar outros usos), possibilitando um aproveitamento hídrico de pequenos e grandes reservatórios; não precisa de nenhuma fonte de energia; funcionamento no período de estiagem; entre outras.

A piscicultura extensiva pode tornar-se uma atividade capaz de promover o desenvolvimento rural, complementando a produção agrícola e animal, gerando empregos e rendas, melhorando a qualidade de vida dos rurícolas.

Faz-se necessário, para que esta atividade proporcione uma melhora das condições socioeconômicas da população que vive na região dos pequenos açudes, que se verifique se o pequeno açude apresenta capacidade de suporte alimentar natural para alimentar os peixes; as espécies adequadas e que haja o bom manejo da atividade.

2.2 ANÁLISE DOS PEQUENOS AÇUDES COMO SISTEMA HÍDRICO

A análise de sistema de recursos hídricos corresponde a um instrumento utilizado na investigação do comportamento de um conjunto de elementos que formam um sistema complexo de maneira a proporcionar uma otimização de sua operação.

Ribeiro (1990), apud Barbosa, (2008), afirma que a análise de sistemas de recursos hídricos é uma ferramenta imprescindível para os profissionais que trabalham com a gestão dos recursos hídricos. Ainda, segundo Barbosa (2008), o estabelecimento de políticas eficazes para operar os sistemas de recursos hídricos é uma atividade que possui certo grau de dificuldade decorrente dos conflitos gerados pelos usos múltiplos; pela operação integrada de sistemas de reservatórios e também devido às restrições impostas aos respectivos sistemas.

Brandão (2004) afirma que a análise da operação dos sistemas de reservatórios pode ser realizada através da modelagem matemática por meio de modelos de simulação e de otimização. Uma vez que os modelos são ferramentas utilizadas para representar processos e elaborar prognósticos para gestão dos sistemas.

A construção do pequeno açude tem como objetivo armazenar água e como toda atividade antrópica causa impactos ao meio ambiente. Porém, os recursos hídricos advindos do mesmo desempenham um papel fundamental, não só do ponto de vista socioeconômico, mas também no aspecto ambiental para as comunidades que vivem no semiárido nordestino.

Neste contexto de desenvolvimento socioeconômico e ambiental, é necessário conceber os pequenos açudes como um sistema hídrico complexo tendo em vista a grande quantidade deles na região e que estes podem acarretar impactos negativos no açude de maior porte a jusante, causando uma ineficiência hidráulica da bacia hidrográfica na qual se encontram inseridos.

Esta ineficiência hidráulica da bacia hidrográfica acontece, segundo Porto *et al.* (2009), porque a soma dos espelhos d'água dos pequenos açudes é muito maior que a área da bacia hidráulica do açude de maior porte, provocando uma perda do sistema por evaporação significativa, sendo que a capacidade de acumulação de água dos pequenos reservatórios somados é, em regra, menor que a do reservatório de maior porte.

Rodrigues & Marioti (2008) afirmam que o impacto causado por um pequeno açude no comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica não é tão significativo, porém o impacto causado por centenas destes merece ser considerado e analisado.

A disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica nos períodos de estiagem é variável e incerta na região semiárida nordestina e nesta as atividades produtivas dependem dos recursos hídricos, conseqüentemente esta variabilidade e incerteza da oferta dos recursos hídricos tornam-se um fator limitante para o desenvolvimento socioeconômico e para melhorar a qualidade de vida da população local.

Assim a gestão dos recursos hídricos do pequeno açude como integrante do sistema hídrico da região semi-árida nordestina é de extrema importância para o entendimento de como melhor aproveitar estes recursos para promover a melhora da qualidade de vida da população e maximizar as receitas líquidas oriundas das atividades produtivas desenvolvidas na região. Promovendo a operação ótima destes reservatórios, de maneira a maximizar a eficiência do uso da água dos mesmos.

2.2.1 MODELO DE SIMULAÇÃO

Os modelos de simulação são instrumentos computacionais que correspondem à representação, por meio de equações matemáticas, de um sistema natural que é usada para simular cenários com base em diferentes condições que podem ou não ocorrer no futuro.

Pedreira (2006) define os modelos de simulação como uma representação do mundo real através da realidade computacional com o objetivo de permitir a geração e a análise de alternativas, antes da implementação de qualquer uma delas.

Os modelos de simulação permitem a geração de cenários a partir dos quais se pode orientar o processo de tomada de decisão, proceder análises e avaliações de sistemas que permitam propor a melhoria da performance dos mesmos, fazendo uso de parâmetros técnicos e econômicos. Logo, deve ser concebido como uma abstração da realidade cujos resultados possibilitam interferirmos na realidade que estamos simulando.

A importância dos modelos de simulação para as Engenharias está no fato que os mesmos promovem uma previsão de resultados quando da execução de uma determinada ação, a redução de riscos na tomada de decisão, a identificação de problemas antes dos mesmos ocorrerem, a avaliação de soluções antes dos investimentos serem realizados, entre outros.

Wurbs (1993) afirma que os modelos de simulação são aqueles que tentam representar um sistema físico real e prever seu comportamento sob um determinado conjunto de condições, não apresentando quase nenhuma exigência quanto à natureza do problema. Os modelos de simulação se classificam em: Estáticos ou Dinâmicos; Determinísticos ou Estocásticos e Discretos ou Contínuos.

Como este estudo trabalha com a operação de reservatórios não se optou em fazer uso de modelo de simulação, pois, segundo Simonovic (1992) um modelo de simulação não gera uma solução ótima por consistir, simplesmente, em fazer, a cada intervalo de tempo, o balanço de massa dos reservatórios, sendo especificadas as afluições nos locais de interesse, as características físicas do sistema e as regras de operação.

O uso dos modelos de simulação é indicado quando se deseja prever respostas do sistema estudado face a determinadas condições operacionais e ambientais existentes para o mesmo, e não se quer intervir no próprio sistema com operações desconhecidas.

2.2.2 MODELO DE OTIMIZAÇÃO

Os modelos de otimização são ferramentas computacionais compostas por uma função objetivo e suas restrições que são representadas por expressões matemáticas em função das variáveis de decisão. Estes modelos são de fundamental importância para gestão integrada dos recursos hídricos, à medida que auxiliam o planejamento e o gerenciamento destes, proporcionando uma análise dos sistemas integrados de reservatórios que contempla os usos múltiplos da água.

Brandão (2004) define os modelos de otimização como aqueles que procuram solucionar o problema de maneira a atender aos objetivos traçados para a operação do sistema, a partir da definição da função-objetivo que é a representação matemática dos objetivos a serem alcançados pela operação do sistema em análise. Afirmando que estes modelos buscam maximizar ou minimizar a função-objetivo cujas variáveis básicas são chamadas de variáveis de decisão e quando resolvido o problema, o conjunto das variáveis de decisão obtido é a solução ótima para operação do sistema.

Os modelos de otimização são usados quando existe a necessidade de encontrar a melhor solução que atenda um objetivo predeterminado. Esses modelos são concebidos com a finalidade de determinar valores para um conjunto de variáveis de decisão que irão maximizar ou minimizar uma função objetivo sujeita a restrições.

No caso específico deste trabalho, a escolha pelo uso de um modelo de otimização deu-se porque os modelos de otimização permitem identificar as melhores ações face aos objetivos e as restrições impostas ao problema, garantindo que a solução ótima seja aquela que associa a cada ponto do tempo o nível ótimo das variáveis envolvidas. Como a operação de sistemas de reservatórios consiste em armazenar e alocar volumes de água entre múltiplos usos, minimizando os riscos e, ao mesmo tempo, otimizando o uso d'água dos reservatórios, para se chegar ao melhor resultado de acordo com os diversos critérios e múltiplos objetivos que na maioria das vezes são conflitantes entre si, faz-se necessário o uso de um modelo de otimização que permita operar o sistema de reservatórios.

O modelo de otimização utilizado nesta pesquisa foi o ORNAP (Optimal Reservoir Network Analysis Program) desenvolvido por Santos (2007), sendo escolhido para o

desenvolvimento deste estudo, por promover resultados que possibilita verificar o desempenho dos reservatórios e por fornecer estratégias para o planejamento de como melhor aproveitar as águas reservadas pelos pequenos açudes, dando suporte a decisão com relação aos múltiplos usos dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica.

2.2.2.1 TÉCNICAS APLICADAS NOS MODELOS DE OTIMIZAÇÃO

Collischonn *et al.* (2005) destacam como principais técnicas aplicadas aos modelos de otimização à programação linear, a programação por redes de fluxo, a programação não linear, a programação dinâmica e os algoritmos genéticos. A técnica de programação linear é aquela que se aplica quando a função-objetivo e suas restrições são lineares.

Lima & Lanna (2005) afirmam que a programação linear tem sido um valioso método para otimização da operação de reservatórios, devido a fatores como: a flexibilidade para adaptação a uma grande gama de problemas; solução gerada é um ótimo global; apresenta uma maior facilidade de compreensão em relação aos demais métodos; capacidade de tratar problemas de grande porte e disponibilidade de pacotes computacionais – em nível comercial- para pronta utilização.

Brandão (2004) destaca que o método de programação linear tem permitido o desenvolvimento de programas computacionais que promovem soluções de problemas de otimização da operação de reservatórios complexos cada vez mais rápidas.

Barbosa (2008) afirma que a técnica de redes de fluxos se caracteriza por apresentar a combinação dos métodos de simulação e otimização que faz com que o sistema seja representado como uma rede compostas de nós e arcos.

Já a técnica de programação não linear é aquela que é aplicada quando a função-objetivo e/ou suas restrições são funções não lineares. Barbosa (2008) define a programação não linear como uma técnica que faz uso de métodos numéricos iterativos que geram soluções a cada passo.

A programação dinâmica é uma técnica utilizada em problemas que envolvem seqüenciais de decisão de múltiplos estágios nos quais o tomador de decisão se depara com o mesmo tipo de problema em vários estágios.

A programação não linear não foi utilizada por ser uma técnica que usualmente é lenta, requerendo maior tempo de processamento quando comparada com as demais técnicas, uma vez

que a matemática envolvida nos modelos de otimização não lineares é mais complicada do que no caso da programação linear. Além do mais a solução ótima obtida, em muitos casos, não é a melhor dentre todas as soluções ótimas no espaço viável, dado a natureza de não linearidade dos problemas como menciona, obtendo-se assim um ótimo local ao invés de um ótimo global (CIRILO, 1997).

O melhor método encontrado para atender a natureza do problema levantado neste estudo foi o da otimização através da programação linear, pois a programação linear apresenta vantagens, de acordo com Yeh (1985), como a habilidade para se ajustar e resolver problemas de grandes dimensões; atinge valores ótimos globais e a não necessidade de política inicial de reservatórios. Isto é, como o nosso problema tem como fim alocar água que é um recurso limitado a usos competitivos, de maneira ótima, a programação linear é indicada ao nosso estudo.

2.3 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS ORIUNDOS DOS PEQUENOS AÇUDES DO SEMIÁRIDO NORDESTINO

O pequeno açude atuando como fonte principal no fornecimento de água, tendo em vista que constituem oitenta por cento dos recursos hídricos da região semiárida nordestina segundo Suassuna (1995), para atender as demandas deve ter uma maior atenção dos órgãos públicos no tocante a promover uma gestão de seus recursos hídricos que promova um uso sustentável destes para que atenda as demandas atuais e futuras.

Fontes *et al.* (2003) concebem o semiárido nordestino como um cenário crítico no tocante a questão hídrica o qual é marcado pela escassez de seus sistemas hídricos que ainda sofrem grandes perdas com a evaporação de suas águas. Nesta ótica, afirma que deve ocorrer uma gestão dos recursos hídricos a qual vise à racionalização do uso de suas águas.

A região semiárida necessita de estudos sistemáticos e investigativos do balanço hídrico dos pequenos açudes que são de extrema importância para o desenvolvimento socioeconômico, político e cultural da região, pois estes poderão minimizar as perdas causadas pela evaporação a qual é uma variável crítica do balanço hídrico destes sistemas e, assim, estes açudes poderão desempenhar a função para a qual foram construídos, acontecendo o uso adequado de suas águas.

Neste aspecto, a gestão dos recursos hídricos para os pequenos açudes deve contemplar o fenômeno da evaporação que tem um papel fundamental no dimensionamento e no manejo dos

pequenos açudes, de maneira a desenvolver ações de planejamento e gerenciamento que busquem um melhor aproveitamento das águas armazenadas nestes reservatórios, levando em consideração tanto os aspectos quantitativos quanto qualitativos.

2.4 OTIMIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DOS PEQUENOS AÇUDES DO SEMIÁRIDO NORDESTINO

A construção dos pequenos açudes no semi-árido nordestino aconteceu de forma intensa, gerando um grande número destes na região, os mesmos foram construídos em sua maioria de maneira não planejada, sendo mal dimensionados e com isso trazendo sérias conseqüências para os seus usuários no tocante ao aproveitamento das águas armazenadas que nem sempre acontece de maneira eficaz.

Silva *et al.* (2009) afirmam que a falta de ações que promovam a implantação de programas para o licenciamento da execução de obras, cadastramento, monitoramento e treinamento dos usuários dos pequenos açudes por parte dos órgãos públicos responsáveis pelo gerenciamento dos recursos hídricos afetam o processo construtivo, a manutenção, a conservação e a utilização adequada destas fontes, impedindo a otimização de seus usos.

Verifica-se que ocorre a necessidade de estudar meios que proporcione a otimização dos usos das águas represadas por estes sistemas de maneira a maximizar os benefícios socioeconômicos para a região semiárida nordestina. Isto é, promover a sustentabilidade hídrica dos pequenos açudes de maneira que se verifique a eficiência de armazenamento destes e que minimize os efeitos negativos gerados pela evaporação.

A sustentabilidade hídrica dos pequenos açudes pode ser alcançada através de estudos que indiquem como deve acontecer a retirada d'água destes reservatórios, à medida que quando são feitas grandes retiradas do reservatório se reduz as perdas por evaporação e aumenta a vulnerabilidade e o retorno socioeconômico, ao passo que quando são feitas pequenas retiradas do reservatório aumenta-se as perdas por evaporação, diminui-se as vulnerabilidades e o retorno socioeconômico.

2.5 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS

Marzall & Almeida (1999), apud BARBOSA (2008), afirmam que durante a última década, desenvolveu-se o interesse na busca de indicadores de sustentabilidade por parte de organismos governamentais, não-governamentais, institutos de pesquisa e universidades em todo o mundo tendo ocorrido muitas conferências organizadas por entidades internacionais, bem como outras iniciativas de pesquisadores ligados a algumas instituições governamentais e/ou universitárias.

Segundo Celeste (2006), nos dias atuais existem inúmeros tipos de indicadores que são usados nas análises de desempenho de sistemas, citando os usados em análise de impactos ambientais como os indicadores de comportamento, de gestão e de situação ambiental, os que medem o desempenho de sistemas, sejam eles indicadores sociais, econômicos, ambientais, financeiros, de qualidade, de eficiência, etc.

Neste contexto, verifica-se que os indicadores são variáveis comparativas que fornecem aos gestores dos recursos hídricos informações sobre os sistemas hídricos estudados.

2.5.1 INDICADORES DE DESEMPENHO DO RESERVATÓRIO

A operação de sistemas de recursos hídricos composto por reservatórios de abastecimento de água, e a incerteza quanto aos aspectos hidrológicos do sistema podem levar a ocorrência de falhas no atendimento aos requerimentos hídricos, que frequentemente são inevitáveis durante períodos hidrológicos críticos. As características destas podem ser representadas pelos indicadores de desempenho, segundo Hashimoto, são eles: Confiabilidade, Resiliência e Vulnerabilidade.

O Índice, ou indicador, de Confiabilidade foi definido por Hashimoto como a probabilidade de funcionamento sem falhas de atendimento as demandas, como mostrado na Equação 2.1. Este índice proporciona aos gestores dos recursos hídricos que trabalham com a operação de reservatórios um grau de satisfação no atendimento aos requerimentos de recursos hídricos do sistema hídrico estudado.

$$Conf = \frac{N_s}{N} \quad (2.1)$$

Onde: N_s = Número de sucessos;

N = Número de período de tempos simulados.

O Índice de Resiliência está associado à média do quão rapidamente o sistema retorna a um sistema satisfatório de atendimento (Equação 2.2). De acordo com o mesmo, pode-se verificar que um sistema hídrico que apresente muitas falhas, porém tende a se recuperar rapidamente é preferível a um que se recupere lentamente.

$$Res = \frac{\text{Número de vezes que sai de uma falha}}{\text{Número total de falhas}} \quad (2.2)$$

O Índice de Vulnerabilidade mede a severidade média das falhas e o mesmo é definido de acordo com a Equação 2.3, demonstrando as conseqüências que uma falha pode provocar ao sistema hídrico em estudo.

$$Vul = \frac{\sum \text{percentual da falha } i \text{ no atendimento a demanda}}{\text{Número total de falhas}} \quad (2.3)$$

Os indicadores de desempenho do reservatório definidos por Hashimoto caracterizam o “risco” no atendimento aos requerimentos hídricos, no contexto do planejamento da operação de reservatório, de maneira que os gestores possam buscar a eficiência econômica e a flexibilidade operacional do sistema hídrico que gerenciam.

2.5.2 INDICADORES DE EFICIÊNCIA DO RESERVATÓRIO

Curi (2004) definiu como indicadores de eficiência associados à operação de reservatórios, os índices abaixo:

- η_{vr} - Indica a variabilidade intra-anual do volume do reservatório, pois relaciona a variabilidade volumétrica do reservatório e o volume afluente anual. Logo, ele nos diz se ocorreu perda ou ganho no volume do reservatório.
- η_E - Indica a eficiência quanto ao armazenamento de água, pois relaciona o volume evaporado anual (superfície do reservatório) e o volume afluente anual. Logo, ele nos diz quanto de água foi desperdiçada em perdas por evaporação.
- η_p - Indica o percentual de precipitação direta sobre a bacia hidráulica do reservatório, pois relaciona o volume precipitado diretamente sobre a bacia hidrográfica do reservatório (superfície do reservatório) e o volume afluente no período de estudo. Logo, implicitamente prover informações quanto a área do espelho d'água do reservatório.
- η_v - Indica o quanto o reservatório desperdiça da água afluente, pois relaciona o volume vertido anual (sangria do reservatório) e o volume afluente anual. Logo, nos fornece informação quanto à eficiência do reservatório em relação ao seu armazenamento e capacidade.
- η_e - Indica a eficiência quanto ao uso da água, pois relaciona o volume de água utilizado anual (tomadas d'água para abastecimento humano e irrigação) e o volume afluente anual.

A potencialidade é definida pela quantificação dos recursos hídricos, em seu estado natural, sem a intervenção do homem, e depende de características hidrológicas, geográficas, climáticas e fisiográficas. Enquanto disponibilidade representa a parcela das potencialidades ativadas pela ação do homem, por meio da construção de poços, barragens, entre outras tecnologias, para adequar as ofertas as necessidades das demandas. Já a demanda hídrica é definida como a necessidade de uso dos recursos hídricos o qual tem intensificado com o desenvolvimento econômico. Portanto, outros índices associados aos reservatórios e que estão relacionados a estes conceitos e são utilizados no estudo são:

- *IAP* - Índice de Ativação da Potencialidade que é dado pela razão entre a disponibilidade e a potencialidade.
- *IUD* - Índice de Utilização da Disponibilidade que é dado pela razão entre a demanda e a disponibilidade.
- *IUP* - Índice de Utilização da Potencialidade que é dado pela razão entre a demanda e a potencialidade.

Os indicadores, sejam eles de desempenho ou de eficiência do reservatório, demonstram os resultados e as modificações encontrados no sistema hídrico em estudo ao longo do tempo, de acordo com a operação que vai sendo dada a ele. De forma que o acompanhamento contínuo, por meio de indicadores de desempenho e de eficiência torna-se uma atividade obrigatória no planejamento dos recursos hídricos para que se obtenha as metas traçadas e também para que se possa traçar estratégias de ação para melhor utilização do sistema.

CAPÍTULO 3

3. A REGIÃO E O SISTEMA HÍDRICO EM ESTUDO

3.1 A REGIÃO

O sistema hídrico em estudo é formado por um conjunto de pequenos açudes construídos a montante do Açude Público de Sumé que se encontra inserido na Bacia do Açude de Sumé. Esta é uma sub-bacia da Bacia do Rio Paraíba, que é a segunda maior bacia do Estado da Paraíba, a mesma abrange 38% do território do Estado da Paraíba.

3.1.1 LOCALIZAÇÃO

A Bacia do Açude de Sumé localiza-se entre as latitudes $7^{\circ} 29' 8''$ a $7^{\circ} 49' 25''$ (S) e as longitudes $37^{\circ} 12' 20''$ a $36^{\circ} 53' 4''$ (O), estando localizada na microrregião denominada de “Cariris Velhos” do semiárido nordestino que se localiza no sul da Paraíba, estando completamente inserida nas cidades de Sumé, Monteiro, Prata, Ouro Velho e Amparo, sendo que sua maior parte está localizada na cidade de Sumé situada a 250 km da Capital do Estado e a 130 km de Campina Grande (Figura 3.1).

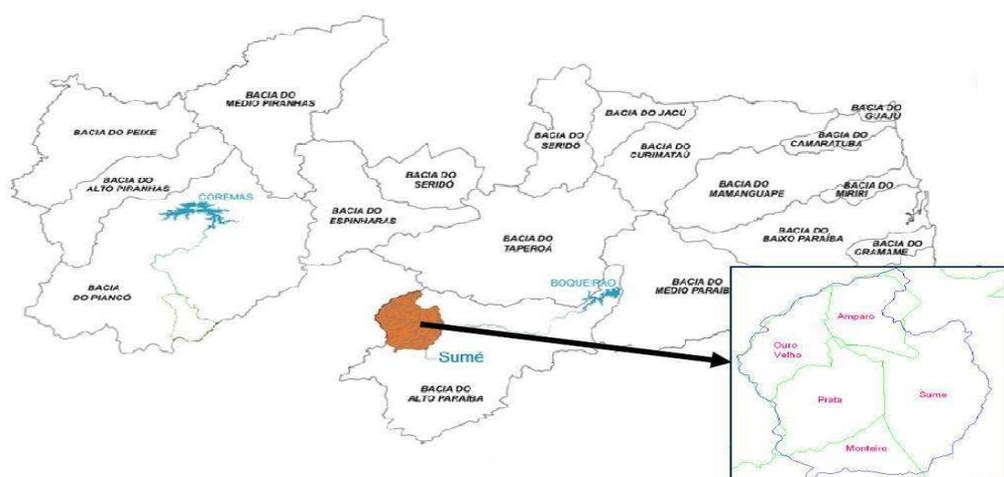


Figura 3.1: Localização da Bacia do Açude de Sumé.

Fonte: RELATÓRIO-PROJETO DISPAB-UFPB/AESA, 2009.

3.1.2 INFRA-ESTRUTURA HIDRAÚLICA

O volume potencial de armazenamento de água da Bacia Hidrográfica de Sumé é de aproximadamente 78.000.000 m³, sendo 56.500.000 m³ o potencial de armazenamento de 4 açudes que são monitorados pela AESA, logo 30% do volume total de água reservada em açudes na bacia está retida em pequenos reservatórios (SANTOS *et al.* 2009).

A Bacia do Açude de Sumé (Figura 3.2) é formada por 631 pequenos açudes que estão distribuídos em 769 Km², sendo que 620 destes apresentam área inferior a 20 ha, estes açudes atingem sua capacidade máxima de água reservada no final do período chuvoso que é de três meses, como em toda região semiárida (SANTOS *et al.* 2009).

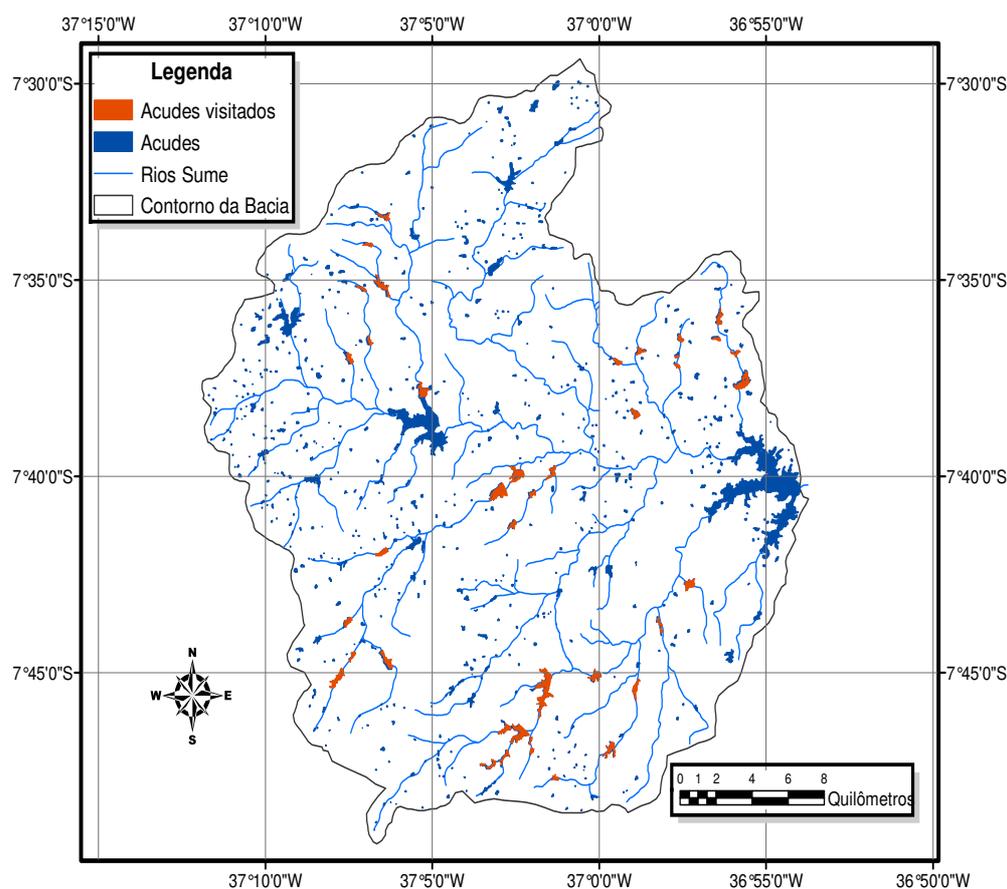


Figura 3.2: Mapa da Bacia do Açude de Sumé com a localização de seus açudes.

Fonte: Silva *et al.* 2009.

3.1.3 RELEVO, VEGETAÇÃO E SOLO

O relevo da região onde se localiza o sistema hídrico estudado é marcado por uma topografia plana, com ligeiros desníveis que não vão além de 3%.

A vegetação nativa da região é a caatinga que se caracteriza por apresentar pouquíssimas árvores e arbustos esparsos que não proporcionam a formação de uma cobertura contínua. Porém, Cadier (1994) destaca a presença de uma vegetação antrópica formada pelas pastagens e plantações de palma para forrageira (cactos destinados à alimentação dos rebanhos) na região.

Silva (2006) afirma que os tipos de solos predominantes na região em estudo são o Aluvial Eutrófico, o Bruno não Cálcico e o Litólico. Os solos Aluviais Eutróficos ocorrem em áreas de várzeas localizadas nas margens dos cursos de água, principalmente, nas margens do Rio Sucuru que corta o perímetro irrigado de Sumé.

Os solos aluviais apresentam grande potencialidade para o uso agrícola em virtude de sua alta fertilidade natural e por isso são muito importantes para manter a área produzindo durante maior parte do ano já que se localizam em partes baixas, onde são cultivadas, normalmente, gramíneas para alimentação animal e culturas de subsistência.

Os solos Bruno não Cálcicos são moderadamente rasos e característicos de regiões semiáridas, caracterizando-se por seus arbustos espinhosos, plantas herbáceas e cactos. Apresentam como limitação para o uso agrícola a pequena espessura do perfil e o excesso de pedras na superfície (SILVA, 2006).

Silva (2006) cita que nas áreas mais acidentadas predominam os solos Litólicos que são bastante rasos e pouco utilizados para agricultura, por apresentarem maiores níveis de degradação devido ao rebaixamento e diminuição da cobertura vegetal, conseqüentemente apresentam fortes sinais de erosão e por isto são mais adequados para pecuária com caprinos e/ou ovinos.

3.1.4 CLIMATOLOGIA

A classificação climática na bacia, segundo a classificação de Koopen, é do tipo climático Bsh - semiárido quente, por corresponder a área mais seca do Estado, com pluviometria irregular que apresenta uma média interanual entre 550 e 600 mm, tendo elevado coeficiente de variação, e uma estação seca.

3.1.4.1 TEMPERATURA

A temperatura média anual é de 24 °C, ocorrendo à temperatura máxima nos meses mais secos, ou seja, no período de novembro a dezembro e à temperatura mínima no período de julho a agosto. Cadier *et al.* (1983) apud Moura (2002) afirma que a insolação na região de Sumé corresponde a cerca de 2800 horas luz.

3.1.4.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Barbosa (2008) menciona que a evapotranspiração potencial é calculada a partir de dados climáticos e/ou a partir de valores medidos em tanques evaporimétricos, adotando para isto um coeficiente de tanque que depende das características da estação. Na região de estudo, a evaporação média anual extraída é de 2900 mm em tanque classe A.

3.1.5 GEOLOGIA

A geologia que corresponde ao estudo das rochas superficiais é importante para os trabalhos de mapeamento e classificação dos solos. Estudos realizados na área outrora demonstram que a faixa de terra da região em estudo é formada por rochas do tipo Pré-Cambriano Indiviso e sedimentos recentes do período Quaternário.

O Pré-Cambriano Indiviso é representado pelas rochas das formações Granitóides e do Complexo Gnáissico-Migmatítico. Enquanto, as rochas Granitóides estão representadas por granitos e os sedimentos aluviais do Quaternário são de idade holocênica possuindo uma composição granulométrica variada.

3.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA EM ESTUDO

3.2.1 SISTEMA HÍDRICO DOS PEQUENOS AÇUDES

Como já foi mencionado, anteriormente, a Bacia Hidrográfica de Sumé é formada por 631 pequenos açudes dos quais apenas 42 destes pequenos açudes serão objeto deste estudo, estes açudes foram quantificados no estudo de campo realizado pela equipe da Universidade Federal da Paraíba - UFPB em 2008 que faz parte do projeto “Metodologias para definição da disponibilidade hídrica em pequenos açudes e pequenas bacias hidrográficas da região Semi-

Árida do Brasil” (DISPAB-SA) financiado pelo MCT/FINEP/CT-HIDRO (edital IGRH 01/2007), e estão apresentados no Quadro 3.1. Vale ressaltar que dos 42 pequenos açudes, apenas 20 deles apresentam capacidade volumétrica variando entre 100.000 m³ e 1.000.000 m³, logo os outros 22 apresentam capacidade volumétrica atual inferior a esta variação assim não sendo considerados pequenos açudes, de acordo com a definição de MOLLE & CADIER (1992), e não foram utilizados na Otimização realizada neste estudo.

Quadro 3.1: Pequenos Açudes da Bacia do Açude de Sumé a serem estudados.

CÓDIGO	NOME DO AÇUDE	MUNÍCIPIO	CAPACIDADE ATUAL (m ³)	CAPACIDADE MÁXIMA (m ³)
58	TuTe	Sumé	92.589,30	133.520,93
3	Leonardo	Sumé	322.379,90	479.858,72
55	Zé Gordo	Sumé	29.252,60	46.367,63
62	Vianês	Sumé	13.664,70	21.251,85
63	Riacho da Roça II	Sumé	87.993,00	135.408,28
60	Macambira	Sumé	84.898,90	111.457,14
61	Macambira	Sumé	25.279,70	37.673,39
53	Evaldo	Sumé	40.495,30	54.639,20
64	Riacho da Roça I	Sumé	69.912,90	86.758,30
71	Ministro Aposentado	Prata	535.917,40	636.465,96
72	Raminho	Prata	273.196,90	434.815,48
73	Amparinho	Prata	143.063,50	197.466,38
74	Raminho II	Prata	69.897,50	85.871,67
44	Lindalva	Sumé	104.206,90	138.570,50
75	Paulo Leite	Prata	100.086,40	137.338,32
135	Chique-Chique	Sumé	44.230,40	60.382,09
184	Jatobá	Monteiro	415.975,70	610.511,08
185	Dona Severina	Monteiro	28.600,30	33.527,17
144	Juraci	Monteiro	190.670,00	251.329,71
136	Geraldo	Sumé	89.097,50	135.823,24
51	Marmeleiro	Sumé	246.276,40	291.428,30
153	Br 412	Monteiro	38.949,10	59.440,81
181	Uruçu	Monteiro	1.044.782,10	1.656.129,28
132		Sumé	169.876,40	206.062,89
190		Monteiro	30.796,70	38.980,38
630	Açude Novo	Monteiro	12.957,70	16.857,52
191	Salgadinho	Monteiro	101.596,40	125.049,71
192		Monteiro	76.616,10	94.681,89
629	Zezinho	Monteiro	88.084,20	121.978,79
248	Matarina	Prata	285.145,20	367.142,12
249		Prata	30.785,40	41.049,80
255	Mujiqui	Prata	153.099,20	174.811,71
238	Pé da Serra	Prata	366.862,40	555.926,57
277	São Francisco	Prata	121.315,90	151.682,58
429	Borboleta	Ouro Velho	70.273,70	99.118,73
402	Mamoeiro	Ouro Velho	52.146,90	84.776,34
438	Quarteirão	Ouro Velho	221.440,90	291.406,68
401	Bethânia	Ouro Velho	125.206,40	171.833,49
432	Borboleta	Ouro Velho	30.096,30	80.911,93
631	438 Novo	Ouro Velho	11.393,00	16.894,47
433	Dom Pedro II	Ouro Velho	107.002,10	148.503,27
628	Braço do São Paulo	Ouro Velho	209.186,90	287.950,18

Fonte: RELATÓRIO-PROJETO DISPAB-UFPB/AESA, 2009.

Silva *et al.* (2009) afirmam que os açudes que formam a Bacia do Açude de Sumé estão distribuídos a uma densidade de um (1) açude por Km² e que as principais demandas do sistema com relação aos usos consuntivos são: o uso doméstico, a piscicultura, a irrigação, a dessedentação animal, o plantio de jusante e o plantio de vazante. Os usos não consuntivos não foram verificados no sistema (RELATÓRIO-PROJETO DISPAB-UFPB/AESA, 2009).

A pecuária é uma atividade que apresenta um significativo fator econômico para as famílias desta região, por ser uma atividade praticada com grande intensidade no semi-árido paraibano implicando em uma utilização de um pouco mais de 80% dos pequenos açudes para a dessedentação de animais. Caracterizando-se como uso principal dos pequenos reservatórios levantados em campo, com grande parte dos rebanhos bebendo água diretamente no açude e como a água é disponibilizada para o rebanho (Figura 3.3 a e b).

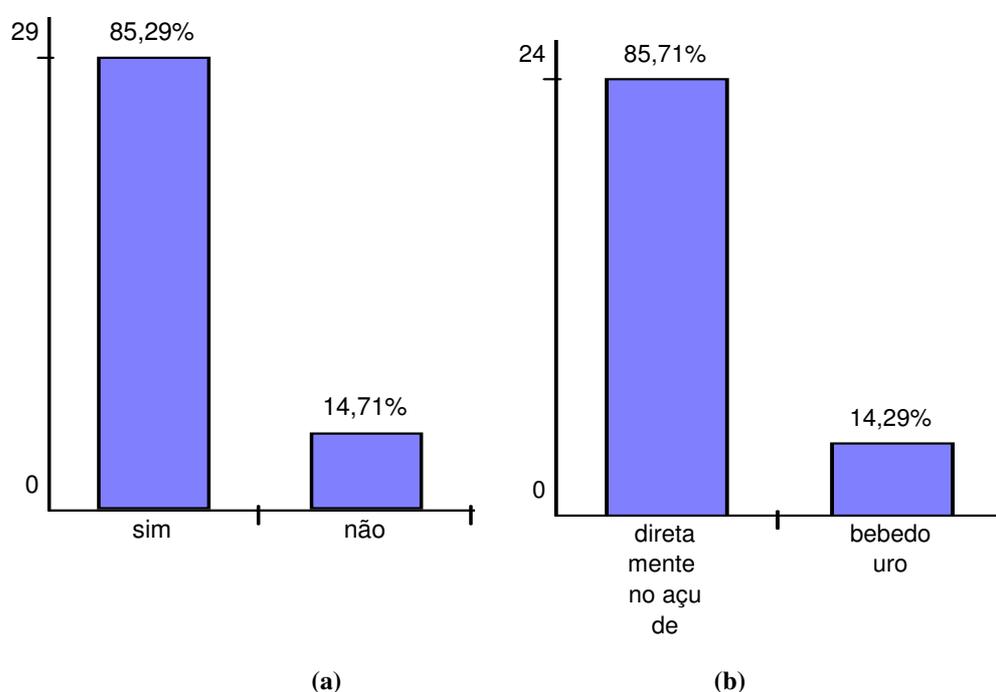


Figura 3.3: (a) se o rebanho bebe água do açude, (b) Como a água é disponibilizada para o rebanho.

Fonte: RELATÓRIO-PROJETO DISPAB-UFPB/AESA, 2009.

A Figura 3.3 a e b mostra que 85% do rebanho da região estudada bebem água diretamente no açude o que pode comprometer a qualidade da água destes açudes e que apenas 15%, aproximadamente, não bebem diretamente no açude. Nos mostra, ainda, que 14% da água destes açudes é disponibilizada para o rebanho através de bebedouros.

O uso doméstico é verificado em 20% dos 42 pequenos açudes visitados em campo. As principais atividades domésticas praticadas na região que fazem uso dos recursos hídricos dos pequenos reservatórios ilustrados na Figura 3.4 são a água para cozinhar, beber e lavagem de roupa, sendo a última a de maior uso.



Figura 3.4: Imagens fotográficas dos pequenos açudes que formam a Bacia Hidrográfica de Sumé.

Fonte: Site do Projeto DISPAB (<http://dispab.lrh.ct.ufpb.br>).

A água é utilizada para o plantio de vazante em 58,82% dos pequenos açudes o que configura o bom aproveitamento destes açudes, tendo em vista que esta forma de plantio é realizada nas margens dos pequenos reservatórios à medida que estes vão secando.

Os principais cultivos do plantio de vazante são as culturas de forrageiras e as de alimentos para subsistência. A irrigação é um dos usos menos priorizado com menos de 30%, possivelmente (Figura 3.5 a, b e c).

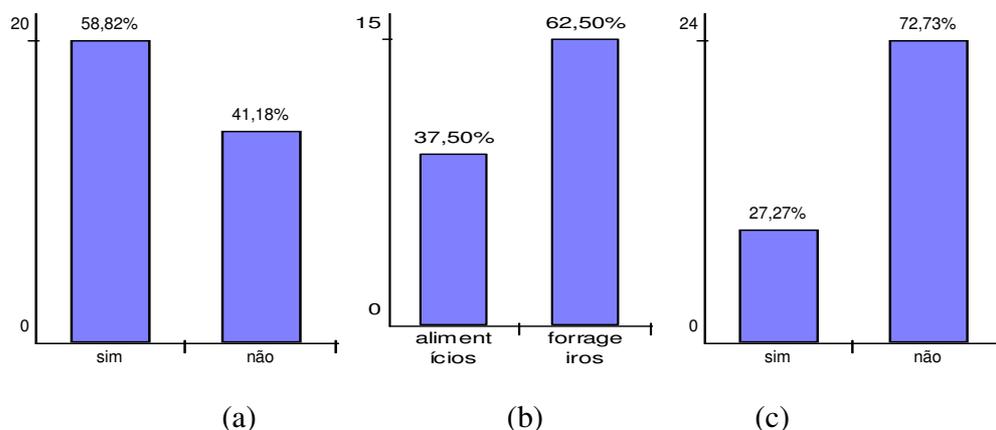


Figura 3.5: (a) Se o açude é aproveitado para plantio de vazante, (b) O que é cultivado no plantio de vazante, (c) Se a água do açude é utilizada para irrigação.

Fonte: RELATÓRIO-PROJETO DISPAB-UFPB/AESA, 2009.

De acordo com a Figura 3.5, verifica-se que em, aproximadamente, 59% dos açudes a água esta sendo aproveitada para o plantio de vazante e que em 37,5% do que é cultivado no plantio de vazante são generos alimenticios. Apenas 27% dos pequenos açudes fazem uso de suas águas para atividade agrícola irrigada o que nos mostra que uma parcela pequena deles está ocorrendo aproveitamento socioeconômico de seus recursos hídricos.

O uso dos pequenos açudes para piscicultura é o mais expressivo, ocorrendo em 85% dos mesmos, sendo a forma de piscicultura extensiva a mais praticada e ocorre em 60% dos casos. Em seguida acontece a pesca tradicional, sem peixamento do açude, não tendo sido verificada a prática da piscicultura semi-intensiva (Figura 3.6 a e b).

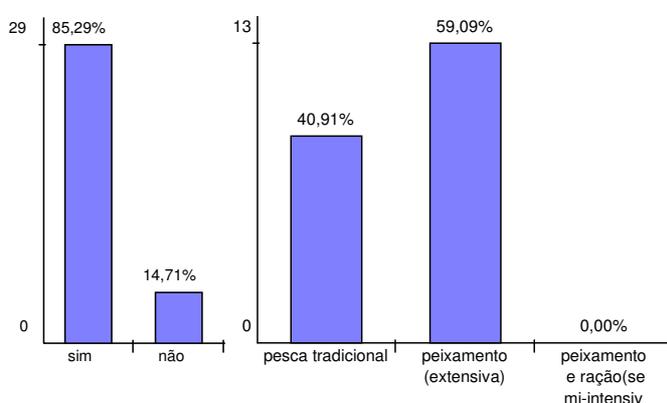


Figura 3.6: (a) Se cria peixe no açude, (b) Que tipo de criação pratica.

Fonte: RELATÓRIO-PROJETO DISPAB-UFPB/AESA, 2009.

Os pequenos açudes que formam a Bacia do Açude de Sumé são reservatórios construídos em propriedades particulares e que não apresentam monitoramento hidrometeorológico. Ocorre o monitoramento em apenas 4 dos açudes que integram esta bacia, sendo eles de maior porte e apresentados no Quadro 3.2.

Quadro 3.2: Açudes da Bacia do Açude de Sumé monitorados.

MUNICÍPIO	AÇUDE	CAPACIDADE MÁXIMA (m ³)	VOLUME ATUAL (m ³)
Sumé	Sumé	44.864.100	44.688.398
Prata	São Paulo	8.455.500	8.455.500
Prata	Prata II	1.308.433	1.290.176
Ouro Velho	Ouro Velho	1.675.800	1.675.800

Fonte: Site da AESA (<http://site2.aesa.pb.gov.br>).

Moura *et al.* (2005) afirmam que após a construção dos pequenos açudes na Bacia do Açude de Sumé, que se deu de forma indiscriminada, e do açude São Paulo, o açude de Sumé, que é o principal que integra esta bacia hidrográfica, passou um período de vinte e quatro anos (1985-2009) sem sangrar. Este fato demonstra a necessidade de monitorá-los e contemplá-los no gerenciamento dos recursos hídricos da referida bacia hidrográfica à medida que os mesmos interferem no desempenho do açude de Sumé, por impedirem de chegar água nele, e porque podem estar sendo subutilizados não contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico da região semiárida paraibana.

CAPÍTULO 4

4. MODELO UTILIZADO NO ESTUDO DO SISTEMA HÍDRICO

O modelo de Otimização utilizado na análise do sistema hídrico, em estudo, é o ORNAP (Optimal Reservoir Network Analysis Program) que foi desenvolvido com base em programação não-linear por Curi & Curi (1999) e adaptado para programação linear por Santos (2007). O ORNAP é um programa que utiliza o Toolbox Optimization do software MATLAB 6.5 com o Método do Ponto Interior o qual busca uma solução ótima que otimize os múltiplos usos de um sistema de reservatórios melhorando ou implantando a operação de um ou mais perímetros irrigados.

O programa representa o sistema hídrico através de equações matemáticas que representam os elementos naturais que formam o sistema físico, elementos estes hidroclimáticos, hidroagrícolas, demandas hídricas, características físicas dos componentes, entre outros. Para estes, são definidas informações básicas como entrada de dados no modelo que envolve dados dos reservatórios, da operação do reservatório, dos diferentes tipos de sistemas de irrigação, entre outras.

O período computacional do modelo é a nível mensal e possibilita verificar o comportamento do sistema hídrico para várias situações climáticas e para vários cenários de uso da água (abastecimento humano e animal, irrigação, piscicultura, etc.) ou de regras operacionais (volumes metas), possibilitando análises para a busca de uma operação sustentável do sistema hídrico.

4.1 FUNÇÕES OBJETIVO

A função objetivo é o que se quer maximizar ou minimizar e permite a medida do desempenho do modelo, estando sujeita a inúmeras restrições que são regras impostas pelas limitações físicas dos componentes naturais (hidroclimáticos e hidroagrícolas) e de outras variáveis que formam o sistema hídrico (demanda hídrica, características físicas dos componentes, etc.). As funções objetivo tratadas pelo ORNAP são:

4.1.1 DEMANDAS NAS TOMADAS D'ÁGUA

As tomadas d'água permitem a captação de água nos reservatórios e nos nós do sistema para atender determinados requerimentos de consumo. Um dos objetivos do modelo corresponde a minimizar o déficit do atendimento das demandas nas tomadas d'água dos reservatórios (DTDQ) e para alcançá-lo faz uso da função objetivo, representada pela Equação 4.1.

$$\text{DTDQ} = \sum_t \left(\frac{Dtr(t) - Qtr(t)}{Dtr(t)} \right)^2 \quad (4.1)$$

Onde: $Dtr(t)$ – Volume demandado na tomada d'água no mês t ;

$Qtr(t)$ – Volume destinado ao atendimento da demanda na tomada d'água no mês t .

4.1.2 VOLUME EFLUENTE DO RESERVATÓRIO

A vazão efluente dos reservatórios é aquela que permite a regularização da vazão nos cursos d'água à jusante dos mesmos. A função objetivo do modelo que minimiza o déficit entre a vazão efluente liberada pelo reservatório e a vazão regularizável, vazão efluente mínima ou demanda ecológica (VER), previamente estabelecida, é dada pela Equação 5.2.

$$\text{VER} = \left| \frac{De(t) - Qe(t)}{De(t)} \right| \quad (4.1)$$

Onde: $De(t)$ – volume regularizável, volume efluente mínimo ou demanda ecológica estabelecida para o mês t ;

$Qe(t)$ – Volume efluente liberado pelo reservatório no mês t .

4.1.3 VOLUME META DO RESERVATÓRIO

O volume meta de um reservatório é aquele que se mantém em certo nível para atender a determinadas demandas, a exemplo do abastecimento humano, a irrigação, a piscicultura, o controle de cheias, entre outras. Logo, também, é objetivo do ORNAP minimizar o déficit entre o volume de água do reservatório no final do mês t e o volume meta estabelecido neste mês (VMR), mostrado pela Equação 4.3.

$$VRM = \sum_t \left(\frac{VRmeta(t) - VR(t)}{VRmeta(t)} \right)^2 \quad (4.3)$$

Onde: VRmeta(t) – Volume meta do reservatório no mês t;

VR(t) – Volume de água do reservatório no final do mês t.

4.1.4 RECEITA LÍQUIDA DA AGRICULTURA IRRIGADA

Outro objetivo do modelo é a maximização da receita líquida sujeita às restrições de disponibilidade de água, área a ser irrigada, a capacidade de bombeamento. E a mesma é definida como a diferença entre renda bruta total auferida com a venda da safra agrícola e os respectivos custos de produção (a exemplo do custo da água usada na irrigação, o custo do bombeamento desta água, etc.).

Vale salientar que no conceito de receita líquida (RL) é representado, em reais/ano, pela expressão:

$$RL = \sum_{n=1}^{na} \left[\sum_{j=1}^{nc} Rb_j(n) - Cp_j(n) - Ca_j(n) - Cb_j(n) \right] \quad (4.4)$$

Onde: n – indica o ano, n=1, 2, ..., na, (na = número de anos);

J – indica o tipo de cultura, j = 1, 2, ..., nc, (nc = número de culturas);

Rb_j(n) – renda bruta anual da cultura j no ano n;

Cp_j(n) – custo de produção anual da cultura j no ano n;

Ca_j(n) – custo da água anual usada na cultura j no ano n;

Cb_j(n) – custo anual de bombeamento de água para a cultura j no ano n.

A renda bruta anual (Rb_j), em reais/ano/cultura, é estimada pela equação 4.5.

$$Rb_j = \sum_{K=1}^{ni} Prod_{jk}(n) * Prc_j(n) * Ac_{jk}(n) \quad (4.5)$$

Onde: K – indica a unidade de produção ou perímetro irrigado, $K = 1, 2, \dots, ni$, (ni = número de unidade de produção ou perímetro irrigado);

$Prod_{jk}(n)$ – produtividade da cultura j por unidade de área na unidade de produção ou perímetro irrigado K no ano n ;

$Prc_j(n)$ – preço atual de comercialização da cultura j no ano n ;

$Ac_{jk}(n)$ – área plantada com a cultura j na unidade de produção ou perímetro irrigado K no ano n .

O custo de produção anual (Cp_j), em reais/ano/cultura, relativos aos gastos com insumos, mão-de-obra, máquinas, entre outros fatores, é dado por:

$$Cp_j(n) = \sum_{K=1}^{ni} Cprod_{jk}(n) * Ac_{jk}(n) \quad (4.6)$$

Onde: $Cprod_{jk}(n)$ – custo atual de produção por unidade de área da cultura j referente aos gastos relativos ao ano n .

$Ac_{jk}(n)$ – área plantada com a cultura j na unidade de produção ou perímetro irrigado K no ano n .

Para o cálculo do custo da água utilizada na irrigação e de seu bombeamento, primeiramente, determina-se água alocada para a irrigação, isto é, a lâmina de rega que representa a necessidade hídrica máxima mensal da planta para desempenhar as atividades vegetativas ao longo do seu ciclo fenológico. Calculando-se a taxa de evapotranspiração potencial mensal da cultura j no mês t e perímetro k , Etp_{tjk} em mm/mês, que pode ser estimada, de forma aproximada, em função da taxa de evapotranspiração de referência no mês t no perímetro k , Eto_{kt} em mm/mês, que, por sua vez, pode ser representada pela Equação 4.7.

$$Eto_{kt} = K_{Tk} * EV_{kt} \quad (4.7)$$

Onde: t – indica o mês,

K_{Tk} – coeficiente do tanque evaporimétrico no perímetro k ;

Ev_{kt} - taxa de evaporação média mensal em mm/mês de um tanque evaporimétrico, normalmente do tipo classe A, colocado na região do perímetro k . Logo:

$$Etp_{jkt} = Kc_{jt} * Eto_{kt} \quad (4.8)$$

Onde: Kc_{jt} – coeficiente de cultivo no mês t da cultura j que reflete a sua necessidade hídrica em função de sua fase de crescimento.

A determinação da lâmina de rega ocorre através do cálculo, considerando o “ponto de vista” agrônômico, da taxa de precipitação que infiltra no solo e efetivamente permanece à disposição das raízes da planta. Isto é, a precipitação efetiva no mês t no perímetro k (Pce_{kt}) em mm/mês, na região a ser irrigada que é estimada a partir das equações 4.9 e 4.10, para terrenos com declividade entre 4% a 5%, segundo especificação da FAO (1988) apud Curi & Curi (2001).

$$Pce_{kt} = 0,8 * Pc_{kt} - 25 \text{ se } Pc_{kt} \geq 75 \text{ mm} \quad (4.9)$$

$$Pce_{kt} = 0,6 * Pc_{kt} - 10 \text{ se } Pc_{kt} < 75 \text{ mm} \quad (4.10)$$

Onde: Pc_{kt} - taxa de precipitação no mês t em mm/mês que ocorre no perímetro k .

A lâmina de rega suplementar da cultura j que a planta necessita para cada intervalo de tempo do seu ciclo vegetativo, cultivada no perímetro k no mês t , Nl_{jkt} , pode ser estimada através da expressão:

$$Nl_{jkt} = Etp_{jkt} - Pce_{kt} - G_{jkt} - W_{kt} \quad (4.11)$$

Onde: G_{jkt} – dotação de água à zona radicular da cultura j no mês t por capilaridade em mm que depende do tipo de solo e do nível do aquífero do perímetro k ,

W_{kt} – reserva de água no solo no início do mês t em mm, que depende da capacidade de armazenamento de água no solo no perímetro k .

A quantidade de água a ser aduzida para cada tipo de cultura j dependerá da eficiência do sistema de irrigação ($Eirr_{JK}$) que é resultado do produto entre a eficiência do sistema de distribuição de água para cada perímetro ($Esis_{JK}$) e da eficiência da aplicação da irrigação por cultura (Eap_j), ou seja:

$$Eirr_{jk} = Eap_j * Esis_{jk} \quad (4.12)$$

Ocorre a lixiviação dos sais dissolvidos que se acumulam no solo cultivado que é dada em função da fração de água mínima que percolará para levar os sais, dependendo da quantidade de água de irrigação e da salinidade tolerada pela cultura j , no mês t , na unidade de produção ou período irrigado K . Fornecida pelas Equações 4.13 e 4.14, propostas por Rhoades e Merrill (1996) apud Gomes (1999).

Para irrigação por inundação ou aspersão de baixa frequência:

$$LR_{jkt} = \frac{CEakt}{5 * CEj - CEakt} \quad (4.13)$$

Para irrigação de alta frequência (gotejamento e microaspersão):

$$LR_{jkt} = \frac{CEakt}{5 * CEj} \quad (4.14)$$

Onde: CE_{akt} – condutividade elétrica da água de irrigação aduzida para unidade de produção ou perímetro K durante o mês t , em mmhos/cm, medida a 25°C;

CE_j – condutividade elétrica do extrato de solo saturado, em mmhos/cm, que acarreta uma determinada redução no rendimento potencial da cultura j .

Então, a lâmina mensal de água para a irrigação da cultura j , no mês t , para o perímetro k ($Qirr_{jkt}$) é naturalmente transformada em volume mensal por unidade de área fornecida pelo sistema será obtida por:

$$Qirr_{jkt} = \frac{Nl_{jkt}}{(1 - LR_{jkt}) * Eirr_{jk}} \quad (4.15)$$

Onde: LR_{jkt} é a necessidade de lixiviação dos sais que se acumulam no solo cultivado, obtida em função da fração de água mínima que deverá percolar para lavar os sais, que

depende da quantidade de água de irrigação e da salinidade tolerada pela cultura j , no mês t , no perímetro k .

O custo da água anual, Ca_{jt} em R\$/ano/cultura, aduzida para os perímetros pode ser obtida por:

$$Ca_{jt} = \sum_{k=1}^{ni} \left[\sum_{t=12(n-1)+1}^{12(n-1)+12} Pr ak * Qirrjkt * Acjk \right] \quad (4.16)$$

Onde: $Prak$ – preço da água por unidade de volume para a unidade de produção ou perímetro k .

O custo anual de bombeamento de água para as culturas irrigadas (Cb_j), em R\$/ano/cultura, é dado pela Equação 4.17, abaixo.

$$Cb_t(n) = \sum_{K=1}^{ni} \left[\sum_{t=12(n-1)+1}^{12(n-1)+12} \left(\frac{0,02726 * Pr bk * \Delta H jkt * Acjk(n)}{\eta k} \right) \right] \quad (4.17)$$

Onde: $Prbk$ – preço da energia, em R\$/Kwh, para a unidade de produção ou perímetro k ;

$\Delta H jkt$ – altura manométrica média, em metros de coluna d'água, requerido pelo sistema de irrigação da cultura j e aduzido para a unidade de produção ou perímetro k ;

η_k – eficiência do sistema de bombeamento da unidade de produção ou perímetro k .

4.1.5 MÃO DE OBRA DA AGRICULTURA IRRIGADA

A maximização da mão de obra total (em diárias/ano) advinda da atividade agrícola nas unidades de produção ou nos perímetros irrigados, também, corresponde a um dos objetivos do programa e a mesma encontra-se sujeitas a restrições agrônômicas. E a mesma é dada pela expressão:

$$MO = \sum_{n=1}^{na} \sum_{k=1}^{ni} \sum_{j=1}^{nc} Hdcjk(n) * Acjk(n) \quad (4.18)$$

Onde: $Hdcjk$ – mão-de-obra, por unidade de área, requerida pela cultura j na unidade de produção ou perímetro k .

4.1.6 FUNÇÃO MULTIOBJETIVO

O modelo realiza uma análise multiobjetiva através do Método das Ponderações que permite que as funções objetivos descritas anteriormente sejam normalizadas, assim a função objetivo do modelo é dada por:

$$\min fo = \omega_1 * DTDQ + \omega_2 * VER + \omega_3 * VMR - \omega_4 * RL - \omega_5 * MO \quad (4.18)$$

Onde: ω_i – coeficiente de ponderação que mede a relativa importância, ou melhor, a prioridade de atendimento dada a cada objetivo, $i= 1, \dots, 5$. Quando $\omega_i = 0$ a função objetivo i não será considerada no processo de otimização.

4.2 EQUAÇÕES DE RESTRIÇÕES

O modelo faz uso do artifício de linearização por trechos como garantia de que os valores atribuídos as variáveis de decisão associadas aos trechos vão crescer até atingir valores máximos de maneira seqüencial, ou seja, do primeiro trecho até o último. Porém, como este artifício não é válido para todos os casos, por existir variáveis de decisão segmentadas que apresentam valores que podem ser combinações de valores de diferentes variáveis de decisão associadas aos trechos segmentados levando a resultados incorretos e para evitar estes, o modelo faz uso de restrições que auxiliem na determinação correta dos resultados.

4.2.1 DOS RESERVATÓRIOS E AS RESTRIÇÕES DE SEUS COMPONENTES

Os reservatórios, no ORNAP, podem ser conectados a outros elementos do sistema a montante, a exemplo de nó do sistema onde receba vazões afluentes, e a jusante, a exemplo de vertedouros, descarregadores de fundo e tomadas d'água, como mostrado na Figura 4.1.

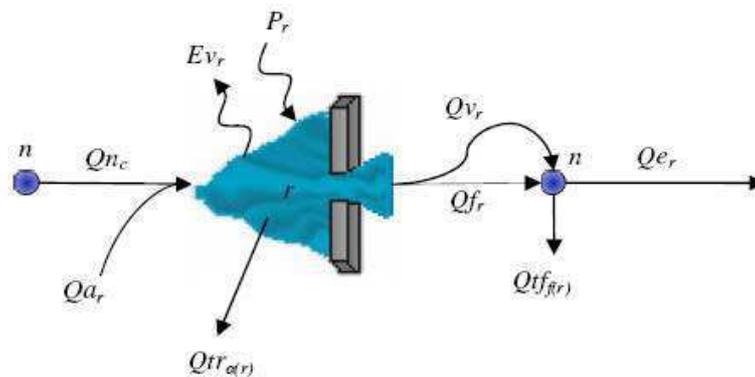


Figura 4.1: Diagrama representando os componentes representados pelo ORNAP.

Fonte: Santos (2009).

As vazões afluentes em cada um dos elementos dependem dos parâmetros hidráulicos e do nível de água do reservatório. Porém, o reservatório pode estar conectado a um nó a montante que venha a receber vazões afluentes, então o programa realiza um balanço hídrico mensal de cada reservatório que é baseado no princípio de conservação da massa e determina a variação mensal do volume nele armazenado que é dado pela Equação 4.20.

$$VR_r(t) = VR_r(t-1) + Q_{a_r}(t) - \sum_{\alpha(r)} Q_{tr_{\alpha(r)}}(t) - Q_{f_r}(t) - Q_{v_r}(t) + P_r(t) - E_{v_r}(t) + Q_{n_c}(t) \quad (4.20)$$

Onde: r – índice que representa o r -ésimo reservatório do sistema;

n – índice que representa o n -ésimo nó do sistema;

$VR_r(t)$ – volume do reservatório r no final do mês t ;

$VR_r(t-1)$ – volume do reservatório r no início do mês t ;

$Qa_r(t)$ – volume correspondente a vazão afluyente ao reservatório r no mês t ;

$\alpha(r)$ – índice que representa a α -ézima tomada d'água do reservatório r ;

$f(r)$ – índice que representa a f -ézima tomada d'água de fundo do reservatório r ;

$Qtr_{\alpha(r)}(t)$ – volume correspondente a α -ézima vazão de tomada d'água do reservatório r no mês t ;

$Qf_r(t)$ – volume correspondente a vazão de descarga de fundo do reservatório r no mês t ;

$Qv_r(t)$ – volume vertido do reservatório r no mês t ;

$P_r(t)$ – volume precipitado no reservatório r no mês t ;

$Ev_r(t)$ – volume evaporado no reservatório r no mês t ;

$Qn_c(t)$ – volume correspondente a vazão de entrada no reservatório r oriundo de contribuições da c -ézima calha (trecho) do rio a montante do reservatório r no mês t .

A alocação mensal de água do reservatório para os diversos usos, as áreas do espelho d'água, as cotas do nível de água e os volumes mensais de água do reservatório, dependendo das vazões afluentes, variam mês a mês sendo necessário atualizá-los mensalmente. Logo, utiliza-se as relações *cota-área-volume* de cada um dos reservatórios.

As atualizações mensais das cotas, áreas e volumes também servem para que se estabeleçam limites para os cálculos dos volumes afluentes via tomadas d'água, descargas de fundo e extravasores. A vazão a ser aduzida através das tomadas d'água está limitada a sua capacidade máxima e a cota da tomada d'água, o que pode ser descrito, matematicamente, por:

$$0 \leq Qtr_{\alpha(r)}(t) \leq Qtr_{max_{\alpha(r)}}(t) \quad (4.21)$$

$$Qtr_{\alpha(r)}(t) \geq 0, \text{ se } HRr(t) \geq Htr_{\alpha(r)} \quad (4.22)$$

Onde: $Qtr_{max_{\alpha(r)}}(t)$ – volume máximo de captação pela α -ézima tomada d'água do reservatório r no mês t ;

$HRr(t)$ – cota do nível d'água do reservatório r no mês t ;

$Htr_{\alpha(r)}$ - é a cota da α -ézima tomada d'água no reservatório r .

O volume precipitado e evaporado no reservatório em cada mês t é dado pelas Equações 4.23 e 4.24, abaixo.

$$Pr(t) = pr(t) * \left(\frac{ARr(t) + ARr(t-1)}{2} \right) \quad (4.23)$$

$$Er(t) = er(t) * \left(\frac{ARr(t) + ARr(t-1)}{2} \right) \quad (4.24)$$

Onde: $Pr(t)$ – taxa de precipitação para o reservatório r no mês t ;

$Er(t)$ – taxa de evaporação para o reservatório r no mês t ;

$ARr(t)$ – área do espelho d'água do reservatório r no final do mês t ;

$ARr(t-1)$ – área do espelho d'água do reservatório r no início do mês t .

As vazões extravasadas pelos vertedouros somente serão observadas se, e somente se, as condições abaixo forem satisfeitas:

$$0 \leq Q_{vr}(t) \leq Q_{vmaxr}(t) \quad (4.25)$$

$$Q_{vr}(t) \geq 0, \text{ se } HRr(t) \geq H_{vert_r} \quad (4.26)$$

Onde: Q_{vmaxr} – representa a vazão máxima vertida projetada para o reservatório r ;

H_{vert_r} – representa a cota da soleira do vertedor do reservatório r .

A vazão liberada pelo descarregador de fundo do reservatório r está limitada por uma vazão de descarga de fundo máxima em cada mês t , dada pela Equação 4.27, citada por DAEE (2005).

$$Q_{fmaxr}(t) = C_{fr} * A_{fr} * \sqrt{2g(HRr(t) - H_{fsr})} \quad (4.27)$$

Onde: C_{fr} – coeficiente de vazão de descarga de fundo do reservatório r ;

A_{fr} – área da seção transversal do tubo de descarga de fundo do reservatório r ;

H_{fsr} – cota jusante da geratriz inferior do tubo de descarga de fundo do reservatório r .

A operação de reservatórios ocorre sempre de forma que obtenhamos um volume final $VR(t)$ e um volume inicial $VR(t-1)$, e conseqüentemente, uma cota final e inicial que vão resultar em duas vazões descarregadas máximas, uma no início e outra no final do mês. Então, para minimizar esta problemática decidiu-se trabalhar com a média destas duas vazões calculadas.

O volume de água do reservatório r encontra-se limitado pelo:

$$VR_{morto_r} \leq VR_r(t) \leq VR_{cap_r} \quad (4.28)$$

Onde: VR_{morto_r} – representa o volume morto do reservatório r .

Curi & Curi (2001) afirmam que a sustentabilidade hídrica do sistema só é garantida quando o reservatório apresenta seu volume final igual ou superior ao seu volume inicial. E de acordo com Santos (2009), esta restrição pode ser incorporada ao problema em estudo estabelecendo que o volume mínimo do último mês seja igual ou superior ao volume inicial.

4.2.2 CRITÉRIOS OPERACIONAIS E RESTRIÇÕES FÍSICAS

Os critérios operacionais e restrições físicas quanto à agricultura irrigada constituem objetivos que, também, são contemplados pelo ORNAP. Entre eles, destacam-se os critérios agrônômicos e de mercado, e como restrições físicas: a área a ser irrigada em cada unidade de produção ou perímetro; a vazão a ser captada para a unidade de produção ou perímetro e a não negatividade das variáveis.

O canal ou sistema adutor impõem restrições ao sistema, uma vez que a capacidade do mesmo vai limitar a quantidade de água a ser transportada para as unidades de produção ou perímetro irrigado, que são representadas matematicamente pela Equação 4.29.

$$\sum_{j=1}^{nc} Q_{irr_{jkt}} * AC_{jk} \leq Qt_{max_k} \quad (4.29)$$

Onde: Qt_{max_k} – é a capacidade mensal de volume de água pelo sistema de captação para a unidade de produção ou perímetro k ;

Os limites superiores da capacidade de vazão para cada sistema adutor é estimado através do cálculo da vazão máxima com os dados dos conjuntos locais do sistema motor-bomba, de acordo com a expressão abaixo:

$$Qt \max_k = 3,6 * nh_k * nb_k * Vbcap_k \quad (4.30)$$

Onde: nh_k – número de horas médio mensais de trabalho do sistema de captação de água para a unidade de produção ou perímetro k ;

nb_k – número do motor-bomba do sistema adutor, com iguais capacidades de elevação de altura manométrica e vazão, para a unidade de produção ou perímetro k ;

$Vbcap_k$ – volume médio mensal aduzido por cada bomba do sistema adutor para a unidade de produção ou perímetro k ;

Já as restrições quanto ao limite máximo mensal da área que pode ser plantada por unidade de produção ou perímetro em cada mês t é dada pela Equação 4.31.

$$\sum_{j=1}^{nc} \xi_{jt} * A_{Gk}(n) \leq Ap_{\max_{kt}} \quad (4.31)$$

Onde: $Ap_{\max_{kt}}$ – limite máximo da área total que poderá ser plantada na unidade de produção ou perímetro k no mês t . Sendo:

$\xi_{jt} = 1$, se a cultura j for plantada no mês t na unidade de produção ou perímetro k ;

$\xi_{jt} = 0$, se a cultura j não for plantada no mês t na unidade de produção ou perímetro k ;

As restrições quanto aos critérios agrônômicos e de mercado se referem aos limites máximos e mínimos das áreas a serem plantadas com cada tipo de cultura por unidade de produção ou perímetro irrigado, e as mesmas são expressas através da Equação 4.32.

$$A_{\min_{jk}}(n) \leq A_{Gk}(n) \leq A_{\max_{jk}}(n) \quad (4.32)$$

Onde: $Acmin_{jk}$ – área mínima a ser plantada com a cultura j por unidade de produção ou perímetro k no ano n ;

$Acmax_{jk}$ – área máxima a ser plantada com a cultura j por unidade de produção ou perímetro k no ano n .

4.2.3 OUTROS COMPONENTES DO SISTEMA

O programa restringe, também, outros componentes do sistema a exemplo das calhas dos rios que podem apresentar suas vazões limitadas por valores inferiores, o que indica o requerimento de regularizações e de vazões ecológicas para saneamento do rio, e superiores para o controle de cheias, representadas matematicamente por:

$$Qnmin_c(t) \leq Qn(t) \leq Qnmax_c(t) \quad (4.33)$$

Onde: $Qnmin_c$ – volume mínimo na c -ézima calha de rio no mês t ;

$Qnmax_c$ – volume máximo na c -ézima calha de rio no mês t .

O programa, além de apresentar as restrições descritas anteriormente, promove a avaliação das perdas que ocorre no sistema por evaporação e infiltração e o balanço hídrico em cada nó do sistema através da seguinte expressão:

$$\sum_i Qentra_{i,n}(t) = \sum_j Qsai_{j,n}(t) \quad (4.34)$$

Onde: $Qentra_{i,n}(t)$ – representa o i -ézima volume que entra no nó, no mês t ;

$Qsai_{j,n}(t)$ – representa o j -ézima volume que sai no nó, no mês t .

4.3 ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

O ORNAP é um modelo que implementa um processo iterativo de otimização o qual faz uso do artifício de linearização por segmentos que garante a minimização de uma função convexa

(caso da Equação 4.18). Todavia, este processo como já mencionado outrora não ocorre em certos casos, logo é necessário que ele faça uso de restrições para garantir resultados corretos.

A implementação destas restrições só ocorre porque o modelo utiliza um procedimento da Programação Linear que é conhecido como Programação Linear Sequencial ou Sucessiva.

Uma vez que a mesma permite que a cada interação os trechos segmentados do volume das variáveis de decisão sejam ajustados de modo a gerar em resultados corretos, isto ocorre logo na primeira otimização ($l = 1$), indicando a solução ótima do problema. Porém, quando isso não ocorre, para uma boa aceitação dos resultados, além da verificação dos valores dos trechos segmentados, é analisado os valores calculados para função objetivo f_o , sendo avaliada através do erro relativo ($erro_{f_o}$) dado por:

$$erro_{f_o} = \left| \frac{f_{o_l} - f_{o_{l-1}}}{f_{o_l}} \right| \leq tol \quad (4.35)$$

Onde: l – indica o número de vezes que está sendo aplicado o processo de otimização em PL ($l \geq 2$);

f_{o_l} – valor da função objetivo para a l – ézima otimização.

Vale ressaltar que o erro relativo deve respeitar certo nível de tolerância especificado para o sistema a ser otimizado, para este trabalho utiliza-se uma tolerância da ordem de 10^{-8} .

O ORNAP apresenta um caráter multiobjetivo que permite que o atendimento de uma determinada demanda do sistema tenha prioridade maior do que o volume meta do reservatório. Caráter este que proporciona ao sistema em um período crítico (ano seco ou atendimento a uma demanda alta) garantir o atendimento das demandas requeridas com prioridade maior do que o volume meta do reservatório, pois as restrições implementadas pelo modelo possibilitam diminuir o volume evaporado preenchendo os últimos trechos do reservatório – para curva área-volume –, isto porque as declividades dos últimos trechos segmentados são menores que os primeiros trechos, o que resultará numa menor área do espelho d'água do reservatório e conseqüentemente no volume evaporado.

4.4 DESCRIÇÃO DO ALGORÍTIMO DO MODELO

O algoritmo do modelo é descrito pelo fluxograma da Figura 4.2, o mesmo mostra que as saídas do modelo possibilitam extensivas análises do desempenho do sistema hídrico em estudo, pois determina valores mensais para volumes, cotas e áreas de espelho d'água, vazões mensais de afluxos, de descargas e de sangria para os reservatórios; vazões mensais nas tomadas d'água e nas calhas do rio; vazões mensais para irrigação por perímetro, áreas irrigadas e mão-de-obra alocada por cultura e por perímetro; receita líquida anual auferida por cultura em cada perímetro; áreas mínimas de espelho d'água, produção de pescado, mão de obra e receita líquida anual advinda da piscicultura, para cada reservatório.

O programa ainda realiza a interação dos trechos segmentados do volume das variáveis de decisão para que sejam ajustados de modo a gerar resultados corretos, porém, quando isso não ocorre permite a verificação dos valores dos trechos segmentados para que os resultados possam ser aceitos com certo nível de tolerância.

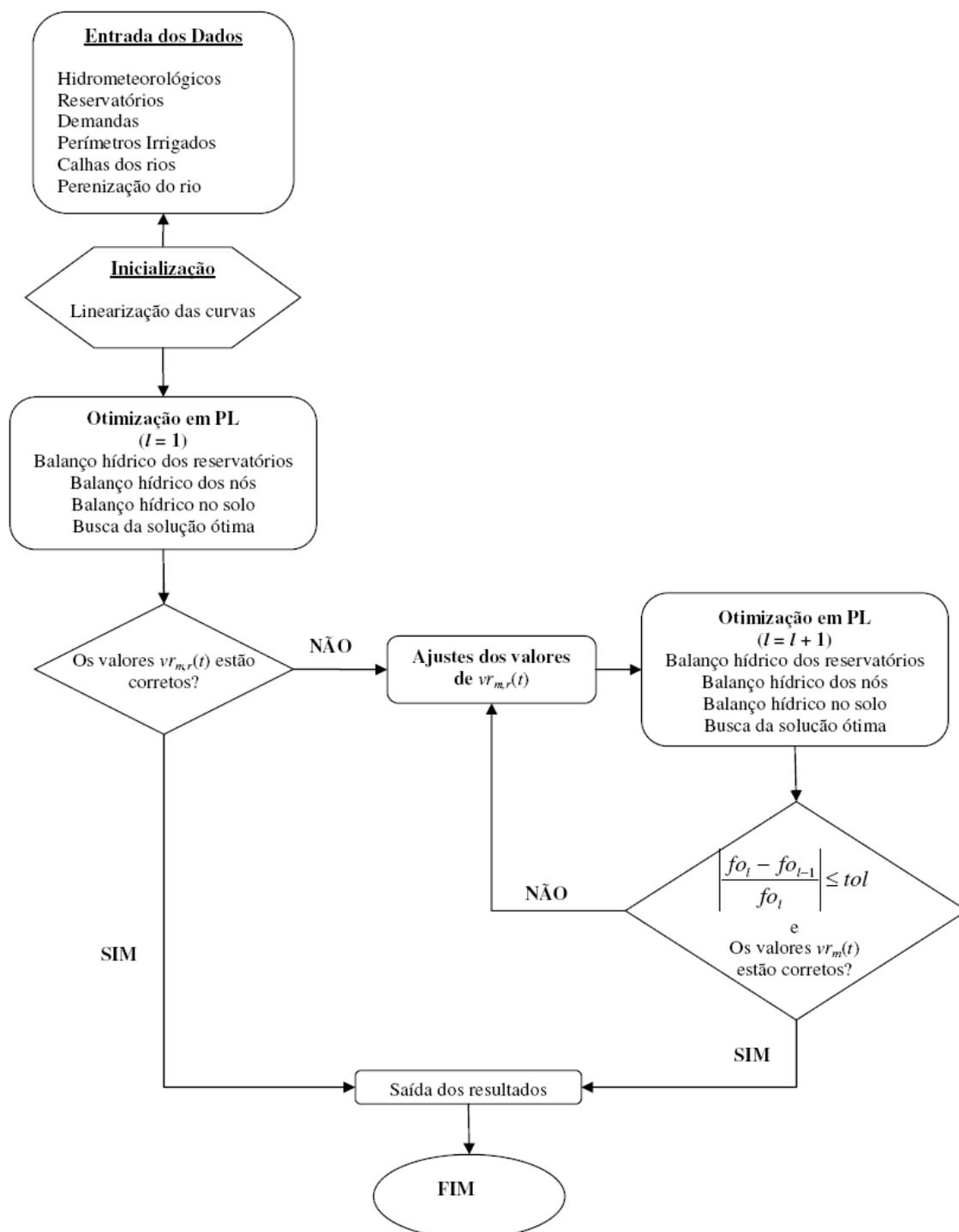


Figura 4.2: Fluxograma do ORNAP.

Fonte: Santos (2009).

4.5 ESTRUTURAÇÃO PARA O MODELO DE OTIMIZAÇÃO

A configuração da representação do sistema para o modelo de otimização está apresentada na Figura 4.3, onde está indicado o posicionamento de cada um dos pequenos açudes visitados em campo e que fizeram parte deste estudo. Vale salientar que os usos múltiplos foram otimizados para cada pequeno açude individualmente e que a otimização só ocorreu para os açudes que tinham sua capacidade volumétrica variando entre 100.000 m³ e 1.000.000 m³, ou seja, dentre os pequenos açudes visitados os que apresentaram capacidade volumétrica inferior a 100.000 m³ não tiveram seus usos múltiplos otimizados.

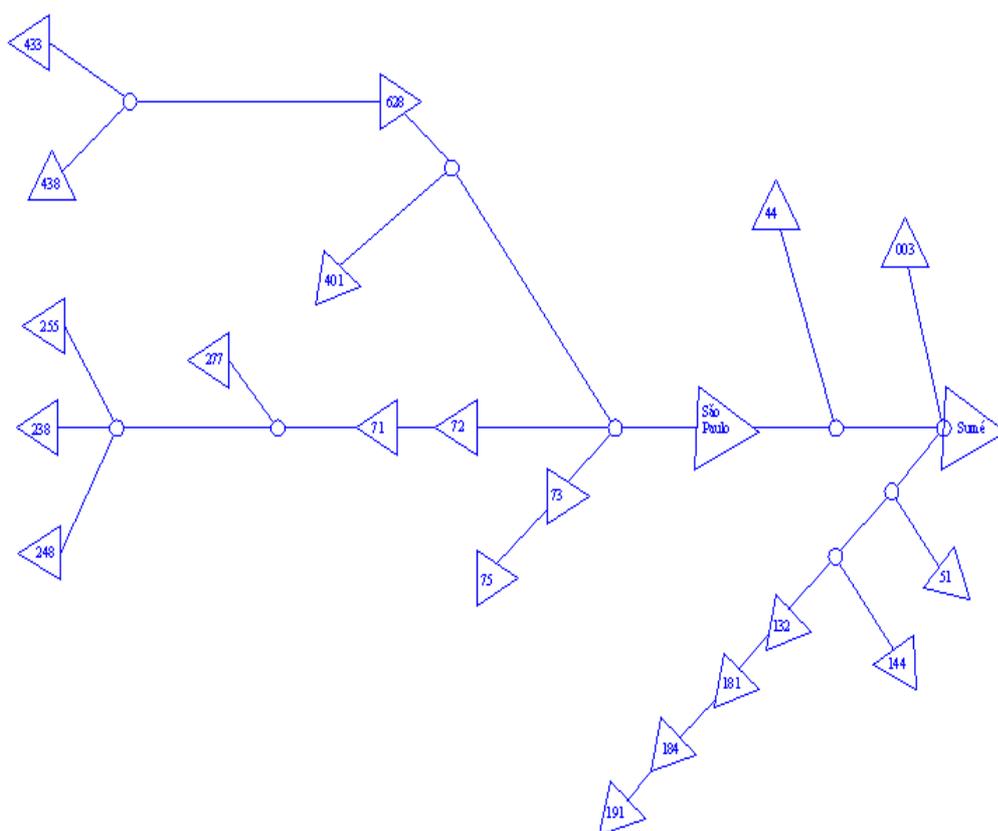


Figura 4.3: Esquema do sistema hídrico para o modelo de Otimização.

CAPÍTULO 5

5. METODOLOGIA

5.1 GENERALIDADES

A metodologia aplicada para a elaboração deste estudo foi desenvolvida em duas etapas: a primeira voltada para determinação dos dados de entrada do modelo utilizado, tendo em vista a necessidade de estimar os dados para os pequenos açudes uma vez que não existem dados coletados e a segunda direcionada para a definição dos cenários usados na análise do sistema hídrico.

5.2 DETERMINAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA DO MODELO

5.2.1 DADOS DE PRECIPITAÇÃO

A metodologia aplicada na estimativa dos dados da precipitação regional, utilizado no estudo do sistema hídrico, foi o método do Polígono de Thiessen e o método da Interpolação Ponderada pelo Inverso do Quadrado da Distância.

O Método do Polígono de Thiessen é uma metodologia de interpolação que adota como base os dados do posto vizinho mais próximo para o cálculo da precipitação média de uma bacia hidrográfica. O mesmo define a área de influência de cada posto, na forma de um polígono, e esta área vai funcionar como uma ponderação para o cálculo da precipitação média da bacia hidrográfica. Este polígono é obtido unindo os postos pluviométricos por meio de linhas e a partir de cada posto são traçadas linhas perpendiculares, gerando a intercepção das linhas médias entre si com o limite da bacia que vai fornecer as áreas de influencia.

Como este método de interpolação é utilizado para o cálculo da precipitação média da bacia hidrográfica e não nos fornece a precipitação para um ponto específico da bacia, utilizou-se o mesmo apenas como metodologia auxiliar na escolha dos postos que permitiriam englobar todos os pequenos açudes (tratados como pontos específicos da Bacia do Açude de Sumé). Depois se utilizou o método da Interpolação Ponderada pelo Inverso do Quadrado da Distância que permite

calcular a precipitação para um ponto específico da bacia hidrográfica. Os postos utilizados no estudo são apresentados no Quadro 5.1 abaixo.

Quadro 5.1 - Postos Pluviométricos Utilizados no Estudo.

POSTO	LATITUDE	LONGITUDE
Amparo	-7.569700	-37.063900
Monteiro	-7.885000	-37.126900
Ouro Velho	-7.620600	-37.150800
Prata	-7.695000	-37.084200
Sumé	-7.673600	-36.896400
Sumé/FB	-7.506900	-36.963100

Fonte: Site da AESA (<http://site2.aesa.pb.gov.br>).

A determinação da precipitação direta que ocorre sobre cada um dos 42 pequenos açudes foi feita através do Método da Interpolação Ponderada pelo Inverso do Quadrado da Distância o qual divide a bacia hidrográfica em um grande número de células quadradas. Foi estimada a média dos valores de precipitação em todas as células, ou seja, considera que a chuva em um ponto da célula pode ser calculada como uma média ponderada das chuvas registradas em pluviômetros da região. Esta ponderação é feita de forma que os postos pluviométricos mais próximos sejam considerados com um peso maior no cálculo da média segundo o método de interpolação utilizado, como mostra a Figura 5.1.

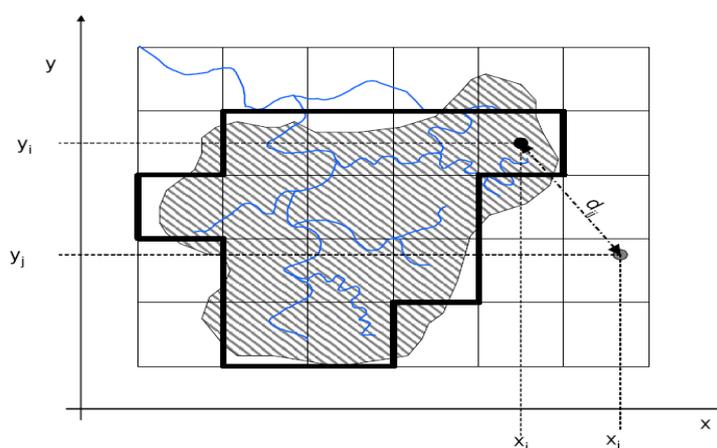


Figura 5.1 – Ilustração do Método da Interpolação Ponderada pelo Inverso do Quadrado da Distância.

O Método da Interpolação Ponderada pelo Inverso do Quadrado da Distância foi aplicado com o auxílio do Software ARCGIS na sua versão 9.2, para cada ano da série histórica utilizada no estudo. Assim foi obtido, com a ajuda do software, as precipitações mensais de cada pequeno açude para cada ano da série em estudo, que é composta de 120 meses (10 anos).

5.2.2 DADOS DE EVAPORAÇÃO

Como a região em estudo não dispõe de dados de evaporação para os pequenos açudes, utilizou-se a metodologia do Polígono de Thiessen para a estimativa deste dado. Traçou-se o mesmo com o auxílio do Software ARCGIS na sua versão 9.2 e se verificou em que área de influência os pequenos açudes estavam localizados, para, então, assumir os valores de evaporação de acordo com a influência dos postos utilizados.

A partir do Polígono de Thiessen obtido para determinação da evaporação dos 42 pequenos açudes, verificou-se que os mesmos só sofrem influência dos postos de Monteiro e Sumé, como mostrado nas Figuras 5.2.

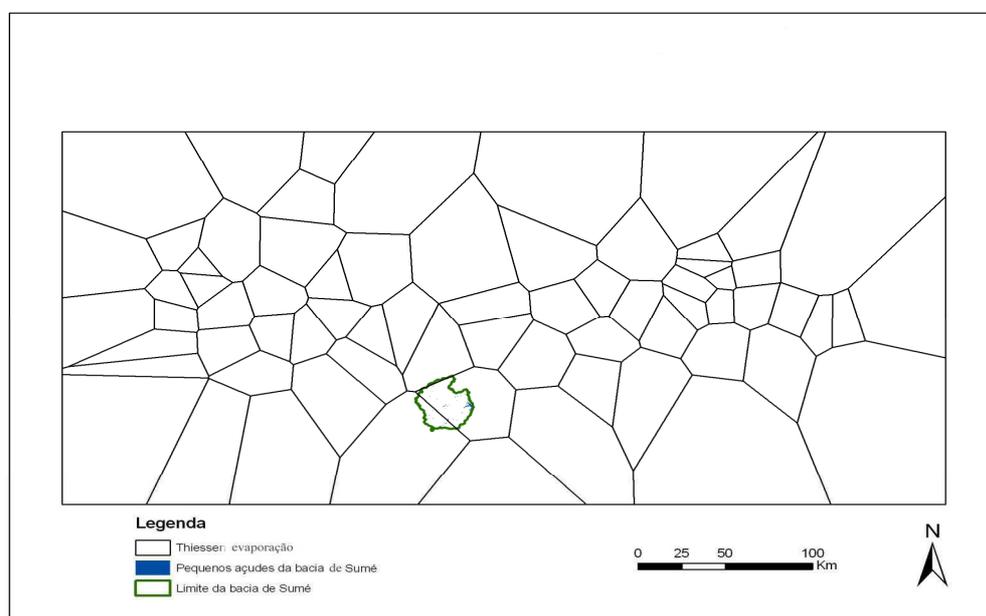


Figura 5.2 – Polígono de Thiessen obtido para a determinação da Evaporação dos 42 pequenos açudes que integram a Sub-bacia do Açude de Sumé.

A Tabela 5.1 mostra os valores da evaporação média mensal para os pequenos açudes obtidos através da estação meteorológica de Monteiro, como não há uma estação meteorológica em Sumé adotou-se os mesmos valores para toda região estudada.

Tabela 5.1 - Evaporação média mensal em mm para a estação meteorológica de Monteiro

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Evap	232,8	117,7	156,4	116,4	114,6	127	156,4	205,7	238,9	263	266,1	272,5

5.2.3 DADOS DE VAZÕES AFLUENTES MENSAIS

As vazões afluentes foram calculadas através do modelo determinístico de simulação hidrológica do tipo chuva-vazão, SMAP, desenvolvido por Lopes em 1981. O mesmo realiza o balanço de umidade do solo baseado em dois reservatórios lineares que representam o solo (camada superior) e o aquífero (reservatório subterrâneo). A Figura 5.4 apresenta a estrutura de sua versão mensal.

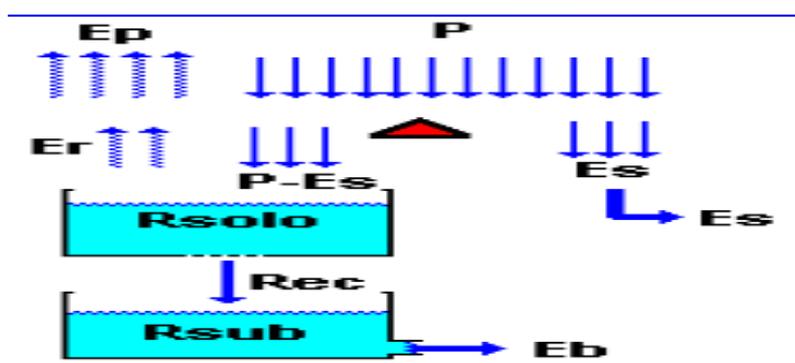


Figura 5.3 – Representação da Versão mensal do modelo SMAP

Lopes *et al.* (1981) concebem o modelo SMAP como um modelo matemático do tipo conceitual determinístico, que possui uma estrutura relativamente simples e opera com dados de chuva diária e mensal e média mensal de evaporação potencial.

Neste trabalho, utilizou-se a versão mensal do SMAP, aonde se utilizou o critério da divisão da bacia em sub-bacias pela rede de drenagem para determinar as vazões afluentes. Uma planilha do EXCEL foi elaborada no sentido a calibrar os parâmetros para os quatro açudes de maior porte que integram a Bacia Hidrográfica do Açude Público de Sumé, por serem os únicos açudes da bacia que dispõem de dados hidrometeorológicos. Obteve-se, assim, os parâmetros necessários para o cálculo da série histórica das vazões afluentes dos pequenos açudes.

5.2.4 DADOS DE DEMANDAS DOS PEQUENOS AÇUDES

As demandas para o consumo humano dos pequenos açudes foram estimadas a partir do cálculo da densidade da população rural e do consumo diário por cada habitante rural.

A densidade populacional rural foi calculada para cada pequeno açude considerando que ele tenha uma área de influência dada por um raio de 3 km quando este tem uma capacidade de acumulação inferior em relação aos demais e os de maior capacidade por um raio de 10 km. Enquanto o consumo diário por habitante rural, admitindo-se uma margem de segurança, considerou-se de 20 l/hab/dia já que Gleick (1996), apud Silva *et al.* (2009) afirmam que a quantidade mínima per capita suficiente para atender as necessidades básicas de ingestão, higiene, serviços sanitários e cozinhar é de aproximadamente 50 l/hab/dia por habitante urbano.

5.2.5 DADOS DOS RESERVATÓRIOS

Os dados dos reservatórios foram levantados “in locum”, pela equipe do Projeto DISPAB-UFPB/AESA em 2008, uma vez que não existiam dados registrados dos 631 pequenos açudes que formam o sistema hídrico em estudo. Porém, o levantamento de campo contemplou apenas 42 destes que foram repassados para a realização do presente estudo.

5.2.6 DADOS DE PISCICULTURA

Os dados de piscicultura utilizados nesta pesquisa foram obtidos no trabalho de Barbosa (2008), os mesmos são utilizados na prática da piscicultura extensiva em reservatórios na região Semi-Árida Nordestina, são eles:

- Custo de alevinagem (Cal) = R\$ 100,00 ha / ano;
- Produtividade média de pescado (Pdp) = 500 Kg/ ha / ano;
- Preço médio de venda do pescado = R\$ 3,50 Kg;
- Despeca média anual por pescador = 1.500 Kg/ ha / ano.

5.2.7 DADOS DE IRRIGAÇÃO

A irrigação é uma operação agrícola que supre a necessidade que as plantas apresentam de água e esta necessidade, em geral, é sazonal. Atingindo um máximo durante os meses secos e um mínimo ou nenhuma demanda de água nos meses chuvosos.

Os dados de irrigação utilizados nesta pesquisa foram obtidos no trabalho de Barbosa (2008), estão resumidos nas Tabelas 5.2, 5.3 e 5.4.

Os coeficientes utilizados para o cálculo da evapotranspiração potencial ETP, em mm/mês, das culturas selecionadas para o estudo estão apresentados na Tabela 5.2, enquanto os dados dos sistemas de irrigação aplicados as culturas estão na Tabela 5.3.

Tabela 5.2 - Coeficiente de cultivo médio das culturas adotados no perímetro irrigado

Culturas	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Tomate(s)	0.0	0.0	0.58	1.10	0.57	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pimentão(s)	0.0	0.0	1.06	1.21	0.96	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Feijão(s)	0.0	0.0	0.54	1.18	1.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Repolho(s)	0.0	0.0	0.52	0.93	1.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Alface(s)	0.0	0.0	0.80	0.80	1.00	0.96	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cebola(s)	0.0	0.0	0.75	0.85	0.95	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tomate(es)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.60	1.1	0.60	0.0	0.0
Pimentão(es)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.2	1.0	0.0	0.0
Feijão(es)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.2	1.1	0.0
Repolho(es)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	1.1	0.0
Alface(es)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	0.80	1.0	1.0	0.0
Cebola(es)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	0.90	1.0	0.70	0.0
Banana perene	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	0.85	1.00	1.10	1.10	0.90	0.80	0.80
Goiaba perene	0.45	0.45	0.45	0.70	0.70	0.70	0.80	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70

5.3 METODOLOGIA APLICADA NA ANÁLISE DO SISTEMA HÍDRICO EM ESTUDO

A metodologia aplicada à análise do sistema hídrico em estudo consistiu na definição de cenários que permitissem analisar e compreender o comportamento dos pequenos açudes, quando estes fossem submetidos a usos distintos. Desta maneira, pode-se verificar como melhor aproveitar as águas reservadas nestes reservatórios, principalmente no sentido de eliminar as perdas do sistema hídrico causadas pela evaporação.

5.4 DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS

Neste tópico serão descritos os quatro cenários desenvolvidos para a realização deste estudo e o objetivo de cada um dos cenários. São eles:

5.4.1 CENÁRIO 1 (C1)

O Cenário 1 é considerado padrão, caracteriza-se por ser base de comparação entre os outros cenários, ocorrendo o uso das águas do açude só para o abastecimento humano e animal, não sendo desenvolvido nenhum aproveitamento econômico neste cenário. Este tem o objetivo de verificar o desempenho atual e analisar as perdas por evaporação e vertimento.

5.4.2 CENÁRIO 2 (C2)

O Cenário 2 caracteriza-se por acrescentar ao cenário padrão o uso do açude para piscicultura extensiva. Neste cenário o abastecimento humano e animal tem maior prioridade que a piscicultura. O objetivo deste cenário é de verificar se a água que está ficando sem ser usada nos pequenos açudes a partir dos usos atuais – estabelecidos no Cenário 1– pode ser aproveitada para piscicultura, gerando aproveitamento econômico dos pequenos açudes.

5.4.3 CENÁRIO 3 (C3)

O Cenário 3 caracteriza-se por atender as demandas de abastecimento humano e animal, irrigação e piscicultura. Neste cenário, o uso prioritário continua sendo o abastecimento humano e animal, sendo a irrigação a segunda prioridade e a piscicultura a terceira prioridade. O objetivo deste cenário é de verificar como os pequenos açudes se comportam desenvolvendo todos os usos e, também, qual a receita líquida e usos de mão-de-obra para região que podem ser geradas.

5.4.4 CENÁRIO 4 (C4)

O Cenário 4 caracteriza-se por atender as demandas de abastecimento humano e animal, piscicultura e irrigação. Neste cenário, o uso prioritário continua sendo o abastecimento humano e animal seguido pela piscicultura e a última prioridade é a irrigação. O objetivo deste cenário é fazer um “uso mais conservador” e com maior segurança para o atendimento ao abastecimento humano e animal, ou seja, atender a agricultura irrigada com águas que poderão ser perdidas por vertimento ou evaporação.

Tabela 5.5 – Distinção básica entre os cenários adotados para otimização do sistema

	C1	C2	C3	C4
USOS DESENVOLVIDOS	ABASTECIMENTO HUMANO E ANIMAL			
			AGRICULTURA IRRIGADA	PISCICULTURA EXTENSIVA
		PISCICULTURA EXTENSIVA	PISCICULTURA EXTENSIVA	AGRICULTURA IRRIGADA

CAPÍTULO 6

6. RESULTADOS E ANÁLISES

Os resultados obtidos com a aplicação do ORNAP para todos os cenários estabelecidos no estudo do sistema hídrico formado pelos pequenos açudes que integram a Bacia do Açude de Sumé encontram-se apresentados neste capítulo.

6.1 RESULTADOS E ANÁLISES DO CENÁRIO 1

O Cenário 1 foi utilizado como padrão de comparação com os demais, neste cenário levou-se em consideração apenas os usos dos recursos hídricos para atender o abastecimento humano e animal da população local e, assim, verificar se os pequenos açudes em estudo, que integram a Bacia do Açude de Sumé, têm capacidade de suprir este requerimento hídrico.

Os Indicadores de Sustentabilidade gerados pelo ORNAP para o Cenário 1, apresentados na Tabela 6.1, demonstram que as vazões requeridas para o abastecimento humano e animal a serem fornecidos pelos pequenos açudes foram plenamente atendidas, com exceção dos açudes de código 72, 181 e 238 que não tiveram suas demandas atendidas plenamente. Estes três pequenos açudes não dispõem de água suficiente para atender a demanda humana e animal em todo tempo estudado.

O baixo valor para o indicador Resiliência, para estes três reservatórios, significa que estes reservatórios demoram a se recuperarem quando entram em um estado de falha.

Dentre os três pequenos açudes que não tiveram as demandas humana e animal plenamente atendidas em todo período estudado, o açude de código 72 foi o que apresentou um maior índice de Vulnerabilidade (63%) e este fato indica que nos meses que ocorreram falhas, pelo menos para um mês, foi de grande magnitude, com um déficit máximo de 100% o qual nos leva a concluir que a demanda requerida para o abastecimento humano e animal em algum dos meses não teve nenhuma vazão alocada a ela, ocasionando assim um Índice de Sustentabilidade de apenas 3%.

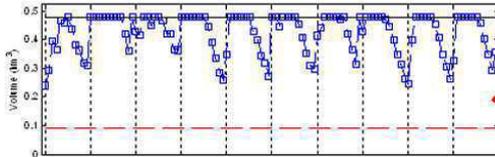
Tabela 6.1: Indicadores de Sustentabilidade associados aos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 1)

Código dos Açudes	Confiabilidade (%)	Nº de Falhas	Resiliência (%)	Vulnerabilidade (%)	Déficit máx (%)	Sustentabilidade (%)
3	100	0	0	0	0	100
44	100	0	0	0	0	100
51	100	0	0	0	0	100
71	100	0	0	0	0	100
72	89	13	8	63	100	3
73	100	0	0	0	0	100
75	100	0	0	0	0	100
132	100	0	0	0	0	100
144	100	0	0	0	0	100
181	94	13	14	22	25	11
184	100	0	0	0	0	100
191	100	0	0	0	0	100
238	93	8	13	24	25	9
248	100	0	0	0	0	100
255	100	0	0	0	0	100
277	100	0	0	0	0	100
401	100	0	0	0	0	100
433	100	0	0	0	0	100
438	100	0	0	0	0	100
628	100	0	0	0	0	100

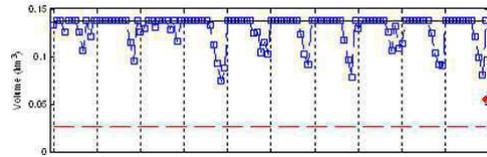
O gráfico do comportamento hídrico de cada um dos pequenos açudes é apresentado nas Figuras 6.1 e 6.2. Elas mostram que o comportamento hídrico da maioria dos pequenos açudes atendeu a condição de sustentabilidade hídrica que consiste em um volume final maior que o volume inicial. E que o menor volume ao longo da série dos 10 anos foi muito superior ao volume mínimo do reservatório.

- Volume do reservatório
- Capacidade do reservatório
- - - Volume morto do reservatório
- Volume inicial do reservatório

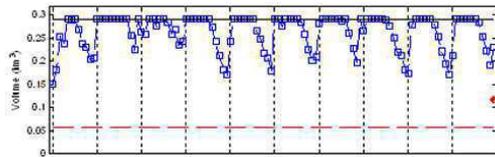
AÇUDE 003



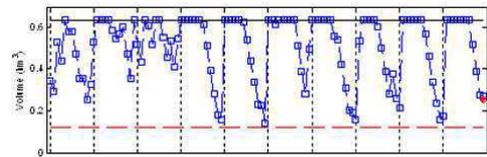
AÇUDE 44



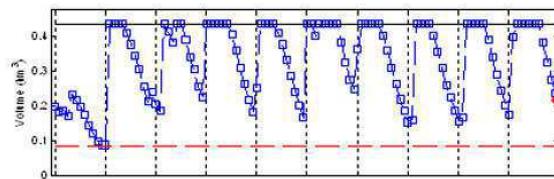
AÇUDE 51



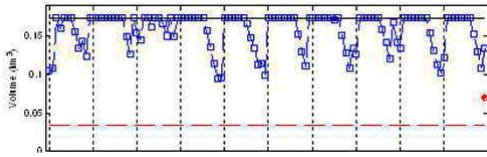
AÇUDE 71



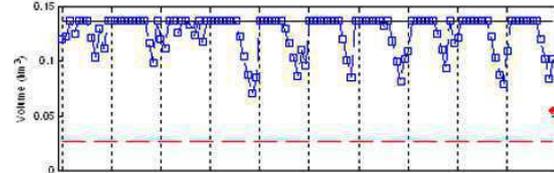
AÇUDE 72



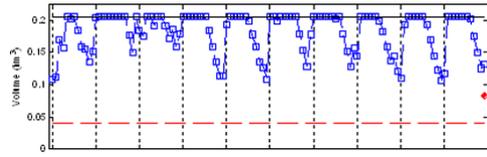
AÇUDE 73



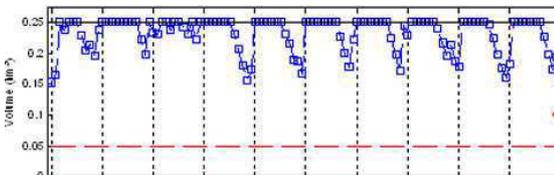
AÇUDE 75



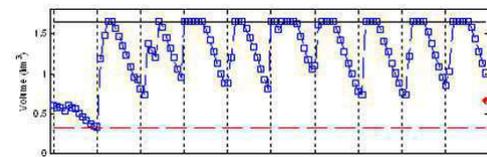
AÇUDE 132



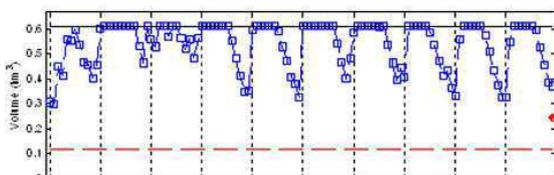
AÇUDE 144



AÇUDE 181



AÇUDE 184



AÇUDE 191

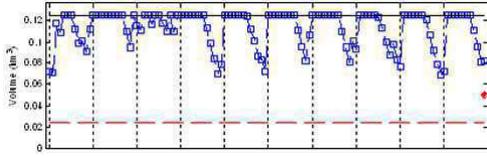


Figura 6.1 – Comportamento hídrico dos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário1).

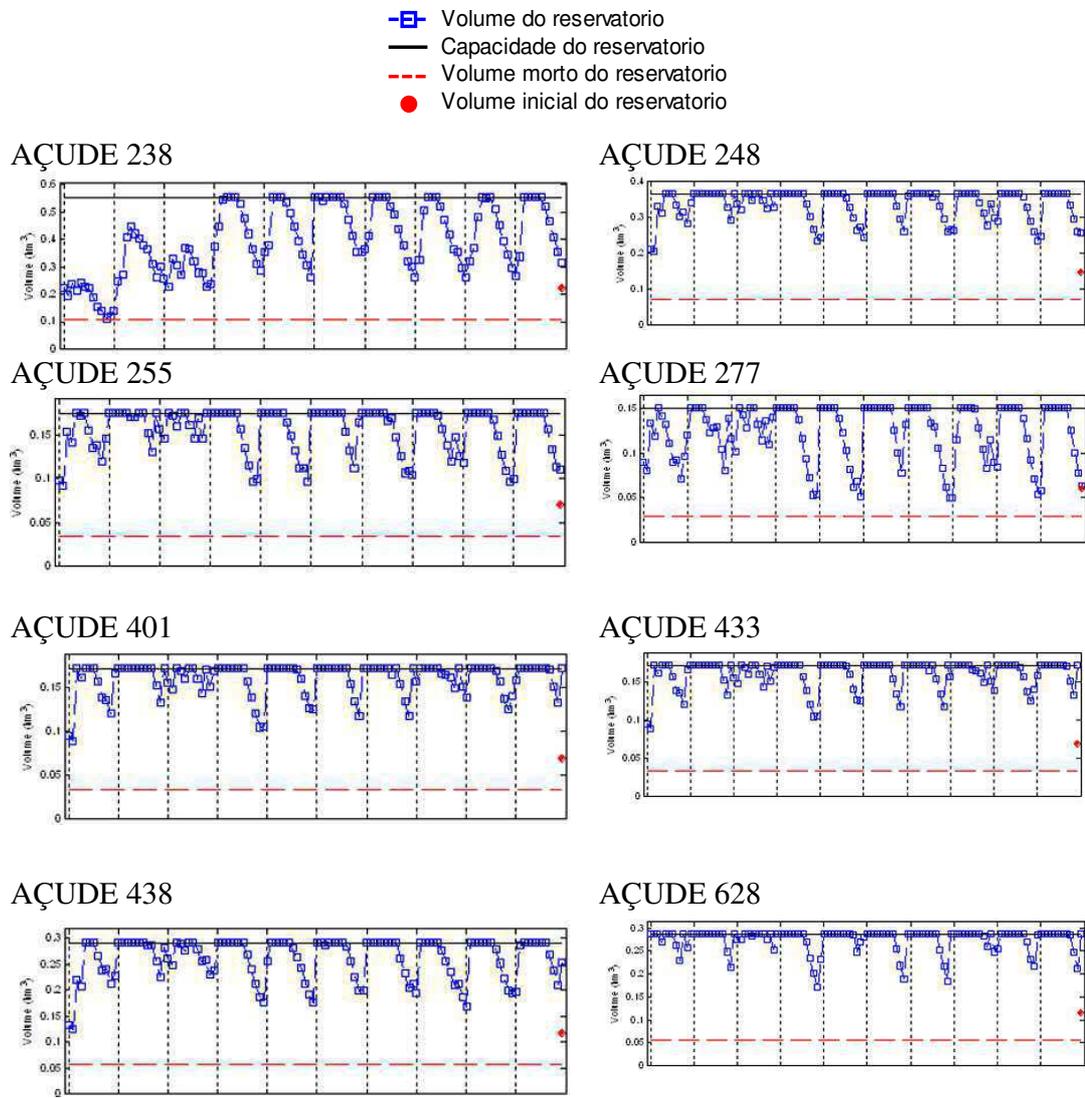


Figura 6.2 – Comportamento hídrico dos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário1).

Tabela 6.2: Resultados Operacionais e Hidrológicos dos pequenos açudes no Cenário 1 para o ano que o atendimento a demanda falhou

Açude 72 – Ano de 199					
Volume do Reservatório (hm ³ /mês)	Volume afluente (hm ³ /mês)	Volume Precipitado (hm ³ /mês)	Volume Evaporado (hm ³ /mês)	Volume Vertido (hm ³ /mês)	Volume para o abastecimento (hm ³ /mês)
0.2000	0.0100	0.0100	0.0300	0.0000	0.0000
0.1800	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0000
0.1900	0.0100	0.0100	0.0200	0.0000	0.0000
0.1700	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0000
0.2300	0.0700	0.0100	0.0100	0.0000	0.0000
0.2200	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000
0.2000	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000
0.1700	0.0000	0.0000	0.0300	0.0000	0.0000
0.1400	0.0000	0.0000	0.0300	0.0000	0.0000
0.1200	0.0000	0.0000	0.0300	0.0000	0.0000
0.1000	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000
0.0900	0.0100	0.0100	0.0200	0.0000	0.0000

Açude 181 – Ano de 199					
Volume do Reservatório (hm ³ /mês)	Volume afluente (hm ³ /mês)	Volume Precipitado (hm ³ /mês)	Volume Evaporado (hm ³ /mês)	Volume Vertido (hm ³ /mês)	Volume para o abastecimento (hm ³ /mês)
0.6500	0.0700	0.0200	0.0600	0.0000	0.0400
0.6000	0.0200	0.0000	0.0300	0.0000	0.0400
0.6700	0.1200	0.0300	0.0400	0.0000	0.0400
0.6000	0.0000	0.0000	0.0300	0.0000	0.0400
0.6500	0.1000	0.0200	0.0300	0.0000	0.0400
0.6100	0.0200	0.0000	0.0300	0.0000	0.0400
0.6000	0.0500	0.0100	0.0400	0.0000	0.0300
0.5200	0.0000	0.0000	0.0500	0.0000	0.0300
0.4400	0.0000	0.0000	0.0500	0.0000	0.0300
0.4000	0.0400	0.0100	0.0500	0.0000	0.0300
0.3300	0.0100	0.0000	0.0500	0.0000	0.0300
0.3300	0.0700	0.0100	0.0400	0.0000	0.0400

Açude 238 – Ano de 199					
Volume do Reservatório (hm ³ /mês)	Volume afluente (hm ³ /mês)	Volume Precipitado (hm ³ /mês)	Volume Evaporado (hm ³ /mês)	Volume Vertido (hm ³ /mês)	Volume para o abastecimento (hm ³ /mês)
0.2237	0.0386	0.0059	0.0206	0.0000	0.0226
0.1967	0.0050	0.0007	0.0100	0.0000	0.0226
0.2386	0.0679	0.0101	0.0136	0.0000	0.0226
0.2110	0.0009	0.0001	0.0103	0.0000	0.0183
0.2434	0.0522	0.0074	0.0102	0.0000	0.0170
0.2276	0.0112	0.0015	0.0116	0.0000	0.0170
0.2216	0.0219	0.0029	0.0139	0.0000	0.0170
0.1877	0.0003	0.0000	0.0172	0.0000	0.0170
0.1530	0.0000	0.0000	0.0178	0.0000	0.0170
0.1409	0.0203	0.0024	0.0178	0.0000	0.0170
0.1112	0.0033	0.0004	0.0163	0.0000	0.0170
0.1196	0.0423	0.0046	0.0159	0.0000	0.0226

A Tabela 6.2 mostra que os açudes 72, 181 e 238 não atenderam as demandas de abastecimento humano e animal nos meses em que seus volumes apresentaram depleção e, coincidentemente, menores vazões afluentes que chegaram a zero e significativas perdas por evaporação. Verifica-se, ainda, que a depleção volumétrica dos açudes ocorreu entre os meses de agosto até dezembro, coincidindo com os meses de menores vazões afluentes e maiores perdas por evaporação.

Apenas três dos pequenos açudes apresentaram os indicadores de Hashimoto com indicação de falha no atendimento, porém, no final do período estudado eles apresentaram volume final superior ao inicial demonstrando que atingiram a condição de sustentabilidade hídrica imposta.

De maneira geral, verificou-se até o presente momento, por meio das análises realizadas para o Cenário 1 (cenário padrão), que as demandas para abastecimento humano e animal foram atendidas, com exceção dos açudes 72, 181 e 238.

As Figuras 6.3 e 6.4 mostram que as demandas são crescentes ao longo dos dez anos, pois foi considerada no estudo uma taxa de crescimento anual de 0,67%, calculada a partir de dados obtidos do IBGE de 2007 para a região de estudo.

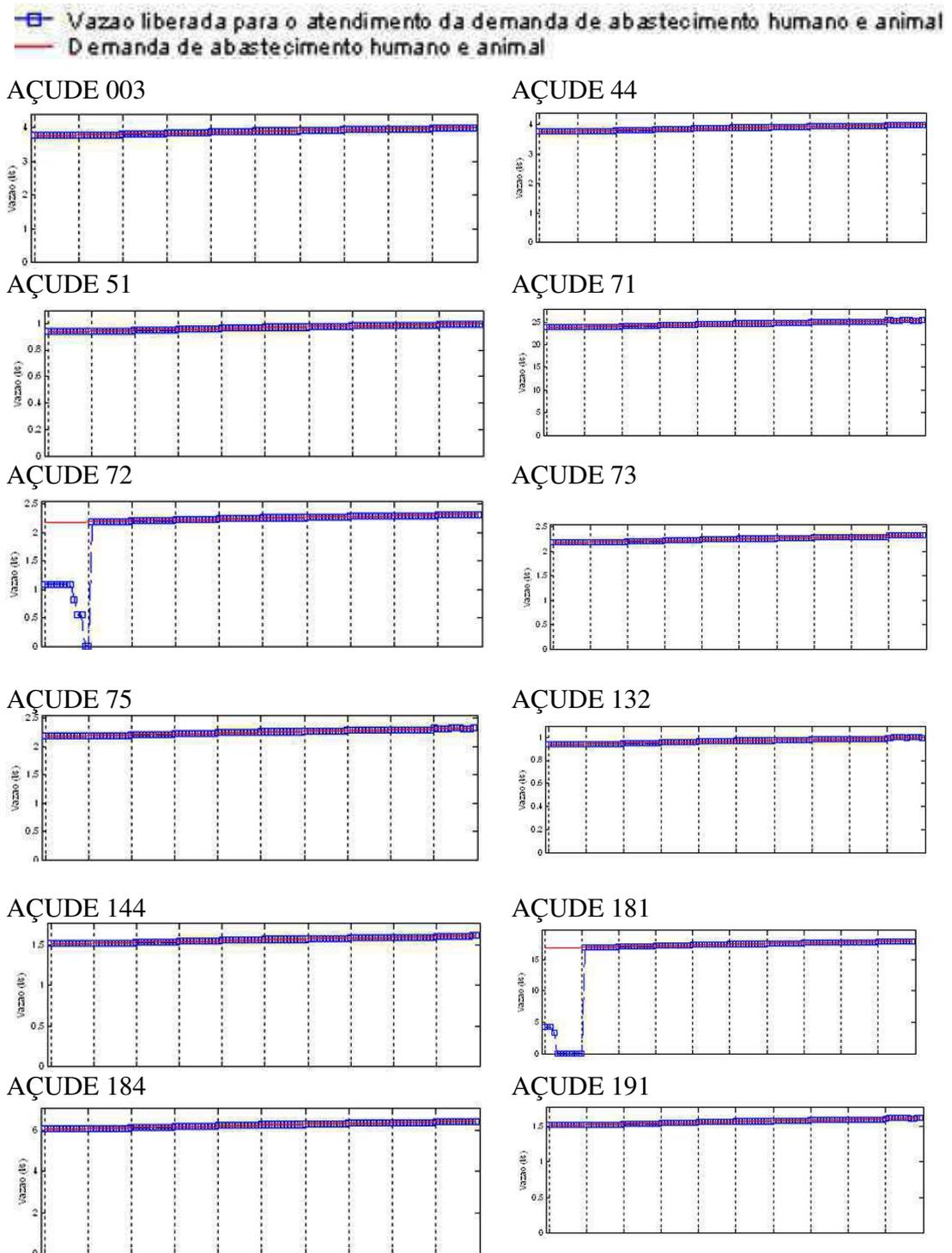


Figura 6.3 – Gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender as demandas humana e animal (Cenário1).

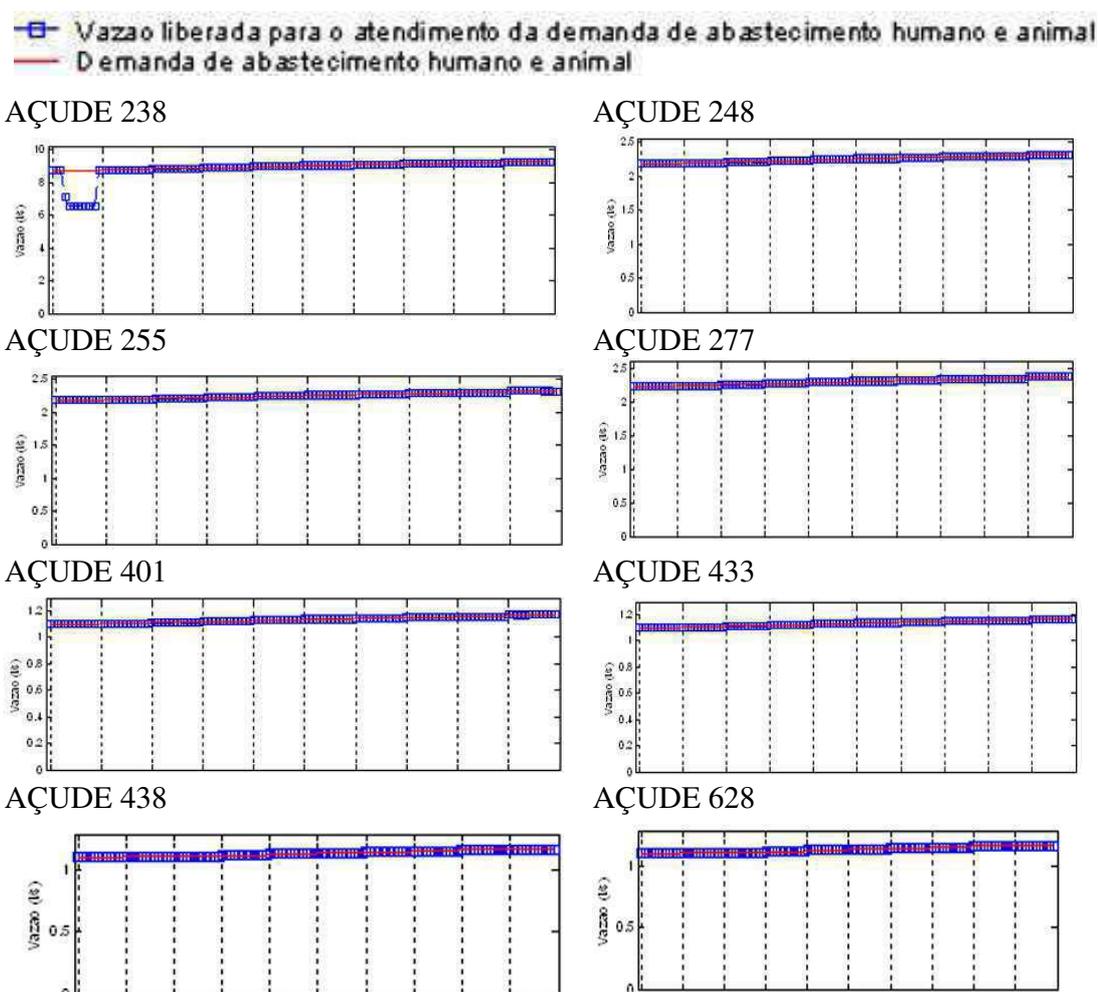


Figura 6.4 – Gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender as demandas humana e animal (Cenário1).

Os Indicadores de Eficiência obtidos para os pequenos açudes calculados pelo ORNAP, encontram-se descritos na Tabela 6.3. Através deles pode-se avaliar se os pequenos açudes estão sendo eficientes, ou seja, está ou não ocorrendo perdas no sistema hídrico em estudo.

O IAP corresponde ao Índice de Ativação da potencialidade que deve apresentar valores variando de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 significa que todo potencial do reservatório está sendo disponibilizado/ativado. Os valores para o IAP dos pequenos açudes calculados pelo ORNAP, como mostra a Tabela 6.3, variam de 0,03 a 0,50 o quê permite concluir

que os pequenos açudes apresentam um potencial relativamente grande para ser ativado e que é confirmado com os baixos valores obtidos para Índice de Utilização da Potencialidade, IUP, que indica o grau de utilização do potencial dos reservatórios.

Tabela 6.3: Indicadores de Eficiência associados aos reservatórios no Cenário 1 para os 10 anos

AÇUDES	IAP	IUD	IUP	η_{Vr}	η_E	η_p	η_V	η_e
3	0.18	0.43	0.08	0.01	0.27	0.09	0.65	0.08
44	0.05	0.31	0.02	0.00	0.09	0.03	0.88	0.02
51	0.13	0.23	0.03	0.01	0.27	0.09	0.69	0.03
71	0.16	0.80	0.13	0.00	0.09	0.03	0.78	0.13
72	0.04	0.31	0.01	0.00	0.08	0.03	0.91	0.01
73	0.06	0.53	0.03	0.00	0.07	0.03	0.89	0.03
75	0.08	0.60	0.05	0.00	0.09	0.03	0.86	0.05
132	0.04	0.27	0.01	0.00	0.09	0.03	0.90	0.01
144	0.11	0.38	0.04	0.01	0.17	0.06	0.78	0.04
181	0.27	0.61	0.17	0.01	0.27	0.09	0.55	0.17
184	0.16	0.51	0.08	0.01	0.22	0.08	0.69	0.08
191	0.16	0.56	0.09	0.01	0.18	0.06	0.72	0.09
238	0.50	0.72	0.36	0.01	0.36	0.13	0.27	0.36
248	0.12	0.40	0.05	0.01	0.18	0.06	0.77	0.05
255	0.16	0.57	0.09	0.01	0.19	0.07	0.72	0.09
277	0.17	0.54	0.09	0.00	0.22	0.08	0.69	0.09
401	0.09	0.36	0.03	0.01	0.13	0.05	0.82	0.03
433	0.09	0.39	0.04	0.01	0.13	0.05	0.82	0.04
438	0.15	0.26	0.04	0.02	0.27	0.10	0.67	0.04
628	0.03	0.22	0.01	0.00	0.05	0.02	0.94	0.01

Os valores ideais para o IUP são aqueles que se aproximam de 0,8, segundo Silva *et al.* (2005), e os valores dos pequenos açudes, que variam entre 0,01 e 0,36, não se aproximam deste valor. Juntamente com os baixos valores do IAP, que variam entre 0,03 e 0,50, confirmam que estes reservatórios estão “longe” de atingirem os seus limites máximos da utilização dos seus potenciais hídricos. Embora na sua grande maioria sejam capazes de atenderem as demandas de abastecimento humano e animal o quê é demonstrado pelos valores do índice de Hashimoto, o IUD, que é o índice que representa o grau de utilização da disponibilidade hídrica, apresentaram valores menores que a unidade indicando que, apesar do baixo uso da potencialidade, a disponibilidade ainda é suficiente para atender outras demanda.

Na Tabela 6.3 verificamos que os valores do índice ηV_r são todos positivos, indicando que todos os pequenos açudes, ao final do período analisado, tiveram seus volumes finais sempre superiores aos seus volumes iniciais.

Os resultados apresentados para o índice ηE são consideráveis já que apresentam uma variação de 5% a 36%, ou seja, a maioria destes açudes apresenta uma perda representativa por evaporação, assim como os valores obtidos para o índice ηV , variando de 65% a 94%, indicam que há uma grande perda das águas destes reservatórios por vertimento, e conseqüentemente, deve existir uma preocupação dos gestores em planejar e gerenciar os recursos hídricos destes reservatórios de pequeno porte de forma a minimizar estas perdas e prover um melhor aproveitamento das águas dos mesmos. Vale ressaltar que o volume vertido, por alguns destes pequenos açudes, não se perdem porque podem estar alimentando outros.

O percentual de precipitação direta, ηp , sobre a bacia hidráulica dos pequenos açudes foi pequeno porque a bacia de contribuição dos pequenos açudes são comparativamente grandes, ou seja, as vazões afluentes são bem maiores que a contribuição da precipitação direta. Já os baixos valores obtidos para o ηe indicam que está ocorrendo apenas os usos consuntivos de abastecimento humano e dessedentação animal.

6.2 RESULTADOS E ANÁLISES DO CENÁRIO 2

O Cenário 2 corresponde ao Cenário 1 acrescido da piscicultura extensiva como atividade econômica para melhor aproveitar as águas dos pequenos açudes e gerar receita líquida para região. Os resultados gerados pelo ORNAP de maneira indireta para este cenário encontram-se resumidos na Tabela 6.4 e 6.5.

A piscicultura é uma atividade econômica que pode ser desenvolvida na região e neste estudo, optou-se pela piscicultura do tipo extensiva por se caracterizar como um uso não consuntivo e que não polui, ou seja, não modifica a qualidade da água dos açudes e a mesma gera uma produção x de peixes os quais serão alimentados pelas fontes de alimentos naturais existentes no próprio reservatório, não fazendo uso de alimentos externos e nem de fertilizantes orgânicos ou inorgânicos.

Tabela 6.4: Indicadores de Sustentabilidade associados aos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 2)

Código dos Açudes	Confiabilidade (%)	Nº de Falhas	Resiliência (%)	Vulnerabilidade (%)	Déficit máx (%)	Sustentabilidade (%)
3	100	0	0	0	0	100
44	100	0	0	0	0	100
51	100	0	0	0	0	100
71	100	0	0	0	0	100
72	89	13	8	63	100	3
73	100	0	0	0	0	100
75	100	0	0	0	0	100
132	100	0	0	0	0	100
144	100	0	0	0	0	100
181	94	13	14	22	25	11
184	100	0	0	0	0	100
191	100	0	0	0	0	100
238	93	8	13	24	25	9
248	100	0	0	0	0	100
255	100	0	0	0	0	100
277	100	0	0	0	0	100
401	100	0	0	0	0	100
433	100	0	0	0	0	100
438	100	0	0	0	0	100
628	100	0	0	0	0	100

Conforme os resultados apresentados nas Tabelas 6.4 e 6.5 para o Cenário 2, os Índices de Hashimoto e os Indicadores de Eficiência dos pequenos açudes foram iguais aos do Cenário 1 (padrão) uma vez que se acrescentou o uso voltado para atender a demanda da piscicultura extensiva que é uma atividade realizada num volume mínimo dos açudes que não interfere no atendimento da demanda humana e animal, por não fazer retiradas de água dos reservatórios.

O gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender a demanda de abastecimento humano, animal e piscicultura e o comportamento hídrico da grande maioria dos pequenos açudes foram os mesmos apresentados no Cenário 1.

Tabela 6.5: Indicadores de Eficiência associados aos reservatórios para os 10 anos (Cenário 2)

AÇUDES	IAP	IUD	IUP	η_{Vr}	η_E	η_p	η_V	η_e
3	0.18	0.43	0.08	0.01	0.27	0.09	0.65	0.08
44	0.05	0.31	0.02	0.00	0.09	0.03	0.88	0.02
51	0.13	0.23	0.03	0.01	0.27	0.09	0.69	0.03
71	0.16	0.80	0.13	0.00	0.09	0.03	0.78	0.13
72	0.04	0.31	0.01	0.00	0.08	0.03	0.91	0.01
73	0.06	0.53	0.03	0.00	0.07	0.03	0.89	0.03
75	0.08	0.60	0.05	0.00	0.09	0.03	0.86	0.05
132	0.04	0.27	0.01	0.00	0.09	0.03	0.90	0.01
144	0.11	0.38	0.04	0.01	0.17	0.06	0.78	0.04
181	0.27	0.61	0.17	0.01	0.27	0.09	0.55	0.17
184	0.16	0.51	0.08	0.01	0.22	0.08	0.69	0.08
191	0.16	0.56	0.09	0.01	0.18	0.06	0.72	0.09
238	0.50	0.72	0.36	0.01	0.36	0.13	0.27	0.36
248	0.12	0.40	0.05	0.01	0.18	0.06	0.77	0.05
255	0.16	0.57	0.09	0.01	0.19	0.07	0.72	0.09
277	0.17	0.54	0.09	0.00	0.22	0.08	0.69	0.09
401	0.09	0.36	0.03	0.01	0.13	0.05	0.82	0.03
433	0.09	0.39	0.04	0.01	0.13	0.05	0.82	0.04
438	0.15	0.26	0.04	0.02	0.27	0.10	0.67	0.04
628	0.03	0.22	0.01	0.00	0.05	0.02	0.94	0.01

A diferença entre o Cenário 2 e o Cenário 1 é que no cenário padrão não ocorre aproveitamento econômico, enquanto no Cenário 2 está ocorrendo o desenvolvimento de uma atividade econômica que gera as receitas líquidas para região apresentadas na Tabela 6.6.

Como se pode verificar, através das receitas líquidas anuais geradas pelo desenvolvimento da piscicultura extensiva nos pequenos açudes mostradas na Tabela 6.7, esta atividade econômica tem um potencial gerador de lucratividade para região muito grande, gerando uma receita líquida total de R\$ 3.648.120,00, e de acordo com os volumes mínimos e áreas mínimas obtidas para prática desta atividade, é indicada para os pequenos açudes que integram a Bacia do Açude de Sumé. Isto representa uma renda de R\$ 4.588,83/ano/pescador, ou seja, uma renda mensal de R\$ 382,40 por pescador.

Tabela 6.6-Resultados obtidos com a prática da piscicultura extensiva para os 10 anos (Cenário 2)

<i>Código dos Açudes</i>	<i>Volume mínimo (hm³/mês)</i>	<i>Área mínima (ha)</i>	<i>Produção (t)</i>	<i>Pescadores Empregados</i>	<i>Receita Líquida Anual (R\$)</i>
3	0.2463	186.75	93.375	62	308.140
44	0.0751	78.78	39.39	26	129.976
51	0.1520	121.94	60.97	41	201.207
71	0.1400	177.12	88.56	59	292.258
72	0.0900	140.04	70.02	47	231.068
73	0.0941	70.24	35.12	23	115.889
75	0.0710	53.99	26.995	18	89.076
132	0.1100	96.82	48.41	32	159.742
144	0.1527	98.02	49.01	33	161.729
181	0.3300	338.12	169.06	113	607.898
184	0.3000	225.51	112.755	75	372.092
191	0.0694	46.11	23.055	15	76.086
238	0.1112	116.73	58.365	39	192.588
248	0.2057	128.88	64.44	43	212.640
255	0.0917	62.59	31.295	21	103.290
277	0.0498	63.11	31.555	21	104.134
401	0.0890	68.06	34.03	23	112.285
433	0.0812	57.95	28.975	19	95.609
438	0.1246	107.66	53.83	36	177.654
628	0.1700	146.75	73.375	49	242.117
		TOTAL	480.458	795	3.648.120

A partir destes resultados verificou-se que os pequenos açudes que, no geral, atendem apenas a demanda voltada para o abastecimento humano e animal podem ter suas águas aproveitadas também para o desenvolvimento de atividades econômicas como a piscicultura extensiva sem que haja comprometimento da eficiência dos mesmos quanto ao atendimento de suas demandas. Apesar de ter acrescentado o uso da piscicultura extensiva, os mesmos continuam sendo subutilizados de acordo com os índices de utilização da potencialidade e da disponibilidade.

Logo, conclui-se que os pequenos açudes podem ainda desenvolver mais usos que ativem ainda mais o uso de seus potenciais hídricos visando à promoção do desenvolvimento da economia local. Isto pode ser conseguido através da minimização das perdas d'água por vertimento ou evaporação.

6.3 RESULTADOS E ANÁLISES DO CENÁRIO 3

O Cenário 3 corresponde ao Cenário 1 acrescido da irrigação como segunda prioridade e da piscicultura extensiva como terceira prioridade, este cenário objetivou aumentar as receitas líquidas da região através do acréscimo do uso da água para irrigação. A inclusão desta atividade econômica visa um melhor aproveitamento das águas dos pequenos açudes uma vez que o potencial hídrico dos açudes ainda é baixo e as perdas são relativamente grandes. Os resultados gerados pelo ORNAP para este cenário encontram-se resumidos na Tabela 6.7, abaixo.

Os Indicadores de Sustentabilidade gerados pelo ORNAP para o Cenário 3, apresentados na Tabela 6.7, demonstram que as vazões requeridas para o abastecimento humano e animal, irrigação e piscicultura, dos pequenos açudes foram plenamente atendidas para a maioria dos açudes. Os açudes de código 71, 72, 181, 238, 277 e 628 não tiveram suas demandas atendidas plenamente, ou seja, estes seis pequenos açudes não dispõem de água suficiente para atender as três demandas em todo tempo estudado.

Tabela 6.7: Indicadores de Sustentabilidade associados aos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 3)

Código dos Açudes	Confiabilidade (%)	Nº de Falhas	Resiliência (%)	Vulnerabilidade (%)	Déficit máx (%)	Sustentabilidade (%)
3	100	0	0	0	0	100
44	100	0	0	0	0	100
51	100	0	0	0	0	100
71	99	1	100	0	0	99
72	82	21	14	66	100	4
73	100	0	0	0	0	100
75	100	0	0	0	0	100
132	100	0	0	0	0	100
144	100	0	0	0	0	100
181	93	8	13	22	25	9
184	100	0	0	0	0	100
191	100	0	0	0	0	100
238	92	10	10	25	25	7
248	100	0	0	0	0	100
255	100	0	0	0	0	100
277	98	2	50	17	25	41
401	100	0	0	0	0	100
433	100	0	0	0	0	100
438	100	0	0	0	0	100
628	99	1	100	20	20	79

O baixo valor para o indicador Resiliência, para três destes seis reservatórios, significa que estes reservatórios demoram a se recuperar quando entram em um estado de falha. Os açudes 71 e 628 apresentam valor alto (100%) o que significa que são capazes de se recuperarem rapidamente quando entram em estado de falhas.

Dentre os seis pequenos açudes que não tiveram as demandas atendidas em todo período estudado, o açude de código 71 foi o que apresentou um maior índice de Vulnerabilidade (66%). Observou-se, ainda, que nos meses que ocorreram falhas, pelo menos para um mês, a vulnerabilidade foi de grande magnitude, com um déficit máximo de 100%, o qual leva a concluir que as demandas requeridas para os três usos em algum dos meses não teve nenhuma vazão alocada a ela.

O gráfico do comportamento hídrico dos pequenos açudes podem ser representados através das Figuras 6.5 e 6.6.

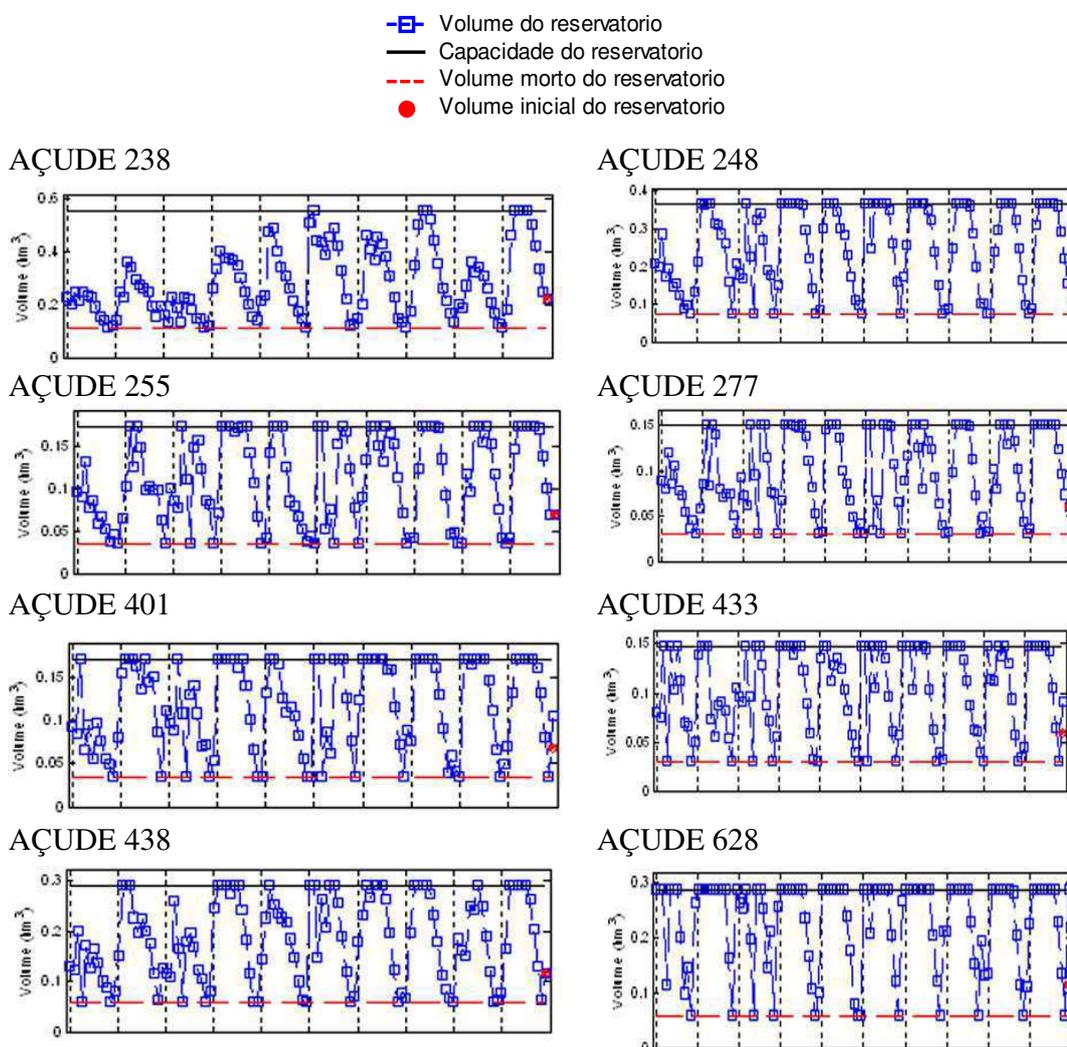


Figura 6.6 – Comportamento hídrico dos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário3).

As figuras 6.5 e 6.6 mostram que o comportamento hídrico da maioria dos pequenos açudes atendeu a condição de sustentabilidade. Seis dos pequenos açudes apresentaram os indicadores de Hashimoto com indicação de falha no atendimento as demandas, ou seja, os açudes de código 71, 72, 181, 238, 277 e 628 não possuem água suficiente para atender as demandas em determinado tempo como mostra as Figuras 6.7 e 6.8. Porém, no final do período estudado eles apresentaram volume final superior ao inicial demonstrando que atingiram a condição de sustentabilidade hídrica imposta pelo programa.

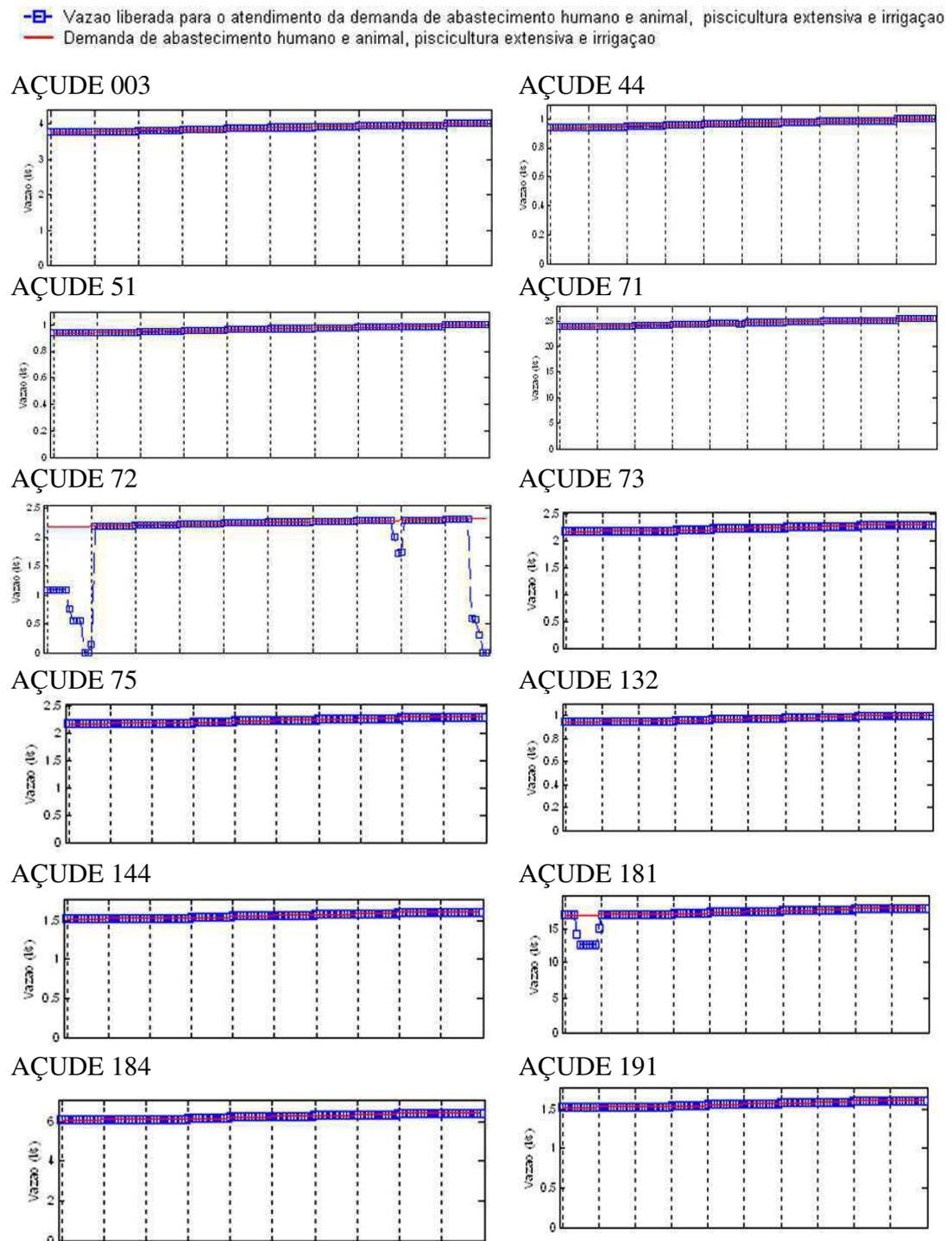


Figura 6.7 – Gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender as demandas humana e animal, irrigação e piscicultura extensiva (Cenário3).

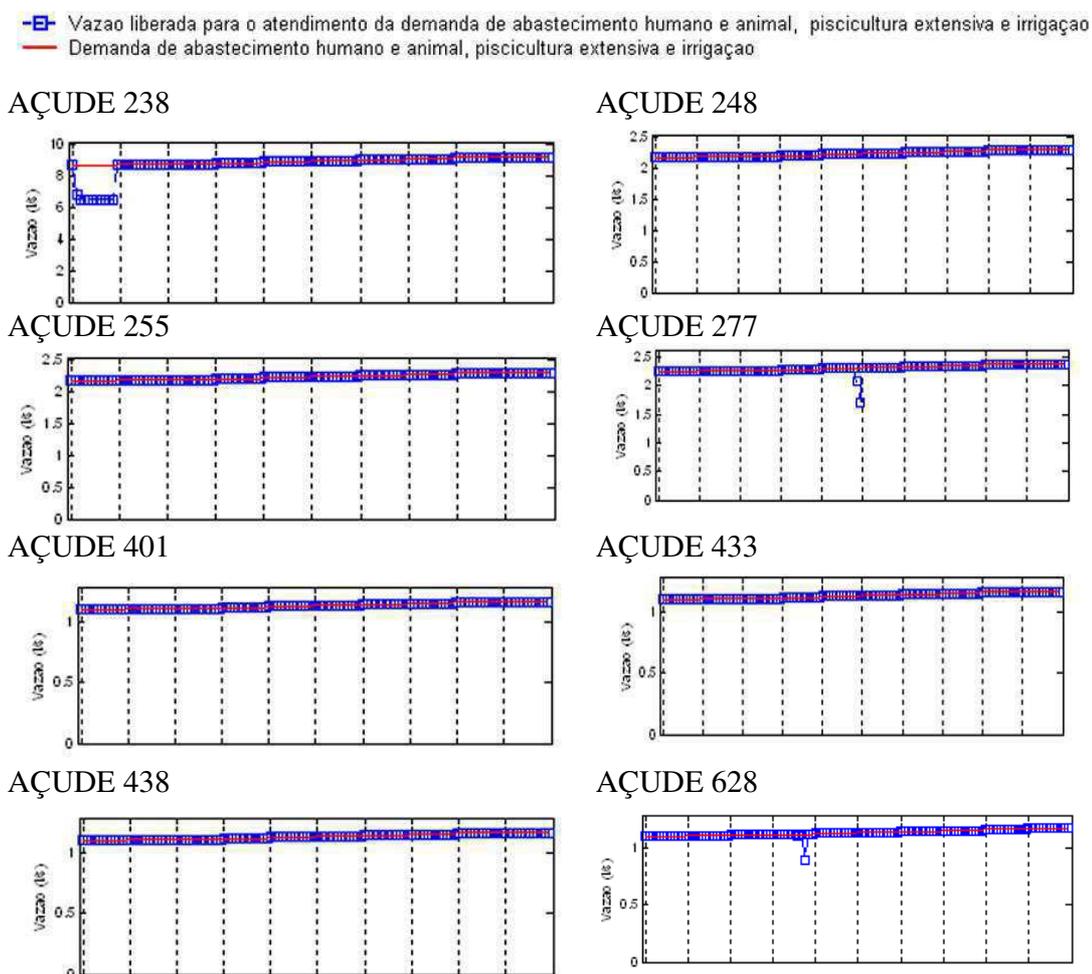


Figura 6.8 – Gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender as demandas humana e animal, irrigação e piscicultura extensiva (Cenário3).

As Tabelas 6.8 e 6.9 mostram que os açudes 72, 181, 238, 277 e 628 não atenderam as suas demandas de abastecimento humano e animal, de irrigação e de piscicultura extensiva nos meses em que seus volumes apresentaram depleção e, coincidentemente, menores vazões afluentes, que chegaram a zero em algum destes meses, e significativas perdas por evaporação. As depleções destes ocorreram entre os meses de agosto até dezembro coincidindo com os meses de menores vazões afluentes, menores volumes precipitados (muita das vezes não houve precipitação) e maiores perdas por evaporação.

Tabela 6.8: Resultados Operacionais e Hidrológicos dos pequenos açudes para o ano que o atendimento a demanda falhou (Cenário 3)**Açude 72 – Ano de 199**

Volume do Reservatório (hm³/mês)	Volume afluente (hm³/mês)	Volume Precipitado (hm³/mês)	Volume Evaporado (hm³/mês)	Volume Vertido (hm³/mês)	Volume para o abastecimento (hm³/mês)	Volume para irrigação (hm³/mês)
0.2200	0.0100	0.0100	0.0300	0.0000	0.0000	0.0000
0.2000	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000
0.2000	0.0100	0.0100	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000
0.1800	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000
0.1900	0.0100	0.0100	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000
0.1700	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000
0.1600	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000
0.1400	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000
0.1100	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000
0.0900	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000
0.0700	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000
0.0700	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000

Açude 181 – Ano de 199

Volume do Reservatório (hm³/mês)	Volume afluente (hm³/mês)	Volume Precipitado (hm³/mês)	Volume Evaporado (hm³/mês)	Volume Vertido (hm³/mês)	Volume para o abastecimento (hm³/mês)	Volume para irrigação (hm³/mês)
0.6500	0.0800	0.0200	0.0600	0.0000	0.0400	0.0000
0.6000	0.0200	0.0000	0.0300	0.0000	0.0400	0.0000
0.6700	0.1200	0.0300	0.0400	0.0000	0.0400	0.0000
0.6000	0.0000	0.0000	0.0300	0.0000	0.0400	0.0000
0.6600	0.1000	0.0200	0.0300	0.0000	0.0400	0.0000
0.6200	0.0200	0.0000	0.0300	0.0000	0.0300	0.0000
0.6100	0.0500	0.0100	0.0400	0.0000	0.0300	0.0000
0.5300	0.0000	0.0000	0.0500	0.0000	0.0300	0.0000
0.4400	0.0000	0.0000	0.0500	0.0000	0.0300	0.0000
0.4000	0.0400	0.0100	0.0500	0.0000	0.0300	0.0000
0.3300	0.0100	0.0000	0.0500	0.0000	0.0300	0.0000
0.3300	0.0700	0.0100	0.0400	0.0000	0.0400	0.0000

Açude 238 – Ano de 199

Volume do Reservatório (hm³/mês)	Volume afluente (hm³/mês)	Volume Precipitado (hm³/mês)	Volume Evaporado (hm³/mês)	Volume Vertido (hm³/mês)	Volume para o abastecimento (hm³/mês)	Volume para irrigação (hm³/mês)
0.2200	0.0400	0.0100	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000
0.2000	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000
0.2500	0.0700	0.0100	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000
0.2200	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000
0.2500	0.0500	0.0100	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000
0.2300	0.0100	0.0000	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000
0.2300	0.0200	0.0000	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000
0.1900	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000
0.1500	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000
0.1400	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000
0.1100	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000
0.1200	0.0400	0.0000	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000

Tabela 6.9: Resultados Operacionais e Hidrológicos dos pequenos açudes para o ano que o atendimento a demanda falhou (Cenário 3)

Açude 277 – Ano de 199

Volume do Reservatório (hm ³ /mês)	Volume afluente (hm ³ /mês)	Volume Precipitado (hm ³ /mês)	Volume Evaporado (hm ³ /mês)	Volume Vertido (hm ³ /mês)	Volume para o abastecimento (hm ³ /mês)	Volume para irrigação (hm ³ /mês)
0.0900	0.0400	0.0000	0.0100	0.0000	0.0100	0.0000
0.0800	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0100	0.0000
0.1200	0.0600	0.0100	0.0100	0.0000	0.0100	0.0100
0.0900	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0100	0.0200
0.1100	0.0500	0.0000	0.0100	0.0000	0.0100	0.0200
0.0800	0.0100	0.0000	0.0100	0.0000	0.0100	0.0200
0.0700	0.0100	0.0000	0.0100	0.0000	0.0100	0.0000
0.0600	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0100	0.0000
0.0400	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0100	0.0000
0.0500	0.0200	0.0000	0.0100	0.0000	0.0100	0.0000
0.0300	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0100	0.0000
0.0600	0.0400	0.0000	0.0100	0.0000	0.0100	0.0000

Açude 628 – Ano de 199

Volume do Reservatório (hm ³ /mês)	Volume afluente (hm ³ /mês)	Volume Precipitado (hm ³ /mês)	Volume Evaporado (hm ³ /mês)	Volume Vertido (hm ³ /mês)	Volume para o abastecimento (hm ³ /mês)	Volume para irrigação (hm ³ /mês)
0.2900	0.2200	0.0100	0.0300	0.0100	0.0000	0.0100
0.2900	0.0300	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0100
0.2900	0.6000	0.0200	0.0200	0.5600	0.0000	0.0400
0.1100	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0000	0.1600
0.2900	0.6500	0.0100	0.0100	0.4300	0.0000	0.0400
0.2900	0.0800	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0600
0.2900	0.2400	0.0100	0.0200	0.2000	0.0000	0.0200
0.2000	0.0100	0.0000	0.0300	0.0000	0.0000	0.0600
0.1000	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0800
0.1500	0.1500	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0800
0.0600	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0800
0.2600	0.2600	0.0100	0.0200	0.0000	0.0000	0.0300

Apesar de cinco dos pequenos açudes não atenderem as demandas em todo o período estudado, verificou-se por meio das análises realizadas que o Cenário 3 atendeu satisfatoriamente as demandas para abastecimento humano e animal, agricultura irrigada e piscicultura extensiva, garantindo a sustentabilidade dos pequenos açudes.

Os Indicadores de Eficiência obtidos para os pequenos açudes calculados pelo ORNAP encontram-se para o Cenário 3 descritos na Tabela 6.10.

Tabela 6.10: Indicadores de Eficiência associados aos reservatórios para os 10 anos (Cenário 3)

AÇUDES	IAP	IUD	IUP	η_{Vr}	η_E	η_p	η_V	η_e
3	0.48	0.83	0.39	0.00	0.21	0.08	0.39	0.39
44	0.25	0.86	0.21	0.00	0.08	0.03	0.70	0.21
51	0.49	0.83	0.41	0.00	0.21	0.08	0.39	0.41
71	0.26	0.86	0.22	0.00	0.09	0.04	0.69	0.22
72	0.12	0.72	0.09	0.00	0.09	0.03	0.82	0.09
73	0.22	0.88	0.19	0.00	0.06	0.03	0.75	0.19
75	0.28	0.90	0.25	0.00	0.07	0.03	0.68	0.25
132	0.28	0.83	0.23	0.00	0.12	0.05	0.65	0.23
144	0.43	0.88	0.38	0.00	0.14	0.05	0.49	0.38
181	0.57	0.83	0.48	0.00	0.27	0.10	0.25	0.48
184	0.42	0.83	0.35	0.00	0.19	0.07	0.46	0.35
191	0.56	0.90	0.51	0.00	0.14	0.05	0.35	0.51
238	0.75	0.86	0.65	0.00	0.29	0.11	0.06	0.65
248	0.40	0.86	0.34	0.00	0.14	0.06	0.52	0.34
255	0.49	0.88	0.43	0.00	0.14	0.06	0.43	0.43
277	0.43	0.83	0.36	0.00	0.18	0.07	0.46	0.36
401	0.38	0.87	0.33	0.00	0.10	0.04	0.56	0.33
433	0.41	0.89	0.36	0.00	0.11	0.04	0.53	0.36
438	0.52	0.84	0.43	0.00	0.21	0.08	0.36	0.43
628	0.12	0.83	0.10	0.00	0.04	0.02	0.85	0.10

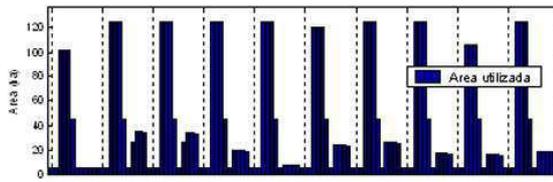
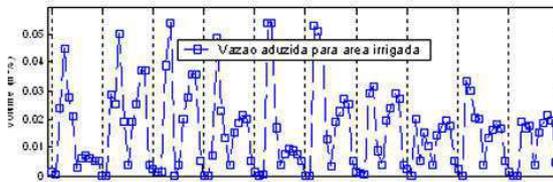
Os valores para o IAP dos pequenos açudes calculados pelo ORNAP, para este cenário, como mostra a tabela acima, variam de 0,12 a 0,75 o que demonstra que em relação ao cenário padrão teve um aumento significativo do nível de ativação do potencial hídrico destes açudes e que podemos confirmar com o aumento, também, dos valores IUP que indica que está ocorrendo uma melhor utilização do potencial dos reservatórios.

Os valores para o IUD também sofreram um aumento significativo e conseqüentemente pode-se afirmar que a disponibilidade hídrica dos pequenos açudes foi mais utilizada.

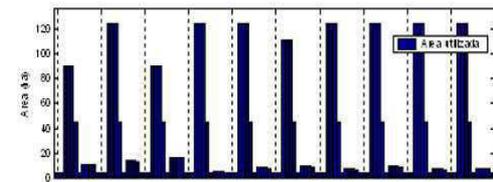
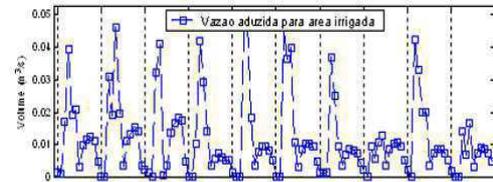
Na Tabela 6.10 verificou-se que os valores dos índices de eficiência dos pequenos açudes sofreram variações em relação aos Cenário 1 e 2, ou seja, diminuíram. Isto significa que as perdas por evaporação e vertimento foram minimizadas já que ocorreu o uso para irrigação nestes açudes e, conseqüentemente, ocorreu um melhor aproveitamento das águas dos pequenos açudes.

As Figuras 6.9, 6.10 e 6.11 mostram o gráfico do comportamento apresentado pelos pequenos açudes da vazão aduzida para área irrigada e as áreas alocadas para as culturas sazonais (safra e entressafra) e as culturas perenes nos 10 anos de otimização para o Cenário 3.

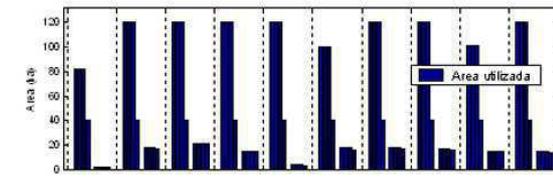
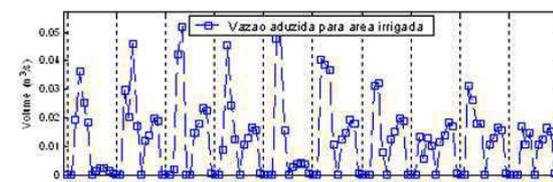
AÇUDE 003



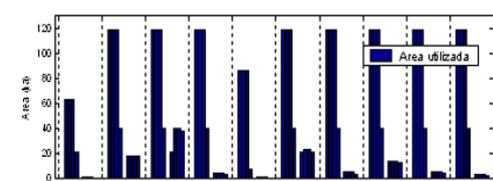
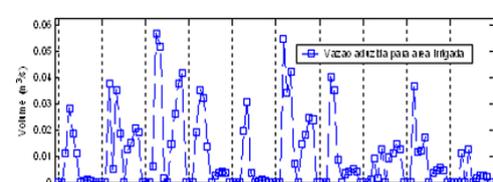
AÇUDE 44



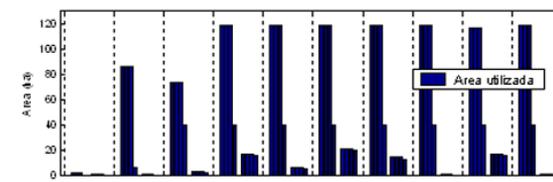
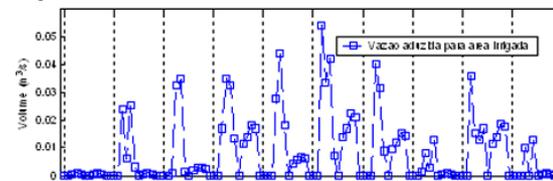
AÇUDE 51



AÇUDE 71



AÇUDE 72



AÇUDE 73

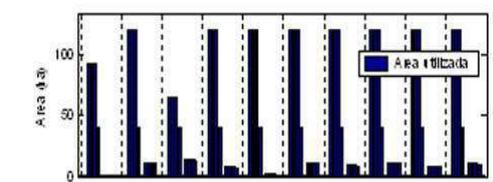
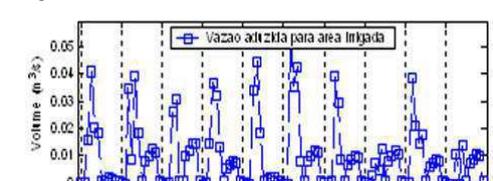
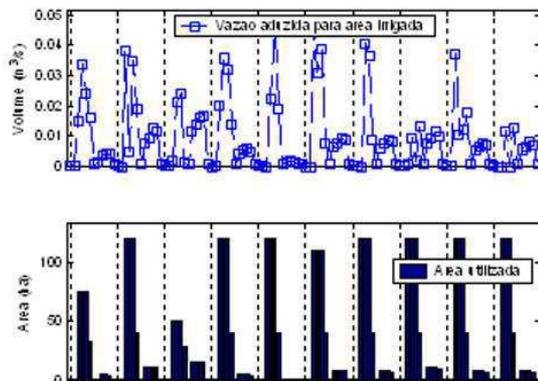
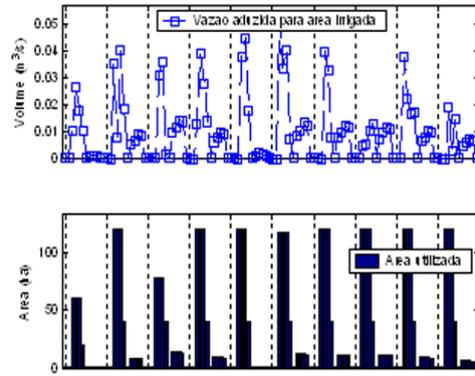


Figura 6.9: Gráfico do comportamento da vazão aduzida pelos pequenos açudes para a área irrigada com áreas alocadas para as culturas sazonais e perenes (Cenário 3).

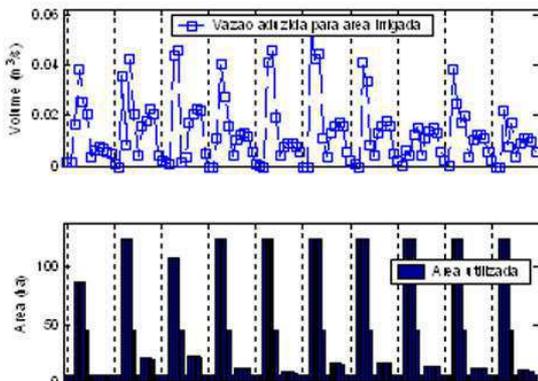
AÇUDE 75



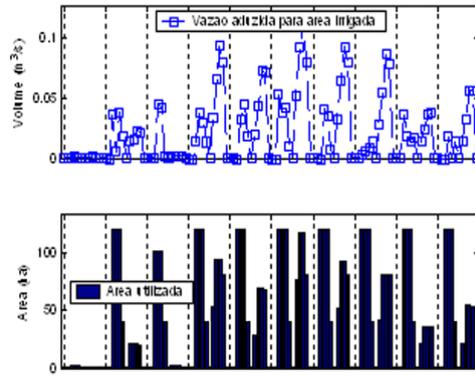
AÇUDE 132



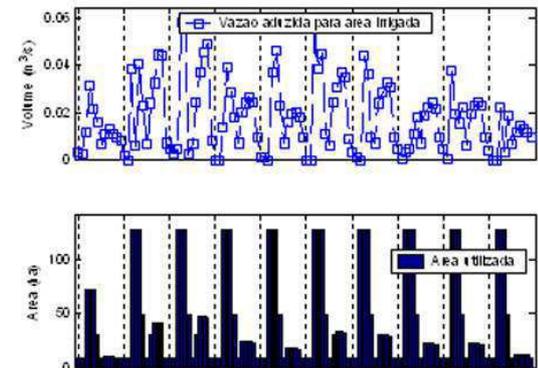
AÇUDE 144



AÇUDE 181



AÇUDE 184



AÇUDE 191

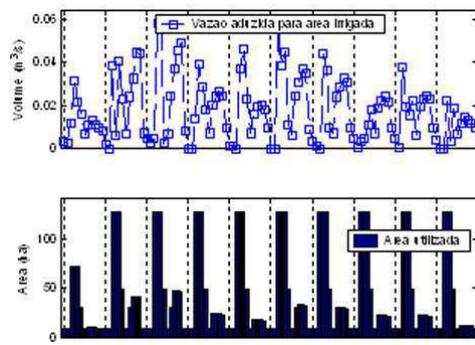
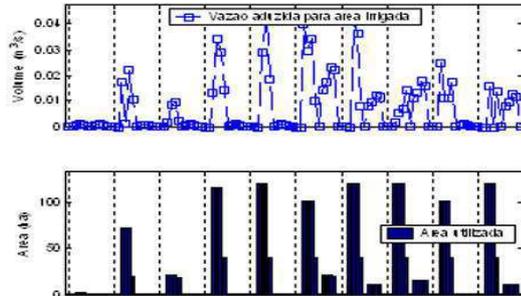
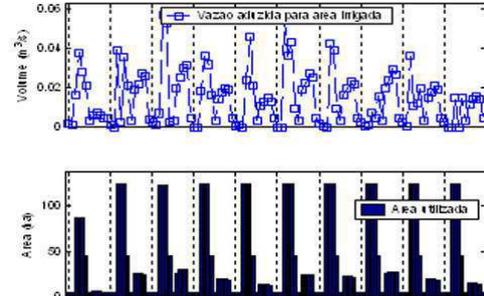


Figura 6.10: Gráfico do comportamento da vazão aduzida pelos pequenos açudes para a área irrigada com áreas alocadas para as culturas sazonais e perenes (Cenário 3).

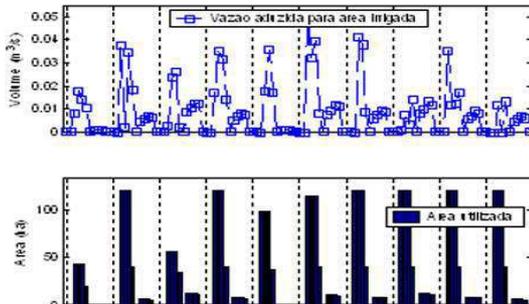
AÇUDE 238



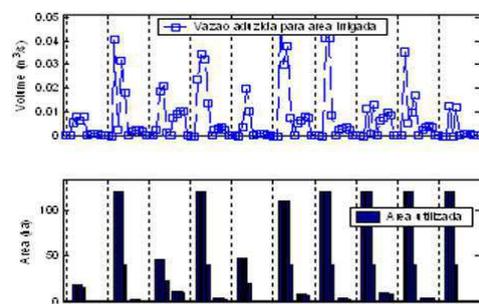
AÇUDE 248



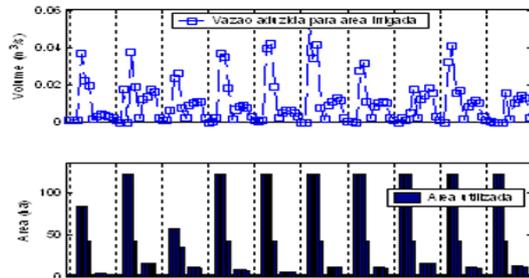
AÇUDE 255



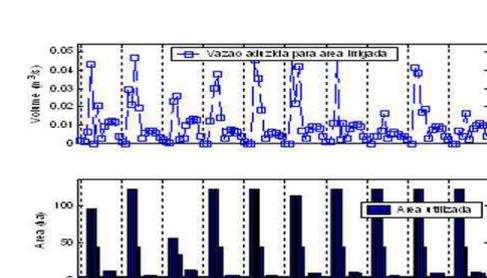
AÇUDE 277



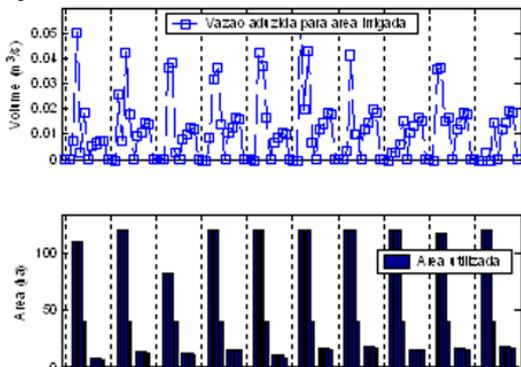
AÇUDE 401



AÇUDE 433



AÇUDE 438



AÇUDE 628

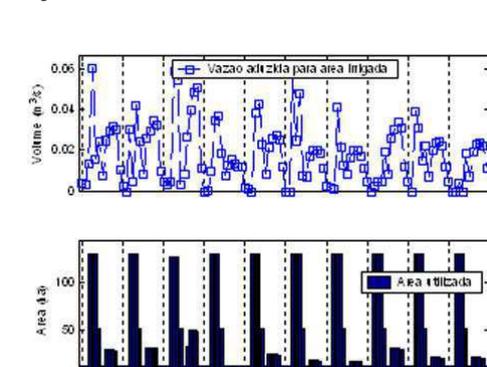


Figura 6.11: Gráfico do comportamento da vazão aduzida pelos pequenos açudes para a área irrigada com áreas alocadas para as culturas sazonais e perenes (Cenário 3).

Verifica-se através das Figuras 6.9, 6.10 e 6.11 que as vazões aduzidas para a área irrigada sofreram oscilações atingindo picos de valores máximos e valores mínimos com recuperação rápida na maioria dos meses e que atinge valores máximos nos períodos de maiores precipitações.

Percebe-se através das Figuras acima que as áreas irrigadas nos períodos de falhas, em que as águas dos açudes não foram suficientes para fornecer o volume de água necessário para o desenvolvimento das culturas, sofrem reduções visíveis nas áreas plantadas. Voltam a aumentar só nos períodos em que os pequenos açudes saem do estado de falha.

A Tabela 6.11 mostra que é possível plantar uma variedade de culturas. Áreas para as culturas da banana e goiaba não foram alocadas nos perímetros irrigados de todos os pequenos açudes porque são culturas perenes que necessitam de suprimento hídrico o ano todo e não há disponibilidade de água durante todos os meses do ano. Ocorre a tendência do alface e do repolho serem culturas preferenciais, uma vez que são sazonais e geram uma maior receita líquida, vale salientar que a área em hectares gerada para cada cultura é um resultado da soma das áreas dos dez anos.

Tabela 6.11- Área de plantio otimizada, receita líquida gerada(RL), mão de obra necessária(MO) e volume requerido para irrigação por cultura para os pequenos açudes para os 10 anos(Cenário 3)
AÇUDE 003

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	195	413.544.42	11.903	0.27
Pimentão safra	157	432.051.21	10.372	0.36
Feijão safra	200	1.255.354.61	23.000	0.39
Repolho safra	200	1.960.096.19	27.400	0.36
Alface safra	200	5.516.163.42	47.000	0.59
Cebola safra	200	941.213.34	42.200	0.52
Tomate entressafra	10	10.429.80	610	0.27
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	18	62.953.77	2.403	0.36
Alface entressafra	130	1.591.291.09	30.474	0.59
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	50	1.531.628.83	10.725	0.95
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.360	13.714.726.68	206.087	4.66

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.11
AÇUDE 44

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	168	357.865.07	10.257	0.21
Pimentão safra	148	408.030.59	9.761	0.32
Feijão safra	200	1.256.831.79	23.000	0.35
Repolho safra	200	1.961.557.84	27.400	0.31
Alface safra	200	5.517.668.91	47.000	0.55
Cebola safra	200	942.790.50	42.200	0.48
Tomate entressafra	10	10.427.13	610	0.21
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	43	532.642.73	10.200	0.55
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	46	1.402.009.22	9.816	0.88
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.215	12.389.823.78	180.244	3.86

AÇUDE 51

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	179	380.226.48	10.915	0.22
Pimentão safra	143	394.860.95	9.438	0.30
Feijão safra	200	1.256.032.21	23.000	0.37
Repolho safra	200	1.960.763.54	27.400	0.32
Alface safra	200	5.516.822.04	47.000	0.55
Cebola safra	199	938.990.97	42.069	0.48
Tomate entressafra	10	10.429.61	610	0.22
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	1	1.922.59	73	0.32
Alface entressafra	132	1.615.747.40	30.944	0.55
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	3	93.162.68	652	0.19
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.267	12.168.958.47	192.101	3.52

AÇUDE 71

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	181	385.726.82	11.040	0.20
Pimentão safra	181	499.454.87	11.945	0.40
Feijão safra	200	1.258.063.19	22.998	0.34
Repolho safra	200	1.962.810.17	27.399	0.28
Alface safra	187	5.152.318.36	43.879	0.48
Cebola safra	161	762.232.03	34.015	0.32
Tomate entressafra	10	10.441.15	611	0.20
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0.01	82.89	2	0.34
Repolho entressafra	20	73.428.55	2.802	0.28
Alface entressafra	84	1.026.326.48	19.653	0.48
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.224.01	11.130.884.51	174.344	3.32

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.11
AÇUDE 72

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	162	345.750.52	9.878	0.15
Pimentão safra	160	441.782.11	10.546	0.33
Feijão safra	173	1.085.957.46	19.836	0.28
Repolho safra	180	1.766.871.66	24.656	0.24
Alface safra	166	4.587.297.73	39.054	0.39
Cebola safra	160	756.724.74	33.754	0.32
Tomate entressafra	10	10.463.73	612	0.15
Pimentão entressafra	0.02	37.70	1	0.33
Feijão entressafra	0.03	154.50	4	0.28
Repolho entressafra	0.04	147.77	6	0.24
Alface entressafra	73	890.611.80	17.060	0.39
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.084.09	9.885.799.72	155.407	3.1

AÇUDE 73

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	171	365.223.33	10.449	0.18
Pimentão safra	161	444.239.78	10.616	0.34
Feijão safra	183	1.150.214.15	21.020	0.29
Repolho safra	200	1.962.673.19	27.400	0.27
Alface safra	200	5.518.636.12	47.000	0.53
Cebola safra	200	943.846.52	42.200	0.46
Tomate entressafra	10	10.426.82	610	0.18
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	71	876.504.92	16.786	0.53
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	7	204.712.28	1.433	0.1
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.203	11.476.477.11	177.514	2.88

AÇUDE 75

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	162	345.915.69	9.882	0.18
Pimentão safra	151	417.515.03	9.941	0.28
Feijão safra	180	1.133.064.91	20.700	0.29
Repolho safra	200	1.962.800.02	27.400	0.28
Alface safra	200	5.518.637.84	47.000	0.51
Cebola safra	181	857.008.11	38.291	0.40
Tomate entressafra	10	10.429.66	610	0.18
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	3	11.184.28	427	0.28
Alface entressafra	62	759.508.49	14.544	0.51
Cebola entressafra	0	0.00	0	0.4
Banana perene	7	222.671.22	1.559	0.11
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.156	11.238.735.3	170.354	3.42

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.11
AÇUDE 132

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	162	345.473.12	9.882	0.16
Pimentão safra	158	436.683.94	10.441	0.32
Feijão safra	193	1.211.657.06	22.161	0.32
Repolho safra	200	1.962.024.69	27.400	0.30
Alface safra	200	5.517.948.74	47.000	0.55
Cebola safra	180	850.082.28	37.980	0.39
Tomate entressafra	10	10.432.41	610	0.16
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	75	921.222.65	17.643	0.55
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.178	11.255.524.89	173.117	2.75

AÇUDE 144

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	181	385.141.97	11.041	0.21
Pimentão safra	164	451.920.60	10.828	0.37
Feijão safra	200	1.256.888.02	23.000	0.36
Repolho safra	200	1.961.561.14	27.400	0.31
Alface safra	200	5.517.239.02	47.000	0.55
Cebola safra	200	941.131.79	42.136	0.48
Tomate entressafra	10	10.430.56	610	0.21
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	73	894.140.32	17.123	0.55
Cebola entressafra	0	0.00	0	0.48
Banana perene	53	1.613.293.66	11.296	1.03
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.281	13.031.747.1	190.434	4.55

AÇUDE 181

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	181	385.445.79	11.041	0.20
Pimentão safra	162	447.260.59	10.692	0.34
Feijão safra	180	1.132.500.17	20.700	0.30
Repolho safra	180	1.766.736.46	24.660	0.25
Alface safra	180	4.967.290.10	42.300	0.46
Cebola safra	180	850.004.88	37.980	0.41
Tomate entressafra	52	54.022.58	3.164	0.20
Pimentão entressafra	16	31.264.84	1.077	0.34
Feijão entressafra	113	542.231.74	13.013	0.30
Repolho entressafra	135	483.040.99	18.465	0.25
Alface entressafra	162	1.983.417.48	37.989	0.46
Cebola entressafra	88	-7.882.29	18.485	0.41
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1629	12.635.333.33	239.566	3.92

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.11
AÇUDE 184

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	181	385.379.90	11.041	0.21
Pimentão safra	181	498.536.34	11.946	0.41
Feijão safra	200	1.257.363.67	23.000	0.36
Repolho safra	200	1.962.018.03	27.400	0.29
Alface safra	200	5.517.622.66	47.000	0.55
Cebola safra	182	857.071.96	38.310	0.42
Tomate entressafra	10	10.430.99	610	0.21
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	32	116.470.50	4.445	0.29
Alface entressafra	127	1.553.692.59	29.754	0.55
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	90	2.735.874.26	19.156	1.75
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.403	14.894.460.9	212.662	5.04

AÇUDE 191

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	144	308.251.35	8.789	0.13
Pimentão safra	124	343.417.00	8.184	0.23
Feijão safra	160	1.007.089.69	18.400	0.26
Repolho safra	198	1.937.431.15	27.057	0.29
Alface safra	200	5.517.323.68	47.000	0.56
Cebola safra	153	721.366.55	32.239	0.35
Tomate entressafra	10	10.434.26	610	0.13
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0.24	871.16	33	0.29
Alface entressafra	45	548.532.16	10.505	0.56
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.034	10.394.717	152.817	2.8

AÇUDE 238

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	152.96	326.631.91	9.330.39	0.15
Pimentão safra	100.59	280.241.63	6.638.71	0.14
Feijão safra	160	1.007.911.94	18.400	0.24
Repolho safra	160	1.571.536.48	21.920	0.19
Alface safra	178.4	4.923.323.98	41.925	0.46
Cebola safra	140	662.010.8	29.540	0.3
Tomate entressafra	10	10.429.68	610	0.15
Pimentão entressafra	0	0	0	0
Feijão entressafra	0	0	0	0
Repolho entressafra	0	0	0	0
Alface entressafra	56.41	692.132.08	13.256.47	0.46
Cebola entressafra	0	0	0	0
Banana perene	0	0	0	0
Goiaba perene	0	0	0	0
TOTAL	958.36	947.4218.50	141.620.57	2.09

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.11
AÇUDE 248

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	181	385.832.26	11041	0.2
Pimentão safra	178.9	493.799.83	11.807.4	0.39
Feijão safra	200	1.258.130.51	23.000	0.33
Repolho safra	200	1.962.768.54	27.400	0.28
Alface safra	200	5.518.328.08	47.000	0.51
Cebola safra	200	943.672.1	42.200	0.47
Tomate entressafra	10	10.430.61	610	0.2
Pimentão entressafra	0	0	0	0
Feijão entressafra	0	0	0	0
Repolho entressafra	6.19	22.221.29	847.6	0.28
Alface entressafra	136.29	1.672.274.86	32.024.27	0.51
Cebola entressafra	0	0	0	0
Banana perene	44.5	1.352.501.94	9.470.1	0.85
Goiaba perene	0	0	0	0
TOTAL	1.356.88	13.619.960.02	205.400.40	4.02

AÇUDE 255

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	162	346.153.94	9881.88	0.16
Pimentão safra	136.19	377.225.88	8988.37	0.26
Feijão safra	160.5	1.011.320.5	18457.89	0.23
Repolho safra	200	1.962.900.98	27399.74	0.28
Alface safra	200	5.518.461.1	46999.86	0.52
Cebola safra	170.85	807.538.5	36048.21	0.36
Tomate entressafra	10	10.431.64	610.08	0.16
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	65.64	805.407.62	15423.42	0.52
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.105.18	10.839.442.56	163.809.5	2.49

AÇUDE 277

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	143	305453.71	8723.01	0.15
Pimentão safra	131.53	364752.84	8680.99	0.24
Feijão safra	145.63	917826.24	16747.8	0.21
Repolho safra	181.91	1786030.75	24921.36	0.23
Alface safra	195.01	5381300.45	45828.04	0.49
Cebola safra	142.96	676125.1	30163.75	0.28
Tomate entressafra	10	10432.4	610	0.15
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	34.19	419568.65	8033.18	0.49
Cebola entressafra	0	0	0	0
Banana perene	0	0	0	0
Goiaba perene	0	0	0	0
TOTAL	984.23	9.861.490.14	143.708.13	2.24

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.11
AÇUDE 401

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	162	346693.12	9.882	0.15
Pimentão safra	162	449418.77	10.692	0.3
Feijão safra	180	1134218.78	20.700	0.26
Repolho safra	200	1963184.86	27.400	0.27
Alface safra	200	5518373.5	47.000	0.52
Cebola safra	192.48	908555.96	40.612.84	0.44
Tomate entressafra	10	10426.43	610	0.15
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0.3
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	72.61	891245.38	17.067.03	0.52
Cebola entressafra	0	0.00	0	0.44
Banana perene	24.4	743406.16	5.204.8	0.5
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.203.49	11.965.522.98	179.168.67	4.38

AÇUDE 433

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	172.76	368438.83	10.538.31	0.19
Pimentão safra	152.41	421031.36	10.059.04	0.32
Feijão safra	180	1133763.84	20.700	0.27
Repolho safra	200	1963411.18	27.399.99	0.26
Alface safra	200	5519199.78	47.000	0.52
Cebola safra	189.78	896328.85	40.043.17	0.42
Tomate entressafra	10	10420.42	610	0.19
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	35.91	440584.2	8.438.31	0.52
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	37.1	1129025.8	7.903.3	0.7
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.177.96	11.882.204.26	172.692.1	3.39

AÇUDE 438

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	181	386.743.98	11.040.94	0.19
Pimentão safra	167.11	462.231.25	11.029.08	0.33
Feijão safra	200	1.259.365.06	22.999.89	0.31
Repolho safra	200	1.963.828.03	27.399.9	0.25
Alface safra	200	5.519.744.27	46.999.97	0.51
Cebola safra	200	945.190.25	42.199.88	0.44
Tomate entressafra	10	10.421.56	610.07	0.19
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	135.23	165.9146.68	31.779.5	0.51
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.293.34	12.206.671.1	194.059.23	2.73

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.11
AÇUDE 628

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm ³)
Tomate safra	199.89	426.451.45	12.195.43	0.23
Pimentão safra	197.1	543.931.85	13.011.23	0.43
Feijão safra	200	1.258.870.27	22.996.56	0.31
Repolho safra	200	1.963.327.23	27.397.04	0.27
Alface safra	200	5.518.933.27	46.997.4	0.51
Cebola safra	200	944.619.76	42.195.06	0.43
Tomate entressafra	10.04	10.486.9	613.71	0.23
Pimentão entressafra	0.01	58.78	2.01	0.43
Feijão entressafra	0.03	260.74	6.25	0.31
Repolho entressafra	16.61	59.666.27	2.277.71	0.27
Alface entressafra	117.44	1.440.953.49	27.595.97	0.51
Cebola entressafra	0.01	-3.17	7.59	0.43
Banana perene	111.6	3.397.090.32	23.780.8	2.15
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.452.73	15.564.647.16	219.076.8	6.51

A Tabela 6.12 mostra que a prática da irrigação nos pequenos açudes pode gerar uma receita líquida anual média de R\$ 23.963.134,50 que representa uma renda diária de R\$ 73,07 por homem/dia e uma renda mensal de R\$ 456,68, se a agricultura for do tipo familiar, tornando a agricultura irrigada uma das mais efetivas ferramentas de combate a pobreza e a distribuição de renda na região. Vale ressaltar que se planta três meses do ano e que os agricultores só terão a renda mensal se “pouparem” as diárias recebidas durante estes meses, para gerar uma renda nos demais meses do ano.

Tabela 6.12-Área de plantio otimizada, receita líquida gerada (RL), mão de obra (MO) necessária e volume requerido para irrigação por cultura para todos os pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 3)

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm ³)
TOTAL	24.566	239.631.345	3.279.069	72
MÉDIA ANUAL	2.456,6	23.963.134,5	327.906,9	7.2

Os resultados obtidos com a prática da piscicultura no Cenário 3 estão apresentados na Tabela 6.13.

Tabela 6.13 - Resultados obtidos com a prática da piscicultura extensiva para os 10 anos (Cenário 3)

<i>Código dos Açudes</i>	<i>Volume mínimo (hm³/mês)</i>	<i>Área mínima (ha)</i>	<i>Produção (t)</i>	<i>Pescadores Empregados</i>	<i>Receita Líquida Anual (R\$)</i>
3	0.1000	94.57	47.285	32	156.099
44	0.0300	36.5	18.25	12	60.179
51	0.0600	57.66	28.83	19	95.149.45
71	0.1300	125.43	62.715	42	206.992
72	0.0700	79.32	39.66	26	130.920
73	0.0000	33.59	16.795	11	55.404.7
75	0.0000	25.89	12.945	9	42.778.3
132	0.0400	49.02	24.51	16	80.918.6
144	0.0500	46.2	23.1	15	76.188.8
181	0.3300	209.66	104.83	70	345.910
184	0.1200	113.59	56.795	38	187.392
191	0.0300	23.02	11.51	8	37.914.8
238	0.1100	75.58	37.79	25	124.698
248	0.0700	58.81	29.405	20	97.052
255	0.0300	31.52	15.76	11	51.975.7
277	0.0300	40.31	20.155	13	66.551.9
401	0.0300	30.79	15.395	10	50.878
433	0.0300	27.37	13.685	9	45.225.5
438	0.0600	52.72	26.36	18	86.993.5
628	0.0600	62.00	31.00	21	102.258
TOTAL		1273.6	636.775	425	2.101.479.25

Verifica-se através da Tabela 6.13 que a piscicultura extensiva pode gerar, no Cenário 3, uma receita líquida anual total de R\$ 2.101.479,25 a qual representa uma renda de R\$ 4.944,66/ano/pescador, ou seja, uma renda mensal de R\$ 412,05 por pescador.

Quadro 6.1: Resumo das Receitas Líquidas (RL) e mão de obra gerada (MO) para os pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 3)

RL (R\$) IRRIGAÇÃO	RL (R\$) PISCICULTURA	MO (homem/dia) IRRIGAÇÃO	MO (pescadores) PISCICULTURA
239.631.345	2.101.479.25	3.279.069	425

Como se pode verificar através dos resultados mostrados o desenvolvimento da agricultura irrigada e da piscicultura podem proporcionar um maior desenvolvimento socioeconômico da região uma vez que juntas são responsáveis por uma receita líquida anual de R\$ 24.173.282,42, gerando empregos e rendas para população local. Além disso, são usos que minimizam as perdas por evaporação e vertimento que ocorriam nestes.

6.4 RESULTADOS E ANÁLISES DO CENÁRIO 4

O Cenário 4 corresponde ao Cenário 1 acrescido da piscicultura extensiva com maior prioridade que a agricultura irrigada. Os resultados gerados pelo ORNAP para este Cenário encontram-se resumidos na Tabela 6.14.

Tabela 6.14: Indicadores de Sustentabilidade associados aos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 4)

Código dos Açudes	Confiabilidade (%)	Nº de Falhas	Resiliência (%)	Vulnerabilidade (%)	Déficit máx (%)	Sustentabilidade (%)
3	100	0	0	0	0	100
44	100	0	0	0	0	100
51	100	0	0	0	0	100
71	100	0	0	0	0	100
72	89	13	8	68	100	2
73	100	0	0	0	0	100
75	100	0	0	0	0	100
132	100	0	0	0	0	100
144	100	0	0	0	0	100
181	93	8	13	22	25	9
184	100	0	0	0	0	100
191	100	0	0	0	0	100
238	92	10	10	25	25	7
248	100	0	0	0	0	100
255	100	0	0	0	0	100
277	100	0	0	0	0	100
401	100	0	0	0	0	100
433	100	0	0	0	0	100
438	100	0	0	0	0	100
628	100	0	0	0	0	100

Os Indicadores de Sustentabilidade gerados pelo ORNAP para o Cenário 4, apresentados na tabela acima, demonstram que as vazões requeridas para o abastecimento humano e animal, piscicultura e irrigação pelos os pequenos açudes foram plenamente atendidas para a maioria dos açudes. Os açudes de código 72, 181 e 238 não tiveram suas demandas atendidas plenamente, ou seja, estes três pequenos açudes não dispõem de água suficiente para atender as três demandas em todo tempo estudado.

O baixo valor para o indicador Resiliência, para três estes reservatórios, significa que estes reservatórios demoram a se recuperar quando entram em um estado de falha. Dentre eles o açude de código 72 foi o que apresentou um maior índice de Vulnerabilidade (68%), indicando que nos meses que ocorreram falhas, pelo menos para um mês, foi de grande magnitude, com um déficit máximo de 100% o qual nos leva a concluir que as demandas requeridas para os três usos em algum dos meses não teve nenhuma vazão alocada a ela, ocasionando assim um Índice de Sustentabilidade de apenas 2%.

O gráfico do comportamento hídrico dos pequenos açudes podem ser representados através das Figuras 6.12 e 6.13, estas mostram que o comportamento hídrico da maioria dos pequenos açudes atendeu a condição de sustentabilidade hídrica. Apenas três dos pequenos açudes apresentaram os indicadores de Hashimoto com indicação de falha no atendimento as demandas como mostra as Figuras 6.14 e 6.15, porém, no final do período estudado eles apresentaram volume final superior ao inicial demonstrando que atingiram a condição de sustentabilidade hídrica imposta.

Apesar dos açudes 72, 181 e 238 não atenderem as demandas em todo o período estudado, verificou-se por meio das análises realizadas que as condições impostas no problema enunciadas no Cenário 4 atenderam satisfatoriamente as demandas para abastecimento humano e animal, agricultura irrigada e piscicultura extensiva, garantindo a sustentabilidade dos pequenos açudes.

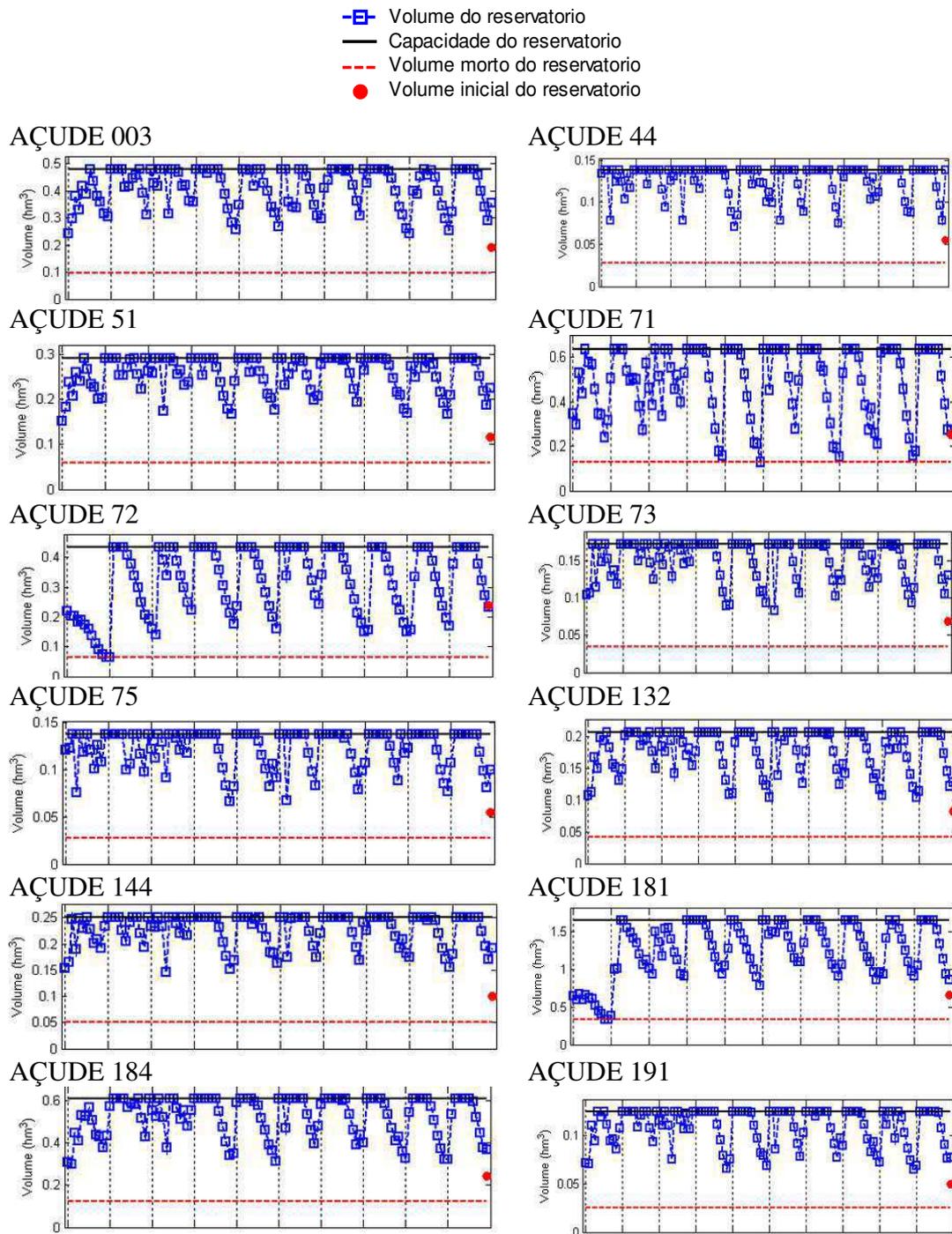


Figura 6.12 – Comportamento hídrico dos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário4).

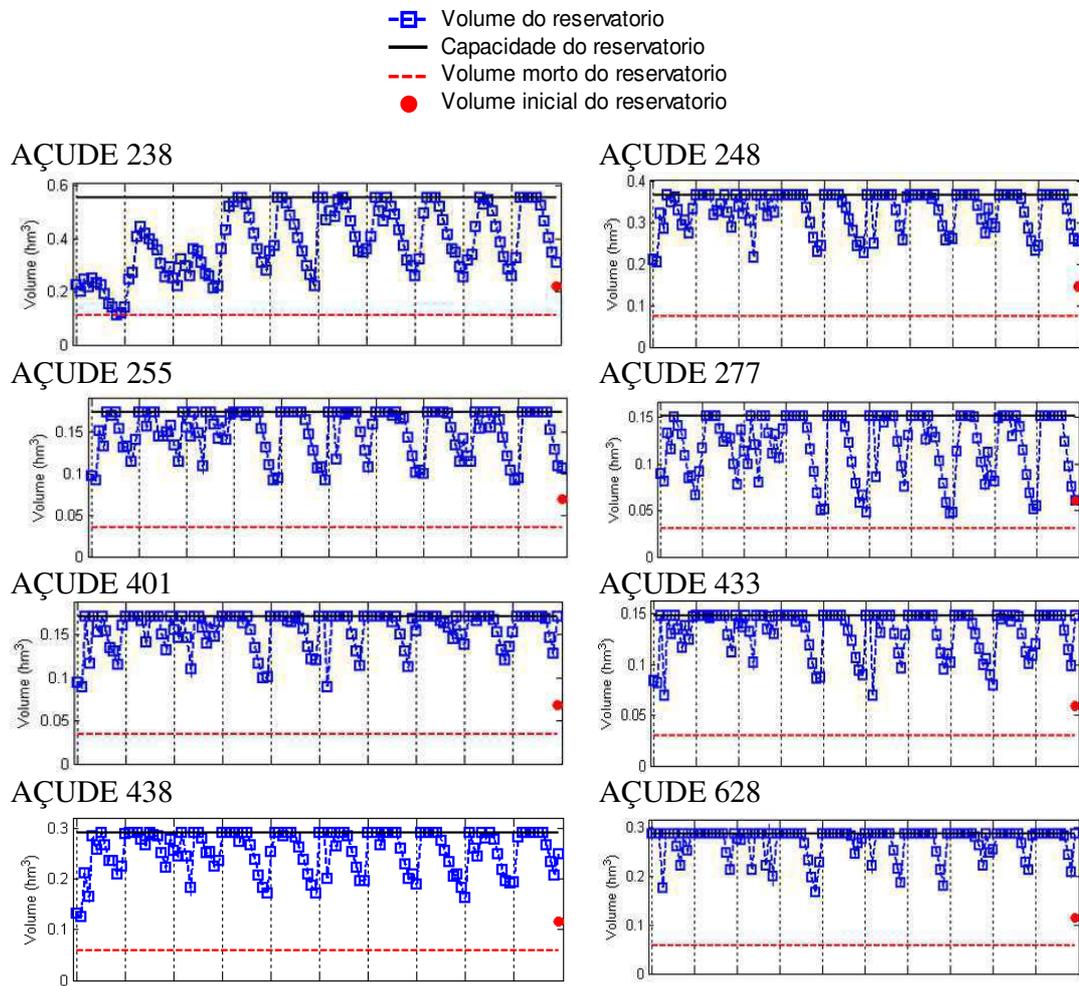


Figura 6.13 – Comportamento hídrico dos pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 4)

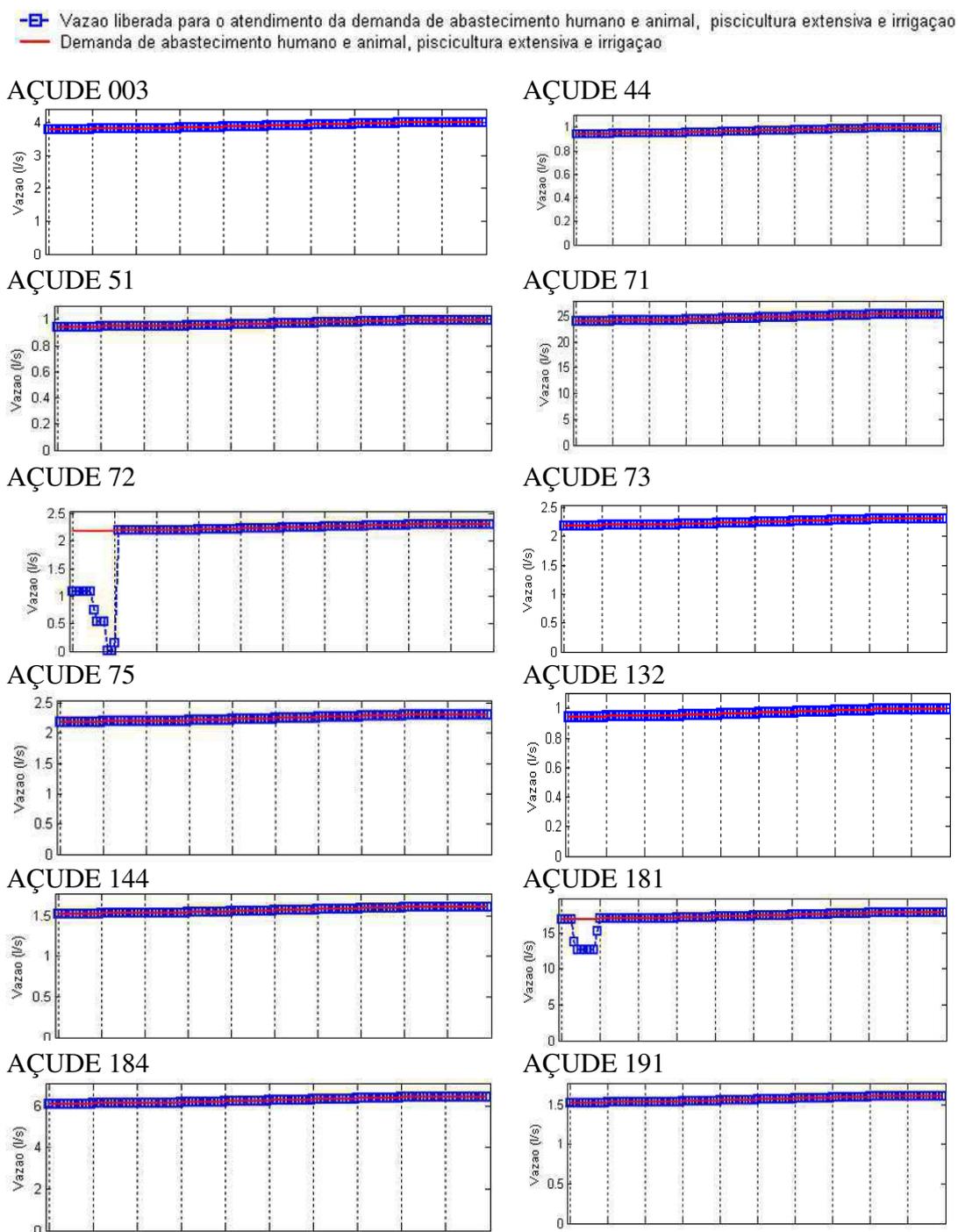


Figura 6.14 – Gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender as demandas humana e animal, piscicultura extensiva e irrigação (Cenário 4).

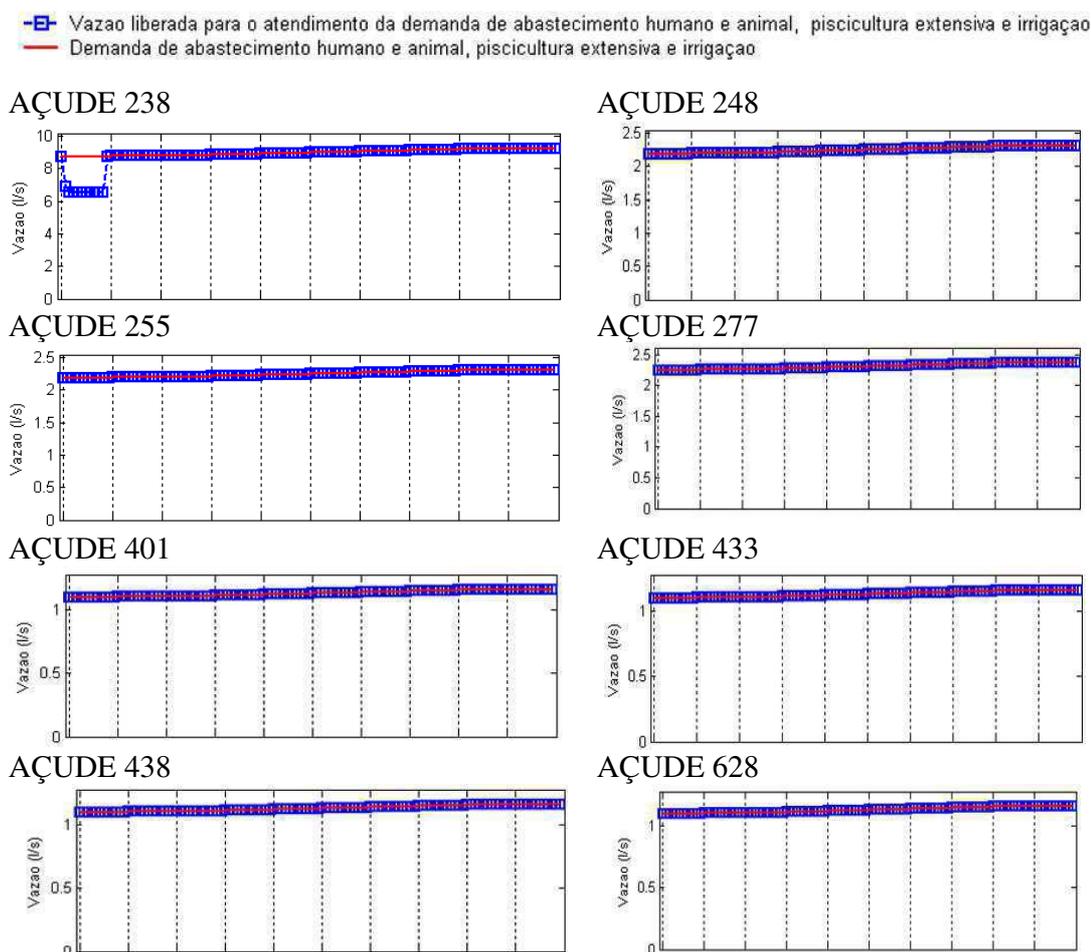


Figura 6.15 – Gráfico do comportamento das vazões liberadas para atender as demandas humana e animal, piscicultura extensiva e irrigação (Cenário4).

A Tabela 6.15 mostra que os açudes 72, 181 e 238 não atenderam a demanda de abastecimento humano e animal, de piscicultura extensiva e irrigação nos meses em que seus volumes apresentaram depleção e, coincidentemente, menores vazões afluentes que chegaram a zero, em algum destes meses, e significativas perdas por evaporação. A depleção destes ocorreu entre os meses de agosto até dezembro, coincidindo com os meses de menores vazões afluentes, menores volumes precipitados (muita das vezes não houve precipitação) e maiores perdas por evaporação.

Tabela 6.15: Resultados Operacionais e Hidrológicos dos pequenos açudes para o ano que o atendimento a demanda falhou (Cenário 4)

Açude 72 – Ano de 199

Volume do Reservatório (hm³/mês)	Volume afluente (hm³/mês)	Volume Precipitado (hm³/mês)	Volume Evaporado (hm³/mês)	Volume Vertido (hm³/mês)	Volume para o abastecimento (hm³/mês)	Volume para irrigação (hm³/mês)
0.3500	0.1800	0.0100	0.0400	0.0000	0.0600	0.0000
0.3000	0.0300	0.0000	0.0200	0.0000	0.0600	0.0000
0.5300	0.3000	0.0200	0.0300	0.0000	0.0600	0.0000
0.4400	0.0000	0.0000	0.0300	0.0000	0.0600	0.0000
0.6300	0.2700	0.0200	0.0300	0.0000	0.0600	0.0000
0.5800	0.0400	0.0000	0.0300	0.0000	0.0600	0.0000
0.5700	0.0800	0.0100	0.0400	0.0000	0.0600	0.0000
0.4600	0.0000	0.0000	0.0500	0.0000	0.0600	0.0000
0.3400	0.0000	0.0000	0.0500	0.0000	0.0600	0.0000
0.3400	0.1000	0.0100	0.0500	0.0000	0.0600	0.0000
0.2400	0.0000	0.0000	0.0400	0.0000	0.0600	0.0000
0.3200	0.1700	0.0100	0.0400	0.0000	0.0600	0.0000

Açude 181 – Ano de 199

Volume do Reservatório (hm³/mês)	Volume afluente (hm³/mês)	Volume Precipitado (hm³/mês)	Volume Evaporado (hm³/mês)	Volume Vertido (hm³/mês)	Volume para o abastecimento (hm³/mês)	Volume para irrigação (hm³/mês)
0.6500	0.0700	0.0200	0.0600	0.0000	0.0400	0.0000
0.6000	0.0200	0.0000	0.0300	0.0000	0.0400	0.0000
0.6700	0.1200	0.0300	0.0400	0.0000	0.0400	0.0000
0.5900	0.0000	0.0000	0.0300	0.0000	0.0400	0.0000
0.6500	0.1000	0.0200	0.0300	0.0000	0.0400	0.0000
0.6200	0.0200	0.0000	0.0300	0.0000	0.0300	0.0000
0.6000	0.0500	0.0100	0.0400	0.0000	0.0300	0.0000
0.5300	0.0000	0.0000	0.0500	0.0000	0.0300	0.0000
0.4400	0.0000	0.0000	0.0500	0.0000	0.0300	0.0000
0.4000	0.0400	0.0100	0.0500	0.0000	0.0300	0.0000
0.3300	0.0100	0.0000	0.0500	0.0000	0.0300	0.0000
0.3300	0.0700	0.0100	0.0400	0.0000	0.0400	0.0000

Açude 238 – Ano de 199

Volume do Reservatório (hm³/mês)	Volume afluente (hm³/mês)	Volume Precipitado (hm³/mês)	Volume Evaporado (hm³/mês)	Volume Vertido (hm³/mês)	Volume para o abastecimento (hm³/mês)	Volume para irrigação (hm³/mês)
0.2200	0.0400	0.0100	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000
0.2000	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000
0.2500	0.0700	0.0100	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000
0.2200	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000
0.2500	0.0500	0.0100	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000
0.2300	0.0100	0.0000	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000
0.2300	0.0200	0.0000	0.0100	0.0000	0.0200	0.0000
0.1900	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000
0.1500	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000
0.1400	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000
0.1100	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000
0.1200	0.0400	0.0000	0.0200	0.0000	0.0200	0.0000

Os Indicadores de Eficiência obtidos para os pequenos açudes para o Cenário 4 pelo ORNAP encontram-se resumidos na Tabela 6.16.

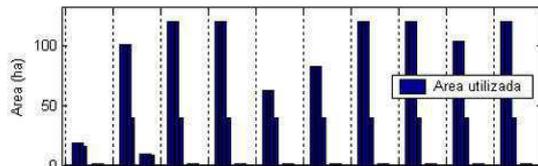
Tabela 6.16: Indicadores de Eficiência associados aos reservatórios para os 10 anos (Cenário 3)

AÇUDES	IAP	IUD	IUP	ηV_r	ηE	ηp	ηV	ηe
3	0.31	0.68	0.21	0.01	0.26	0.09	0.51	0.21
44	0.16	0.77	0.12	0.00	0.09	0.03	0.78	0.12
51	0.30	0.65	0.19	0.01	0.26	0.09	0.53	0.19
71	0.21	0.83	0.18	0.00	0.09	0.04	0.73	0.18
72	0.08	0.57	0.04	0.00	0.09	0.03	0.86	0.04
73	0.15	0.79	0.12	0.00	0.08	0.03	0.80	0.12
75	0.20	0.84	0.17	0.00	0.08	0.03	0.74	0.17
132	0.12	0.67	0.08	0.00	0.11	0.04	0.81	0.08
144	0.27	0.76	0.20	0.01	0.17	0.06	0.62	0.20
181	0.38	0.71	0.27	0.01	0.29	0.10	0.43	0.27
184	0.27	0.68	0.18	0.01	0.23	0.08	0.59	0.18
191	0.36	0.81	0.30	0.00	0.18	0.06	0.52	0.30
238	0.62	0.78	0.48	0.01	0.36	0.12	0.15	0.48
248	0.24	0.71	0.17	0.01	0.18	0.06	0.64	0.17
255	0.33	0.79	0.26	0.00	0.18	0.07	0.55	0.26
277	0.32	0.75	0.24	0.00	0.21	0.08	0.55	0.24
401	0.24	0.76	0.18	0.01	0.13	0.05	0.67	0.18
433	0.25	0.77	0.19	0.01	0.13	0.05	0.67	0.19
438	0.33	0.66	0.22	0.02	0.27	0.10	0.50	0.22
628	0.06	0.68	0.04	0.00	0.05	0.02	0.90	0.04

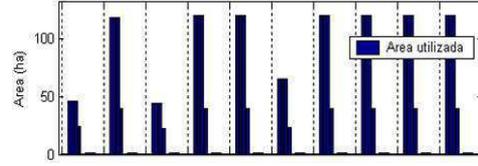
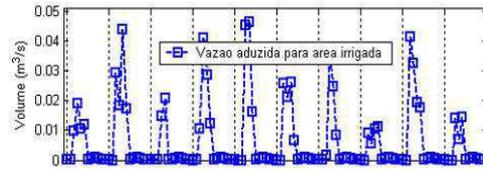
Os valores para o IAP dos pequenos açudes para este Cenário, como mostra a tabela acima, variam de 0,12 a 0,62 que demonstra, em relação ao Cenário padrão, teve um aumento significativo e que podemos confirmar com o aumento, também, dos valores IUP que indica que está ocorrendo uma melhor utilização do potencial dos reservatórios.

As Figuras 6.16, 6.17 e 6.18 mostram o gráfico do comportamento apresentado pelos pequenos açudes da vazão aduzida para área irrigada e as áreas alocadas para as culturas sazonais (safra e entressafra) e as culturas perenes nos 10 anos de otimização para o Cenário 4, e elas demonstram que as áreas irrigadas sofrem reduções significativas nos períodos em que os açudes entram em estado de falhas, fato este já previsível uma vez que não há água suficiente nestes períodos para atender as necessidades hídricas das culturas, logo não se pode plantar.

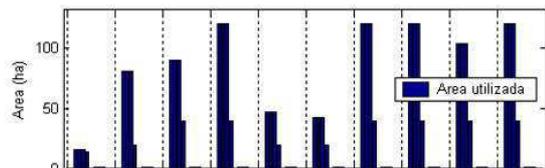
AÇUDE 003



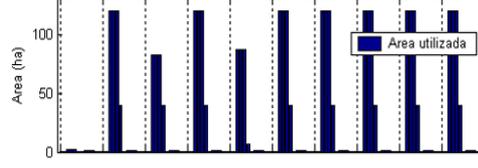
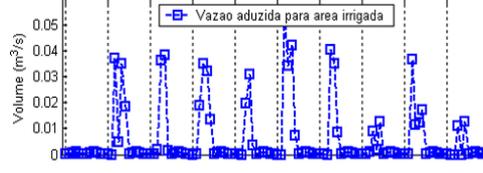
AÇUDE 44



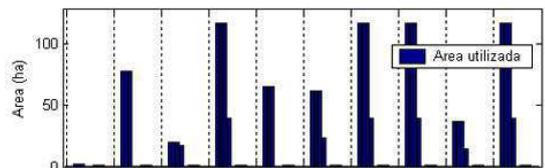
AÇUDE 51



AÇUDE 71



AÇUDE 72



AÇUDE 73

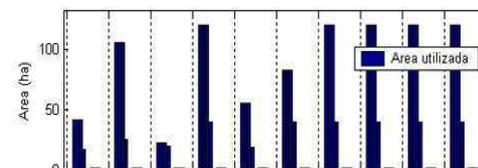
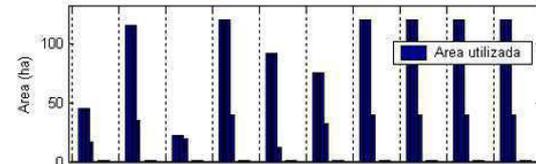
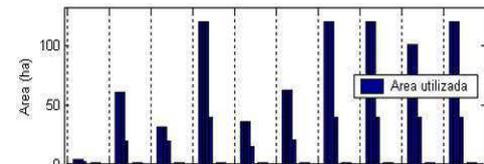


Figura 6.16: Gráfico do comportamento da vazão aduzida pelos pequenos açudes para a área irrigada com áreas alocadas para as culturas sazonais e perenes (Cenário 4).

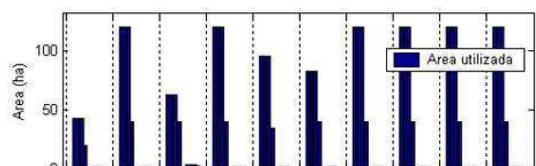
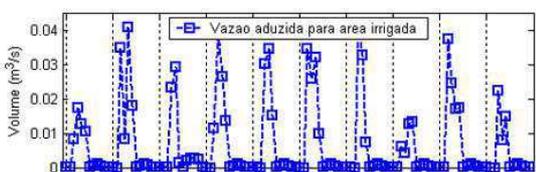
AÇUDE 75



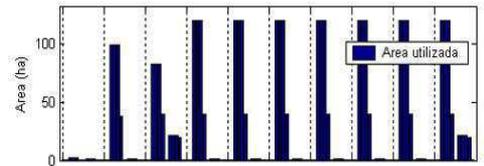
AÇUDE 132



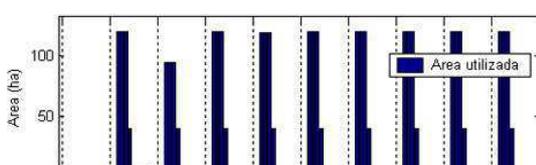
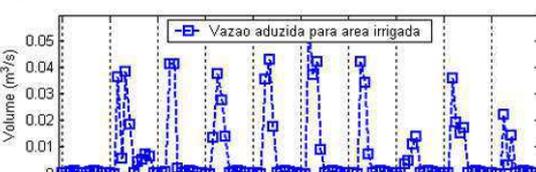
AÇUDE 144



AÇUDE 181



AÇUDE 184



AÇUDE 191

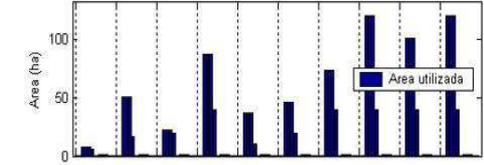
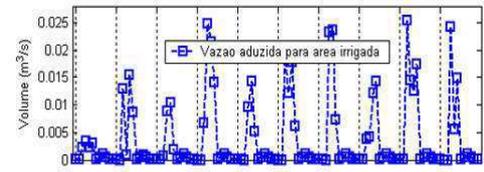
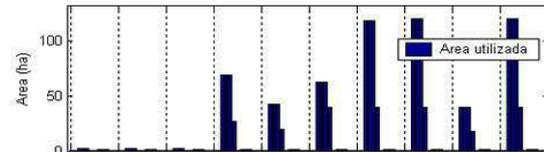
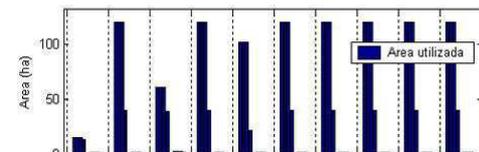


Figura 6.17: Gráfico do comportamento da vazão aduzida pelos pequenos açudes para a área irrigada com áreas alocadas para as culturas sazonais e perenes (Cenário 4).

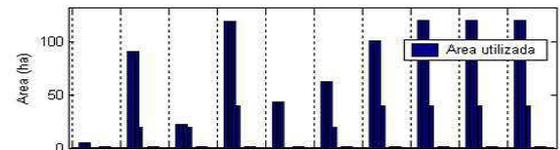
AÇUDE 238



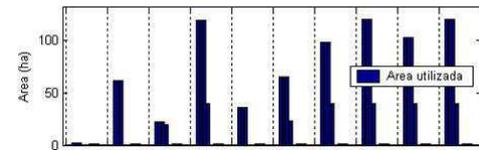
AÇUDE 248



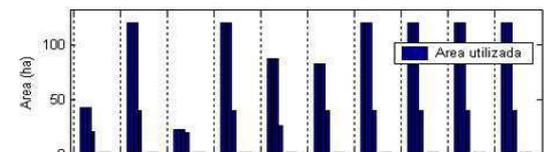
AÇUDE 255



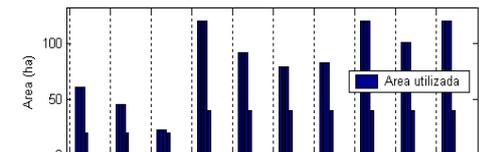
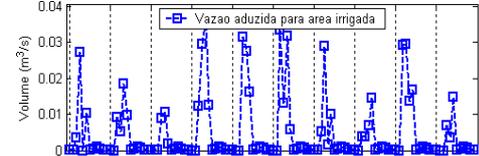
AÇUDE 277



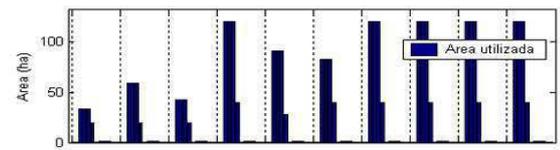
AÇUDE 401



AÇUDE 433



AÇUDE 438



AÇUDE 628

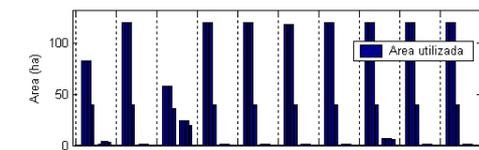
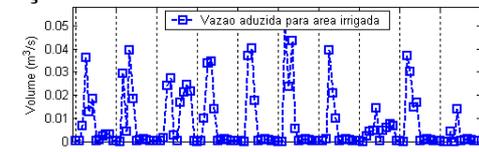


Figura 6.18: Gráfico do comportamento da vazão aduzida pelos pequenos açudes para a área irrigada com áreas alocadas para as culturas sazonais e perenes (Cenário 4).

A Tabela 6.17 apresenta os resultados de área de plantio otimizada, receita líquida gerada (RL), mão de obra (MO) e volume requerido para irrigação por cultura agrícola para o período dos 10 anos estudados para o Cenário 4.

Tabela 6.17- Área de plantio otimizada, receita líquida gerada(RL), mão de obra necessária(MO) e volume requerido para irrigação por cultura para os pequenos açudes para os 10 anos(Cenário 4)

AÇUDE 003

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm ³)
Tomate safra	143	304.884.31	8.722.65	0.15
Pimentão safra	107.34	297.156.72	7.084.45	0.19
Feijão safra	160.26	1.006.890.33	18.429.93	0.29
Repolho safra	180	1.764.584.61	24.659.62	0.31
Alface safra	196.34	5.415.317.13	46.138.92	0.58
Cebola safra	180	848.155.06	37.977.47	0.44
Tomate entressafra	10	10.432.4	610.17	0.15
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	8.9	109.358.63	2.092.39	0.58
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	985.84	9.756.779.2	145.715.6	2.69

AÇUDE 44

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm ³)
Tomate safra	143	305.499.79	8.722.89	0.14
Pimentão safra	140.46	388.031.13	9.270.16	0.29
Feijão safra	160	1.006.356.68	18.400.41	0.26
Repolho safra	200	1.961.536.46	27.399.69	0.31
Alface safra	200	5.517.657.1	46.999.9	0.55
Cebola safra	149.36	705.527.18	31.515.09	0.32
Tomate entressafra	10	10.427.47	610.02	0.14
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.002.82	9.895.035.8	142.918.16	2.01

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.17
AÇUDE 51

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm ³)
Tomate safra	131.99	281.990.66	8.051.37	0.12
Pimentão safra	88.58	246.030.54	5.846.59	0.15
Feijão safra	144.63	910.261.74	16.632.27	0.22
Repolho safra	180	1.765.251.93	24.659.97	0.28
Alface safra	194.09	5.354.232.62	45.611.84	0.53
Cebola safra	120	568.484.49	25.320.08	0.21
Tomate entressafra	10	10.429.49	610	0.12
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	869.29	9136681.5	126732.12	1.63

AÇUDE 71

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm ³)
Tomate safra	162	345.947.63	9.882	0.16
Pimentão safra	162	448.055.47	10.692	0.33
Feijão safra	180	1.133.009.21	20.700	0.29
Repolho safra	180	1.767.245.15	24.660	0.24
Alface safra	166.6	4.598.468.6	39.151.29	0.4
Cebola safra	160	756.605.56	33.760	0.32
Tomate entressafra	10	10.429.66	610	0.16
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.020.6	905.9761.3	139.455.29	1.9

AÇUDE 72

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm ³)
Tomate safra	118.05	252.878.59	7.201.19	0.09
Pimentão safra	109.31	303.778.71	7.214.38	0.18
Feijão safra	134.26	845.737.62	15.438.26	0.19
Repolho safra	155.22	1.524.844.44	21.266.15	0.19
Alface safra	130.91	3.614.004.46	30.761.92	0.29
Cebola safra	82.76	393.371.02	17.462.69	0.12
Tomate entressafra	10.07	10.491.7	613.73	0.09
Pimentão entressafra	0.03	75.32	2.59	0.18
Feijão entressafra	0.06	246.83	5.93	0.19
Repolho entressafra	0.06	204.55	7.83	0.19
Alface entressafra	0.01	441.18	8.44	0.29
Cebola entressafra	0.01	-3.39	7.97	0.12
Banana perene	0	0	0	0
Goiaba perene	0	0	0	0
TOTAL	740.75	6.946.071	99.991.08	2.12

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.17

AÇUDE 73

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	124	265.739.51	7.564.27	0.09
Pimentão safra	124	343.833.35	8.183.93	0.23
Feijão safra	156.46	985.261.03	17.992.55	0.23
Repolho safra	180	1.767.142.52	24.659.88	0.23
Alface safra	196.17	5.413.139.57	46.100.1	0.51
Cebola safra	124.97	591.514.12	26.368.49	0.24
Tomate entressafra	10	10.427.12	610.01	0.09
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	915.6	9.377.057.2	131.479.23	1.62

AÇUDE 75

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	143	306.342.69	8.723	0.14
Pimentão safra	141.92	394.092.28	9.367.01	0.24
Feijão safra	166.74	1.050.144.05	191.75.34	0.26
Repolho safra	180	1.767.319.69	24.660	0.23
Alface safra	188.87	5.211.729.26	44.383.94	0.48
Cebola safra	127.93	605.779.29	26.993.22	0.23
Tomate entressafra	10	10.429.53	610	0.14
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	958.46	9.345.836.8	133.912.51	1.72

AÇUDE 132

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	123.63	264.821.19	7.541.27	0.09
Pimentão safra	86	239.372.46	5.675.98	0.12
Feijão safra	120.01	755.895.41	13.801.58	0.17
Repolho safra	168.86	1.657.380.49	23.132.64	0.24
Alface safra	177.55	4.899.526.28	41.723.02	0.47
Cebola safra	100.25	475.512.21	21.153.23	0.18
Tomate entressafra	10	10.432.04	610.09	0.09
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	786.3	8.302.940.1	113.637.81	1.36

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.17

AÇUDE 144

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	143	305.790.66	8.722.99	0.12
Pimentão safra	124	343.075.4	8.183.99	0.24
Feijão safra	160	1.006.647.61	18.400	0.26
Repolho safra	200	1.961.558.68	27.399.98	0.31
Alface safra	200	5.517.237.33	47.000	0.55
Cebola safra	174.51	823.587.56	36.821.59	0.4
Tomate entressafra	10	10.430.65	610	0.12
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	2.41	29.536.71	565.44	0.55
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.013.92	9.997.864.6	147.703.99	2.55

AÇUDE 181

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	162	345.597.4	9.881.56	0.16
Pimentão safra	143	395.194.48	9.437.7	0.29
Feijão safra	180	1.132.460.6	20.699.28	0.3
Repolho safra	180	1.766.707.39	24.659.57	0.25
Alface safra	180	4.967.257.21	42.299.69	0.46
Cebola safra	178.01	840.639.23	37.558.94	0.4
Tomate entressafra	10	10.432.52	610.18	0.16
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	40	490.935.11	9.400.82	0.46
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1073.01	9.949.223.9	154.547.74	2.48

AÇUDE 184

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	174.59	371.945.7	10.650.1	0.2
Pimentão safra	161.17	444.701.78	10.637.02	0.35
Feijão safra	180	1.132.234.39	20.700	0.31
Repolho safra	180	1.766.395.47	24.660	0.25
Alface safra	180	4.967.006.81	42.300	0.47
Cebola safra	180	849.795.91	37.980	0.41
Tomate entressafra	10	10.430.82	610	0.2
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	5.82	71.475.22	1.368.22	0.47
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.071.58	9.613.986.1	148.905.34	2.66

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.17
AÇUDE 191

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm ³)
Tomate safra	84.12	180.728.8	5.131.27	0.05
Pimentão safra	48.01	134.581.22	3.168.86	0.04
Feijão safra	100.63	634.623.61	11.572.13	0.13
Repolho safra	160	1.570.748.25	21.919.75	0.21
Alface safra	172.73	4.765.969.35	40.590.99	0.46
Cebola safra	100.02	474.136.69	21.104.5	0.18
Tomate entressafra	10	10.431.9	610.02	0.05
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	675.51	7.771.219.8	104.097.52	1.12

AÇUDE 238

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm ³)
Tomate safra	67	144.090.4	4.087.01	0.04
Pimentão safra	65.2	182.670.71	4.303.1	0.06
Feijão safra	80	505.216.53	9.200.15	0.09
Repolho safra	140	1.375.171.91	19.179.91	0.16
Alface safra	137.88	3.805.797.56	32.401.45	0.35
Cebola safra	86.47	409.783.45	18.246	0.17
Tomate entressafra	10	10.429.81	610	0.04
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	586.55	6.433.160.4	88.027.62	0.91

AÇUDE 248

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm ³)
Tomate safra	162	346.024.9	9.882	0.16
Pimentão safra	162	448.086.48	10.691.99	0.33
Feijão safra	160	1.008.026.59	18.400	0.23
Repolho safra	180	1.767.188.95	24.660.01	0.24
Alface safra	193.47	5.338.680.95	45.466.43	0.48
Cebola safra	159.83	755.491.51	33.723.1	0.35
Tomate entressafra	10	10.430.73	610	0.16
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	1.79	21.868.84	418.6	0.48
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.029.09	9.695.799	143.852.13	2.43

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.17

AÇUDE 255

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	124.03	266.082.46	7.565.5	0.1
Pimentão safra	95.3	265.300.02	6.289.72	0.14
Feijão safra	160	1.008.168.55	18.399.95	0.23
Repolho safra	162.65	1.597.740.22	22.283.05	0.2
Alface safra	160.51	4.430.226.43	37.720.23	0.39
Cebola safra	100	474.813.04	21.100.12	0.16
Tomate entressafra	10	10.430.35	610	0.1
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	812.49	805.2761.1	113.968.57	1.32

AÇUDE 277

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	120.7	258.855.98	7.362.54	0.1
Pimentão safra	67.13	187.571.3	4.430.55	0.07
Feijão safra	152.99	964.176.48	17.593.63	0.22
Repolho safra	160	1.571.890.59	21.919.79	0.18
Alface safra	140	3.864.866.87	32.899.69	0.32
Cebola safra	103.62	491.714.33	21.864.14	0.16
Tomate entressafra	10	10.432.44	610	0.1
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	754.44	7.349.508	106.680.34	1.15

AÇUDE 401

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	143	307.068.47	8.723	0.11
Pimentão safra	124	345.968.28	8.184	0.18
Feijão safra	160	1.008.752.98	18.400	0.22
Repolho safra	180	1.767.703.26	24.660	0.22
Alface safra	200	5.518.373.56	47.000	0.52
Cebola safra	147.03	695.299.71	31.023.74	0.31
Tomate entressafra	10	10.426.43	610	0.11
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	964.03	9.653.592.7	138.600.74	1.67

CONTINUAÇÃO DA TABELA 6.17

AÇUDE 433

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	95.85	205.635.45	5.847.03	0.06
Pimentão safra	67	187.209.15	44.22.28	0.08
Feijão safra	158.33	997.820.38	18.208.12	0.23
Repolho safra	180	1.767.928.79	24.659.98	0.21
Alface safra	200	5.519.197.81	47.000	0.52
Cebola safra	140	662.332.16	29.539.94	0.29
Tomate entressafra	10	10.420.33	610	0.06
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	851.18	9.350.544.1	130.287.35	1.45

AÇUDE 438

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	124	265.933.2	7564	0.1
Pimentão safra	106.59	296.583.08	7.034.81	0.17
Feijão safra	156.63	987.173.57	18.012.8	0.23
Repolho safra	191.04	1.875.839.54	26.172.69	0.24
Alface safra	200	5.519.749.79	47.000	0.51
Cebola safra	127.78	605.129.66	26.961.68	0.26
Tomate entressafra	10	10.420.67	610	0.1
Pimentão entressafra	0	0.00	0	0
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	0	0.00	0	0
Alface entressafra	0	0.00	0	0
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	916.04	9.560.829.5	133.355.98	1.61

AÇUDE 628

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm³)
Tomate safra	162	346.489.33	9.882	0.16
Pimentão safra	159.75	442.260.8	10.543.26	0.31
Feijão safra	180	1.134.041.42	20.700	0.26
Repolho safra	200	1.963.539.71	27.400	0.27
Alface safra	200	5.519.239.13	47.000	0.51
Cebola safra	195.76	924.733.4	41.305.05	0.42
Tomate entressafra	11.85	12.356.62	722.67	0.16
Pimentão entressafra	1.6	3.075.37	105.57	0.31
Feijão entressafra	0	0.00	0	0
Repolho entressafra	3.08	11.038.67	421.62	0.27
Alface entressafra	25.95	318.480.13	6.097.83	0.51
Cebola entressafra	0	0.00	0	0
Banana perene	0	0.00	0	0
Goiaba perene	0	0.00	0	0
TOTAL	1.139.99	10.675.255	164.178.02	3.44

Percebe-se que é possível plantar uma variedade de culturas, de acordo com os resultados mostrados nas tabelas acima. Áreas para as culturas de pimentão entressafra, feijão entressafra, repolho entressafra, alface entressafra, cebola entressafra, banana perene e goiaba perene não foram alocadas em todos os açudes.

Verifica-se, ainda, que ocorre a tendência do cultivo do alface, do feijão safra e do repolho serem as culturas preferenciais, uma vez que geram a maior receita líquida.

Tabela 6.18-Área de plantio otimizada, receita líquida gerada (RL), mão de obra (MO) necessária e volume requerido para irrigação por cultura para todos os pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 4)

CULTURAS	ÁREA (ha)	RL (R\$)	MO (homem/dia)	VOLUME (hm ³)
TOTAL	18.167,49	179.923.907	2.608.047,14	37,84
MÉDIA ANUAL	1.816,745	17.992.390,70	260.804,71	3,78

A Tabela 6.18 mostra que a prática da irrigação nos pequenos açudes pode gerar uma receita líquida anual média de R\$ 17.992.390,70 que representa uma renda diária de R\$ 68,99 por homem/dia e uma renda mensal de R\$ 431,18, se a agricultura for do tipo familiar, tornando a agricultura irrigada uma das mais efetivas ferramentas de combate a pobreza e a distribuição de renda na região. Vale ressaltar que se planta três meses do ano e que os agricultores só terão a renda mensal se “pouparem” as diárias recebidas durante estes meses, para gerar uma renda nos demais meses do ano.

Os resultados obtidos com a prática da piscicultura extensiva no Cenário 4 estão apresentados na Tabela 6.19, abaixo.

Tabela 6.19 - Resultados obtidos com a prática da piscicultura extensiva para os 10 anos (Cenário 4)

<i>Código dos Açudes</i>	<i>Volume mínimo (hm³/mês)</i>	<i>Área mínima (ha)</i>	<i>Produção (t)</i>	<i>Pescadores Empregados</i>	<i>Receita Líquida Anual (R\$)</i>
3	0.2400	182.26	91.13	61	300.710
44	0.0700	73.52	36.76	25	121.320
51	0.1500	118.43	59.215	39	195.406
71	0.1300	166.7	83.35	56	275.068
72	0.0700	133.33	66.665	44	220.022
73	0.0800	67.43	33.715	22	111.245.7
75	0.0700	50.5	25.25	17	83.308.6
132	0.1000	94.78	47.39	32	156.390
144	0.1500	94.14	47.07	31	155.353
181	0.3300	358.17	179.085	119	590.987
184	0.3000	218.92	109.46	73	361.196
191	0.0700	43.81	21.905	15	72.280.2
238	0.1100	114.15	57.075	38	188.333
248	0.2100	123.92	61.96	41	204.458
255	0.0900	59.71	29.855	20	98.520
277	0.0500	59.71	29.855	20	98.485.4
401	0.0900	64.85	32.425	22	107.018.4
433	0.0700	54.37	27.185	18	89.692.7
438	0.1200	104.79	52.395	35	172.907
628	0.1700	139.79	69.90	47	230.649
	TOTAL	2.323.3	1.161.64	774	3.833.350

A piscicultura no Cenário 4 gera, durante os dez anos, uma receita líquida de R\$3.833.350 que representa uma receita anual de R\$ 383.335 e uma renda mensal de R\$ 495,26 por pescador.

Quadro 6.2: Resumo das Receitas Líquidas (RL) e mão de obra gerada (MO) para os pequenos açudes para os 10 anos (Cenário 4)

RL (R\$) IRRIGAÇÃO	RL (R\$) PISCICULTURA	MO (homem/dia) IRRIGAÇÃO	MO (pescadores) PISCICULTURA
179.923.907	3.833.350	2.608.047,14	774

Os resultados obtidos neste cenário demonstram a importância de implementar mais usos dos recursos hídricos dos pequenos açudes como forma de incrementar a economia da região onde se encontram inseridos.

6.5 RESUMO DOS CENÁRIOS ESTUDADOS

Quadro 6.3: Resumo dos Cenários

	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
Nº DE AÇUDES QUE APRESENTARAM FALHAS EM ALGUM PERÍODO	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>6</i>	<i>3</i>
RECEITA LÍQUIDA GERADA PELA AGRICULTURA IRRIGADA (R\$)	-----	-----	<i>239.631.345,00</i>	<i>179.923.907,00</i>
RECEITA LÍQUIDA GERADA PELA PISCICULTURA EXTENSIVA (R\$)	-----	<i>3.648.120,00</i>	<i>2.101.479,25</i>	<i>3.833.350,00</i>
MÃO-DE-OBRA GERADA PELA AGRICULTURA IRRIGADA (HOMEM/DIA)	-----	-----	<i>3.279.069</i>	<i>2.608.047</i>
MÃO-DE-OBRA GERADA PELA PISCICULTURA EXTENSIVA (PESCADORES)	-----	<i>795</i>	<i>425</i>	<i>774</i>

Os resultados obtidos para os cenários demonstram que os atuais usos desenvolvidos pelos pequenos açudes, que corresponde apenas o uso voltado para o abastecimento humano e animal (representado pelo Cenário 1), os tornam ineficientes à medida que se pode fazer um melhor uso das águas destes implementando novos usos que possam gerar receita líquida e empregos para região. E também por estes apresentarem uma perda significativa por evaporação que pode ser minimizada através da ativação destes novos usos.

Verifica-se que a implementação de novos usos aos pequenos açudes pode ser efetuada sem afetar a sustentabilidade hídrica dos mesmos, como se pode verificar através dos índices associados ao desempenho dos reservatórios, e ainda gerar um desenvolvimento socioeconômico para região, promovendo a geração de empregos e renda. A maneira como se quer implementar os usos cabe aos órgãos gestores decidir, em parceria com a comunidade local, pois apenas desenvolvendo a piscicultura extensiva gera-se renda e empregos enquanto que desenvolvendo piscicultura extensiva e agricultura irrigada a receita líquida ainda é maior.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho teve como foco a aplicação de um modelo de otimização baseado em programação linear, para um período de 10 anos consecutivos (199-2008), de forma que se verificasse como está acontecendo os usos dos recursos hídricos dos pequenos açudes que integram a Bacia do Açude de Sumé e propor alternativas de como melhor utilizar as águas destes.

O uso do ORNAP, modelo de otimização baseado em programação linear, foi de extrema importância para o desenvolvimento deste estudo, pois permitiu a otimização dos usos múltiplos dos recursos hídricos oriundos dos pequenos açudes gerando soluções ótimas globais para os cenários de planejamento estabelecidos neste trabalho. Estes resultados possibilitaram verificar que se faz necessário, por parte dos órgãos gestores, uma maior atenção para os recursos hídricos oriundos dos pequenos açudes, uma vez que os mesmos existem e são de extrema importância para o desenvolvimento socioeconômico da região semiárida nordestina.

Os resultados alcançados com a criação dos quatro cenários de planejamento, que contemplam usos distintos e conflitantes das águas dos pequenos açudes, permitiram atingir o objetivo proposto no Capítulo 1. A metodologia utilizada possibilitou lidar de forma eficiente na determinação de uma política operacional ótima do sistema formado pelos pequenos açudes. Foi possível mostrar que, dentro das condições hidroclimáticas e dos dados utilizados, o uso da água para atender determinada demanda pode ou não incrementar a economia local e contemplar os critérios de sustentabilidade hídrica dos açudes.

A existência de dados hidrometeorológicos dos pequenos açudes seria de fundamental importância para que este estudo pudesse fornecer informações mais seguras e precisas. Neste trabalho fez-se uma estimativa dos dados para estes açudes, uma vez que só se encontram postos de medições de vazão e pluviométricos nos grandes açudes da Bacia Hidrográfica estudada. Em toda estimativa há uma margem de erro e, neste caso, procurou-se minimizá-la através da calibração de parâmetros dos modelos utilizados a partir dos dados existentes para os açudes de maior porte da bacia. Portanto, o que está faltando e que se sugere é incorporar os pequenos

açudes no sistema de monitoramento hidrometeorológico do Estado da Paraíba para que se tenha um banco de dados confiável, já que até o presente momento ainda não se tem medições pluviométricas e da vazão realizadas nos mesmos.

Apesar da inexistência dos dados e da margem de erro que pode ter sido derivada da calibração do modelo chuva-vazão, utilizado para obter os dados de vazões afluentes, do método da interpolação pelo inverso do quadrado da distância para obter os dados de precipitação e das relações cota versus área versus volume dos açudes, verificou-se que a maioria dos pequenos açudes está sendo “subutilizadas” com o uso atual (abastecimento humano e animal) dado as suas águas. Pode-se visualizar que há possibilidades de melhor aproveitar as águas dos pequenos açudes como demonstram os índices de atendimento as demandas e os índices de eficiência associados aos reservatórios.

Através do Cenário 1, cenário padrão, criado com a finalidade de entender como estar acontecendo o uso atual destes recursos e de comparar com os demais Cenários. Percebeu-se que os mesmos estão sendo “subutilizados” à medida que os indicadores de desempenho dos reservatórios obtidos para o Cenário 1, quando comparados com os demais Cenários, demonstram que o uso dos recursos hídricos para atender apenas a demanda humana e animal, como ocorre nos pequenos açudes visitados e estudados neste trabalho pela equipe do projeto DISPAB, ocorrem perdas relevantes nos recursos hídricos destes açudes que podem ser minimizadas com a implementação de outros usos.

Os pequenos açudes são de grande importância para o desenvolvimento do semiárido paraibano, mais especificadamente para a região de Sumé, pois existem 631 deles na Bacia do Açude de Sumé. Eles foram construídos a montante dos grandes açudes interferindo na capacidade de armazenamento destes grandes reservatórios, sem mencionar que nos pequenos açudes ocorrem perdas significativas por evaporação e vertimento que prejudicam a sua eficiência.

O confronto do Cenário 1 com o Cenário 2 mostra que é possível fazer um melhor uso das águas dos pequenos açudes à medida que se aplica mais usos aos seus recursos, tornando-os mais eficientes já que minimizam as perdas por vertimento e evaporação. Além de gerar receita líquida e empregos para região que terá um maior desenvolvimento econômico e social.

A receita líquida gerada pela piscicultura extensiva no Cenário 2 foi de R\$ 3.648.120,00 por ano a qual representa uma renda de R\$ 4.588,83/ano/pescador e com estes dados conclui-se que a água que estava ficando nos reservatórios, sendo perdida por evaporação pode ser melhor utilizada caso seja dado a ela outros usos como este sugerido pelo Cenário 2. Isto é, a água pode ser utilizada para atender o abastecimento humano e animal e também aproveitada para o desenvolvimento da piscicultura extensiva que não altera a qualidade da mesma para o consumo humano e animal.

Os resultados do Cenário 3 mostraram que os pequenos açudes continuam sendo sustentáveis, confiáveis (embora alguns não tenham suas demandas atendidas em todos os períodos estudados, mas apresentaram uma recuperação rápida a estes estados de falha) e mais eficientes na medida em que mais usos são implementados como o uso da irrigação (segunda prioridade) e o da piscicultura (terceira prioridade).

A receita líquida gerada para o Cenário 3 pela agricultura irrigada foi de R\$ 239.631,345 enquanto pela piscicultura foi de R\$ 2.101.479,25. Já para o cenário 4 que tem a piscicultura como segunda prioridade as receitas geradas foram de R\$ 179.923.907 pela agricultura irrigada e de R\$ 3.833.350 pela piscicultura.

O objetivo do Cenário 4 foi de confrontar seus resultados com os do Cenário 3, no Cenário 3 verificou-se que a receita líquida maior foi a da agricultura, logo irrigaram mais, porém ocorreu a diminuição do volume dos reservatórios e conseqüentemente perderam na receita líquida gerada pela piscicultura. Já no Cenário 4 a receita líquida maior foi a gerada pela piscicultura que teve prioridade sobre a irrigação, logo a receita gerada pela piscicultura aumentou e a pela irrigação diminuiu.

As águas dos pequenos açudes estão sendo subutilizadas porque ocorrem perdas por evaporação e vertimento que poderiam ser minimizadas pela implantação de usos como a piscicultura extensiva e a agricultura irrigada que trariam benefícios sociais e econômicos para a região. As formas de como melhor utilizar as águas dos pequenos açudes foram demonstradas através dos cenários estabelecidos, cabendo aos gestores dos recursos hídricos juntamente com a população local optar pela forma mais adequada para cada caso.

Os pequenos açudes constituem estruturas que viabilizam uma disponibilidade hídrica considerável, porém de uso ineficiente, sendo necessária a implantação de uma política voltada

para um melhor aproveitamento dos recursos hídricos destes a qual teria um significativo impacto sobre a fixação do homem no campo e o desenvolvimento da região rural.

A “fixação” do homem na zona rural pode acontecer através dos benefícios trazidos pela melhor utilização dos recursos hídricos dos pequenos açudes, sem que o governo federal limite-se a desenvolver apenas políticas assistencialistas que se tornam uma prática perigosa ao passo que “vicia” a população a não desenvolver atividades produtivas que a faça capaz de se tornar auto-sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA (2009). *Dados Hidrológicos*. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br> >. Acessado em 25 de Fevereiro de 2009.

ALBUQUERQUE, A. S. O. (2003). *Operação Ótima e Integrada do Sistema Hídrico composto pelos Reservatórios do Alto Capibaribe*. Campina Grande: UFPB – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos, Dissertação de Mestrado. 210p.

ARAÚJO, L. E. (2006). *Análise Estatística de Chuvas Intensas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba*. Campina Grande: UFCG - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, dissertação de mestrado. 94p.

ATECEL (1993). *Estudo Técnico Integrado sobre o Uso Múltiplo de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica Sucuru*. Campina Grande: ATECEL.

BARBOSA, D. L. (2008). *A exploração de um Sistema de Reservatórios: Uma análise otimizada dos usos e objetivos múltiplos, na Bacia do Rio Capibaribe-PB*. Campina Grande: UFCG – Centro de Tecnologia em Recursos Naturais, Tese de Doutorado. 258p.

BRAGA, C. F. C. (2001). *Avaliação Multicriterial e Multidecisória no Gerenciamento da Demanda Urbana de Água*. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, Dissertação de Mestrado. 191p.

BRANDÃO, J. L. B. (2004). *Modelo para operação de Sistemas de Reservatórios com usos múltiplos*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Tese de Doutorado. 160f. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-12042004-111239/>>. Acessado em 25 de Novembro de 2009.

BRASIL. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.* Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acessado em 15 de Fevereiro de 2009.

CADIER, E. (1994). *Hidrologia das Pequenas Bacias do Nordeste Semi-Árido – Transposição Hidrológica.* Recife: SUDENE. 373p.

CAMPOS, J. N. B. (1997). *Vulnerabilidades Hidrológicas do Semi-Árido às Secas.* Brasília: Planejamento e Políticas Públicas, p. 261-294. Disponível em: <http://www.nilsoncampos.eng.br/arq_pub/vulnerabilidades_hidrologicas_do_semi-arido.pdf>. Acessado em 25 de Janeiro de 2009.

CELESTE, A. B. (2006). *Determinação e análise de indicadores e de sustentabilidade de seis açudes na Bacia do Rio Piancó – PB e de suas potenciais demandas.* Campina Grande: UFPB – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos, Dissertação de Mestrado. 168p.

CIRILO, J. A. (1997). *Programação Não Linear Aplicada a Recursos Hídricos.* Em: Porto, R. L. L. [et al.]. *Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos*, p. 305. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

COLLISCHONN, W.; BRAVO, J. M.; PILAR, J. V. (2005). *Otimização da operação de Reservatórios: Estado da Arte.* In: Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa. Disponível em: <<http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/ClimaRH/download/PAP0372-juan%20martin.pdf>>. Acessado em 25 de Abril de 2009.

CURI, W. F.; CURI, R. C. (2001). *Optimal Reservoir Network Analysis Program.* In: Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Aracaju. CD – ROM.

CURI, W. F. (2004). *Notas de aula da disciplina Planejamento e Gerenciamento de Sistemas de Recursos Hídrico: Introdução ao Estudo de Indicadores.*

DAEE (2005). *Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas*. São Paulo: Secretária do Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento, departamento de Águas e Energia Elétrica. 116p.

DIÓGENES, F. C. A.; COSTA, R. N. T.; SOUZA, F. (2008). *Análise sócio-econômica do Perímetro Irrigado de Brumado – BA na perspectiva de sua autogestão*. In: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Salvador. CD - ROM.

FONTES, A. S.; OLIVEIRA, J. I. R.; MEDEIROS, Y. D. P. (2003). *A Evaporação em Açudes no Semi-Árido Nordeste do Brasil e a Gestão das Águas*. In: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa. Disponível em: < <http://www.grh.ufba.br/Publicacoes/Artigos/2003/aevapora%C3%A7%C3%A7udes%20IV%20Simp%C3%B3sio%20Brasileiro%20de%20Rec.%20H%C3%ADd.pdf> >. Acessado em 25 de Abril de 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: < [ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Contagem da Populacao 1996/Populacao Residente/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Contagem_da_Populacao_1996/Populacao_Residente/)>. Acessado em 15 de Janeiro de 2010.

LABADIE, J. W. (1998). *Decision Support Systems Applied to Water Resources Engineering*. Curso promovido pela SABESP - EPUSP. São Paulo – SP.

LIMA, H. V. C.; LANNA, A. E. L. (2005). *Modelos para Operação de Sistemas de Reservatórios: Atualização do Estado da Arte*. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, volume 10, nº 3, p. 5-22.

LOPES, J. E. G.; BRAGA JR. B. P. F.; CONEJO, J. G. L. (1981). *SMAP: A Simplified Hydrological Model*. In: Internacional Symposium on Rainfall – Runoff Modeling. Mississippi State University, USA.

LOPES, J. E. G.; BRAGA JR. B. P. F.; CONEJO, J. G. L. (1981). *Simulação Hidrológica: Aplicação de um Modelo Simplificado*. In: Anais do IV Simpósio de Hidrologia e Recursos Hídricos. Fortaleza.

MOLLE, F.; CADIER, E. (1992). *Manual do Pequeno Açude*. Recife: SUDENE-DPG-PRN-DPP-WR. 522p.

MOURA, C. S. (2002). *Vulnerabilidades das Terras Agrícolas, Degradação Ambiental e Riscos e Desastres ENOS no Município de Sumé-PB*. Campina Grande: UFPB – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Dissertação de Mestrado. 155p.

MOURA, G. S. S. (2005). *Uso de Imagem TM/Landsat-5 na Avaliação da Degradação Ambiental e Riscos a Desastres ENSO, no município de Sumé-PB*. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia. Disponível em: <<http://sonielsonsilva.sites.uol.com.br/>>. Acessado em 15 de outubro de 2008.

MOURA, M. E.; CAMPOS, J. N. B.; BRAGA, C. F. (2008). *Avaliação da Operação dos Reservatórios da Bacia do Seridó - RN*. In: Anais do IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Salvador. CD - ROM.

PEDREIRA, G. C. (2006). *Estudo da Otimização do Uso dos Recursos Hídricos do Reservatório Poço Redondo e Determinação de Indicadores de Desempenho do Reservatório e do Perímetro Irrigado*. Campina Grande: UFPB – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos, Dissertação de Mestrado. 210p.

RODRIGUES, L. R.; MARIOTI, J. (2008). *Relações Cota-Área-Volume para Pequenas Barragens de Terra na Bacia do Rio Preto*. In: Anais do IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Salvador. CD - ROM.

SANTOS, F. A.; SILANS, A. M. B. P.; PORTO, R. Q.; ALMEIDA, C. N. (2009). Estimativa e Análise do Volume dos Pequenos Açudes através de Imagens de Satélite e Levantamento de Campo na Bacia Hidrográfica do Açude de Sumé. In: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande. Disponível em: < <http://dispab.lrh.ct.ufpb.br/documents/30.html> >. Acessado em 15 de dezembro de 2009.

SANTOS, R. B. (2009). *Avaliação de Intervenções Hidráulicas na Bacia do Rio Gramame-PB com o Uso das Técnicas de Análise Multiobjetivo e Multicriterial*. Campina Grande: UFCG – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Tese de Doutorado. 199p.

SANTOS, V. S. (2007). *Um Modelo de Otimização Multiobjetivo para Análise de Sistemas de Recursos Hídricos*. Campina Grande: UFPB – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos, Dissertação de Mestrado. 143p.

SANTOS, V. S.; VIEIRA, A. S.; CURI, W. F., CURI, R. C. (2008). Otimização Multiobjetivo Plurianual e Integrada dos Recursos Hídricos dos Reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo no Semi-Árido Paraibano. In: Anais do IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Salvador. CD - ROM.

SDR/MI (2005). *Relatório Final do Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semi-Árido Nordestino e do Polígono das Secas*. Brasília-DF.

SILANS, A. M. B. P.; QUEIROZ, R.; SANTOS, F. A.; SILVA, A. C. S. (2009). *Relatório do Projeto DISPAB*. João Pessoa: UFPB/AESA. Disponível em: < WWW.dispab.lrh.ct.ufpb.br >. Acessado em 23 de Fevereiro de 2009.

SILVA, A. C. S.; SILANS, A. M. B. P.; NETO, A. F. S.; PORTO, R. Q. (2009). *Considerações sobre os Aspectos Sociais e Físicos da Açudagem na Bacia do Açude de Sumé - PB*. In: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande. Disponível em: < <http://dispab.lrh.ct.ufpb.br/documents/30.html> >. Acessado em 15 de dezembro de 2009.

SILVA, E. H. B. C.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A.; DIAS, M. C. (2009). *Consumo de Água em Residências de Baixa Renda-Estudo de Caso*. In: Anais do 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife. Disponível em: <http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art90.pdf>. Acessado em 15 de dezembro de 2009.

SILVA, L. F. D. (2006). *Avaliação de Unidades Produtivas da Agricultura Familiar no Perímetro Irrigado de Sumé - PB*. Campina Grande: UFCG – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Drenagem, Dissertação de Mestrado. 87p.

SILVA, R. N. M.; RODRIGUES, E. E.; LEITE, I. M.; MENDES, J. L. P., FERNANDES, J. R. R. (2005). *Oferta e Demanda de água na Ilha de São Luís*. In: Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/IV-003.pdf>>. Acessado em 20 de janeiro de 2010.

SIMONOVIC, S. P. (1992). *Reservoir System Analysis: Closing Gab Between Theory and Practie*. Journal of Water Resources Planning and Management. New York. Vol. 118, nº3, p.262-280.

SUASSUNA, J. (1995). *A Média e a Pequena Açudagem no Semi-Árido Nordeste: Uso da Água na Produção de Alimentos*. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/docs/text/textrop.html/>>. Acessado em 23 de Março de 2009.

SUDENE (1984). *Dados Climatológicos Básicos do Nordeste*. Recife: SUDENE. 56p.

TUCCI, E. M. (1998). *Modelos Hidrológicos*. 1º Edição. ABRH. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 652p.

WURBS, R. A. (1993). *Reservoir-System Simulation and Optimization Models*. Journal of Water Resources Planning and Management, V. 119, n. 4, p.455-472.

WURBS, R. A. (1996). *Modeling and Analysis of Reservoir System Operations*. Editorial Prentice-Hall, Inc. 356p.

YEH, W. W-G. (1985). *Reservoir Management and Operations Model: A State-of-the-Art Review*, Water resources Research. Vol. 21, n°12, p.1797-1818.

ANEXOS

ANEXO A – Série Histórica de Precipitações direta sobre os pequenos açudes utilizados gerada no ARCGIS 9.2 através do Método da Interpolação Ponderada pelo Inverso do Quadrado da Distancia

Tabela A-1: Precipitação direta em mm sobre o açude 003

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	52.06	45.98	73.57	0.00	68.82	12.95	64.48	3.71	0.00	19.27	3.78	25.61
2000	139.40	196.70	85.75	96.31	25.69	30.06	25.97	29.94	40.91	0.00	0.00	101.15
2001	2.05	9.46	181.31	68.03	0.62	161.38	23.60	13.59	3.53	23.39	0.13	22.51
2002	269.52	72.57	138.22	43.47	91.58	67.87	21.94	5.31	0.00	0.00	0.00	8.96
2003	55.17	120.33	193.23	28.67	16.55	43.98	12.72	0.62	9.01	0.05	11.70	1.29
2004	387.72	169.13	2.16	29.17	34.60	72.77	39.00	7.96	2.73	0.00	4.21	14.88
2005	64.26	23.52	189.20	88.59	74.36	93.12	9.57	23.71	0.00	0.00	0.00	93.62
2006	1.54	78.66	102.37	144.61	108.63	86.00	9.59	8.18	3.22	0.20	8.13	0.00
2007	9.69	78.66	46.05	70.01	88.31	21.40	21.03	9.38	3.47	0.00	3.14	3.08
2008	56.57	115.56	308.29	109.34	105.08	40.93	24.65	8.67	0.40	0.00	0.00	45.01

Tabela A-2: Precipitação direta em mm sobre o açude 44

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	48.72	28.66	86.89	0.00	90.70	12.41	51.95	2.59	0.00	24.97	3.13	34.78
2000	115.98	177.46	80.74	109.39	35.78	24.30	24.03	25.58	31.51	0.00	0.00	92.72
2001	2.99	6.67	170.81	43.68	1.41	149.25	23.95	12.33	3.77	27.21	0.30	32.40
2002	232.44	79.00	126.92	60.55	79.38	63.61	23.58	3.74	0.00	0.00	0.00	11.01
2003	76.29	98.66	218.08	48.90	31.54	34.71	8.67	1.36	6.53	0.11	10.98	2.87
2004	383.78	151.01	5.13	57.48	37.79	83.22	44.80	11.06	1.66	0.00	2.55	24.60
2005	66.57	36.75	178.61	73.60	87.36	88.80	9.83	19.80	0.00	0.00	0.00	60.24
2006	3.98	84.29	131.69	143.19	120.33	71.44	7.84	5.52	2.58	0.44	14.66	0.00
2007	7.96	84.29	52.36	81.76	98.26	23.84	30.95	9.08	2.58	0.00	2.71	6.91
2008	40.92	114.18	324.50	119.71	128.99	46.21	37.79	11.69	0.86	0.00	0.00	39.30

Tabela A-3: Precipitação direta em mm sobre o açude 51

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	52.08	39.07	76.99	0.00	68.23	12.33	56.58	3.13	0.00	20.90	3.22	31.50
2000	127.10	190.63	82.27	107.47	32.72	26.03	23.20	28.36	38.05	0.00	0.00	98.06
2001	1.84	8.00	173.34	57.85	0.59	156.08	22.62	12.12	3.64	26.72	0.15	27.73
2002	253.75	74.44	133.14	49.23	87.78	64.63	20.73	4.48	0.00	0.00	0.00	10.20
2003	65.79	108.29	203.23	41.73	19.97	37.94	11.07	0.87	7.75	0.05	12.77	1.58
2004	383.28	164.56	3.23	37.31	35.90	77.51	40.48	10.04	2.29	0.00	3.54	22.83
2005	61.89	30.51	194.38	84.56	71.22	91.88	8.29	21.78	0.00	0.00	0.00	79.88
2006	3.16	78.74	117.68	142.68	114.76	80.81	9.52	7.09	2.97	0.31	13.30	0.00
2007	9.67	78.74	49.96	79.63	93.43	22.39	25.78	9.13	3.19	0.00	2.81	3.56
2008	50.31	115.68	310.09	113.82	119.98	44.61	28.52	10.09	0.61	0.00	0.00	39.69

Tabela A-4: Precipitação direta em mm sobre o açude 71

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	52.58	9.06	87.63	0.00	72.05	9.25	21.39	0.68	0.00	30.29	1.01	55.11
2000	73.46	159.57	63.55	146.00	62.22	8.49	10.24	22.38	23.53	0.00	0.00	85.87
2001	1.37	1.81	143.94	13.73	0.74	137.66	19.29	6.73	4.48	40.64	0.20	51.97
2002	187.09	84.19	104.19	76.10	70.76	54.21	12.43	1.00	0.00	0.00	0.00	15.69
2003	114.24	56.83	254.09	99.42	36.23	11.73	2.88	1.24	2.07	0.06	18.05	2.18
2004	365.28	144.45	8.19	77.76	43.45	95.59	47.94	19.99	0.34	0.00	0.53	55.34
2005	48.39	61.59	207.43	62.13	62.80	87.06	3.77	13.03	0.00	0.00	0.00	16.36
2006	10.78	75.39	183.65	131.59	141.70	60.18	9.30	1.78	1.25	0.45	33.82	0.00
2007	9.72	75.39	64.99	124.95	116.20	25.39	45.64	8.24	1.73	0.00	1.26	4.80
2008	22.47	123.02	307.27	126.45	181.88	61.56	46.88	16.64	0.89	0.00	0.00	15.56

Tabela A-5: Precipitação direta em mm sobre o açude 72

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	50.77	9.98	91.17	0.00	80.89	9.98	26.33	0.89	0.00	29.93	1.36	52.40
2000	78.78	160.31	67.26	141.27	58.04	11.15	13.41	22.04	23.67	0.00	0.00	85.45
2001	1.93	2.37	147.51	15.61	1.06	137.09	20.41	7.70	4.30	38.21	0.27	49.09
2002	189.65	84.13	108.32	75.87	70.18	55.05	16.07	1.30	0.00	0.00	0.00	14.97
2003	109.22	62.23	249.67	91.22	38.32	15.38	3.55	1.54	2.66	0.09	16.00	2.82
2004	369.06	141.55	8.08	78.84	42.44	95.36	48.44	18.23	0.43	0.00	0.66	49.85
2005	54.00	58.29	199.09	62.27	71.24	86.41	5.20	13.88	0.00	0.00	0.00	20.25
2006	9.54	79.50	177.42	134.59	138.98	59.35	8.50	2.20	1.53	0.55	30.79	0.00
2007	8.85	79.50	63.56	116.25	113.90	25.76	44.35	8.35	1.77	0.00	1.55	6.35
2008	23.59	119.45	316.96	128.17	174.50	58.77	47.41	16.04	1.08	0.00	0.00	20.38

Tabela A-6: Precipitação direta em mm sobre o açude 73

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	49.71	14.45	91.35	0.00	86.12	10.76	33.69	1.34	0.00	28.74	1.88	47.54
2000	88.85	164.32	71.46	132.47	51.67	14.97	16.83	22.73	25.44	0.00	0.00	86.95
2001	2.36	3.52	153.96	22.50	1.24	139.66	21.59	9.07	4.13	34.94	0.30	44.42
2002	200.06	82.99	113.77	72.41	72.03	57.28	18.93	1.95	0.00	0.00	0.00	13.85
2003	100.23	72.17	241.24	79.06	37.53	20.91	4.91	1.60	3.71	0.10	14.20	3.04
2004	373.31	142.99	7.39	74.30	41.16	92.54	47.74	16.19	0.73	0.00	1.12	42.80
2005	58.64	52.39	191.61	64.79	77.73	86.73	6.73	15.48	0.00	0.00	0.00	30.42
2006	7.90	81.90	165.14	137.48	133.92	61.79	8.09	3.07	1.85	0.56	26.15	0.00
2007	8.36	81.90	60.57	105.69	109.65	25.44	40.93	8.55	1.96	0.00	1.90	6.98
2008	27.82	117.16	321.77	126.78	161.86	55.05	45.46	14.87	1.09	0.00	0.00	26.20

Tabela A-7: Precipitação direta em mm sobre o açude 75

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	53.48	9.27	85.51	0.00	67.72	8.94	19.69	0.63	0.00	30.32	0.89	55.88
2000	72.00	159.77	62.02	147.22	63.61	7.56	8.92	22.70	23.73	0.00	0.00	86.38
2001	1.12	1.68	142.96	13.79	0.59	138.48	18.83	6.39	4.55	41.52	0.17	52.91
2002	187.36	84.04	102.59	75.67	71.42	54.12	10.72	0.92	0.00	0.00	0.00	15.93
2003	115.72	55.31	255.35	102.25	34.86	10.50	2.70	1.05	1.90	0.05	18.97	1.82
2004	369.31	143.76	7.77	75.76	42.22	94.11	47.79	18.02	0.54	0.00	0.84	49.04
2005	45.82	62.57	211.05	62.43	58.92	87.51	3.19	12.80	0.00	0.00	0.00	15.74
2006	11.24	73.31	185.26	130.26	142.46	61.10	9.70	1.68	1.12	0.39	34.82	0.00
2007	10.16	73.31	65.31	128.37	116.85	25.10	45.81	8.22	1.73	0.00	1.15	3.98
2008	22.51	124.82	302.21	125.13	184.09	62.60	46.24	16.81	0.76	0.00	0.00	13.66

Tabela A-8: Precipitação direta em mm sobre o açude 132

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	52.70	17.54	87.07	0.98	72.06	13.79	38.44	1.34	0.00	26.24	5.01	51.98
2000	94.75	171.27	70.09	134.95	49.21	17.56	22.16	22.96	32.95	0.00	0.71	91.26
2001	4.02	5.82	155.55	27.96	0.70	137.97	26.00	8.02	6.15	36.30	0.21	47.04
2002	211.34	87.84	119.12	66.40	80.66	54.55	16.19	1.94	0.00	0.00	0.00	19.21
2003	92.73	72.23	220.83	69.35	35.75	23.90	8.29	1.33	4.53	0.06	13.11	2.89
2004	364.04	146.20	8.13	76.48	43.78	95.21	47.57	20.57	0.34	0.00	0.53	56.98
2005	52.05	52.97	210.92	63.95	68.16	92.47	9.40	18.10	0.00	0.00	0.00	42.81
2006	6.56	82.13	150.86	144.65	121.05	58.75	7.74	4.00	1.87	1.76	22.94	0.00
2007	7.98	82.13	62.67	102.43	106.13	24.14	35.85	8.51	1.99	0.06	1.96	4.89
2008	27.92	101.86	277.15	109.78	139.10	47.50	35.88	12.36	0.97	0.00	0.00	22.91

Tabela A-9: Precipitação direta em mm sobre o açude 144

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	53.06	18.25	87.21	1.44	71.73	15.46	42.05	1.38	0.00	25.50	6.61	53.20
2000	98.40	173.12	70.51	133.82	46.68	19.63	25.90	22.70	35.68	0.00	1.03	92.64
2001	5.16	6.99	157.75	29.78	0.67	136.54	28.68	7.99	7.06	35.99	0.20	47.72
2002	215.49	90.65	122.15	64.81	83.55	53.73	16.43	1.99	0.00	0.00	0.00	21.51
2003	88.52	73.43	211.63	62.44	37.03	26.38	9.81	1.33	5.00	0.05	11.65	3.17
2004	395.50	139.76	11.54	59.22	41.37	81.23	44.66	13.93	1.13	0.00	1.75	33.31
2005	51.45	52.64	214.39	62.16	69.03	94.61	11.44	19.42	0.00	0.00	0.00	47.81
2006	5.58	84.18	143.21	149.04	114.59	56.16	7.10	4.39	1.91	2.35	20.27	0.00
2007	7.29	84.18	63.21	97.96	104.12	23.75	33.48	8.53	1.94	0.09	2.08	4.82
2008	27.38	93.63	261.01	102.72	126.39	43.13	32.70	11.15	0.98	0.00	0.00	23.16

Tabela A-10: Precipitação direta em mm sobre o açude 181

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	53.26	12.75	87.76	0.97	70.02	13.06	31.66	0.91	0.00	27.72	4.51	56.28
2000	85.07	166.44	66.31	142.33	54.93	14.11	19.20	22.14	30.68	0.00	0.69	89.47
2001	3.74	4.69	149.93	20.75	0.63	135.31	25.05	6.91	6.28	39.09	0.20	51.42
2002	200.42	89.17	113.67	70.51	78.17	52.69	13.98	1.33	0.00	0.00	0.00	20.14
2003	101.51	62.93	229.89	80.55	37.52	18.85	6.83	1.31	3.50	0.05	14.52	2.81
2004	414.10	122.31	18.73	66.78	45.06	77.94	46.05	15.27	0.59	0.00	0.91	34.68
2005	48.55	58.55	215.30	60.73	64.37	91.84	8.22	16.51	0.00	0.00	0.00	32.08
2006	8.07	80.48	162.82	142.04	126.10	55.94	7.95	3.09	1.55	1.73	27.02	0.00
2007	8.25	80.48	65.35	111.76	110.25	24.53	39.30	8.34	1.76	0.06	1.64	4.66
2008	23.46	104.12	274.90	111.63	151.02	50.98	38.58	13.55	0.97	0.00	0.00	17.96

Tabela A-11: Precipitação direta em mm sobre o açude 184

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	53.80	11.98	88.58	1.58	69.42	15.12	34.38	0.81	0.00	27.23	6.51	59.35
2000	86.79	167.24	65.81	143.35	53.35	15.81	23.41	21.45	33.55	0.00	1.13	90.59
2001	5.21	5.88	150.99	20.62	0.59	132.27	28.40	6.53	7.54	39.55	0.19	53.73
2002	202.08	93.43	116.12	69.88	81.08	50.91	13.83	1.18	0.00	0.00	0.00	23.54
2003	98.71	61.46	220.42	74.77	40.06	20.59	8.41	1.34	3.80	0.05	12.91	3.21
2004	388.61	135.14	12.86	70.34	43.72	86.79	46.62	17.32	0.55	0.00	0.84	44.62
2005	46.94	59.94	221.10	57.18	64.73	94.41	10.62	17.77	0.00	0.00	0.00	35.15
2006	7.21	83.01	156.50	147.26	119.07	51.30	7.10	3.31	1.51	2.53	24.74	0.00
2007	7.36	83.01	67.00	108.49	108.91	24.20	37.31	8.32	1.62	0.10	1.71	4.62
2008	21.16	93.48	253.22	103.05	137.81	46.15	35.32	12.31	1.00	0.00	0.00	16.83

Tabela A-12: Precipitação direta em mm sobre o açude 191

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	54.21	11.08	88.86	1.88	68.70	16.06	34.89	0.71	0.00	27.18	7.47	61.41
2000	86.49	167.06	64.98	144.61	53.25	16.23	25.12	21.04	34.74	0.00	1.35	91.01
2001	5.91	6.35	150.93	19.77	0.55	130.56	29.99	6.20	8.20	40.14	0.19	55.47
2002	201.77	95.76	116.56	70.01	82.32	49.85	13.35	1.04	0.00	0.00	0.00	25.39
2003	98.38	59.60	216.80	73.26	41.48	20.84	9.02	1.34	3.82	0.04	12.32	3.36
2004	406.09	125.26	17.28	69.11	44.96	81.19	46.44	16.27	0.50	0.00	0.77	39.01
2005	45.51	61.33	224.62	54.97	64.31	95.69	11.68	18.21	0.00	0.00	0.00	35.43
2006	6.98	83.93	154.70	149.50	116.10	48.72	6.72	3.31	1.44	2.93	24.06	0.00
2007	6.97	83.93	68.13	108.14	108.73	24.04	36.68	8.29	1.52	0.12	1.70	4.51
2008	19.49	88.54	241.44	98.69	132.50	44.16	33.94	11.83	1.00	0.00	0.00	15.57

Tabela A-13: Precipitação direta em mm sobre o açude 238

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	53.12	6.69	93.29	1.15	66.67	13.40	26.53	0.36	0.00	27.78	4.56	63.06
2000	75.56	163.93	65.24	156.89	60.70	11.36	18.81	20.12	30.18	0.00	0.83	86.51
2001	3.80	3.76	141.05	12.08	0.47	127.52	24.84	5.10	6.57	42.18	0.23	55.57
2002	186.71	91.24	113.80	74.28	76.04	47.59	14.65	0.53	0.00	0.00	0.00	22.13
2003	108.20	52.16	231.50	88.92	40.63	14.44	6.46	1.91	2.67	0.04	14.50	3.57
2004	414.38	119.46	19.91	70.01	46.12	78.86	46.59	16.37	0.38	0.00	0.59	38.01
2005	48.01	64.36	225.69	58.70	59.68	91.22	7.41	15.45	0.00	0.00	0.00	23.49
2006	8.82	83.46	173.82	143.54	128.87	49.10	7.53	2.56	1.68	2.24	31.53	0.00
2007	7.82	83.46	70.09	116.63	113.80	25.95	43.06	8.02	1.60	0.07	1.47	5.58
2008	17.84	97.32	275.80	116.38	160.67	51.98	40.14	14.16	1.49	0.00	0.00	13.91

Tabela A-14: Precipitação direta em mm sobre o açude 248

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	54.23	6.39	88.53	0.72	63.06	11.24	20.42	0.30	0.00	29.33	2.95	62.23
2000	70.05	160.83	61.38	156.00	64.65	8.10	13.05	21.17	27.15	0.00	0.52	86.44
2001	2.52	2.54	139.52	10.60	0.38	131.78	21.98	5.01	5.95	43.51	0.17	56.80
2002	184.01	88.93	106.22	75.76	74.12	49.60	10.87	0.44	0.00	0.00	0.00	20.32
2003	115.06	49.26	244.61	99.74	37.91	10.40	4.41	1.39	1.92	0.03	17.42	2.55
2004	388.38	128.18	14.81	75.60	44.29	91.13	47.58	18.46	0.16	0.00	0.25	51.26
2005	43.73	66.25	224.15	59.10	55.20	90.07	5.04	13.76	0.00	0.00	0.00	16.63
2006	10.61	77.18	183.03	136.52	136.12	53.63	8.76	1.83	1.23	1.47	34.73	0.00
2007	9.16	77.18	69.28	126.96	116.77	25.43	45.23	8.03	1.57	0.05	1.15	4.16
2008	18.24	110.18	279.96	118.66	174.72	57.93	42.76	15.67	1.08	0.00	0.00	10.63

Tabela A-15: Precipitação direta em mm sobre o açude 255

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	53.28	5.86	91.74	0.58	64.12	11.09	20.79	0.28	0.00	28.72	2.47	62.13
2000	69.87	161.71	63.67	159.32	64.89	8.10	13.21	20.64	26.87	0.00	0.42	85.10
2001	2.20	2.19	137.51	9.73	0.40	129.77	21.15	4.88	5.49	43.19	0.21	55.40
2002	181.51	87.63	108.93	76.02	72.84	48.49	13.19	0.41	0.00	0.00	0.00	19.42
2003	114.57	49.50	243.93	99.61	38.14	10.44	4.42	1.79	1.96	0.03	16.95	3.00
2004	380.80	132.52	13.19	76.45	44.25	93.22	47.65	19.40	0.14	0.00	0.22	54.72
2005	47.01	65.49	223.89	61.13	55.91	88.84	4.45	13.62	0.00	0.00	0.00	16.69
2006	10.38	79.51	184.66	137.15	137.52	52.89	8.61	1.99	1.55	1.46	35.61	0.00
2007	8.97	79.51	69.68	124.61	116.80	26.27	46.21	7.96	1.66	0.04	1.24	5.13
2008	18.48	108.79	292.69	124.42	178.26	58.19	43.73	15.81	1.41	0.00	0.00	12.27

Tabela A-16: Precipitação direta em mm sobre o açude 277

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	56.23	5.08	81.45	0.10	55.29	7.93	9.77	0.09	0.00	31.64	0.49	62.39
2000	59.69	155.93	54.85	157.60	72.06	2.39	3.81	22.54	22.63	0.00	0.07	86.06
2001	0.51	0.50	135.36	7.03	0.15	137.21	17.44	4.45	5.08	46.36	0.08	59.67
2002	177.87	85.70	94.30	78.38	71.16	51.71	4.65	0.14	0.00	0.00	0.00	18.01
2003	126.98	42.59	264.96	118.44	33.74	3.13	1.21	0.64	0.59	0.01	22.16	1.00
2004	374.07	135.71	11.77	77.25	43.90	95.73	47.76	20.02	0.12	0.00	0.18	57.86
2005	36.22	70.39	225.07	59.57	46.09	88.43	1.09	10.97	0.00	0.00	0.00	4.77
2006	13.59	67.43	199.26	125.71	147.75	59.70	10.69	0.62	0.54	0.38	40.69	0.00
2007	11.28	67.43	68.98	144.58	122.04	24.78	49.15	7.98	1.51	0.01	0.61	1.85
2008	17.99	129.04	284.46	122.39	198.27	67.42	46.66	18.09	0.50	0.00	0.00	4.32

Tabela A-17: Precipitação direta em mm sobre o açude 401

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	37.95	1.97	148.18	0.00	80.61	15.61	44.96	0.33	0.00	14.10	0.63	63.46
2000	86.12	187.57	107.39	210.37	56.35	18.05	32.53	10.75	34.49	0.00	0.00	68.07
2001	1.12	1.41	113.29	5.56	0.65	90.01	17.81	2.85	1.01	35.26	0.88	31.39
2002	159.99	75.39	171.78	71.78	63.64	26.45	55.85	0.50	0.00	0.00	0.00	12.52
2003	84.57	62.80	189.74	64.27	45.85	23.53	11.62	8.90	5.13	0.05	2.30	11.98
2004	359.28	147.07	9.25	78.84	46.04	96.52	47.60	23.79	0.03	0.00	0.05	66.78
2005	103.56	48.20	233.06	91.73	72.24	76.17	2.75	17.19	0.00	0.00	0.00	43.79
2006	1.61	129.44	176.52	167.33	133.63	30.99	3.35	6.90	7.44	3.71	38.53	0.00
2007	2.86	129.44	77.71	60.99	107.23	39.18	52.15	6.92	3.22	0.00	3.43	21.81
2008	22.80	49.83	451.39	196.20	183.57	43.47	46.22	12.71	7.26	0.00	0.00	44.17

Tabela A-18: Precipitação direta em mm sobre o açude 433

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	36.90	4.78	118.48	0.00	162.63	14.06	50.16	1.64	0.00	34.13	3.57	37.80
2000	98.86	146.82	84.43	105.82	35.36	25.18	32.26	18.00	15.83	0.00	0.00	78.68
2001	6.86	4.46	171.03	12.39	4.03	130.92	29.33	14.64	3.72	23.76	0.79	38.20
2002	184.69	89.97	120.14	87.86	57.59	62.43	37.90	2.51	0.00	0.00	0.00	11.60
2003	92.29	85.29	245.54	50.64	63.96	33.80	4.15	3.23	4.65	0.33	2.54	7.34
2004	385.03	114.22	9.19	98.01	37.11	104.01	53.89	9.93	0.26	0.00	0.40	29.46
2005	89.20	45.70	124.43	47.29	143.03	79.89	16.31	16.59	0.00	0.00	0.00	19.69
2006	3.57	106.22	154.24	150.49	128.78	46.58	2.15	2.52	2.22	0.98	12.30	0.00
2007	2.06	106.22	55.69	69.91	105.67	28.26	41.28	9.13	1.20	0.00	3.02	18.23
2008	20.01	103.01	379.62	138.10	137.20	44.71	61.53	14.42	1.92	0.00	0.00	47.73

Tabela A-19: Precipitação direta em mm sobre o açude 438

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	37.63	3.96	125.91	0.00	137.41	14.34	47.74	1.24	0.00	28.52	2.68	45.51
2000	94.35	158.30	90.11	136.10	42.07	22.65	31.66	16.08	21.14	0.00	0.00	75.87
2001	5.12	3.51	154.13	10.31	3.00	119.68	25.84	11.13	2.99	27.49	0.80	36.82
2002	177.57	85.82	133.86	83.22	59.55	52.18	42.12	1.89	0.00	0.00	0.00	12.00
2003	91.01	78.01	230.58	56.07	58.26	30.21	6.14	4.75	4.69	0.24	2.93	8.49
2004	391.71	112.83	9.55	107.98	40.37	96.93	56.09	10.26	0.27	0.00	0.41	19.16
2005	91.97	46.99	156.89	59.90	121.15	79.03	12.18	16.61	0.00	0.00	0.00	25.95
2006	3.27	111.78	161.56	154.57	130.62	42.53	2.68	3.68	3.63	1.72	20.27	0.00
2007	2.49	111.78	62.13	69.20	106.51	31.22	44.51	8.49	1.76	0.00	3.08	18.85
2008	20.71	88.87	397.48	153.94	151.60	44.92	56.97	14.04	3.37	0.00	0.00	45.72

Tabela A-20: Precipitação direta em mm sobre o açude 628

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1999	42.79	5.75	115.43	0.00	107.99	12.78	38.71	0.96	0.00	27.26	1.87	50.78
2000	86.70	162.64	83.32	148.26	50.45	17.40	24.55	17.64	23.74	0.00	0.00	78.45
2001	3.35	2.73	145.90	11.32	1.94	122.37	22.64	8.65	3.25	32.82	0.61	41.11
2002	179.31	83.88	128.63	79.12	64.06	49.81	33.72	1.44	0.00	0.00	0.00	13.27
2003	97.71	69.37	233.12	71.38	49.03	23.31	5.78	4.05	3.90	0.16	7.98	6.75
2004	384.08	113.71	9.27	97.99	36.89	105.21	53.87	10.04	0.21	0.00	0.33	31.06
2005	78.60	51.84	183.45	64.80	95.22	81.48	8.18	15.54	0.00	0.00	0.00	25.47
2006	5.56	101.52	170.34	148.37	134.53	47.35	5.03	3.48	3.30	1.53	26.96	0.00
2007	5.01	101.52	64.88	86.86	109.70	30.17	45.65	8.22	1.94	0.00	2.51	14.39
2008	21.84	95.70	373.23	149.60	165.31	50.28	52.01	14.71	3.00	0.00	0.00	35.43

ANEXO B – Série Histórica das Vazões Afluentes em m³/s geradas no SMAP para os pequenos açudes (Cenário 1)

Tabela B-1: Vazões afluentes em m³/s geradas no SMAP (Cenário 1)

ANO	MESES	3	44	51	71	72	73	75	132	144	181
1999	Jan	0.031	0.0355	0.0196	0.0701	0.0023	0.0187	0.0301	0.0148	0.0257	0.0285
	Fev	0.0279	0.0212	0.015	0.0123	0.0005	0.0055	0.0053	0.005	0.009	0.007
	Mar	0.0464	0.0652	0.0305	0.1174	0.0042	0.0742	0.0484	0.0249	0.0431	0.0475
	Abr	0	0	0	0	0	0	0	0.0003	0.0008	0.0006
	Mai	0.045	0.0721	0.0282	0.124	0.0271	0.0681	0.0406	0.0219	0.0376	0.0404
	Jun	0.0091	0.0109	0.0054	0.0142	0.0005	0.0058	0.0057	0.0045	0.0087	0.0081
	Jul	0.0444	0.0447	0.0246	0.0367	0.0014	0.022	0.0124	0.0124	0.0234	0.0193
	Ago	0.0027	0.0023	0.0014	0.001	0	0.0006	0.0004	0.0004	0.0008	0.0006
	Set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0.0125	0.0198	0.0084	0.0402	0.0014	0.0113	0.0168	0.0076	0.0129	0.0151
	Nov	0.0023	0.0024	0.0013	0.0013	0.0001	0.0007	0.0005	0.0014	0.0033	0.0024
	Dez	0.0149	0.025	0.0115	0.067	0.0022	0.0293	0.0284	0.0138	0.0247	0.0281
2000	Jan	0.0789	0.0822	0.0454	0.1132	0.0034	0.0642	0.0375	0.0256	0.0463	0.0435
	Fev	0.13	0.1416	0.0782	0.3863	0.3392	0.1519	0.0881	0.0506	0.0894	0.2576
	Mar	0.071	0.0791	0.0421	0.1728	0.1427	0.072	0.0419	0.0254	0.0447	0.1104
	Abr	0.0844	0.1131	0.0582	0.4804	0.4713	0.1691	0.1036	0.1708	0.0887	0.2855
	Mai	0.0242	0.0405	0.0193	0.2262	0.2007	0.0781	0.0519	0.106	0.0349	0.1098
	Jun	0.0282	0.0277	0.0154	0.0172	0.0008	0.0103	0.0064	0.0077	0.0149	0.0156
	Jul	0.0243	0.0272	0.0137	0.0219	0.0009	0.0116	0.0074	0.0096	0.0195	0.0272
	Ago	0.0277	0.0285	0.0164	0.0504	0.0015	0.0248	0.0182	0.0098	0.0169	0.0215
	Set	0.037	0.0342	0.0216	0.0578	0.0015	0.0256	0.0186	0.0136	0.0257	0.0431
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0	0.0003	0.0007	0.0005
	Dez	0.0783	0.0854	0.0474	0.1645	0.024	0.0762	0.0569	0.0321	0.057	0.0743
2001	Jan	0.0017	0.0029	0.0009	0.0023	0.0001	0.0011	0.0008	0.0015	0.0033	0.0026
	Fev	0.0073	0.0061	0.0038	0.0028	0.0001	0.0016	0.0011	0.002	0.0043	0.0031
	Mar	0.1371	0.1522	0.0815	0.3498	0.2585	0.1463	0.0903	0.0529	0.0941	0.2303
	Abr	0.0612	0.046	0.0322	0.025	0.001	0.0173	0.0101	0.0111	0.0207	0.023
	Mai	0.0006	0.0015	0.0003	0.0013	0.0001	0.0006	0.0004	0.0003	0.0005	0.0005
	Jun	0.1469	0.1558	0.0871	0.4021	0.3475	0.1614	0.0974	0.2384	0.0925	0.2469
	Jul	0.0245	0.0284	0.0144	0.0506	0.0129	0.0222	0.0152	0.0113	0.0218	0.0395
	Ago	0.0138	0.0144	0.0076	0.0127	0.0005	0.005	0.005	0.0034	0.006	0.0055
	Set	0.0034	0.0042	0.0022	0.008	0.0003	0.0022	0.0034	0.0025	0.0051	0.0048
	Out	0.0216	0.0288	0.0151	0.0735	0.0023	0.0353	0.0296	0.0141	0.0246	0.0281
	Nov	0.0001	0.0003	0.0001	0.0003	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	Dez	0.0185	0.0308	0.0141	0.0944	0.0027	0.0408	0.0347	0.0166	0.0296	0.0338
2002	Jan	0.2124	0.2142	0.1239	0.5331	0.4848	0.2112	0.123	0.2206	0.1322	0.3512
	Fev	0.0726	0.09	0.0457	0.2941	0.2755	0.1087	0.066	0.2148	0.0675	0.1976
	Mar	0.1438	0.152	0.0853	0.3809	0.3624	0.1489	0.0859	0.3007	0.0968	0.2653
	Abr	0.0492	0.0787	0.0343	0.319	0.2988	0.1103	0.0678	0.179	0.0555	0.168
	Mai	0.1044	0.1057	0.0619	0.3202	0.2986	0.111	0.067	0.2258	0.0737	0.2046

	Jun	0.0811	0.0882	0.0477	0.2257	0.2012	0.0879	0.0528	0.1289	0.0495	0.1288
	Jul	0.0268	0.0334	0.0156	0.0324	0.0013	0.0183	0.0106	0.0086	0.0153	0.0139
	Ago	0.0063	0.0052	0.0033	0.0023	0.0001	0.0013	0.0009	0.001	0.0018	0.0013
	Set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dez	0.0083	0.0119	0.0059	0.0279	0.0009	0.0072	0.0119	0.0077	0.0152	0.0151
2003	Jan	0.0483	0.0777	0.0355	0.2427	0.0334	0.1081	0.0823	0.0356	0.0597	0.0726
	Fev	0.1054	0.1033	0.0593	0.1689	0.1428	0.0773	0.0427	0.0291	0.0516	0.1134
	Mar	0.1864	0.2466	0.1213	0.9353	0.9424	0.3385	0.2039	0.46	0.1564	0.5059
	Abr	0.0319	0.0657	0.0291	0.4842	0.4666	0.1539	0.1023	0.2126	0.0547	0.1969
	Mai	0.0183	0.0429	0.014	0.1674	0.1383	0.0597	0.0371	0.0843	0.0333	0.0954
	Jun	0.048	0.0472	0.0263	0.0337	0.0013	0.0212	0.0112	0.0164	0.0238	0.0382
	Jul	0.014	0.0118	0.0077	0.0071	0.0003	0.0034	0.0028	0.0043	0.0088	0.0067
	Ago	0.0007	0.0018	0.0006	0.0029	0.0001	0.0011	0.0011	0.0007	0.0011	0.0013
	Set	0.0091	0.0081	0.005	0.0047	0.0002	0.0024	0.0018	0.0022	0.0041	0.0032
	Out	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0001	0	0	0	0
	Nov	0.0105	0.0121	0.0072	0.0358	0.0011	0.008	0.0158	0.0055	0.0084	0.0116
	Dez	0.0011	0.003	0.0008	0.0041	0.0002	0.0016	0.0015	0.0011	0.0022	0.0021
2004	Jan	0.3061	0.3725	0.1913	11.831	10.062	0.4465	0.2742	0.5557	0.253	0.6784
	Fev	0.1895	0.2071	0.1162	0.6997	0.6949	0.2483	0.1492	0.4304	0.128	0.3651
	Mar	0.0027	0.0077	0.0025	0.0325	0.0007	0.009	0.0088	0.0046	0.0115	0.0245
	Abr	0.0351	0.0836	0.0282	0.3936	0.3659	0.1355	0.0833	0.1963	0.0573	0.1953
	Mai	0.0414	0.0559	0.0272	0.224	0.1968	0.0757	0.048	0.1213	0.0407	0.123
	Jun	0.0869	0.1232	0.0587	0.5103	0.495	0.1758	0.1074	0.2781	0.0803	0.2446
	Jul	0.0478	0.0686	0.0316	0.2507	0.2208	0.0905	0.0569	0.1248	0.0456	0.1297
	Ago	0.0097	0.0168	0.0078	0.0772	0.0365	0.0279	0.0214	0.0122	0.0141	0.025
	Set	0.0032	0.0024	0.0017	0.0009	0	0.0006	0.0006	0.0002	0.0011	0.0006
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0.0043	0.0033	0.0023	0.0013	0.0001	0.0008	0.0008	0.0003	0.0015	0.0009
	Dez	0.0142	0.0294	0.0139	0.123	0.0038	0.0465	0.0458	0.0267	0.0266	0.0309
2005	Jan	0.058	0.0761	0.0359	0.1491	0.058	0.0714	0.0419	0.024	0.0395	0.0418
	Fev	0.0214	0.0424	0.0178	0.2506	0.2242	0.0851	0.0564	0.0242	0.0402	0.1193
	Mar	0.1713	0.2074	0.1135	0.9599	0.9604	0.3155	0.1965	0.5308	0.1675	0.5474
	Abr	0.0932	0.0976	0.0575	0.3093	0.2871	0.1109	0.0679	0.1661	0.0571	0.1551
	Mai	0.0822	0.1199	0.0506	0.302	0.2803	0.1191	0.0655	0.1924	0.0649	0.1795
	Jun	0.1066	0.1275	0.0674	0.4844	0.4671	0.1621	0.0991	0.3076	0.0914	0.2762
	Jul	0.0115	0.0147	0.0063	0.0106	0.0005	0.0053	0.0037	0.0056	0.0115	0.0092
	Ago	0.0275	0.0286	0.0161	0.0368	0.0013	0.018	0.0145	0.0104	0.019	0.0217
	Set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dez	0.0859	0.0687	0.0467	0.0347	0.0015	0.0181	0.014	0.0195	0.0369	0.0273
2006	Jan	0.0015	0.0045	0.0019	0.0216	0.0007	0.0045	0.0094	0.0029	0.0042	0.0066
	Fev	0.0699	0.0902	0.0441	0.171	0.0052	0.0898	0.0587	0.0344	0.0602	0.0781
	Mar	0.096	0.1497	0.0695	0.6949	0.6489	0.2508	0.1562	0.1942	0.1087	0.3658
	Abr	0.1444	0.1784	0.0911	0.6312	0.6203	0.2161	0.1274	0.4496	0.1253	0.3833
	Mai	0.1204	0.1658	0.0811	0.7424	0.7375	0.2474	0.1521	0.4017	0.1069	0.3457
	Jun	0.1015	0.1057	0.0611	0.306	0.2796	0.116	0.0713	0.154	0.0559	0.1468

	Jul	0.0117	0.0119	0.0074	0.0276	0.0008	0.0124	0.0115	0.0046	0.0072	0.0089
	Ago	0.0097	0.0081	0.0054	0.0049	0.0002	0.0024	0.0019	0.0023	0.0043	0.0033
	Set	0.0036	0.0036	0.0021	0.0032	0.0001	0.0013	0.0012	0.001	0.0018	0.0016
	Out	0.0002	0.0006	0.0002	0.0011	0	0.0004	0.0004	0.0009	0.002	0.0017
	Nov	0.0081	0.018	0.0084	0.0769	0.0024	0.0263	0.0333	0.011	0.0165	0.0245
	Dez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	Jan	0.0085	0.0086	0.0054	0.0199	0.0006	0.0048	0.0087	0.0034	0.0053	0.0067
	Fev	0.0653	0.0866	0.0418	0.1907	0.0053	0.0955	0.06	0.0332	0.0577	0.0618
	Mar	0.0405	0.0573	0.0281	0.2448	0.2167	0.087	0.0561	0.0269	0.0462	0.1149
	Abr	0.0622	0.091	0.0454	0.5077	0.4945	0.1743	0.1135	0.1068	0.0735	0.2517
	Mai	0.082	0.1155	0.0562	0.5309	0.5182	0.1818	0.1138	0.3088	0.0837	0.2738
	Jun	0.0211	0.03	0.0144	0.103	0.0716	0.0394	0.0264	0.0238	0.0205	0.0471
	Jul	0.0205	0.0385	0.0163	0.2034	0.1696	0.0709	0.0477	0.0605	0.0286	0.0805
	Ago	0.009	0.0112	0.0057	0.0203	0.0007	0.0077	0.0086	0.0042	0.0072	0.008
	Set	0.0032	0.003	0.0019	0.0041	0.0001	0.0013	0.0017	0.0009	0.0016	0.0016
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0001	0.0001
	Nov	0.0025	0.0028	0.0015	0.0026	0.0001	0.0011	0.001	0.0008	0.0015	0.0013
	Dez	0.0023	0.0067	0.0018	0.0093	0.0004	0.0037	0.0032	0.0019	0.0032	0.0035
2008	Jan	0.0399	0.0373	0.0232	0.0407	0.0015	0.0138	0.0172	0.0102	0.017	0.0166
	Fev	0.0829	0.1032	0.0536	0.2792	0.0882	0.1366	0.0922	0.0364	0.0568	0.0714
	Mar	0.2481	0.3273	0.1608	11.375	11.593	0.4268	0.2504	0.4175	0.1723	0.5274
	Abr	0.1172	0.1622	0.0784	0.6401	0.6285	0.2238	0.1344	0.3099	0.0862	0.2696
	Mai	0.1203	0.1878	0.0885	10.230	10.273	0.3381	0.2128	0.4685	0.113	0.3988
	Jun	0.0496	0.0724	0.0352	0.3555	0.3302	0.1241	0.0808	0.1282	0.0417	0.131
	Jul	0.0299	0.0593	0.0226	0.2542	0.2249	0.0947	0.0604	0.0751	0.0317	0.0903
	Ago	0.0103	0.0181	0.0078	0.0673	0.0248	0.028	0.0218	0.0072	0.0107	0.0153
	Set	0.0005	0.0013	0.0005	0.0026	0.0001	0.0009	0.0009	0.0005	0.0009	0.001
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Dez	0.0418	0.0478	0.0241	0.0376	0.0017	0.0174	0.0139	0.0105	0.0174	0.0159

	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dez	0.025	0.008	0.0085	0.0162	0.0076	0.007	0.0064	0.006	0.0052	0.0358
2003	Jan	0.1087	0.0299	0.0398	0.0877	0.0428	0.0468	0.041	0.045	0.0371	0.2688
	Fev	0.0826	0.0191	0.0206	0.0407	0.02	0.0173	0.0318	0.0436	0.0334	0.248
	Mar	0.3179	0.0719	0.094	0.2073	0.1014	0.11	0.1003	0.134	0.1046	0.9074
	Abr	0.1268	0.029	0.044	0.1047	0.0513	0.0625	0.04	0.0339	0.0309	0.3066
	Mai	0.0698	0.017	0.0212	0.0423	0.0209	0.0192	0.0295	0.0434	0.0328	0.2472
	Jun	0.0338	0.0086	0.0076	0.0116	0.0057	0.0018	0.0153	0.0235	0.0174	0.1176
	Jul	0.0115	0.0037	0.0033	0.0048	0.0024	0.0007	0.0075	0.0029	0.0035	0.0208
	Ago	0.0018	0.0005	0.0009	0.0015	0.0009	0.0003	0.0056	0.0022	0.0026	0.0141
	Set	0.0048	0.0014	0.0013	0.0019	0.001	0.0003	0.0031	0.003	0.0025	0.0129
	Out	0.0001	0	0	0	0	0	0	0.0002	0.0001	0.0005
	Nov	0.0143	0.0041	0.006	0.0153	0.0073	0.0098	0.0012	0.0014	0.0014	0.0232
	Dez	0.0034	0.0011	0.0014	0.0021	0.0012	0.0004	0.0059	0.0038	0.0037	0.0185
2004	Jan	0.4828	0.1185	0.1523	0.3034	0.1462	0.1475	0.1681	0.1896	0.1597	12.839
	Fev	0.241	0.0529	0.0641	0.1427	0.0721	0.0752	0.0971	0.0791	0.0656	0.5591
	Mar	0.0232	0.0078	0.0114	0.0178	0.0078	0.0071	0.0068	0.0068	0.0059	0.0384
	Abr	0.1322	0.0306	0.0393	0.0884	0.0438	0.0452	0.0557	0.0701	0.0648	0.502
	Mai	0.084	0.0204	0.0266	0.0535	0.0262	0.0266	0.0338	0.0279	0.0257	0.1935
	Jun	0.1673	0.0371	0.0457	0.1107	0.0556	0.0583	0.0714	0.0781	0.0618	0.5556
	Jul	0.092	0.0219	0.0278	0.0601	0.0296	0.0303	0.0369	0.0424	0.0373	0.2967
	Ago	0.0298	0.0076	0.0097	0.0232	0.012	0.0127	0.0184	0.0078	0.0068	0.0442
	Set	0.0008	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0	0.0002	0.0002	0.0008
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0.0011	0.0003	0.0003	0.0003	0.0001	0.0001	0	0.0003	0.0002	0.0011
	Dez	0.0553	0.0144	0.0178	0.0508	0.0267	0.0289	0.0408	0.0182	0.01	0.1017
2005	Jan	0.0606	0.0163	0.0217	0.0425	0.0225	0.0178	0.0631	0.0527	0.0455	0.2942
	Fev	0.0906	0.0216	0.0288	0.0633	0.031	0.0338	0.0306	0.0278	0.024	0.2116
	Mar	0.3536	0.0816	0.1044	0.222	0.1097	0.1126	0.1505	0.0767	0.0814	0.7578
	Abr	0.1038	0.0236	0.0321	0.069	0.0353	0.0352	0.07	0.0314	0.0345	0.3018
	Mai	0.1211	0.0281	0.0333	0.0657	0.0329	0.0277	0.0575	0.0962	0.0714	0.532
	Jun	0.1833	0.0428	0.0518	0.1088	0.0531	0.0536	0.0622	0.0589	0.05	0.4313
	Jul	0.0178	0.0055	0.0044	0.0063	0.0028	0.0007	0.0023	0.0124	0.0079	0.0425
	Ago	0.0302	0.0082	0.0088	0.0167	0.0081	0.0066	0.0138	0.0123	0.0105	0.0701
	Set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dez	0.0421	0.0126	0.0105	0.0158	0.0078	0.0023	0.0277	0.0114	0.0129	0.08
2006	Jan	0.0083	0.0024	0.0038	0.0096	0.0046	0.006	0.001	0.002	0.0016	0.0167
	Fev	0.1041	0.0274	0.034	0.0662	0.0337	0.0286	0.0751	0.0555	0.0502	0.3384
	Mar	0.2348	0.0536	0.0752	0.1657	0.0828	0.0883	0.1133	0.0877	0.0793	0.692
	Abr	0.25	0.058	0.0709	0.1427	0.071	0.0657	0.1211	0.0958	0.0852	0.7026
	Mai	0.221	0.0499	0.0702	0.156	0.0781	0.0839	0.1075	0.0909	0.08	0.6917
	Jun	0.0988	0.0224	0.0288	0.0667	0.0326	0.0372	0.0267	0.0354	0.028	0.2542
	Jul	0.0111	0.0031	0.0044	0.011	0.0053	0.0068	0.0029	0.0016	0.0018	0.0211
	Ago	0.005	0.0015	0.0015	0.0022	0.0012	0.0004	0.0057	0.0018	0.0023	0.0141
	Set	0.0022	0.0006	0.0009	0.0014	0.0009	0.0003	0.0058	0.0015	0.0022	0.0127
	Out	0.0034	0.0012	0.0011	0.0016	0.0008	0.0002	0.0027	0.0006	0.001	0.0055

	Nov	0.0312	0.009	0.015	0.0352	0.0179	0.0207	0.0267	0.0076	0.0108	0.0913
	Dez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	Jan	0.0083	0.0023	0.0033	0.0083	0.0041	0.0052	0.0018	0.0011	0.0012	0.0151
	Fev	0.0941	0.0264	0.0339	0.0668	0.0341	0.0296	0.0762	0.0541	0.0497	0.3198
	Mar	0.0957	0.0228	0.0302	0.0633	0.0316	0.0316	0.0505	0.031	0.0302	0.254
	Abr	0.1627	0.0374	0.052	0.1197	0.0584	0.0684	0.0409	0.0396	0.0345	0.3453
	Mai	0.1769	0.0407	0.0552	0.1211	0.06	0.0646	0.0738	0.0624	0.0551	0.4841
	Jun	0.039	0.0097	0.0136	0.0285	0.0145	0.0142	0.0287	0.0179	0.0173	0.1356
	Jul	0.0609	0.0146	0.0223	0.0501	0.0253	0.0278	0.0382	0.026	0.0246	0.2048
	Ago	0.0111	0.0033	0.0041	0.0089	0.0044	0.0045	0.0051	0.0058	0.0047	0.0295
	Set	0.0021	0.0006	0.0008	0.0017	0.0009	0.0008	0.0023	0.0007	0.0009	0.0067
	Out	0.0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0.0019	0.0006	0.0006	0.0011	0.0006	0.0003	0.0021	0.0016	0.0014	0.0076
	Dez	0.0048	0.0014	0.0023	0.0036	0.0022	0.0008	0.0126	0.009	0.0082	0.0405
2008	Jan	0.0207	0.0057	0.0068	0.0148	0.0074	0.0075	0.0126	0.0094	0.0086	0.0582
	Fev	0.0911	0.0248	0.0355	0.086	0.0422	0.0515	0.0265	0.0469	0.0355	0.2827
	Mar	0.3347	0.0731	0.1096	0.2413	0.1249	0.1276	0.2466	0.1902	0.1714	14.228
	Abr	0.1691	0.0372	0.0591	0.1304	0.0684	0.0698	0.1582	0.0977	0.0948	0.7764
	Mai	0.2427	0.0532	0.0876	0.2063	0.1056	0.1214	0.1656	0.1053	0.1022	0.9119
	Jun	0.0858	0.0193	0.0313	0.0762	0.0384	0.0466	0.0429	0.0369	0.0328	0.2963
	Jul	0.0645	0.0149	0.0244	0.0568	0.0291	0.0327	0.0453	0.0508	0.0415	0.3265
	Ago	0.0184	0.0051	0.0085	0.0206	0.0104	0.0126	0.0123	0.0119	0.0102	0.0753
	Set	0.0014	0.0004	0.0009	0.0014	0.0009	0.0003	0.0067	0.0015	0.0023	0.0133
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dez	0.0197	0.0053	0.0066	0.011	0.0064	0.0024	0.0337	0.031	0.0261	0.1365

ANEXO C – Série Histórica das Vazões Afluentes em m³/s geradas no SMAP para os pequenos açudes (Cenário 2)

Tabela C-1: Vazões afluentes em m³/s geradas no SMAP (Cenário 2)

ANO	MESES	71	72	73	132	181	184	628
1999	Jan	0.0701	0.0023	0.0187	0.0148	0.0285	0.04	0.0837
	Fev	0.0123	0.0005	0.0055	0.005	0.007	0.0091	0.0113
	Mar	0.1174	0.0042	0.0592	0.0249	0.0475	0.0667	0.2304
	Abr	0	0	0	0.0003	0.0006	0.0013	0
	Mai	0.1027	0.004	0.0349	0.0219	0.0404	0.0558	0.2503
	Jun	0.0142	0.0005	0.0048	0.0045	0.0081	0.013	0.0308
	Jul	0.0322	0.0014	0.0147	0.0124	0.0193	0.0292	0.0918
	Ago	0.001	0	0.0006	0.0004	0.0006	0.0007	0.0023
	Set	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0.0402	0.0014	0.0113	0.0076	0.0151	0.0208	0.0583
	Nov	0.0013	0.0001	0.0007	0.0014	0.0024	0.0048	0.0039
	Dez	0.067	0.0022	0.017	0.0138	0.0281	0.0416	0.0987
2000	Jan	0.0913	0.0034	0.0451	0.0256	0.0435	0.0626	0.1701
	Fev	0.2878	0.1733	0.1519	0.0506	0.1303	0.1571	0.4047
	Mar	0.1026	0.0385	0.034	0.0254	0.0563	0.0626	0.2317
	Abr	0.4271	0.4134	0.1644	0.0512	0.2507	0.1575	0.4901
	Mai	0.1364	0.0772	0.0431	0.0211	0.052	0.0604	0.1561
	Jun	0.0172	0.0008	0.0087	0.0077	0.0117	0.0184	0.055
	Jul	0.0202	0.0009	0.0096	0.0096	0.0156	0.0268	0.0765
	Ago	0.0429	0.0015	0.0127	0.0098	0.0177	0.0242	0.0541
	Set	0.0439	0.0015	0.0138	0.0136	0.0238	0.0367	0.0704
	Out	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0.0003	0.0005	0.0011	0
	Dez	0.1347	0.0047	0.0489	0.0321	0.0589	0.0843	0.1953
2001	Jan	0.0023	0.0001	0.0011	0.0015	0.0026	0.0051	0.0086
	Fev	0.0028	0.0001	0.0016	0.002	0.0031	0.0054	0.0066
	Mar	0.2359	0.054	0.1443	0.0529	0.0953	0.1554	0.3939
	Abr	0.024	0.001	0.0115	0.0111	0.0153	0.0215	0.0308
	Mai	0.0013	0.0001	0.0006	0.0003	0.0005	0.0006	0.0052
	Jun	0.2309	0.0659	0.1217	0.0532	0.1003	0.1334	0.3335
	Jul	0.037	0.0014	0.0217	0.0113	0.0318	0.0361	0.0772
	Ago	0.0127	0.0005	0.005	0.0034	0.0055	0.0073	0.0247
	Set	0.008	0.0003	0.0022	0.0025	0.0048	0.0081	0.0089
	Out	0.069	0.0023	0.0176	0.0141	0.0281	0.0402	0.0846
	Nov	0.0003	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0015
	Dez	0.081	0.0027	0.0203	0.0166	0.0338	0.0499	0.0963
2002	Jan	0.3804	0.2186	0.1979	0.074	0.1776	0.2144	0.4558
	Fev	0.2958	0.2755	0.1087	0.0373	0.1976	0.1348	0.2943
	Mar	0.3228	0.2852	0.129	0.0924	0.2383	0.1653	0.482

	Mai	0.1964	0.1443	0.0789	0.137	0.1467	0.1078	0.2147
	Jun	0.1719	0.1317	0.0741	0.0826	0.094	0.0706	0.1991
	Jul	0.0293	0.0013	0.0177	0.0086	0.0139	0.0194	0.1566
	Ago	0.0023	0.0001	0.0013	0.001	0.0013	0.0016	0.005
	Set	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0
	Dez	0.0279	0.0009	0.0072	0.0077	0.0151	0.025	0.0358
2003	Jan	0.1932	0.0064	0.0923	0.0356	0.0726	0.1002	0.2492
	Fev	0.1273	0.0695	0.0772	0.0291	0.0478	0.0774	0.2261
	Mar	0.9105	0.9192	0.3385	0.1282	0.4711	0.3186	0.8816
	Abr	0.4057	0.3701	0.1314	0.1123	0.1313	0.0998	0.2474
	Mai	0.0912	0.0303	0.0265	0.0187	0.0375	0.0555	0.176
	Jun	0.0296	0.0013	0.0148	0.0125	0.0189	0.0287	0.0848
	Jul	0.0071	0.0003	0.0034	0.0043	0.0067	0.0115	0.0208
	Ago	0.0029	0.0001	0.0011	0.0007	0.0013	0.0018	0.0141
	Set	0.0047	0.0002	0.0024	0.0022	0.0032	0.0048	0.0129
	Out	0.0001	0	0.0001	0	0	0.0001	0.0005
	Nov	0.0358	0.0011	0.008	0.0055	0.0116	0.0143	0.0232
	Dez	0.0041	0.0002	0.0016	0.0011	0.0021	0.0034	0.0185
2004	Jan	10.368	0.8557	0.4252	0.22	0.5781	0.4629	12.116
	Fev	0.6784	0.6717	0.2483	0.4304	0.3651	0.2392	0.5579
	Mar	0.022	0.0007	0.0057	0.0046	0.0207	0.0195	0.0362
	Abr	0.2062	0.0804	0.0625	0.042	0.0719	0.1037	0.37
	Mai	0.1209	0.0502	0.0373	0.0248	0.0574	0.0663	0.1466
	Jun	0.3591	0.3368	0.1681	0.1469	0.1983	0.1323	0.4953
	Jul	0.2242	0.1938	0.09	0.1016	0.1065	0.0775	0.2946
	Ago	0.0563	0.0018	0.0218	0.0122	0.0173	0.0272	0.042
	Set	0.0009	0	0.0006	0.0002	0.0006	0.0008	0.0008
	Out	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0.0013	0.0001	0.0008	0.0003	0.0009	0.0011	0.0011
	Dez	0.123	0.0038	0.0268	0.0267	0.0309	0.0553	0.1017
2005	Jan	0.1058	0.004	0.0686	0.024	0.0418	0.0566	0.2626
	Fev	0.1794	0.1124	0.085	0.0242	0.0498	0.0752	0.1893
	Mar	0.9174	0.918	0.3155	0.118	0.4896	0.3522	0.7199
	Abr	0.184	0.1212	0.0705	0.058	0.0895	0.0827	0.2413
	Mai	0.1893	0.1337	0.0824	0.0998	0.1178	0.0953	0.491
	Jun	0.3743	0.3475	0.1532	0.2536	0.23	0.1461	0.4115
	Jul	0.0106	0.0005	0.0053	0.0056	0.0092	0.0167	0.0377
	Ago	0.0352	0.0013	0.0117	0.0104	0.0179	0.027	0.0621
	Set	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0
	Dez	0.0347	0.0015	0.0181	0.0195	0.0273	0.0421	0.08
2006	Jan	0.0216	0.0007	0.0045	0.0029	0.0066	0.0083	0.0167
	Fev	0.1441	0.0052	0.0707	0.0344	0.0627	0.0911	0.3005
	Mar	0.6209	0.5371	0.2498	0.0669	0.2539	0.2246	0.648
	Abr	0.5576	0.5393	0.2067	0.2066	0.3755	0.2463	0.6963
	Mai	0.7081	0.6989	0.2457	0.3747	0.3264	0.2106	0.678

	Jun	0.2482	0.2101	0.1031	0.1077	0.116	0.0832	0.221
	Jul	0.0262	0.0008	0.0118	0.0046	0.0089	0.0111	0.0211
	Ago	0.0049	0.0002	0.0024	0.0023	0.0033	0.005	0.0141
	Set	0.0032	0.0001	0.0013	0.001	0.0016	0.0022	0.0127
	Out	0.0011	0	0.0004	0.0009	0.0017	0.0034	0.0055
	Nov	0.0769	0.0024	0.0167	0.011	0.0245	0.0312	0.0913
	Dez	0	0	0	0	0	0	0
2007	Jan	0.0199	0.0006	0.0048	0.0034	0.0067	0.0083	0.0151
	Fev	0.1465	0.0053	0.074	0.0332	0.0618	0.0884	0.2979
	Mar	0.133	0.0045	0.05	0.0269	0.0532	0.0758	0.2006
	Abr	0.394	0.3556	0.1642	0.0451	0.1167	0.1265	0.2755
	Mai	0.4767	0.4526	0.17	0.0503	0.2314	0.149	0.3986
	Jun	0.0671	0.0176	0.0217	0.0123	0.024	0.0328	0.1087
	Jul	0.1782	0.1465	0.0704	0.018	0.0612	0.05	0.1788
	Ago	0.0203	0.0007	0.0058	0.0042	0.008	0.0111	0.0294
	Set	0.0041	0.0001	0.0013	0.0009	0.0016	0.0021	0.0067
	Out	0	0	0	0	0.0001	0.0001	0
	Nov	0.0026	0.0001	0.0011	0.0008	0.0013	0.0019	0.0076
	Dez	0.0093	0.0004	0.0037	0.0019	0.0035	0.0048	0.0405
2008	Jan	0.0407	0.0015	0.0138	0.0102	0.0166	0.0207	0.0582
	Fev	0.2194	0.0149	0.1173	0.0364	0.0714	0.0885	0.2541
	Mar	10.773	10.975	0.4268	0.1088	0.431	0.3222	13.754
	Abr	0.5467	0.5244	0.2124	0.2251	0.2233	0.1449	0.7667
	Mai	10.212	10.235	0.3381	0.4569	0.3873	0.2364	0.9066
	Jun	0.3044	0.2685	0.1114	0.0819	0.0963	0.0695	0.2684
	Jul	0.2494	0.2172	0.0943	0.0713	0.0864	0.065	0.3231
	Ago	0.055	0.0094	0.0226	0.0072	0.0153	0.0184	0.0681
	Set	0.0026	0.0001	0.0009	0.0005	0.001	0.0014	0.0133
	Out	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0
	Dez	0.0376	0.0017	0.0174	0.0105	0.0159	0.0197	0.129

ANEXO D – Série Histórica das Vazões Afluentes em m³/s geradas no SMAP para os pequenos açudes (Cenário 3 e Cenário 4)

Tabela D-1: Vazões afluentes em m³/s geradas no SMAP (Cenário 3 e Cenário 4)

ANO	MESES	71	72	73	132	181	184	628
1999	Jan	0.0701	0.0023	0.0187	0.0148	0.0285	0.04	0.0837
	Fev	0.0123	0.0005	0.0055	0.005	0.007	0.0091	0.0113
	Mar	0.1174	0.0042	0.0655	0.0249	0.0475	0.0667	0.2342
	Abr	0	0	0	0.0003	0.0006	0.0013	0
	Mai	0.1027	0.004	0.0349	0.0219	0.0404	0.0558	0.2657
	Jun	0.0142	0.0005	0.0048	0.0045	0.0081	0.013	0.0308
	Jul	0.0322	0.0014	0.0147	0.0124	0.0193	0.0331	0.1033
	Ago	0.001	0	0.0006	0.0004	0.0006	0.0007	0.0023
	Set	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0.0402	0.0014	0.0113	0.0076	0.0151	0.0208	0.0583
	Nov	0.0013	0.0001	0.0007	0.0014	0.0024	0.0048	0.0039
	Dez	0.067	0.0022	0.0286	0.0138	0.0281	0.0416	0.0987
2000	Jan	0.1068	0.0034	0.0629	0.0256	0.0435	0.0703	0.2048
	Fev	0.3842	0.3238	0.1529	0.0506	0.2461	0.1687	0.4626
	Mar	0.1026	0.0385	0.034	0.0254	0.0602	0.0664	0.2664
	Abr	0.4695	0.4559	0.1627	0.0705	0.2777	0.1845	0.5094
	Mai	0.1519	0.0927	0.0446	0.0211	0.0558	0.0604	0.1561
	Jun	0.0172	0.0008	0.0087	0.0077	0.0117	0.0184	0.055
	Jul	0.0202	0.0009	0.0096	0.0096	0.0156	0.0268	0.0919
	Ago	0.0429	0.0015	0.0127	0.0098	0.0177	0.0242	0.058
	Set	0.0439	0.0015	0.0254	0.0136	0.0238	0.0406	0.0704
	Out	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0.0003	0.0005	0.0011	0
	Dez	0.154	0.0047	0.0744	0.0321	0.0628	0.092	0.2107
2001	Jan	0.0023	0.0001	0.0011	0.0015	0.0026	0.0051	0.0086
	Fev	0.0028	0.0001	0.0016	0.002	0.0031	0.0054	0.0066
	Mar	0.34	0.2238	0.1447	0.0529	0.2303	0.1708	0.4517
	Abr	0.024	0.001	0.0115	0.0111	0.0153	0.0215	0.0308
	Mai	0.0013	0.0001	0.0006	0.0003	0.0005	0.0006	0.0052
	Jun	0.308	0.1778	0.1466	0.0532	0.1505	0.1488	0.3683
	Jul	0.0524	0.0168	0.0238	0.0113	0.0433	0.0399	0.0811
	Ago	0.0127	0.0005	0.005	0.0034	0.0055	0.0073	0.0286
	Set	0.008	0.0003	0.0022	0.0025	0.0048	0.0081	0.0089
	Out	0.069	0.0023	0.033	0.0141	0.0281	0.0402	0.0846
	Nov	0.0003	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0015
	Dez	0.0926	0.0027	0.0396	0.0166	0.0338	0.0537	0.1001
2002	Jan	0.5309	0.4771	0.21	0.1203	0.3473	0.2414	0.5369
	Fev	0.2958	0.2755	0.107	0.2148	0.1976	0.1348	0.3098
	Mar	0.3228	0.2852	0.1276	0.266	0.246	0.1731	0.482
	Abr	0.1969	0.1407	0.0761	0.0787	0.1063	0.0897	0.2838
	Mai	0.1964	0.1443	0.0777	0.1447	0.1544	0.1155	0.2147
	Jun	0.1719	0.1317	0.0734	0.0904	0.1017	0.0745	0.1991

	Jul	0.0332	0.0013	0.0169	0.0086	0.0139	0.0194	0.1605
	Ago	0.0023	0.0001	0.0013	0.001	0.0013	0.0016	0.005
	Set	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0
	Dez	0.0279	0.0009	0.0072	0.0077	0.0151	0.025	0.0358
2003	Jan	0.2395	0.0296	0.1074	0.0356	0.0726	0.1079	0.2685
	Fev	0.1659	0.139	0.0765	0.0291	0.1095	0.0813	0.2454
	Mar	0.9337	0.9424	0.3378	0.4561	0.5059	0.3186	0.9048
	Abr	0.4404	0.4048	0.1346	0.1278	0.1467	0.1152	0.2474
	Mai	0.0912	0.0303	0.0265	0.0187	0.0375	0.0555	0.1914
	Jun	0.0296	0.0013	0.0148	0.0125	0.0189	0.0287	0.0887
	Jul	0.0071	0.0003	0.0034	0.0043	0.0067	0.0115	0.0208
	Ago	0.0029	0.0001	0.0011	0.0007	0.0013	0.0018	0.0141
	Set	0.0047	0.0002	0.0024	0.0022	0.0032	0.0048	0.0129
	Out	0.0001	0	0.0001	0	0	0.0001	0.0005
	Nov	0.0358	0.0011	0.008	0.0055	0.0116	0.0143	0.0232
	Dez	0.0041	0.0002	0.0016	0.0011	0.0021	0.0034	0.0185
2004	Jan	11.564	0.9753	0.4447	0.4978	0.6745	0.4822	12.810
	Fev	0.6977	0.691	0.2465	0.4304	0.3651	0.2392	0.5579
	Mar	0.022	0.0007	0.0057	0.0046	0.0207	0.0195	0.0362
	Abr	0.2101	0.0842	0.0897	0.042	0.0757	0.1037	0.4163
	Mai	0.1247	0.0541	0.0468	0.0248	0.0612	0.0663	0.1466
	Jun	0.4517	0.4294	0.1673	0.1855	0.2292	0.1593	0.5262
	Jul	0.2435	0.213	0.092	0.1248	0.1297	0.0929	0.2946
	Ago	0.0756	0.0326	0.0283	0.0122	0.025	0.0311	0.042
	Set	0.0009	0	0.0006	0.0002	0.0006	0.0008	0.0008
	Out	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0.0013	0.0001	0.0008	0.0003	0.0009	0.0011	0.0011
	Dez	0.123	0.0038	0.046	0.0267	0.0309	0.0553	0.1017
2005	Jan	0.1444	0.0503	0.0704	0.024	0.0418	0.0605	0.2934
	Fev	0.2488	0.2242	0.0858	0.0242	0.1193	0.0907	0.2125
	Mar	0.9637	0.9643	0.3156	0.5269	0.5474	0.3522	0.7469
	Abr	0.184	0.1212	0.0693	0.0619	0.0933	0.0827	0.2413
	Mai	0.1893	0.1337	0.0838	0.0959	0.1178	0.0953	0.5102
	Jun	0.4013	0.3745	0.1544	0.2845	0.2608	0.1769	0.4115
	Jul	0.0106	0.0005	0.0053	0.0056	0.0092	0.0167	0.0416
	Ago	0.0352	0.0013	0.0194	0.0104	0.0217	0.0309	0.0699
	Set	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0
	Dez	0.0347	0.0015	0.0181	0.0195	0.0273	0.0421	0.08
2006	Jan	0.0216	0.0007	0.0045	0.0029	0.0066	0.0083	0.0167
	Fev	0.1712	0.0052	0.087	0.0344	0.0781	0.1027	0.3352
	Mar	0.6904	0.6412	0.2496	0.1827	0.3619	0.2323	0.6866
	Abr	0.5961	0.5779	0.2057	0.4342	0.3755	0.2463	0.6963
	Mai	0.7312	0.7221	0.2467	0.3747	0.3264	0.2106	0.678
	Jun	0.2482	0.2101	0.1022	0.1115	0.1198	0.0832	0.2249
	Jul	0.0262	0.0008	0.0141	0.0046	0.0089	0.0111	0.0211

	Ago	0.0049	0.0002	0.0024	0.0023	0.0033	0.005	0.0141
	Set	0.0032	0.0001	0.0013	0.001	0.0016	0.0022	0.0127
	Out	0.0011	0	0.0004	0.0009	0.0017	0.0034	0.0055
	Nov	0.0769	0.0024	0.0244	0.011	0.0245	0.0312	0.0913
	Dez	0	0	0	0	0	0	0
2007	Jan	0.0199	0.0006	0.0048	0.0034	0.0067	0.0083	0.0151
	Fev	0.1851	0.0053	0.0945	0.0332	0.0618	0.0922	0.3171
	Mar	0.1561	0.0855	0.0502	0.0269	0.0532	0.0758	0.2006
	Abr	0.475	0.4521	0.1625	0.0451	0.2132	0.1419	0.2832
	Mai	0.4767	0.4526	0.1699	0.1737	0.2468	0.1644	0.4333
	Jun	0.0671	0.0176	0.0212	0.0123	0.024	0.0328	0.1087
	Jul	0.182	0.1503	0.0701	0.0257	0.0727	0.05	0.1981
	Ago	0.0203	0.0007	0.0058	0.0042	0.008	0.0111	0.0294
	Set	0.0041	0.0001	0.0013	0.0009	0.0016	0.0021	0.0067
	Out	0	0	0	0	0.0001	0.0001	0
	Nov	0.0026	0.0001	0.0011	0.0008	0.0013	0.0019	0.0076
	Dez	0.0093	0.0004	0.0037	0.0019	0.0035	0.0048	0.0405
2008	Jan	0.0407	0.0015	0.0138	0.0102	0.0166	0.0207	0.0582
	Fev	0.2734	0.0804	0.1339	0.0364	0.0714	0.0885	0.2811
	Mar	11.313	11.516	0.4284	0.4059	0.5197	0.3338	14.217
	Abr	0.5815	0.5591	0.2105	0.2482	0.2233	0.1449	0.7667
	Mai	10.251	10.273	0.3373	0.4569	0.3873	0.2364	0.9066
	Jun	0.3044	0.2685	0.1123	0.0857	0.1002	0.0695	0.2684
	Jul	0.2532	0.2211	0.0929	0.0751	0.0903	0.065	0.3231
	Ago	0.0666	0.021	0.028	0.0072	0.0153	0.0184	0.0758
	Set	0.0026	0.0001	0.0009	0.0005	0.001	0.0014	0.0133
	Out	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO E – Coeficientes Alfa e K dos pequenos açudes determinados pela equipe de João Pessoa do Projeto DISPAB

Tabela E-1: Coeficientes Alfa e K dos pequenos açudes

CÓDIGO DO AÇUDE	VOL máx	PROF máx	ÁREA máx	ALFA	K
3	4.798.587.167	5.1	254042.85	2.7	5.897.581
71	636.465.963	5	343691.62	2.7	8.251.942
75	137.338.317	5.2	71310.28	2.7	1.601.706
184	610.511.083	5.3	311015.08	2.7	6.763.145
51	2.914.282.985	4.9	160582.94	2.7	3990.27
181	1656129.28	7.8	573275.52	2.7	6.463.069
238	5.559.265.733	7.6	197500.23	2.7	2327.13
248	3.671.421.233	6.1	162505.53	2.7	2.782.554
72	434815.48	4.4	266818.59	2.7	7.961.278
55	4.636.762.963	2.6	48151	2.7	3.513.879
73	1.974.663.833	5.25	101554.14	2.7	2.244.208
44	1.385.704.952	3.7	101119.01	2.7	4.050.663
144	2.513.297.111	5.5	123380.04	2.7	2.519.211
191	1.250.497.111	5.5	61388.04	2.7	1253.44
255	1.748.117.148	5.5	85816.66	2.7	1.752.231
277	1.516.825.826	3.7	110687.29	2.7	4.433.953
438	2.914.066.833	5.5	143054.19	2.7	2.920.924
401	1.718.334.852	5.5	84354.62	2.7	1.722.378
433	1.485.032.715	5.3	75652.61	2.7	1.645.096
628	2.879.501.778	4.4	176696.7	2.7	5.272.239

ANEXO F – Cota-Área-Volume determinada a partir dos coeficientes Alfa e K pela equipe de João Pessoa do Projeto DISPAB

Tabela F-1: Cota-Área-Volume determinada a partir dos coeficientes alfa e K dos pequenos açudes

CÓDIGO DO AÇUDE	PROFUNDIDADE (m)	ÁREA (m ²)	VOLUME (m ³)
3	1	1.670.326.993	6.186.396.271
3	2	5.426.908.412	4.019.932.157
3	3	1.081.203.972	1.201.337.747
3	4	1.763.207.745	2.612.159.622
3	5	2.456.329.841	4.548.758.964
3	5.1	254042.85	4.798.587.167
71	1	2.228.024.365	8.251.942.092
71	2	7.238.872.518	5.362.127.791
71	3	1.442.201.918	1.602.446.576
71	4	235.191.662	3.484.320.918
71	5	343691.62	636.465.963
75	1	4.324.605.114	1.601.705.598
75	2	1.405.068.347	1.040.791.368
75	3	2.799.320.281	3.110.355.867
75	4	4.565.080.527	6.763.082.262
75	5	6.671.069.495	123.538.324
75	5.2	71310.28	137.338.317
184	1	1.826.049.174	676.314.509
184	2	593.285.127	4.394.704.645
184	3	1.182.003.062	1.313.336.736
184	4	1.927.589.065	2.855.687.503
184	5	2.816.835.439	5.216.361.923
184	5.3	311015.08	610.511.083
51	1	1.077.372.954	3.990.270.198
51	2	3.500.395.053	2.592.885.225
51	3	6.973.843.575	7.748.715.083
51	4	1.137.281.708	168.486.179
51	4.9	160582.94	2.914.282.985
181	1	1.745.028.693	6.463.069.234
181	2	5.669.614.951	4.199.714.778
181	3	1.129.558.441	1.255.064.935
181	4	1.842.063.332	2.728.982.714
181	5	2.691.854.488	4.984.915.718
181	6	3.669.946.203	8.155.436.006
181	7	4.769.460.324	1.236.526.751
181	7.8	573275.52	1656129.28
238	1	6.283.252.299	2.327.130.481
238	2	2.041.434.695	1.512.173.848
238	3	4.067.154.139	4.519.060.155
238	4	6.632.640.892	9.826.134.654
238	5	9.692.448.592	1.794.897.887
238	6	1.321.422.278	2.936.493.952
238	7.6	197500.23	5.559.265.733
248	1	7.512.896.829	2.782.554.381
248	2	2.440.947.381	1.808.109.171

248	3	4.863.104.007	5.403.448.897
248	4	7.930.661.439	1.174.912.806
248	5	1.158.927.938	2.146.162.847
248	6	1.580.027.154	3.511.171.452
248	6.1	162505.53	3.671.421.233
72	1	2.149.544.967	7.961.277.657
72	2	6.983.892.204	5.173.253.484
72	3	1.391.402.143	1.546.002.381
72	4	2.269.073.271	3.361.590.032
72	4.4	266818.59	434815.48
132	1	1.232.670.865	4.565.447.648
132	2	4.004.959.456	2.966.636.634
132	3	7.979.088.172	8.865.653.525
132	4	1.301.215.166	1.927.726.172
132	4.1	135699.95	206.062.887
44	1	1.093.679.012	4.050.663.009
44	2	3.553.373.595	2.632.128.589
44	3	7.079.392.821	7.865.992.024
44	3.7	101119.01	1.385.704.952
255	1	473.102.274	1.752.230.645
255	2	1.537.113.823	1.138.602.832
255	3	3.062.394.729	340.266.081
255	4	4.994.097.546	7.398.663.031
255	5	729.800.309	1.351.482.054
255	5.5	85816.66	1.748.117.148
277	1	1.197.167.239	4.433.952.737
277	2	3.889.607.835	2.881.190.989
277	3	7.749.272.924	8.610.303.248
277	3.7	110687.29	1.516.825.826
438	1	7.886.494.604	2.920.923.927
438	2	2.562.329.656	1.898.021.968
438	3	510.493.414	5.672.149.044
438	4	8.325.033.614	1.233.338.313
438	5	1.216.558.557	2.252.886.217
438	5.5	143054.19	2.914.066.833
401	1	4.650.421.322	1.722.378.268
401	2	1.510.926.345	11.192.047
401	3	3.010.221.368	3.344.690.409
401	4	4.909.014.179	7.272.613.598
401	5	717.366.858	1.328.457.144
401	5.5	84354.62	1.718.334.852
433	1	4.441.758.452	1.645.095.723
433	2	1.443.131.579	1.068.986.354
433	3	2.875.153.728	3.194.615.253
433	4	4.688.748.332	6.946.293.825
433	5	6.851.788.437	126.884.971
433	5.3	75652.61	1.485.032.715
628	1	1.423.504.645	5.272.239.426
628	2	4.624.980.237	3.425.911.286
628	3	9.214.356.728	1.023.817.414
628	4	1.502.660.512	2.226.163.722
628	4.4	176696.7	2.879.501.778

ANEXO G – Demandas estimadas para os pequenos açudes da Bacia Hidrográfica do Açude Público de Sumé

Tabela G-1: Demandas estimadas para os pequenos açudes

CÓDIGO	DEMANDA HUMANA (m³/s)	DEMANDA ANIMAL (m³/s)	DEMANDA TOTAL (m³/s)
75	0.000041	0.002139	0.002181
191	0.000073	0.001445	0.001518
44	0.000032	0.000911	0.000944
433	0.000046	0.001053	0.001099
277	0.000101	0.002139	0.00224
401	0.000046	0.001053	0.001099
73	0.000041	0.002139	0.00218
255	0.000041	0.002139	0.00218
132	0.000032	0.000911	0.000944
144	0.000073	0.001445	0.001518
628	0.000046	0.001053	0.001099
438	0.000046	0.001053	0.001099
51	0.000032	0.000911	0.000944
72	0.000041	0.002139	0.002181
248	0.000041	0.002139	0.00218
3	0.00013	0.003646	0.003776
238	0.000164	0.008558	0.008722
184	0.000292	0.00578	0.006072
71	0.000164	0.023771	0.023935
181	0.00081	0.016056	0.016866

ANEXO H – Capacidade máxima e atual dos pequenos açudes

Tabela H-1: Capacidades/Volume atuais e máximos dos pequenos açudes

CÓDIGO	NOME DO AÇUDE	MUNICIPIO	CAPACIDADE/VOLUME ATUAL (m³)	CAPACIDADE/VOLUME MÁXIMO (m³)
75	Paulo Leite	Prata	100.086.40	137.338.32
191	Salgadinho	Monteiro	101.596.40	125.049.71
44	Lindalva	Sumé	104.206.90	138.570.50
433	Dom Pedro II	Ouro Velho	107.002.10	148.503.27
277	São Francisco	Prata	121.315.90	151.682.58
401	Bethânia	Ouro Velho	125.206.40	171.833.49
73	Amparinho	Prata	143.063.50	197.466.38
255	Mujiqui	Prata	153.099.20	174.811.71
132		Sumé	169.876.40	206.062.89
144	Juraci	Monteiro	190.670.00	251.329.71
628	Braço do São Paulo	Ouro Velho	209.186.90	287.950.18
438	Quarteirão	Ouro Velho	221.440.90	291.406.68
51	Marmeleiro	Sumé	246.276.40	291.428.30
72	Raminho	Prata	273.196.90	434.815.48
248	Matarina	Prata	285.145.20	367.142.12
3	Leonardo	Sumé	322.379.90	479.858.72
238	Pé da Serra	Prata	366.862.40	555.926.57
184	Jatobá	Monteiro	415.975.70	610.511.08
71	Ministro Aposentado	Prata	535.917.40	636.465.96
181	Uruçu	Monteiro	1.044.782.10	1.656.129.28