



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA OPERAÇÃO
ÓTIMA DE SISTEMA DE RESERVATÓRIOS COM MÚLTIPLOS FINS**

Doutorando: Aldo Sidney Oliveira Albuquerque.
Orientador: José Roberto Gonçalves de Azevedo.
Co-orientador: José Almir Cirilo.

Recife, PE.
Dezembro - 2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ALDO SIDNEY OLIVEIRA ALBUQUERQUE
Engenheiro Civil, Universidade Federal da Paraíba, 2001.
MSc. Universidade Federal de Campina Grande, 2003.

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA OPERAÇÃO
ÓTIMA DE SISTEMA DE RESERVATÓRIOS COM MÚLTIPLOS FINS**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. Dr. José Roberto Gonçalves de Azevedo e co-orientada pelo Prof. Dr. José Almir Cirilo, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor.

Recife, PE.
Dezembro – 2008

Ao meu pai Antônio Arnóbio, à minha
mãe Maria de Lourdes (in memoriam), à
minha avó Maria José (in memoriam), à
Cláudia Germana (in memoriam),
DEDICO.

Agradecimentos

Ao Deus criador de tudo e de todos pelo que sou e por estar presente em mim e em minhas decisões.

Aos meus pais, minha mãe (in memoriam), meus familiares, àqueles que direta ou indiretamente me apoiaram e incentivaram.

A Cláudia Germana (in memoriam) pela ajuda que me foi dada ao longo dos anos.

Aos meus orientadores e amigos José Roberto Gonçalves de Azevedo e Almir Cirilo e a todos os outros professores que contribuíram para minha formação acadêmica. Os meus amigos do dia a dia de trabalho: Artur, Carlos Eduardo, Gustavo, Luiz, Lopes, Osvalcêlio, Thiago, Thompson, e tantos outros que contribuíram para uma boa estadia durante o trabalho da tese. Ao meu amigo Hidelberto, pessoa maravilhosa. Ao CNPq pelo auxílio financeiro. À Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ do qual faço parte do quadro efetivo. Enfim, à todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a pesquisa.

A minha esposa Daniella Albuquerque, pessoa onde encontro tudo o que sempre almejei ter.

Resumo

A escassez de água é um fator que restringe o desenvolvimento social e econômico de qualquer região. Planejadores e órgãos gestores de recursos hídricos buscam permanentemente meios para gerenciar de forma racional tais recursos. Simultaneamente a isso, a emissão de gases que provoca o efeito estufa afeta fenômenos climáticos e hidrológicos, que por sua vez, têm impacto direto no comportamento de um sistema de recursos hídricos. Um dos efeitos mais importantes que as alterações nos regimes de temperaturas e precipitações podem ter sob bacias hidrográficas é na geração do escoamento superficial. Esses novos regimes de escoamento e as alterações nos níveis de evaporação terão impactos diretos nos reservatórios e mananciais. Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa é avaliar a influência de prováveis mudanças climáticas, devido ao efeito estufa, sobre as decisões operacionais para controle de reservatórios. Para tal objetivo foi desenvolvido, nesta pesquisa, um modelo para operação ótima e integrada de reservatórios que foi aplicada a três reservatórios situados na parte alta da bacia hidrográfica do rio Capibaribe localizado no estado de Pernambuco. Foram utilizados como dados de entrada ao modelo dados hidroclimáticos provenientes de cinco Modelos Globais Atmosféricos (GCMs) utilizados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), dados inerentes às bacias que contém os três reservatórios estudados nesta pesquisa, dados dos próprios reservatórios e de sistemas irrigados por estes. Os dados fornecidos pelos cinco GCMs são de previsões de precipitação e temperatura futuras, enquanto que os dados das bacias são suas características fisiográficas e suas vazões. Os dados dos reservatórios são estruturais e operacionais e os dados dos sistemas de irrigação são hidroclimáticos e outros referentes às próprias culturas. Foram simulados vários cenários, divididos em dois grupos: o primeiro grupo composto por cenários sintéticos formados por variações de temperatura e precipitação e o segundo composto por cenários formados por previsões dos modelos utilizados pelo IPCC. Os modelos de previsões de mudanças climáticas utilizados neste trabalho apresentam diferenças significativas em seus resultados (principalmente nas previsões de precipitação) e, conseqüentemente, essas diferenças refletem-se nos diversos cenários utilizados e na operação dos reservatórios. Percebe-se, que essas variações de precipitação e temperatura, causadas pelas mudanças climáticas, podem vir a causar grandes alterações nos volumes de água escoados nas bacias, a partir das simulações realizadas.

Abstract

The lack of water is a factor that restricts the social and economic development of any region. The water resources designers and managing organizations permanently search ways of leading reasonably with such resources. Simultaneously to this, the gas emission, which causes the greenhouse gases effects, influences hydrologic and climatic phenomena that directly impact the water resources system's behavior. One of the most important effects in water basins caused by changes in temperature and precipitation is the runoff generation. These new flowing regimes and the alterations in evaporation levels can cause direct impact in reservoirs and water bodies. Therefore, the objective of this research is to evaluate the influence of probably climatic changes, due to greenhouse gases effects, over reservoir operation. To perform this task, an optimization and integrated reservoir operation computer simulation model was developed that it was applied the three situated reservoirs in the high part of the hidrografica basin of the river Capibaribe located in the state of Pernambuco. Hydrological data from five General Circulation Models (GCMs) provided by Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) was used as model input. The model also used the data from the select study hydrological basin, from the three existing reservoirs and from the irrigation systems abstracting water from the basin. The five GCM provide future precipitation and temperature prediction data resulting from global warming and the basin data are its physical and discharges features. The reservoir data consist of structural and operational information and the irrigation data are hydroclimatic and others referred to the own irrigated crops. Several scenarios were simulated, which were divided into two groups: the first one composed by synthetic scenarios created by variations in temperature and precipitation and the second one composed by scenarios created from the IPCC model predictions. The CGMs predictions used in this research present significant differences in their results (mainly precipitation predictions) and, consequently, these differences reflect into the several used scenarios and into the reservoir operation. The results obtained from the simulations using these variations in temperature and precipitation, which can be caused by climate changes, pointed out large alterations in the water volume flowed on the studied basin.

Lista de Figuras

Figura 1 – Fluxograma do modelo	43
Figura 2 – Localização das 3 sub-bacias estudadas e o posto fluv. de Toritama	46
Figura 3 – Calibração para o posto fluviométrico de Toritama, C. Det.= 0,94	57
Figura 4 – Validação para o posto fluviométrico de Toritama, C. Det. = 0,95	57
Figura 5 – Parâmetros calibrados para a bacia de Toritama	58
Figura 6 – Área total irrigada (ha) por cenário para o reservatório de Machado	77
Figura 7 – Área total irrigada (ha) por cenário para o reservatório de Oitis	78
Figura 8 – Área total irrigada (ha) por cenário para o reservatório de Machado	79
Figura 9 – Volume final para o reservatório de Poço Fundo	81
Figura 10 – Volume final para o reservatório de Oitis	81
Figura 11 – Volume final para o reservatório de Machado	82
Figura 12 – Volume irrigado para o reservatório de Poço Fundo	82
Figura 13 – Volume irrigado para o reservatório de Oitis	83
Figura 14 – Volume irrigado para o reservatório de Machado	83
Figura 15 – Modelos de previsões climáticas utilizados	85
Figura 16 – Precip. totais anuais médias para as 3 sub-bacia obtidas com o auxílio dos modelos de previsões climáticas	90
Figura 17 – Evaporações totais médias anuais para as 3 sub-bacia obtidas com o auxílio dos modelos de previsões climáticas	93
Figura 18 – Vazões médias anuais para as 3 sub-bacia obtidas com o auxílio dos modelos de previsões climáticas	96
Figura 19 – Área total irrigada (ha) por cenário para o reservatório de Machado	103
Figura 20 – Área total irrigada (ha) por cenário para o reservatório de Oitis	104
Figura 21 – Área total irrigada (ha) por cenário para o reservatório de Machado	105
Figura 22 – Volume final para o reservatório de Poço Fundo	106
Figura 23 – Volume final para o reservatório de Oitis	107
Figura 24 – Volume final para o reservatório de Machado	108
Figura 25 – Volume irrigado para o reservatório de Poço Fundo	109
Figura 26 – Volume irrigado para o reservatório de Oitis	110
Figura 27 – Volume irrigado para o reservatório de Machado	111

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Dados de entrada ao modelo	44
Tabela 2 – Postos pluviométricos utilizados nas 3 sub-bacias	55
Tabela 3 – Postos escolhidos para representar a precipitação direta sobre os reservatórios	55
Tabela 4 – Relação dos postos usados para obtenção da precipitação média	59
Tabela 5 – Relação cota x área x volume para o reservatório de Poço Fundo	60
Tabela 6 – Relação cota x área x volume para o reservatório de Machado	61
Tabela 7 – Relação cota x área x volume para o reservatório de Oitis	61
Tabela 8 – Plano cultural	65
Tabela 9 – Produtividade das culturas (kg/ha)	65
Tabela 10 – Preço médio de venda das culturas (U M /kg)	66
Tabela 11 – Custo médio de produção das culturas (U M /ha)	66
Tabela 12 – Cenários utilizados para o cálculo das novas vazões influenciadas por mudanças de temperatura e precipitação	68
Tabela 13 – Incremento (%) de evaporação em relação ao histórico determinado em função do incremento de temperatura	69
Tabela 14 – Volumes totais anuais gerado com o modelo chuva-vazão para as 3 sub-bacias estudadas para cada um dos cenários utilizados	71
Tabela 15 – Desvio relativo entre o volume observado e o calculado com o modelo chuva vazão para as 3 sub-bacias para os vários cenários.	72
Tabela 16 – Distribuição dos cultivos por área irrigada (ha) por cenário – área irrigada pelo reservatório de Poço Fundo.	74
Tabela 17 – Distribuição dos cultivos por área irrigada (ha) por cenário – área irrigada pelo reservatório de Oitis.	75
Tabela 18 – Distribuição dos cultivos por área irrigada (ha) por cenário – área irrigada pelo reservatório de Machado.	76
Tabela 19 – Incrementos e decrementos de precipitações e incrementos de temperatura obtidos com o auxílio dos modelos de previsões climáticas (precipitação em mm, temperatura em °C, com exceção do modelo HadCm3 que	87

	está em porcentagem da série histórica).	
Tabela 20	– Distribuição dos cultivos por área irrigada (ha) por cenário – área irrigada pelo reservatório de Poço Fundo.	100
Tabela 21	– Distribuição dos cultivos por área irrigada (ha) por cenário – área irrigada pelo reservatório de Oitis.	101
Tabela 22	– Distribuição dos cultivos por área irrigada (ha) por cenário – área irrigada pelo reservatório de Machado.	102
Tabela 23	– Diferenças nos valores das vazões geradas de modelo para modelo dentro de um mesmo período de previsão. Vazões em m ³ /s.	113

Lista de Siglas

COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento;
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos;
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais;
DDC	Data Distribution Centre;
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica;
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia;

IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change;
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos;
OMM	Organização Meteorológica Mundial;
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

Sumário

Introdução.....	1
As Mudanças Climáticas.....	20
Descrição do Modelo.....	33
Cenários, Região e Dados Utilizados.....	48
Resultados e Discussões.....	69
Conclusões e Recomendações.....	116

Capítulo 1

Introdução

Em muitas regiões do Brasil a escassez hídrica é sabidamente um fator restritivo para o desenvolvimento sócio-econômico. Planejadores e órgãos gestores de recursos hídricos buscam permanentemente meios para complementar as baixas disponibilidades de água nessas regiões. É fato incontestável o problema da insuficiência de disponibilidade hídrica em muitas regiões para atender as demandas sempre crescentes, acarretando um aumento nos conflitos de usos e nas restrições de consumo da água, afetando as atividades econômicas e interferindo na qualidade de vida das populações. Por outro lado, a emissão de gases que provocam o efeito estufa afeta fenômenos climáticos e hidrológicos que, por sua vez, têm impacto direto no comportamento de um sistema de recursos hídricos, ocasionando entre outros fatores, o aumento da temperatura, que por sua vez acarreta acréscimos nos níveis de evaporação e evapotranspiração.

Um dos efeitos mais importantes que as mudanças de temperaturas e precipitações podem ter nas bacias hidrográficas é no escoamento superficial. Esses novos regimes de escoamento e as alterações nos níveis de evaporação terão impactos diretos nos reservatórios. O estoque das águas superficiais poderá aumentar com os novos regimes de escoamento nos meses em que houver aumento de precipitação e, conseqüentemente, de vazão. Por outro lado, um efeito esperado é a redução no tempo de permanência do escoamento, em função de maior concentração das chuvas. Além disso, poderá ocorrer, devido a este aumento no “runoff”, uma maior probabilidade de erosão, podendo provocar assoreamentos, que tenderão a reduzir o volume de água armazenado nos reservatórios.

Diante dessas suposições, os benefícios advindos dos aproveitamentos hidráulicos já existentes devem ser otimizados, e as possíveis alterações causadas pelas mudanças climáticas devem ser avaliadas, obtendo-se desta forma, as informações necessárias para uma gestão mais racional dos recursos hídricos disponíveis.

1.1 Objetivos

O objetivo desta pesquisa é avaliar a influência de prováveis mudanças climáticas, devido ao efeito estufa, sobre a operação de reservatórios de usos múltiplos. Pretende-se assim avaliar o impacto de mudanças climáticas sobre armazenamento de água em reservatórios situados em regiões semi-áridas e explorar o potencial de ferramentas de suporte à decisão para a gestão atual e futura dos recursos hídricos destas bacias. Como estudo de caso considerou-se a parte alta da bacia hidrográfica do rio Capibaribe – PE. Partiu-se do pressuposto de que os reservatórios estudados nesta pesquisa serão utilizados para múltiplos fins, como irrigação agrícola, abastecimento urbano, regularização de vazões, diluição de carga poluidora, etc., mesmo que isso não ocorra no presente. Foram criados e otimizados vários cenários, divididos em dois grupos: o primeiro grupo composto por cenários sintéticos formados por variações de temperatura e precipitação e o segundo composto por cenários formados por previsões dos modelos utilizados pelo IPCC como mencionado anteriormente. Especificamente pretende-se quantificar as diferenças de valores entre os dados de precipitação e temperatura fornecidos pelos diversos Modelos Globais Atmosféricos (GCMs) utilizados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), bem como a influência que essa diferença teria na operação ótima e integrada dos reservatórios estudados nesta pesquisa.

1.2 Organização da tese

A tese foi escrita seguindo a seguinte organização:

Capítulo 1: Apresenta-se uma breve introdução sobre o problema da escassez de água, a qual é agravada pelas mudanças climáticas, como também os objetivos da pesquisa.

Capítulo 2: Neste capítulo consta uma revisão bibliográfica abrangendo gestão dos recursos hídricos, modelos de análise de sistemas de recursos hídricos, operação de reservatórios e alguns modelos chuva-vazão.

Capítulo 3: Esse capítulo traz uma descrição sobre o efeito estufa, a influência das mudanças climáticas nos recursos hídricos, IPCC e os modelos utilizados para previsão das mudanças climáticas, bem como alguns trabalhos envolvendo mudanças climáticas, recursos hídricos e agricultura.

Capítulo 4: Descreve o modelo desenvolvido nessa pesquisa para operação de reservatórios utilizados para múltiplos fins.

Capítulo 5: Nesse capítulo é descrita a região para a qual é aplicado o modelo. Nele também constam os dados de entrada ao modelo, bem como a metodologia utilizada para a geração dos novos escoamentos superficiais, evaporações e precipitações alteradas pelas mudanças climáticas.

Capítulo 6: Nele são mostrados os resultados obtidos com a aplicação do modelo à região em estudo, bem como uma análise dos resultados.

Capítulo 7: Apresentam-se as conclusões do trabalho bem como as recomendações para futuros estudos que seguirão a mesma linha de pesquisa.

Capítulo 2

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 Gestão dos Recursos Hídricos

“Planejamento, no conceito da ciência econômica onde é bastante empregado, é a forma de conciliar recursos escassos e necessidades abundantes. Em recursos hídricos, o planejamento pode ser definido como um conjunto de procedimentos organizados que visam ao atendimento das demandas de água, considerada a disponibilidade restrita deste recurso. A gestão de recursos hídricos é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos. A condição fundamental para que a gestão de recursos hídricos se realize é a motivação política. Havendo motivação política, será possível planejar o aproveitamento e o controle dos recursos hídricos e ter meios de implantar as obras e medidas recomendadas, controlando-se as variáveis que possam afastar os efeitos nocivos ao planejamento.” (BARTH, apud ALBUQUERQUE, 2003, p.4).

Segundo Neto et al. (2004), pode-se observar atualmente que o planejamento e gestão dos recursos hídricos de forma integrada têm sido adotados como base das políticas de diversas regiões do mundo. Isso se deve significativamente às crises deflagradas pela degradação da qualidade das águas, aumento da demanda ou ocorrência de eventos críticos. Esta prática é melhor detectada em termos quantitativos, ou seja, quando é incluída a alocação eficiente de recursos entre os agentes e usuários com interesse no uso dos recursos hídricos da bacia.

Além de todos estes fatores, a gestão dos recursos hídricos requer, segundo Barbosa (2004), alguns princípios orientadores, os quais são:

- A avaliação dos benefícios para a coletividade, resultantes da utilização da água, deve levar em conta os vários componentes da qualidade de vida: nível de vida, condições de vida e qualidade do ambiente;
- A unidade básica de gestão dos recursos hídricos deve ser a bacia hidrográfica;

- A gestão das águas deve abranger tanto as águas interiores superficiais e subterrâneas como as águas marítimas costeiras;
- A gestão dos recursos hídricos deve considerar a ligação estreita existente entre os problemas de quantidade e qualidade das águas;
- A gestão dos recursos hídricos deve-se processar no quadro de ordenamento do território, visando a compatibilização, nos âmbitos regional, nacional e internacional, do desenvolvimento econômico e social com os valores do ambiente.

2.1.2 Modelos de Análise de Sistema de Recursos Hídricos

Vários modelos têm sido desenvolvidos e aprimorados nos últimos anos para solucionar o problema do planejamento e gerenciamento de recursos hídricos. Entre eles estão os modelos de otimização. Estes utilizam técnicas diversas, como: programação linear, programação não-linear, programação dinâmica, etc.

2.1.2.1 Modelos de Otimização

Os modelos de otimização são algoritmos matemáticos que procuram identificar os pontos máximos ou mínimos da chamada função objetivo, que representa por meio de expressão matemática os objetivos estabelecidos na operação.

Em outras palavras, pode-se dizer que esses são modelos que procuram encontrar uma solução ótima para resolução de um problema, visando maximizar ou minimizar um determinado objetivo. A definição da função objetivo é fundamental, uma vez que os resultados obtidos dependem das suas características.

2.1.2.2 Programação Linear

A programação linear (PL) segundo Braga (1987), tem sido uma das técnicas mais aplicadas no gerenciamento de recursos hídricos, apesar de ser limitada para resolver um tipo especial de

problema: tanto a função objetivo como as restrições são descritas por equações lineares. O método mais utilizado para solução dos modelos de programação linear é o SIMPLEX e suas variações.

A aplicação da programação linear em estudos de recursos hídricos varia desde problemas relativamente simples de alocação direta de recursos até situações complexas de gerenciamento de operação de reservatórios. Sob certas hipóteses, problemas não-lineares podem ser linearizados e resolvidos via um processo iterativo ou procedimentos de aproximações sucessivas.

Uma desvantagem do uso desta programação está no fato de grande parte dos problemas reais ser descrita por equações não-lineares.

2.1.2.3 Programação Não-Linear

A programação não linear (PNL) caracteriza-se por não possuir um método geral de resolução dos seus problemas, tal qual o método SIMPLEX na programação linear. Pela maior complexidade dos problemas e particularmente quando o problema a ser resolvido envolve restrições, muitas vezes elas próprias não lineares, é preciso identificar a técnica mais adequada para a busca da solução ótima, normalmente ainda mais dificultada pela existência de ótimos locais e globais. Uma outra característica é a inexistência de critérios absolutos para comparação entre os vários algoritmos existentes. O que se faz é comparar algumas características não definidas precisamente, tais como: simplicidade computacional, tempo de máquina necessário para atingir um ponto ótimo a partir de um ponto inicial qualquer, memória necessária para rapidez de convergência, sensibilidade a erros computacionais, etc.. A grande vantagem do método de programação não-linear é a capacidade de representar matematicamente a física do sistema de forma mais realista, com menos hipóteses simplificadoras, como ocorre quando o problema é linearizado e resolvido por programação linear.

Lanna et al (1999) em sua obra Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos apresentam de forma detalhada exemplos de técnicas de programação não-linear aplicada a recursos hídricos.

2.1.2.4 Programação Dinâmica

A programação dinâmica (PD) segundo Braga (1987), é altamente útil em análises que considera uma seqüência de acontecimentos (escala horizontal) e uma série ou faixa de alternativas (escala vertical). No gerenciamento de recursos hídricos, a seqüência pode ser um grupo de reservatórios e as alternativas os volumes úteis nos reservatórios, ou a seqüência pode ser um grupo de intervalos de tempo e as alternativas vazões efluentes de um reservatório.

O princípio básico da técnica de PD foi proposto por Bellman (1957), daí este ser conhecido como princípio de otimalidade de Bellman. Segundo este princípio, uma política ótima tem a propriedade de que, seja qual for o estado inicial, as decisões restantes devem constituir uma melhor solução com relação ao estado que resulta da primeira decisão. Em palavras mais simples, na PD, cada etapa da seqüência deve considerar somente os resultados das alternativas da etapa anterior. Desta forma, a melhor solução é encontrada em cada alternativa da etapa considerada e ao chegar ao final da seqüência, é conhecida tanto a melhor alternativa para aquela etapa como para todo o caminho a ser seguido. O sucesso desta técnica pode ser atribuído ao fato de que as naturezas estocásticas e não lineares que caracterizam um grande número de sistemas de recursos hídricos podem ser traduzidas na formulação da programação dinâmica. Além disso, tem a vantagem de poder decompor problemas altamente complexos com grande número de variáveis, em uma série de sub-problemas que serão resolvidos recursivamente.

2.1.2.5 Modelos de Simulação

Os modelos de simulação, segundo Braga (1987), são formados por expressões matemáticas estruturadas em seqüência lógica, que descrevem a operação do sistema no espaço e no tempo. Seu objetivo é representar e operar o sistema de forma mais detalhada possível e fornecer informações para avaliar o comportamento do sistema real.

A simulação da operação de reservatórios consiste, simplesmente, em fazer a cada intervalo de tempo o balanço de massa dos reservatórios. Para tanto, são especificadas as afluências nos locais de interesse, as características físicas do sistema e as regras de operação. A vantagem da técnica de simulação está no fato de ser aplicável a sistemas complexos e aceitar quaisquer equações de restrições. Ao contrário dos modelos de otimização, os modelos de simulação não determinam a política ótima de operação. A solução é encontrada iterativamente processando-se diversas simulações alternativas e comparando seus desempenhos. Sua obtenção depende, geralmente, da experiência e sensibilidade do usuário.

2.1.3 Operação de Reservatórios

A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. Esse é um dos fundamentos da Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, artigo 1º, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diante desse enunciado a gestão dos recursos hídricos tem se utilizado da implantação de reservatórios como uma importante ferramenta para o atendimento dos usos múltiplos das águas. Segundo Takeuchi e Kundzewicz (1998), o uso eficiente da água acumulada em reservatórios requer uma operação baseada em princípios de gerenciamento e desenvolvimento sustentável. O gerenciamento e desenvolvimento sustentável de reservatórios é um subconjunto do gerenciamento sustentável de recursos hídricos, baseado em conceitos de gerenciamento integrado, múltiplos objetivos, e considerações de riscos e incertezas. Na operação e manutenção, o gerenciamento sustentável de reservatórios deve observar, entre outras, práticas de conservação da natureza nas áreas de entorno; de manutenção da vida biótica normal; controle de sedimentos; de gerenciamento da bacia; de uso de informações e tecnologias de suporte à decisão; de gerenciamento conjunto envolvendo todos os componentes relacionados ao sistema de recursos hídricos, hajam vistas às múltiplas finalidades como controle de enchentes, de abastecimento e de controle da qualidade ambiental.

2.1.4 Algumas Pesquisas Sobre Operação de Reservatórios

Os estudos envolvendo a pesquisa operacional aplicada à operação de reservatórios têm sido apresentadas na literatura técnica especializada ao longo das últimas décadas:

Yeh (1985) provê uma revisão de teorias e aplicações de técnicas de análise de sistemas aos problemas de reservatório, usando programação linear, programação dinâmica, programação não-linear e simulação. Wurbs (1993) ampliou o trabalho de Yeh (1985), produzindo uma revisão sobre as técnicas de análise à operação de reservatórios.

Sob a ótica da operação de reservatórios e de sistemas de irrigação no semi-árido brasileiro, foram desenvolvidos vários estudos, tais como:

Curi et al. (1997) fizeram a alocação ótima de água do reservatório Engenheiro Arcoverde (Paraíba) para irrigação, via programação linear, determinando os valores máximos possíveis das

áreas para irrigar com cada cultura. Andrade (2003) usou a programação não linear para estudar, sob a ótica da otimização, o complexo sistema de reservatórios em série Jucazinho e Carpina (Pernambuco), sujeitos a usos complementares e conflitantes, e três perímetros irrigados na região. Barbosa (2001) estudou o comportamento da operação de um sistema constituído por três reservatórios em paralelo com o objetivo de maximizar os benefícios financeiros líquidos advindos da agricultura irrigada e da piscicultura, além de maximizar a geração de empregos e no atendimento ao abastecimento urbano.

Mais recentemente, Melo et al (2004) verificaram o potencial de um reservatório para irrigação com culturas perenes e piscicultura extensiva em termos de receita líquida total obtida com essas atividades. Celeste et al (2004) verificaram qual a melhor maneira de gerenciar um sistema composto de três reservatórios da bacia hidrográfica do Rio Piancó (Paraíba), situada no semi-árido paraibano, para determinação do potencial de uso agrícola das suas águas, sem comprometer as demandas de abastecimento urbano.

Por fim, pode-se citar outros trabalhos na área de operação de reservatórios: Leão e Thaize (2004) avaliaram as principais demandas hídricas, atuais e futuras, e a simulação do comportamento do reservatório utilizando o modelo de simulação ACQUANET (Porto, 2002). Valença e Valença (2004) adaptaram e testaram uma metodologia, visando o estabelecimento de regras de operação para o controle ótimo de um reservatório de armazenamento durante um período de cheias.

2.1.5 Modelos de Operação de Reservatórios

Será apresentando a seguir alguns modelos de operação de reservatórios. Os dois primeiros (ORNAP e CISDERGO) com registros de várias aplicações nas bacias hidrográficas do nordeste do Brasil enquanto o último sendo largamente comentado na literatura.

MODELO ORNAP

Segundo Curi et al (2001), o ORNAP (Optimal Reservoir Network Analysis Program), é um modelo de base mensal, onde o processo de otimização é resolvido numericamente através da programação não-linear, contemplando função objetivo especificada para maximização da receita

líquida anual (RL) advinda da agricultura irrigada nos perímetros, avaliando-se também o retorno financeiro (RI) da piscicultura extensiva nos reservatórios. O modelo obrigado a atender demandas fixadas para o abastecimento urbano, busca suprir os demais requerimentos hídricos definidos para o sistema não violando restrições mensais impostas à sua funcionalidade. Para representar o comportamento hídrico do sistema são empregadas as mesmas técnicas usadas na simulação, que entram no programa como restrição, executando-se balanços mensais de massas entre afluências, efluências e variações de volumes armazenados para cada reservatório, sendo que a demanda para irrigação, traduzida pela necessidade hídrica suplementar para as culturas, é avaliada pelo balanço hídrico mensal do solo, conforme as áreas de cultivo definidas pelo processo iterativo de otimização.

As variáveis trabalhadas pelo ORNAP são relacionadas aos elementos naturais (hidroclimáticos e hidroagrícolas) e artificiais (demandas, características físicas, parâmetros comerciais, entre outros) identificados como pertinentes ao estudo do sistema hídrico. Para estes elementos, definem-se quatro pontos básicos de entradas de dados envolvendo os reservatórios, demandas de água para o abastecimento doméstico, calhas dos rios e perímetros. O modelo opera a nível mensal permitindo inferir o comportamento do sistema para situações climáticas média, chuvosa e seca, admitindo criar cenários para variados volumes de acumulação, e de sustentabilidade hídrica para os reservatórios, e de áreas totais, máximas e mínimas, a serem plantadas em cada perímetro, por tipo de cultura.

É importante ressaltar que as saídas do modelo, possibilitando extensivas análises de desempenho do sistema hídrico em estudo, determinam valores mensais para volumes, cotas e áreas de espelho d'água, vazões mensais de afluxos, de descargas e de sangria, por reservatório; 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 gera resultados para análise da convergência do processo iterativo e de restrições, dentro da tolerância requerida, descrevendo o tipo das restrições violadas, ou não, suas quantidades mensais e valores totais, seja em vazões, volumes, níveis e áreas.

MODELO CISDERGO

Ainda segundo Curi e Curi (2001), o CISDERGO (Cropping and Irrigation System Design with Optimal Reservoir and Groundwater Operation) é um modelo de otimização linear recursiva, desenvolvido em ambiente MATLAB, destinado a maximizar múltiplos objetivos relativos a implantação ou melhoramento da operação de um ou mais perímetros irrigados, otimizando o uso da água aduzida de um reservatório e poços. O modelo simula a operação do reservatório através da equação do balanço hídrico do mesmo usando demandas fixas e variáveis, obtidas com base na necessidade suplementar líquida de irrigação, estabelecidas através do balanço hídrico das culturas selecionadas e levando em consideração os demais usos do reservatório. O modelo também leva em consideração os diferentes tipos de sistemas de irrigação e suas necessidades de altura manométrica, as áreas a serem irrigadas para cada tipo de cultura, custos de água e de produção, aspectos econômicos e a combinação ou variação nas fontes de bombeamento e a quantidade de água aduzida. Uma das funções objetivo do modelo é a maximização da receita líquida sujeita às restrições de disponibilidade de água, área a ser irrigada, capacidade de bombeamento e estrutural.

MODELO MODSIM

O modelo MODSIM, segundo Lanna et al (1999), é um modelo de rede de fluxo desenvolvido na Colorado State University sob a liderança do Prof. John Labadie. Uma das principais características do MODSIM é o fato de que o modelo incorpora automaticamente uma série de funções que são comuns na simulação de bacias hidrográficas sem que o usuário tenha que se preocupar em programá-las.

Entre elas as mais importantes são:

- Os usuários podem colocar quantos nós de demanda forem necessários para levar em conta as demandas na bacia (consuntivas ou não).
- O modelo atenderá a estas demandas de acordo com um valor de prioridade atribuída pelo usuário, que pode variar de 1 a 99 (o valor 1 é a maior prioridade). Na realidade as prioridades P e os custos C estão relacionados de forma biunívoca ($C = 10P - 1000$), o que significa que os valores de C que representam prioridades são sempre negativos. Portanto, ao atender uma prioridade o modelo estará diminuindo os custos da rede de um valor C por unidade de vazão fornecida.

- A operação dos reservatórios é feita utilizando-se o conceito de volume meta ou nível meta, ao qual se atribui uma prioridade. Desta forma sempre que o volume armazenado for menor que o volume meta, o reservatório guardará água desde que as outras prioridades da rede sejam menores. O volume armazenado acima do nível meta tem custo zero, ou seja é livre para atender a quaisquer demandas por menores que sejam suas prioridades.

- As perdas por evaporação dos reservatórios são levadas em conta por meio de processo iterativo.

- O modelo calcula a produção de energia elétrica (de ponta ou de base) desde que sejam fornecidas as características da usina.

- O modelo faz o balanço água superficial - água subterrânea, desde que sejam fornecidas as características do aquífero.

2.1.6 Modelos Chuva-Vazão

Os primeiros modelos chuva-vazão foram desenvolvidos logo após a 2ª guerra mundial como consequência da utilização dos computadores na engenharia de recursos hídricos. Em nosso país este processo se intensificou apenas na década de 70. Um dos primeiros modelos chuva-vazão é o chamado SSARR (Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation), um modelo do tipo conceitual desenvolvido pela U. S. Army Corps Engineers em 1958 com objetivo de simular o ciclo hidrológico e regularizar vazões. Em 1966, dois pesquisadores, Crawford e Linsley apresentaram o STANFORD IV, também conceitual, com discretização a cada 15 minutos, sendo considerado um dos mais completos em relação à quantidade de processos representados. A principal característica destes primeiros modelos foi a de tentar representar por completo o ciclo hidrológico.

Ao longo do tempo outros modelos surgiram com a mesma proposta, mas com pequenas diferenças em seus algoritmos, ressaltando um ou outro processo, como por exemplo, a infiltração ou a evapotranspiração. O Kentucky Model e o Texas Watershed Model são exemplos de modelos que surgiram nesta época.

A simulação chuva-vazão representa um dos principais estudos do comportamento hídrico em bacias hidrográficas. Esses modelos simulam a resposta do escoamento superficial

para várias escala de tempo, eventos e balanço hídricos. A restrição na aplicação desses modelos é a escassez de dados compatível com a simulação desejada. Os dados são obtidos a partir do monitoramento das bacias hidrográficas, que exigem esforços importantes durante longos períodos de tempo.

Um dos principais desafios dos hidrólogos atualmente está na busca de modelos chuva-vazão que representem de forma mais fiel os parâmetros hidrológicos envolvidos utilizando bancos de dados reduzidos.

A operação de um modelo chuva-vazão consiste, basicamente, em duas fases:

- Calibração;
- Validação;

Calibração

Um modelo só é confiável quando suas suposições, entradas e parâmetros, estimam os melhores resultados. Para isso, existe um caminho seguido tradicionalmente que se constitui pela escolha do modelo a ser utilizado, seleção e análise dos dados, calibração dos parâmetros do modelo e validação. Após a validação o modelo está apto a ser aplicado com maior confiabilidade.

Parâmetros são valores que regem o comportamento do escoamento no modelo. Regiões diferentes possuirão, provavelmente, grupos de parâmetros diferentes. Uma alternativa para a escolha do grupo de parâmetros se realiza na busca dos melhores resultados do modelo (valores simulados próximos aos valores observados). Existem parâmetros que representam a realidade física da bacia e outros onde não existe esta relação direta, sendo determinados por calibração através de métodos como tentativa e erro ou por técnicas de otimização. Esta diferença nos tipos de parâmetros depende do tipo de modelo aplicado e da disponibilidade dos dados na região. A calibração é, portanto, um processo de ajuste onde se busca igualar os hidrogramas simulados dos observados. É uma fase que contribui significativamente para a precisão dos modelos hidrológicos.

Tipos de Calibração:

Tucci (1998) apresenta classificações mais detalhadas de tipos de calibração e as coloca como métodos tradicionais de determinação de parâmetros. São elas:

Medida direta – como o próprio nome diz, envolve a obtenção dos valores diretamente em campo, mapas, etc.;

Amostragem – quando o valor é uma amostra representativa e é aplicada sobre todo o sistema;

Ajuste por tentativa e erro – de posse das variáveis de entrada e saída (como a vazão), busca-se um melhor ajuste dos hidrogramas, a partir dos parâmetros;

Ajuste por otimização – quando se busca o melhor grupo de parâmetros através de funções objetivos que, por métodos matemáticos, automaticamente busca a menor diferença entre dados observados e gerados.

Validação

A validação é a etapa da simulação onde se verifica se o modelo representa bem a realidade da bacia. Pode ser considerada ainda como uma fase de verificação da aplicação. Isto deve ser feito em condições diferentes daquelas usadas na calibração para a comprovação da validade do modelo. Assim, toda aplicação de um modelo hidrológico deve ser seguida de uma validação para se permitir fazer a aplicação do modelo em simulações diversas nas bacias hidrográficas.

No que se refere à literatura nacional sobre o tema, existem diversos modelos chuva-vazão desenvolvidos por várias instituições. Pode-se citar como exemplo o MODHAC (LANNA, 1999), CHUVAZ (LANNA, 1999), IPH (TUCCI, 1998), SMAP (LOPES et al, 1981) , GRH (CIRILO et al, 1997), etc.

A seguir serão comentados dois modelos com passo de tempo mensal: o GRH e o MODHAC. A escolha dos mesmos se deve a suas aplicações ao semi-árido nordestino, consoante com o contexto da presente pesquisa. O GRH foi utilizado para todas as simulações do Plano de Recursos Hídricos de Pernambuco. O MODHAC foi, entre outras aplicações, utilizado para as simulações hidrológicas no Projeto de Transposição do Rio São Francisco.

O MODELO GRH

Segundo Cirilo et al (1997):“trata-se de um modelo de simulação hidrológica mensal do tipo conceitual, caracterizando-se pela combinação de dois reservatórios lineares e funções de transferência.

A separação do escoamento superficial é feita através de uma equação não-linear em função da precipitação. Assim, para uma mesma taxa de umidade do solo, o escoamento superficial varia com maior ou menor intensidade em função do montante precipitado, a depender dos parâmetros definidos. O balanço de umidade do solo é realizado utilizando-se dois reservatórios que representam, respectivamente, a zonas não saturada e saturada do solo.

Separação do Escoamento Superficial

A cada evento de precipitação (P) é feito um balanço de massa. Inicialmente, obtém-se a precipitação efetiva (P_{ef}) resultante da diferença entre a precipitação total e a interceptação superficial (IS). A parcela da precipitação efetiva que resulta em escoamento superficial (ES) é obtida a partir da seguinte expressão:

$$ES = P_{ef} \cdot (C4 + TU^E) \quad (2.1)$$

sendo,

$$E = C1 - C2 \cdot P_{ef} \quad (2.2)$$

Onde: C1, C2 são parâmetros ajustados pelo usuário que caracterizam o escoamento superficial em função do montante precipitado, TU é a taxa de umidade do solo e C4 é o parâmetro ajustado pelo usuário que define o percentual escoado independentemente da umidade do solo (este parâmetro está relacionado ao grau de impermeabilização da bacia).

A variável E regula a variação do escoamento superficial em função do montante precipitado. O uso intensivo deste modelo mostrou ser suficiente para representar os processos hidrológicos do semi-árido com valores de E variando entre 0,1 e 2,0.

Para um mesmo valor de P_{ef} (dado que a taxa de umidade, TU, varia entre 0 e 1), valores de E entre 0,1 e 1 resultam em um escoamento superficial mais intenso. Para valores de E entre 1

e 2 obtém-se um escoamento superficial menos intenso. Os parâmetros C1, C2 definem a sensibilidade da variável E em relação a variação do Pef.

Infiltração e Percolação

A lâmina restante ($P_{ef} - ES$) é adicionada ao reservatório representativo da camada não saturada do solo. Neste reservatório a umidade é atualizada a cada evento através das perdas por evapotranspiração, produto entre a evaporação potencial (EP) e a taxa de umidade do solo (TU). Ocorre também um deplecionamento do mesmo para recarga do reservatório que representa a camada saturada do solo. Como é característico do semi árido, somente uma parte da recarga alimenta a camada saturada do solo, o restante se perde sem gerar escoamento básico. Assim a recarga da camada saturada é representada pela seguinte equação:

$$REC = RSOLO \cdot TU^{CREC2} \cdot CREC1 \cdot (1 - PERDAS) \quad (2.3)$$

onde: RSOLO é o nível do reservatório da camada não saturada, CREC1 e CREC2 são parâmetros ajustados pelo usuário e definem o comportamento da recarga e PERDAS a fração da recarga que se perde no solo. Os valores indicados para estes parâmetros são:

$$0 \leq CREC1 \leq 1; \quad 0 < CREC2 \leq 3 \quad \text{e} \quad 0 \leq PERDAS \leq 1 \quad (2.4)$$

Para valores de CREC2 menores que 1 a recarga torna-se mais sensível à taxa de umidade do solo. A situação se inverte para valores maiores que 1.

O nível do reservatório da camada saturada, RSUB, por sua vez, sofre um deplecionamento a uma taxa constante RK1, gerando um escoamento de base, EB, dado por:

$$EB = RSUB \cdot (1 - RK1) \quad (2.5)$$

Condições Iniciais

Para iniciar a operação do modelo, faz-se necessário definir três parâmetros que permitem estabelecer a condição inicial dos reservatórios. São estes: A abstração potencial do solo (S), a umidade inicial do solo (TUini) e o escoamento de base inicial (EBini).

A partir da umidade inicial e da abstração potencial do solo determina-se a capacidade de saturação (SAT) do reservatório da camada não saturada, dada por:

$$SAT = \frac{S}{(1 - TUini)} \cdot CSAT \quad (2.6)$$

Onde CSAT é um fator utilizado para adequar os processos hidrológicos associados ao ciclo chuva-vazão a uma escala mensal.

Conhecido o nível máximo (SAT) do reservatório da camada não saturada, obtém-se o seu nível inicial multiplicando-se este valor pela umidade inicial (TUini). O nível inicial do reservatório da camada saturada é obtido em função do escoamento de base inicial (EBini) pela seguinte equação:

$$RSUB = \frac{EBini \cdot 2592}{\text{ÁREA} \cdot (1 - RK1)} \quad (2.7)$$

Onde: ÁREA = Área da bacia contribuinte em km².

Uma vez conhecidas as condições iniciais, o modelo opera realizando o balanço descrito neste texto para cada ciclo (mês) analisado.”

O MODELO MODHAC

O modelo MODHAC (LANNA, 1999) é do tipo conceitual concentrado com oito parâmetros principais de calibração, que conduzem a um bom desempenho quando comparado ao escoamento observado.

No MODHAC, o armazenamento da água na bacia é simulado através de três reservatórios fictícios que representam a água armazenada superficialmente, a água armazenada sub-superficialmente, no chamado horizonte vegetal do solo, e a água armazenada nas camadas inferiores do solo, incluindo o aquífero subterrâneo. Estes reservatórios são respectivamente denominados reservatório superficial, sub-superficial e subterrâneo.

A abstração de água na bacia ocorre pela evaporação direta da chuva, pela evaporação ou evapotranspiração dos reservatórios superficial e sub-superficial, pelo escoamento superficial e pela infiltração profunda. Esta última variável representa a água que sai da bacia dirigindo-se a outras de maior ordem ou a aquíferos subterrâneos profundos. O escoamento da bacia, observado em seu exutório, é formado pelos escoamentos superficial e subterrâneo. O escoamento superficial é formado pelo escoamento direto somado ao hipodérmico. O escoamento direto é composto pela água pluvial que não é evaporada, nem interceptada pelo reservatório superficial e nem infiltrada no solo. O escoamento hipodérmico é resultado da "recusa à infiltração" causada pela saturação do reservatório sub-superficial. O escoamento subterrâneo resulta das percolações à superfície dos reservatórios sub-superficial e subterrâneo. Este escoamento subterrâneo é resultado da composição de dois tipos de aquíferos com coeficientes distintos de escoamento. Os escoamentos são propagados ao exutório da bacia de forma extremamente simplificada. Admite-se um tempo de trânsito constante para cada tipo de escoamento, representando a demora entre o intervalo de tempo de sua formação e o intervalo em que é anotado no exutório da bacia.

Para viabilizar esta simplificação, a dinâmica do processo hidrológico é computada ao longo de determinado intervalo de tempo, dito intervalo de computação, e os escoamentos gerados ao longo destes intervalos acumulados em um período formado por vários intervalos de computação, denominado intervalo de simulação.

A variabilidade temporal da chuva, entretanto, impede a computação da distribuição da água na bacia a intervalos de tempo tão largos. O intervalo diário é o maior intervalo no qual esta variabilidade temporal pode ser descrita em grande parte dos casos. Diante destas considerações, o MODHAC pode adotar intervalos diferentes para a computação da distribuição de água na bacia e para a simulação dos escoamentos acumulados resultantes. Uma utilização típica é proceder a computação no intervalo diário, acumulando mensalmente os escoamentos.

Nesse modelo considera-se que a chuva precipitada passa inicialmente por um filtro de ajuste que tem por função a introdução de correções de erros de observação originados na baixa densidade de pluviômetros na bacia. O volume corrigido de chuva alimenta inicialmente a evapotranspiração potencial, até ser anulado ou saciá-la. Estabelece-se que até um dado percentual da evapotranspiração potencial essa variável poderá ser suprida por esta via. A

evapotranspiração potencial remanescente deverá ser suprida pela umidade na bacia. No caso da chuva ser anulada pela evaporação, a bacia se encontra no estágio de ressecamento. Na outra situação o estágio é de umedecimento.

No estágio de ressecamento a água remanescente no reservatório superficial é inicialmente usada para suprir a evapotranspiração potencial remanescente. Em seguida é executada a percolação da água do reservatório superficial para o sub-superficial. Caso a evapotranspiração potencial não estiver inteiramente suprida, a água armazenada no reservatório sub-superficial passará a ser apropriada para tal.

Em seqüência, haverá a percolação da água armazenada nos reservatórios sub-superficial e subterrâneo para a superfície, dando origem ao escoamento subterrâneo ou de base. No estágio de umedecimento, havendo ainda evapotranspiração potencial remanescente, ela será suprida pela umidade da bacia, representada através de armazenamento nos reservatórios fictícios superficial e sub-superficial. A chuva remanescente após a evapotranspiração ter sido total ou parcialmente suprida é interceptada pelo reservatório superficial, até enchê-lo. O extravasamento deste reservatório passa por um processo superficial de separação, que o dividirá entre uma parcela que formará o escoamento superficial direto e outra que será infiltrada.

A água infiltrada soma-se à percolação do reservatório superficial. O volume resultante passa por um processo de separação sub-superficial que o distribuirá entre o reservatório sub-superficial e subterrâneo. Na eventualidade do reservatório sub-superficial encher seu extravasamento dará lugar à "recusa à infiltração" que formará o escoamento hipodérmico suplementando o escoamento superficial direto.

Como na fase de ressecamento, a seqüência final será a percolação dos reservatórios sub-superficial e subterrâneo, formando o escoamento subterrâneo ou de base. Os escoamentos superficial e subterrâneo são propagados de forma simplificada até o exutório da bacia.

Capítulo 3

As Mudanças Climáticas

3.1 Efeito Estufa

Ao fenômeno causado pela acentuação do aquecimento térmico da baixa atmosfera terrestre dá-se o nome de Aquecimento Global, e posteriormente, devido a similaridade dos processos que acontecem com a atmosfera do planeta Terra e a das estufas construídas pelo homem no cultivo de plantas e alimentos, foi chamado de efeito estufa. Dentre as emissões de gases provenientes das atividades antropogênicas que contribuem para o efeito estufa, a mais importante é a do gás carbônico (CO_2), seguido pelos clorofluorcarbonos (CFCs) em segundo, o Metano (CH_4) em terceiro, o Ozônio (O_3) em quarto e por último o Óxido de Nitrogênio (N_2O).

As principais fontes antropogênicas de gases do efeito estufa são as atividades industriais, a produção e a utilização de energia, e o desflorestamento relacionado à queimadas.

Segundo o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (2002), o aumento dos gases do efeito estufa já provoca mudanças climáticas. Ao absorver radiação infravermelha, esses gases controlam a maneira pela qual a energia natural circula no sistema climático. Em resposta às emissões antrópicas, o clima já começou a se adaptar a um “cobertor espesso” de gases do efeito estufa, de forma a manter o equilíbrio entre a energia proveniente do sol e aquela que é reenviada ao espaço.

3.2 Influência das Mudanças Climáticas nos Recursos Hídricos

Toda a mudança de clima terá efeito nos recursos hídricos, e previsões a nível regional são incertas, considerando a enorme complexidade do ciclo hidrológico. Todos os seus elementos constituintes têm efeitos uns sobre os outros, como por exemplo, uma variação da precipitação pode ter efeitos sobre a umidade, que influenciará na taxa de evapotranspiração real, que afetará a intensidade de formação de nuvens e conseqüentemente no volume precipitado. Um dos efeitos mais importantes que mudanças de temperatura e precipitações podem ter sob bacias

hidrográficas é no escoamento superficial. Esses novos regimes de escoamento e evaporação terão impactos diretos nos reservatórios e mananciais.

Podem-se enunciar, em síntese, os possíveis impactos das alterações climáticas nos recursos hídricos:

- Alteração do regime de vazões geradas;
- Degradação ambiental dos ecossistemas fluviais dependentes de águas subterrâneas;
- Alteração da qualidade da água;
- Risco de ocorrências de situações hidrológicas extremas, como cheias e secas;
- Aumento da temperatura da água;
- Aumento da salinização dos aquíferos devido a subida das taxas de evapotranspiração.

Deve-se ter em mente que as mudanças do ciclo hidrológico estão respondendo não apenas às emissões de gases, mas também às atividades humanas, como desflorestamento, urbanização e a intensiva exploração dos recursos hídricos.

3.3 O IPCC e os Modelos Utilizados para Previsões de Mudanças Climáticas

Desde a década de 1980, evidências científicas sobre a possibilidade de mudança de clima em nível mundial vêm despertando um interesse crescente no público e na comunidade científica em geral. Em 1988, A OMM (Organização Meteorológica Mundial) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) estabeleceram o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), assim a Assembléia Geral das Nações Unidas trata da mudança do clima pela primeira vez. O IPCC ficou encarregado de apoiar com trabalhos científicos nas avaliações do clima e os cenários de mudanças climáticas para o futuro (Marengo & Soares, 2003).

O referido Órgão fornece previsões de mudanças climáticas para que melhor seja compreendida as influências do efeito estufa. Azevedo et al (2003) desenvolveram um modelo para leitura das previsões do IPCC (2003). Esse modelo possibilita a leitura das simulações realizadas para previsão de variações de temperatura e precipitação médias mensais para diversos pontos do planeta através de vários modelos.

Os modelos para obtenção e avaliação de projeções climáticas podem ser classificados em modelos globais atmosféricos (GCMs) ou modelos acoplados Oceano - Atmosfera (AOGCMs). Esses modelos numéricos representam uma visão tridimensional do sistema climático,

descrevendo os principais processos físicos e dinâmicos, assim como as interações entre as componentes do sistema climático e os mecanismos de retroalimentação (*feedbacks*) entre os processos físicos. Esses modelos podem gerar climas regionais que seriam resposta a mudanças na concentração de gases de efeito estufa e de aerossóis (gases de efeito estufa tendem a aquecer o planeta ao passo que os aerossóis têm em média um efeito de esfriamento). Também podem gerar climas como resposta às mudanças do uso da terra, como o desmatamento.

As saídas dos modelos globais de clima contêm informações sobre os cenários SRES (Special Report on Emissions), ou seja, cenários com diferentes concentrações de gases do efeito estufa. Alguns dos modelos utilizados nas simulações do IPCC e que foram utilizados neste trabalho juntamente com as instituições onde os modelos foram rodados são mostrados a seguir:

- a) Origem: Hadley Centre for Climate Prediction and Research, da Inglaterra (HadCM2);
- b) Origem: Hadley Centre for Climate Prediction and Research, da Inglaterra (HadCM3);
- c) Origem: Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, da Austrália (CSIRO-Mk2);
- d) Origem: Canadian Center for Climate Modeling and Analysis, do Canadá (CCCMA);
- e) Origem: Deutsches Klimarechenzentrum (ECHAM4);

Segundo Marengo e Soares (2003), o modelo HadCM3 foi desenvolvido no Hadley Centre e sua componente atmosférica tem 19 níveis com uma resolução horizontal de 2.5° de latitude e 3.75° de longitude, que produz uma grade global de 96 x 73 células. Isso é equivalente a uma resolução de superfície de cerca de 417 km x 278 km no equador, reduzindo até 295 km x 278 km em 45° de latitude. A componente oceânica do HadCM3 tem 20 níveis com uma resolução horizontal de 1.25° x 1.25°.

Ainda segundo o Marengo e Soares (2003), o HadCM2 também tem uma resolução espacial de 2.5° x 3.75° (latitude e longitude) e a representação produz uma caixa de grade de resolução de 96 x 73 células gradeadas. Esta produz uma resolução superficial espacial de cerca de 417 km x 278 km reduzindo para 295km x 278km em 45 graus norte e sul .

A seguir tem-se uma descrição do modelo ECHAM 4:

“O modelo ECHAM 4 é baseado no modelo de previsão de tempo do European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF). Várias modificações têm sido aplicadas no mesmo no Max Planck Institute for Meteorology and German Climate Computing Centre para

melhorar a previsão climática, estando o mesmo atualmente na quarta geração. Uma detalhada descrição do ECHAM 4 pode ser encontrada em Roeckner et al. (1996). Na versão padrão do modelo o mesmo tem 19 níveis híbridos usados em um sistema de coordenadas de pressão-sigma. Variáveis prognósticas são vorticidade, divergência, logaritmo de pressão a superfície, temperatura, umidade específica, razão de mistura e total de água de nuvem. Exceto para componentes de vapor o prognóstico das variáveis são representados por harmônicos esféricos com truncamento triangular no número de onda T42. Dentro e acima da camada limite atmosférica um esquema fechado de alta ordem é usado para computar a transferência turbulenta de momento, calor, mistura e água de nuvem. Os coeficientes de difusão turbulenta são calculados como função da energia cinética turbulenta (E). O modelo de solo contempla os balanços de calor, água no solo, pacote de neve sobre o continente e balanço de calor no gelo sobre o continente. Efeitos de vegetação tais como interceptações de chuva na copa das árvores e controle de evapotranspiração pelos estômatos são parametrizados. O esquema de estimativa do escoamento superficial tem como base a área de captação da bacia hidrográfica e leva em consideração as variações de sub grade da capacidade máxima de armazenamento de água no solo (capacidade de campo) sobre áreas continentais não homogêneas.” (Alves et al, 2005).

“O modelo CSIRO MK2 tem 9 níveis na vertical e sua resolução horizontal espectral é R21 (aproximadamente 5.6 até 3.2 graus). Sobre o oceano, o modelo tem a mesma resolução horizontal, porém apresenta 21 níveis verticais.” (IPCC – DCC, 2003).

O modelo CCCMA possui resolução de grade em superfície de $3.7^\circ \times 3.7^\circ$ e 10 níveis verticais. A componente oceânica tem uma resolução de $1.8^\circ \times 1.8^\circ$ e 29 níveis verticais.

Os cenários elaborados para os modelos de mudanças climáticas mostram diferentes previsões futuras de emissão de gases para a atmosfera entre eles os A1, A2, B1, B2. Esses cenários são descritos segundo Tucci e Braga(2003) por:

- a) A1 é o cenário que descreve um mundo futuro onde a globalização é dominante. Neste cenário o crescimento econômico é rápido e o crescimento populacional é pequeno com um desenvolvimento rápido de tecnologias mais eficientes. Neste mundo, os indivíduos procuram riqueza pessoal em lugar da qualidade ambiental.
- b) A2 é o cenário que descreve um mundo futuro muito heterogêneo onde a regionalização é dominante. Existiria um fortalecimento de identidades culturais regionais, com uma ênfase em valores de famílias e tradições locais, outras características são

crescimento populacional alto e menos preocupação em relação ao crescimento econômico.

c) B1 é o cenário em que descreve uma rápida mudança na estrutura econômica mundial, onde ocorre uma introdução de tecnologias limpas.

d) B2 é o cenário que descreve o mundo no qual a ênfase está em soluções locais de sustentabilidade econômica, social e ambiental.

Dentro dos cenários supracitados existem ainda as variações de cenários GG e GS que são a emissão de gases sem aerossóis e com aerossóis respectivamente.

A confiança nos resultados dos modelos de clima tem vindo a crescer gradualmente, aumentando igualmente a confiança na representatividade dos cenários climáticos produzidos por estes modelos. No entanto, existem sempre incertezas associadas às simulações de modelos. Além disso, alguns processos, como as nuvens, são particularmente difíceis de representar. A somar a todas estas dificuldades, a resolução espacial dos modelos não é suficiente para que, quer a orografia e as linhas de costa, quer os próprios sistemas meteorológicos, sejam representadas com o detalhe necessário.

3.4 Relatório do IPCC - 2007

Recentemente, o IPCC divulgou em relatório intitulado “Mudança do Clima 2007: a Base das Ciências Físicas” (IPCC – DCC, 2003) contendo estudos sobre as mudanças climáticas. Este estudo baseia-se em avaliações anteriores do IPCC e incorpora novas descobertas dos últimos seis anos de pesquisa. Os avanços científicos feitos desde a publicação do último relatório baseiam-se em grandes quantidades de dados novos e mais abrangentes, análises mais sofisticadas dos dados, melhor compreensão dos processos e sua simulação em modelos, e uma análise mais ampla das faixas de incerteza. Em síntese, o relatório mostra os seguintes resultados:

- A concentração atmosférica global de dióxido de carbono aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 280 ppm para 379 ppm em 2005. A concentração atmosférica de dióxido de carbono em 2005 ultrapassa em muito a faixa natural dos últimos 650.000 anos (180 a 300 ppm), como determinado a partir de testemunhos de gelo. A taxa de aumento da concentração anual de dióxido de carbono foi mais elevada durante os

últimos 10 anos (média de 1995 a 2005: 1,9 ppm por ano) do que desde o início das medições atmosféricas diretas contínuas (média de 1960 a 2005: 1,4 ppm por ano), embora haja variações de um ano para o outro nas taxas de aumento.

- A concentração atmosférica global de metano aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 715 ppb para 1.732 ppb no início da década de 90, sendo de 1.774 ppb em 2005. A concentração atmosférica de metano em 2005 ultrapassa em muito a faixa natural dos últimos 650.000 anos (320 a 790 ppb), como determinado com base em testemunhos de gelo. As taxas de aumento diminuíram desde o início da década de 90, de forma condizente com o total de emissões (soma das fontes antrópicas e naturais), ficando aproximadamente constantes durante esse período. É muito provável que o aumento observado da concentração de metano se deva às atividades antrópicas, predominantemente a agricultura e o uso de combustíveis fósseis, mas as contribuições relativas de diferentes tipos de fontes não estão bem determinadas.

- A concentração atmosférica global de óxido nitroso aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 270 ppb para 319 ppb em 2005. A taxa de aumento foi aproximadamente constante desde 1980. Mais de um terço de todas as emissões de óxido nitroso é antrópica, devendo-se principalmente à agricultura.

- Onze dos últimos doze anos (1995 a 2006) estão entre os 12 anos mais quentes do registro instrumental da temperatura da superfície global (desde 1850). A tendência linear de aquecimento ao longo dos últimos 50 anos (0,13 [0,10 a 0,16]°C por década) é quase o dobro da dos últimos 100 anos. O aumento total de temperatura de 1850-1899 a 2001-2005 é de 0,76 [0,57 a 0,95]°C.

- Novas análises de medições feitas por balão e satélite da temperatura da baixa e média troposfera mostram taxas de aquecimento similares às do registro de temperatura da superfície, condizentes com as suas respectivas incertezas, harmonizando bastante uma discrepância observada no último relatório publicado pelo IPCC (IPCC, 2003).

- O teor médio de vapor d'água na atmosfera aumentou desde pelo menos a década de 80 sobre a Terra e o oceano, bem como na alta troposfera. O aumento é bastante coerente com a quantidade extra de vapor d'água que o ar mais quente consegue carregar.

- Observações desde 1961 mostram que a temperatura média global do oceano global aumentou em profundidades de até pelo menos 3.000 m e que o oceano tem absorvido mais de 80% do calor acrescentado ao sistema climático. Esse aquecimento faz com que a água do mar se expanda, o que contribui para a elevação do nível do mar. As geleiras de montanha e a cobertura de neve diminuíram, em média, nos dois hemisférios. Reduções generalizadas das geleiras e calotas de gelo contribuíram para a elevação do nível do mar (as calotas de gelo não abrangem as contribuições dos mantos de gelo da Groenlândia e da Antártica).

- A média global do nível do mar subiu a uma taxa média de 1,8 [1,3 a 2,3] mm por ano, no período de 1961 a 2003. A taxa foi mais acelerada ao longo do período de 1993 a 2003, cerca de 3,1 [2,4 a 3,8] mm por ano. Não está claro se a taxa mais acelerada para 1993-2003 reflete a variabilidade decadal ou um aumento da tendência de longo prazo. Existem evidências de que a taxa da elevação do nível do mar aumentou do século XIX para o século XX. Estima-se que a elevação total do século XX seja de 0,17 [0,12 a 0,22] m.

- Secas mais intensas e mais longas foram observadas sobre áreas mais amplas desde 1970, especialmente nos trópicos e subtropicais. O aumento do clima seco, juntamente com temperaturas mais elevadas e uma redução da precipitação, contribuíram para as mudanças na seca. As mudanças nas temperaturas da superfície do mar, nos padrões de vento e a redução da neve acumulada e da cobertura de neve também foram relacionadas com as secas.

- A frequência dos eventos de forte precipitação aumentou sobre a maior parte das áreas terrestres, de forma condizente com o aquecimento e os aumentos observados do vapor d'água atmosférico.

- Mudanças generalizadas nas temperaturas extremas foram observadas ao longo dos últimos 50 anos. Dias frios, noites frias e geadas se tornaram menos frequentes, enquanto que dias quentes, noites quentes e ondas de calor se tornaram mais frequentes.

• Desde o primeiro relatório do IPCC em 1990, as projeções avaliadas sugeriram aumentos da temperatura média global entre cerca de 0,15 e 0,3°C por década para 1990 a 2005. Essas projeções agora podem ser comparadas com os valores observados de cerca de 0,2°C por década, fortalecendo a certeza nas projeções de curto prazo. Os experimentos dos modelos mostram que mesmo se todos os agentes do forçamento radiativo se mantivessem constantes nos níveis do ano 2000, uma tendência de aquecimento adicional ocorreria nas próximas duas décadas a uma taxa de cerca de 0,1°C por década, em razão principalmente da lenta resposta dos oceanos.

3.5 O Relatório da Rede WWF

A Rede WWF (World Wildlife Fund) é uma das maiores organizações globais de conservação da natureza. Com quase cinco milhões de associados distribuídos em cinco continentes, seus escritórios desenvolvem milhares de projetos em todo o planeta (WWF, 2007). Esta rede elaborou, em 29 de maio de 2007, um relatório intitulado “Soluções Climáticas: A Visão do WWF para 2050.” (WWF, 2007), em que este aponta que a implementação de medidas de eficiência energética, ou seja, o uso racional de energia, ainda é tímida nos países do G8 + 5.

O G8 + 5 é o grupo dos países mais desenvolvidos e em desenvolvimento responsáveis por 85% das emissões de gases do efeito estufa. Fazem parte do G8: Canadá, França, Alemanha, Itália, Japão, Rússia, Reino Unido e Estados Unidos, tendo a União Européia como observadora. O G5 é composto por: Brasil, China, Índia, México e África do Sul. No grupo do G8 + 5 há um enorme potencial para aplicação de técnicas de eficiência energética em diversos setores, dentre eles, geração de energia elétrica, calefação e refrigeração, construção civil e transporte. O setor de energia, por exemplo, é um dos que mais emitem gases causadores do efeito estufa no mundo, responsável por aproximadamente 37%, ou mais de 700 toneladas por segundo.

Com esse novo relatório, a rede WWF mostra o potencial existente em cada um dos países do G8 + 5 e quais as políticas que podem ser adotadas para reduzir suas emissões de gases do efeito estufa. A utilização deste potencial é uma das saídas para combater o aquecimento global.

O documento mostra que os países que compõem o G8 + 5 têm um potencial ainda maior na área de eficiência energética e que as metas são técnica e economicamente possíveis para todos os países. O relatório estima que o potencial para o setor de transporte é de 25% a 50%, na área

de construção, de 30% a 45% e de energia de 4% a 45% até o ano de 2030, dependendo do país. O relatório revela ainda que todos os cinco países em desenvolvimento analisados têm políticas de eficiência energética, mas são tímidas e podem ser melhoradas.

As medidas recomendadas no relatório incluem padrões de eficiência, rótulos para eficiência energética, instrumentos de incentivos fiscais como subsídios ou isenções e a adoção de padrões mínimos para novas construções como, por exemplo, a necessidade de instalação de aquecedores solares de água, etc.

3.6 Alguns Trabalhos sobre Mudanças Climáticas, Recursos Hídricos e Agricultura

Na literatura pode-se encontrar alguns trabalhos relacionados as mudanças climáticas, recursos hídricos e agricultura:

Uvo e Marengo (1996) fizeram um estudo de séries temporais de precipitação e de vazões/cotas de rios em diversas regiões do Brasil, com o objetivo de observar a existência de variações sistemáticas nessas variáveis que indicariam mudanças climáticas. Segundo os pesquisadores, até período da análise, não foram observadas mudanças climáticas consistentes com os dados de rios analisados no Brasil e na América do Sul em geral.

Para Stakhiv (1998), efeitos hidrológicos referem-se às mudanças nos sistema hidrológico natural (ex: precipitação, evapotranspiração, infiltração, escoamento) que são causadas, por exemplo, pelo aquecimento global e estão associadas a alterações hidrometeorológicas. Já a utilização do termo “recurso hídrico” diz respeito ao controle, uso e distribuição do suprimento de água disponível para as atividades humanas e o seu gerenciamento depende da compreensão de como o sistema hidrológico funciona. Dessa forma, os impactos nos recursos hídricos decorrentes de mudanças climáticas não são uma simples extrapolação dos efeitos hidrológicos no sistema, mas sim, dizem respeito às alterações na disponibilidade de água para as necessidades da sociedade e suas conseqüências como, por exemplo, a redução da capacidade de abastecimento de água de uma represa devido a diminuição da precipitação.

Campos e Studart (2001) estudaram as variabilidades climáticas e tendências hidrológicas em climas semi-áridos no que se refere aos impactos das mudanças globais nas disponibilidades

hídricas do açude de Várzea Boi. Os resultados demonstraram que existe uma tendência de decréscimo tanto nas vazões regularizadas, quanto na eficiência do Açude Várzea do Boi.

Com o objetivo de subsidiar o planejamento regional e redirecionar as atividades humanas, Swart e Santos (2001) realizaram uma pesquisa em São Paulo, para período de 1955 a 1997, onde avaliaram o comportamento dos parâmetros térmicos e hídricos tentando identificar possíveis alterações nos parâmetros climáticos e suas implicações nos recursos hídricos. Os pesquisadores chegaram a conclusão que esta havendo um aumento na temperatura média anual nos setores do espaço paulista analisado e, como consequência, um aumento na deficiência hídrica que exigirá futuras adaptações nas políticas públicas de uso do solo e de ordenamento territorial.

Alcântara (2004) elaborou alguns cenários climáticos e discutiu como a descarga fluvial se comportava face a estes cenários. Como resultado o pesquisador obteve que possivelmente dentre os fatores estudados (temperatura e precipitação) o que mais influenciou na descarga fluvial foi a precipitação.

Albuquerque e Azevedo (2004) estudaram a influência que variações de temperatura e precipitação teriam na geração de escoamento superficial para a bacia do rio Capibaribe (Pernambuco).

Christensen et al. (2004) compararam alguns cenários de alterações climáticas com o comportamento hidrológico (série histórica) da bacia hidrográfica do rio Colorado nos Estados Unidos. Os resultados demonstraram que se a mudança climática prevista pelo IPCC ocorrer de fato, levará a uma situação em que a demanda total do sistema excederá a reserva de escoamento, levando o sistema como um todo a uma substancial degradação no seu desempenho.

Da mesma forma, Barnett et al. (2004) elaboraram uma metodologia para avaliar os efeitos das mudanças climáticas nos recursos hídricos do oeste americano. O principal objetivo do trabalho foi prover de dados e informações os responsáveis por lidar com as demandas conflitantes que as mudanças climáticas e o crescimento da população iriam acarretar nos recursos hídricos. O resultado da pesquisa apontou como principal efeito de uma mudança no clima, a redução no armazenamento total de água.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) apresentou em 27/02/07 os resultados de oito projetos preliminares de pesquisa sobre Mudanças Climáticas e seus Efeitos sobre a Biodiversidade Brasileira. No conjunto, os estudos analisaram o perfil evolutivo do clima no País

e desenharam possíveis cenários do clima nos próximos 99 anos (de 2010 a 2100). Os pesquisadores avaliaram ainda os efeitos da elevação do nível do mar na costa brasileira e identificaram indicadores para aferir com maior sensibilidade as mudanças climáticas: “As pesquisas indicam aumento da vazão entre 2 e 30% na Bacia do Rio Paraná. Na Amazônia, Pantanal e Nordeste, não foi verificada tendência de períodos maiores de secas ou de chuva. Não houve alterações importantes nas vazões dos rios da Amazônia e da Bacia do Rio São Francisco. Algumas vazões (Amazônia, Sul do Brasil, Norte do Nordeste) têm alta correlação com anomalias de temperatura de superfície do mar nos oceanos Pacífico e Atlântico Tropical. Isto sugere ser possível uma associação entre vazões extremas e o El Niño ou o aquecimento no Atlântico Norte Tropical, como foi o caso de 1998, quando houve reduções nas vazões em Manaus e em Óbidos e nos níveis baixos do Rio Solimões, durante a seca de 2005. No Sudeste da América do Sul, têm-se observado aumento na intensidade de episódios de dias com chuva intensa no período de 1961 a 1990. Alguns estudos mostram relação de extremos de chuva no Sudeste e Sul do Brasil à frequência/intensidade, com padrões de circulação como a Zona e Convergência do Atlântico Sul ou o Jato de Baixos Níveis da América do Sul. O estudo registrou tendência de maior ocorrência de noites quentes no Sudeste do Brasil, que vão de 5% na década de 1950 até quase 35% no início do Século 21. Por outro lado, a tendência de dias frios apresentou frequência de 25-30% na década de 1970, chegando até 5-10% em 2001-2002. Os dados mostram tendência de aumento de episódios de chuva intensa no Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. No Brasil, as tendências positivas de extremos de chuva aparecem mais intensamente nos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul. Verificou-se tendência de aumento no número de dias com chuva “intensa” e “muito intensa”. O destaque dos últimos anos, na categoria Eventos Extremos, foi o furacão Catarina, em março de 2004, possivelmente o primeiro furacão do Atlântico Sul. Não houve nada comparável nos últimos 50 anos e não há registros na história brasileira de fenômeno tão intenso na costa sul do Brasil. No Brasil, o aumento da temperatura média no ar pode chegar até 4°C acima da média climatológica em 2100, em relação à temperatura média aferida de 1961 a 1990. Na Amazônia, o aquecimento pode chegar, no cenário mais pessimista, a 8 °C. Já a temperatura média do ar no País, em 2100, pode aumentar a 28,9°C no cenário de altas emissões (pessimista) e até 26,3 °C no cenário de baixas emissões (otimista). Em relação à temperatura média aferida de 1961 a 1990 (de 25°C), aquela elevação representaria o aquecimento de 3,8°C para o cenário de altas emissões e 1,3 °C para o cenário de baixas emissões. A probabilidade de maior redução de chuva pode afetar a Amazônia e o Nordeste. No Sul, no Sudeste e no Centro-Oeste, permaneceriam estáveis nos níveis atuais, embora o volume da precipitação possa ser mais intenso. Já na região da bacia do Prata, as

projeções indicam possível aumento na quantidade de dias de chuva e no aumento da vazão dos rios até a segunda metade do Século 21. Existem incertezas nas tendências de variabilidade de extremos de clima no Brasil (exceto na região Sul), por causa da falta de informação confiável de longo prazo ou do acesso restrito a este tipo de informação para grandes regiões, como a Amazônia. As projeções de extremos para a segunda metade do século 21 mostram em geral aumentos nos extremos de temperatura, como noites mais quentes, ondas de calor, e nos indicadores de eventos extremos de chuva. As mudanças climáticas ameaçam intensificar as dificuldades de acesso à água. A combinação das alterações do clima, escassez de chuva associada a altas temperaturas e altas taxas de evaporação, pode levar a uma crise nos recursos hídricos. Os mais vulneráveis seriam os agricultores pobres de subsistência na área do semi-árido do Nordeste (polígono da seca), região semi-árida de 940 mil km² que abrange nove estados do Nordeste e enfrenta problema crônico de falta de água...”

Uma primeira tentativa de identificar o impacto das mudanças do clima na produção regional foi feita por Pinto et al. (1989 e 2001), onde simularam-se os efeitos das elevações das temperaturas e das chuvas no zoneamento do café para os Estados de São Paulo e Goiás. Observou-se uma drástica redução nas áreas com aptidão agroclimática, condenando a produção de café nestas regiões.

Streck e Albert (2006) simularam o impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. Os resultados mostraram que o aumento de temperatura diminuiu a FATS (fração percentual de água transpirável no solo pelas plantas) e esta diminuição é mais preocupante nas culturas de verão (soja e milho) do que na cultura do trigo.

3.7 Plano Nacional de Mudanças Climáticas

O Plano Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) é fruto do trabalho do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (formado por sete ministérios e pelo Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas. O plano também recebeu contribuição da Conferência Nacional do Meio Ambiente. Dentre os principais objetivos que integrarão o Plano Nacional de Mudança Climática têm-se:

- 1 . Fomentar aumentos de eficiência no desempenho dos setores produtivos na busca constante do alcance das melhores práticas;
2. Buscar manter elevada a participação de energia renovável na matriz;
3. Fomentar o aumento sustentável da participação de biocombustíveis na matriz de transportes nacional e, ainda, atuar com vistas à estruturação de um mercado internacional de biocombustíveis sustentáveis;
4. Buscar a redução sustentada das taxas de desmatamento, em sua média quadrienal, em todos os biomas brasileiros, até que se atinja o desmatamento ilegal zero.
- 5 .Eliminar a perda líquida da área de cobertura florestal no Brasil, até 2015.
6. Dobrar a área de florestas plantadas no Brasil de 5,5 milhões de ha para 11 milhões de ha em 2015, sendo 2 milhões de ha de espécie nativa e recuperação econômica e ambiental de 100 milhões de há de pastos degradados.
7. Procurar identificar os impactos ambientais decorrentes da mudança do clima e fomentar o desenvolvimento de pesquisas científicas para que se possa traçar uma estratégia que minimize os custos sócio-econômicos de adaptação do País.

Até o desenvolvimento deste texto, dezembro de 2008, o Plano encontrava-se ainda em consulta popular.

Capítulo 4

Descrição do Modelo

O modelo de otimização desenvolvido neste trabalho deu suporte à avaliação da influência de mudanças climáticas na operação ótima e integrada de reservatórios, com ênfase à maximização do lucro obtido com a agricultura irrigada e aplicado em uma região a qual contém um sistema de reservatórios que será descrito posteriormente. O modelo apresenta as seguintes características:

Algoritmo de otimização linear (SIMPLEX Duas Fases);

Objetivo: maximização dos lucros obtidos com a agricultura irrigada;

Solução ótima, obedecendo aos limites físicos e operacionais do sistema em estudo;

Possui um módulo para geração e/ou leitura e comparação de alguns parâmetros climáticos e hidrológicos alterados pelas mudanças climáticas (Azevedo et al, 2003).

O modelo busca maximizar os lucros obtidos com a agricultura irrigada, respeitando os limites físicos e políticos existentes como: o balanço hídrico nos reservatórios, nós (confluência entre os rios) e culturas, limites estruturais dos reservatórios, rios (links) etc. O modelo também permite que previsões de dados de temperatura e precipitação, alterados pelas mudanças climáticas sejam utilizadas, servindo como dados de entrada para avaliação da influência futura de mudanças climáticas na operação de reservatórios.

A linguagem utilizada para desenvolvimento do modelo computacional foi a Object Pascal, linguagem essa utilizada pelo DELPHI, que é um utilitário desenvolvido pela Borland Software Corporation (Leão, 2003) para desenvolvimento de aplicativos orientados a objetos e eventos.

4.1 O Algoritmo de Otimização

Para a obtenção da solução ótima da operação integrada dos reservatórios através do modelo desenvolvido, implementou-se o algoritmo de programação linear SIMPLEX Duas Fases, já que tanto a função objetivo como as restrições do modelo concebido neste trabalho são lineares.

A Programação Linear encontra a melhor solução para problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares, ou seja, problemas de otimização onde tanto a função a ser otimizada quanto as restrições são lineares. O problema de programação linear pode ser definido da seguinte forma:

Minimizar ou maximizar a função:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n; \quad (4.1)$$

Sujeita a:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1; \quad (4.2)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \geq b_2; \quad (4.3)$$

.

.

.

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m; \quad (4.4)$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0; \quad (4.5)$$

Onde:

Todos os a_{ij} , b_i , c_j , $1 \leq i \leq m$ e $1 \leq j \leq n$ são constantes reais;

z é a função objetivo a ser minimizada ou maximizada;

Os coeficientes c_1, c_2, \dots, c_n são chamados coeficientes de custos;

x_1, x_2, \dots, x_n são as variáveis, cujos valores ótimos devem ser encontrados;

As inequações são as restrições do problema e os a_{ij} e b_i são os coeficientes destas restrições.

Um conjunto de valores para as variáveis x_1, x_2, \dots, x_n que satisfaz todas as restrições é chamado solução factível.

O SIMPLEX Duas Fases é uma variação do método SIMPLEX.. Este método resolve problemas de otimização com restrições não só do tipo “ \geq ” (maior ou igual) como também “ \leq ” (menor ou igual) e “ $=$ ” (igual).

Vários problemas de otimização foram resolvidos utilizando o algoritmo desenvolvido nesta pesquisa e todas as soluções foram comparadas com as respostas fornecidas pelo programa LINDO (Prado, 1999) e pela ferramenta Solver do Excel. Ambos os softwares são utilizados para resolução de problemas envolvendo otimização e em todos os casos os resultados foram idênticos.

4.2 Interface do Modelo

Ao executar o modelo computacional, o usuário tem a possibilidade de abrir um projeto existente ou criar um novo projeto, sendo no último caso, possível inserir os anos, meses e dias iniciais e finais para o processo de otimização, tratando-se de um modelo de base mensal, que em alguns momentos utiliza-se de informações diárias.

Após ter sido definido o período de otimização, o usuário acessa a interface propriamente dita do modelo que é composta de várias ferramentas, entre elas, os ícones, que facilitarão a implementação do problema envolvendo operação de reservatórios. Estes ícones são utilizados para que se possa adicionar os diversos componentes de um sistema hídrico, como reservatórios, rios (links), confluências, áreas para cultivos, demandas etc. Após a inserção desses componentes, o usuário terá uma visão espacial do sistema, o que facilitará sua interpretação. Além desses, existem outros ícones que podem ser usados para mover e apagar os diversos elementos inseridos anteriormente no modelo, proporcionando uma melhor trabalhabilidade ao mesmo.

Junto a cada elemento do sistema hídrico criado pelo usuário (reservatório, nó, cultura, rios e demandas), são criadas automaticamente caixas de diálogo para inserção dos dados relativos a cada componente, que podem ser apresentadas quando o usuário clica com o botão direito do mouse sobre o elemento.

Os dados relativos aos reservatórios são as características estruturais do mesmo, como relações cota x área x volume, capacidades máximas e mínimas, cota do vertedor, lâmina máxima

sobre o vertedor, volume inicial para o primeiro mês do processo de otimização, outras retiradas de água (se existirem), bem como, os seus dados hidroclimáticos como, precipitação, evaporação, vazão afluente, entre outros.

Em relação aos rios (links), o usuário deverá fornecer suas vazões máximas e mínimas, perdas ao longo do corpo d'água, e se deles existe algum tipo de retirada de água em um determinado ponto.

Os dados referentes às áreas de cultivo dizem respeito às suas características hidroclimáticas (precipitação, evapotranspiração). Para cada área irrigada é possível inserir culturas com diferentes características e cada cultura pode ser plantada “n” vezes dentro do período de otimização desde que o tempo de plantio não extrapole este período. Cada cultura conterà suas características próprias como custo de produção por ha, preço de venda por kg do produto, limites máximo e mínimo das áreas a serem otimizadas pelo modelo de cada cultura, coeficiente de cultivo, tempo para cada estágio de desenvolvimento e período inicial para cultivo de cada cultura.

A qualquer momento, pode-se salvar esse projeto em arquivo. Foi utilizado como padrão a extensão “des”. Depois de implementado o problema e inseridos todos os dados referentes ao sistema hídrico estudado, basta clicar no ícone “otimizar” para obter a solução ótima do problema, ou seja, as vazões ótimas regularizadas pelos reservatórios juntamente com as áreas ótimas de cada cultura a plantar que geram a maximização do lucro obtido com as diversas culturas no problema. A solução só será encontrada se todas as restrições forem respeitadas.

4.2.1 Equações Utilizadas no Modelo

Por se tratar de um modelo que opera um sistema integrado de reservatórios de forma otimizada utilizando programação linear, tem-se então um modelo matemático composto de equações formado pela função objetivo e as restrições. O modelo tentará maximizar a função objetivo, que neste trabalho é representada pelo lucro obtido com agricultura irrigada pelo sistema hídrico estudado.

Função Objetivo

A função objetivo utilizada pelo modelo é a mesma desenvolvida por Curi e Curi (2001) em seu modelo de otimização e diz respeito à maximização da receita líquida obtida pela diferença entre o lucro obtido com a venda dos produtos cultivados e o custo para a obtenção desses produtos, sendo ambas funções das áreas cultivadas (variáveis de decisão). Quanto maior a área otimizada, maior será o lucro. A função objetivo é representada pela Equação 4.6.

$$\text{Maximização} \sum_{j=1}^{NArea} \sum_{i=1}^{NCult} [(Prod_{ij})(PrecVenda_{ij}) - (Custo_{ij})](AreaCult_{ij})$$

(4.6)

Onde:

$Prod_{ij}$: Produtividade da cultura i de uma área irrigada j (Kg/ha);

$PrecVenda_{ij}$: Preço de venda do produto cultivado na cultura i da área irrigada j (U.M./kg);

$AreaCult_{ij}$: Variável de decisão representada pela área de cada cultura i dentro de uma área irrigada j (ha);

$Custo_{ij}$: Custo para produzir a cultura i da área irrigada j (U.M./ha);

$NCult$: Número de culturas dentro de uma área irrigada j ;

$NArea$: Número de áreas irrigadas existentes no problema;

U.M: Unidade Monetária

Restrições:

As restrições existentes no modelo de otimização estão divididas em 3 tipos: “maior ou igual a”, “menor ou igual a” e “igual a”.

Restrições do tipo “maior ou igual a”:

No modelo foram utilizados as seguintes restrições do tipo “maior ou igual a”:

1) Volume final do reservatório “ n ” no mês “ k ” assume valor maior ou igual ao volume mínimo definida pelo usuário nesse reservatório;

$$Vf_{nk} \geq V \min_n \tag{4.7}$$

2) Volume final do reservatório “n” no mês “k” assume valor maior ou igual ao volume referente à cota da tomada d’água nesse reservatório;

$$Vf_{nk} \geq V(CotaTomad)_n \quad (4.8)$$

3) Vazão do link “q” no mês “k” assume valor maior ou igual a vazão mínima requerida para o link “q”;

$$Qlink_{qk} \geq Q \min_q \quad (4.9)$$

4) Área de cada cultura “i” assume valor maior ou igual a área mínima definida pelo usuário:

$$AreaCult_i \geq AreaCult \min_i \quad (4.10)$$

5) Vazão defluente de um reservatório para outro somado com o vertimento daquele no mês “k” deve ser maior que a vazão mínima no link “q” que os liga.

$$Qlink_{qrk} \geq Q \min_q \quad (4.11)$$

Restrições do tipo “menor ou igual a”:

No modelo foram utilizados as seguintes restrições do tipo “menor ou igual a”:

6) Volume final do reservatório “n” no mês “k” assume valor menor ou igual ao volume referente à cota da soleira do vertedor do reservatório “n”.

$$Vf_{nk} \leq V(CotaVert)_n \quad (4.12)$$

7) Vazão do link “q” no mês “k” assume valor menor ou igual à vazão máxima permitida para o link q;

$$Qlink_{qk} \leq Q \max_q \quad (4.13)$$

8) Área de cada cultura assume valor menor ou igual à área máxima de cada cultura definida pelo usuário;

$$AreaCult_i \leq AreaCult_{max_i} \quad (4.14)$$

9) Soma das áreas das culturas (1 até Ncult) assume valor menor ou igual à área máxima para cada área irrigada j;

$$\sum_{i=1}^{NCult} AreaCult_i \leq AreaCultMax_j \quad (4.15)$$

10) Vazão vertida pelo reservatório “n” no mês “k” tem que ser menor ou igual ao volume vertido máximo permitido pelo vertedor deste reservatório ;

$$V_{V_{nk}} \leq V_V \max \quad (4.16)$$

11) Vazão da tomada d’água do reservatório “n” no mês “k” assume valor menor ou igual a vazão máxima possível de ser aduzida por esta tomada d’água;

$$Q_{tomada_{nk}} \leq Q_{tomada \max} \quad (4.17)$$

12) Soma das vazões que saem do descarregador de fundo de cada reservatório deve ser menor que a vazão máxima deste carregador.

$$\sum Q \leq Q_{máx} \quad (4.18)$$

13) Vazão defluente de um reservatório “n” para outro somado com o vertimento daquele no mês “k” deve ser menor que a vazão máxima no link “q” que os une.

$$Q_{link_{qnk}} \leq Q_{\max_q} \quad (4.19)$$

Restrições do tipo “igual a”:

No modelo foram utilizados as seguintes restrições do tipo “igual a”:

14) Balanço hídrico nos nós;

$$\sum QlinkEntra_k = \sum QlinkSai_k \quad (4.20)$$

15) Balanço hídrico nos reservatórios;

$$V_{ink} + \sum VolReg - \sum VolAgri - \sum VolVert + \sum VolAflu - \sum VolDem + \sum VolPrec - \sum VolEvap \quad (4.21)$$

16) Vazão da tomada d’água do reservatório n no mês k assume valor igual a vazão requerida;

$$Qtomada_{nk} = Qrequerido \quad (4.22)$$

17) Balanço hídrico nas culturas;

$$Qlink - \sum \left[\frac{(Eto.Kc_{Cult})}{Ef} - Pef \right] (ÁreaCult) = 0 \quad (4.23)$$

No caso de Eto, Kccult e Pef, não cobrirem o período exato de 1 mês, é feita então a ponderação destes valores entre os meses envolvidos para serem empregados na Equação 4.23.

Onde:

Q = Vazão que sai do descarregador de fundo de um reservatório.

Vf_{nk} = Volume final do reservatório “n” no mês “k”;

V_{ink} = Volume inicial do reservatório “n” no mês “k”;

Vmin = Volume mínima definida pelo usuário no reservatório “n”;

V(CotaTomad)_n = Volume referente a cota da tomada d’água no reservatório “n”;

Qmin_q = Vazão mínima permitida para o link q;

Qmax_q = Vazão máxima permitida para o link q;

$AreaCult_i$ = Área de cada cultura;

$AreaCultmax_i$ = área máxima de cada cultura definida pelo usuário;

V_{Vnk} = Volume vertido pelo reservatório n no mês k;

$(CotaVert)_n$ = Cota do vertedor do reservatório n;

$V(CotaVert)_n$ = Volume referente a cota do vertedor .

$Qlink_{qk}$ = Vazão do link q no mês k;

$AreaCultmin_i$ = Área mínima de cada cultura definida pelo usuário;

V_{Vmax} = Volume vertido máximo pelo reservatório n no mês k;

$Qtomada_{nk}$ = Vazão da tomada d'água do reservatório n no mês k;

$Qtomadamax$ = Vazão máxima da tomada d'água do reservatório n;

$QlinkEntra_k$ = Vazões que entram por um determinado nó;

$QlinkSai_k$ = Vazões que saem por um determinado nó;

$Qlink_{qnk}$ = Vazão que sai de um reservatório para outro acrescido de certa porcentagem do vertimento;

$VolReg$ = Volume regularizado pelo reservatório n no mês k

$VolAgri$ = Volume que deriva para as culturas pelo reservatório n no mês k;

$VolVert$ = Volume vertido pelo reservatório n no mês k;

$VolAflu$ = Volume afluente ao reservatório n no mês k;

$VolDem$ = Volume que o reservatório demanda n no mês k;

$VolPrec$ = Volume precipitado no reservatório n no mês k;

$VolEvap$ = Volume evaporado pelo reservatório n no mês k;

Ef : Eficiência do sistema de irrigação;

Eto = Evapotranspiração potencial de referência;

Pef = Precipitação efetiva.

$Qrequirido$ = Vazão fornecida pela tomada d'água.

$Qlink$ = Vazões totais que vão para as culturas.

Para o cálculo da precipitação efetiva mensal (Pef) em mm/mês necessária na Equação 4.23, fez-se uso das Equações 4.24 e 4.25 (FAO, 1998), onde:

$$Pef = 0,8P - 25 \text{ se } P \geq 75 \text{ mm, ou} \quad (4.24)$$

$$Pef = 0,6P - 10 \text{ se } P \leq 75 \text{ mm} \quad (4.25)$$

Onde P é a precipitação total no mês, em mm.

Os dados fornecidos pelo modelo são os volumes mensais finais nos reservatórios, vazões mensais nas tomadas d'água dos reservatórios, vazões mensais nos links, áreas otimizadas para os cultivos, lucro com as culturas etc. Estes dados são fornecidos em tabelas e gráficos, pelo modelo, facilitando a sua interpretação.

4.2.2 Outras Considerações Sobre o Modelo

O modelo não apresenta restrições no limite do número de reservatórios, nós, culturas e demandas. Desta forma, pode-se implementar um problema de operação ótima e integrada de reservatórios com quantos componentes se queira. A limitação está apenas no desempenho computacional da máquina a qual se trabalha, o que não impõe maiores dificuldades, já que para a otimização do problema utiliza-se a Programação Linear, onde a solução ótima caso exista pode ser encontrada de forma bastante rápida sem muito “esforço computacional”.

Uma grande vantagem do modelo está no fato de tanto a função objetivo como as restrições serem descritas por equações lineares, e por isso, se o modelo conseguir encontrar uma solução factível para um sistema de reservatório, pode-se ter certeza que esta será a melhor solução em nível de maximização do lucro obtido com a agricultura irrigada, ou seja, será a solução ótima global para o sistema em estudo. O fluxograma do modelo pode ser visto na Figura 1.

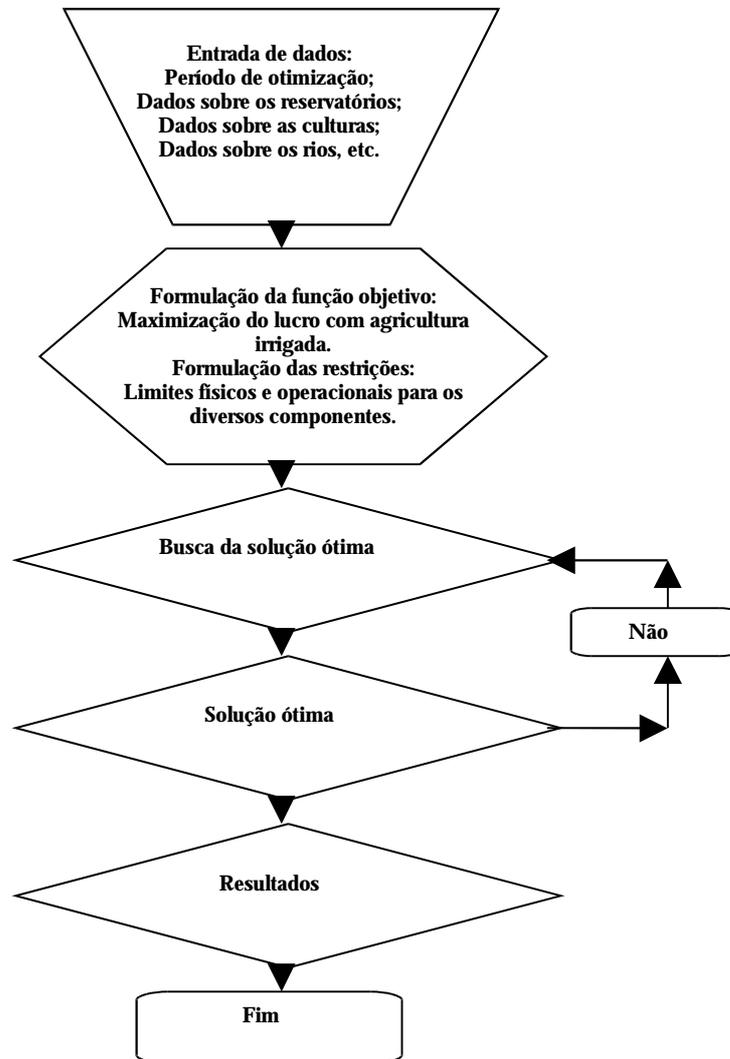


Figura 1: Fluxograma do modelo

Todos os dados de entrada ao modelo podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1: Dados de entrada ao modelo

Reservatório	Confluências	Rios	Culturas
Capacidade máxima (m ³)	Retiradas de água (m ³ /s)	Perdas	Número de culturas por área de cultivo
Capacidade mínima (m ³)		Vazão máxima (m ³ /s)	Área mínima para cada cultura (m ²)
Dados do vertedor		Vazão mínima (m ³ /s)	Área máxima para cada cultura (m ²)
Cota da tomada d'água (m ³)		% das vazões vertidas pelo reservatório que libera afluência a esse rio caso ela se origine em um reservatório	Ano/mês/dia do início do período de otimização para cada cultura
Equação cota (m) x área (m ²) x volume (m ³)			Custo por ha para implementação do cultivo (U.M./ha)
Precipitação sob o reservatório (mm)	Lucro por ha da respectiva cultura (U.M./kg)		
Afluência ao reservatório (m ³ /s)	Área máxima para cultura (m ²)		
Evaporação ao reservatório (mm)	Precipitação na cultura (mm)		
Volume inicial (m ³)	Capacidade máxima de adução para a área irrigada (m ³ /s)		
Retiradas de água (m ³ /s)	Vazão afluente (m ³ /s)		Evaporação na área irrigada (mm)
			Produtividade (kg/ha)
			Tipo de cultura

4.2.3 Módulos Acoplados ao Modelo

Dois módulos estão acoplados para auxiliar no uso do modelo, melhorando a análise do sistema hídrico em estudo. Um módulo para o cálculo de ajuste de curvas cota x área x volume e

um para leitura e comparação de alguns parâmetros climáticos e hidrológicos alterados pelas mudanças climáticas. A seguir será feita uma breve descrição deste último módulo.

4.2.3.1 Módulo para Leitura e Comparação das Previsões de Mudanças Climáticas

O Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) – Data Distribution Centre (DDC) foi estabelecido com a finalidade de facilitar a distribuição dos cenários de mudanças climáticas necessários para avaliações de impactos devido ao efeito estufa.

O principal objetivo do IPCC – DDC é disponibilizar, para pesquisadores interessados no assunto, um conjunto de cenários prováveis de mudanças climáticas para que os resultados obtidos das avaliações dos efeitos dessas possíveis alterações no clima possam ser comparados em diferentes partes do mundo.

Através do IPCC – DDC, pesquisadores interessados em avaliar os impactos das prováveis mudanças climáticas têm acesso a resultados de experimentos dos mais modernos modelos de circulação atmosférica. Esses modelos utilizaram em suas simulações dados históricos observados em diversos postos meteorológicos espalhados pelo nosso planeta, o que permite uma maior confiabilidade das previsões desses modelos.

No modelo desenvolvido por Azevedo et al (2003) pode-se extrair dados das simulações realizados por até 5 diferentes Modelos de Circulação Atmosférica: CCCMA, CSIROMK2, ECHAM4 e HadCM2 (IPCC – DDC, 2003) e do HadCM3 juntamente com suas variantes A1, A2, B1, B2.

Os modelos citados consideram como cenário-base para avaliação das prováveis mudanças climáticas o conjunto de trinta anos de dados históricos mensais para o período 1961-1990 obtido para todas as regiões do globo terrestre.

As mudanças climáticas previstas por estes modelos podem ser utilizadas na avaliação dos impactos dessas alterações nos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica.

4.2.3.2 Utilização do Modelo

O módulo para leitura e comparação de mudanças climáticas foi desenvolvido em Linguagem Delphi e é composto de telas auto-explicativas. Ele permite que sejam extraídos dados de qualquer ponto da malha utilizada nas simulações pelos modelos anteriormente citados. Esses dados podem ser apresentados na forma de arquivo de texto ou na forma de gráficos.

Quando selecionada a forma de arquivo de texto, os dados lidos são armazenados em um arquivo cujo nome indicará o modelo que realizou tal simulação, o cenário considerado e a posição do ponto na superfície terrestre, por exemplo: "HadCm3_a2_17,50S_45,00O.pou". A extensão do arquivo faz referência aos dados extraídos serem de precipitação (.pou) ou temperatura (.tou). Caso os dados sejam referentes ao período base, o arquivo de saída armazena o valor real das médias mensais de temperaturas diárias e os totais mensais precipitados. Se os dados forem de períodos simulados, são armazenadas as variações de temperatura médias mensais, em graus Celsius, e as variações em percentagem de precipitação média mensal, em mm/dia, todos comparados com o período base.

Quando selecionada a apresentação na forma de gráficos, ficam disponíveis, para dados de temperatura nos períodos simulados, a opção entre o valor real da temperatura média mensal em tal período simulado e a sua variação real em relação ao período base, todos os dados em graus Celsius. Já para a precipitação, fica disponível a opção entre a variação real e a variação percentual da precipitação média mensal, dados em mm/dia. Para o período base, os dados são disponibilizados na forma de valores reais.

O modelo computacional possibilita, em qualquer das duas opções descritas acima, a comparação entre períodos diferentes para simulações com um mesmo modelo e cenário, como também a comparação entre simulações de modelos diferentes, quando realizadas em um mesmo período e um mesmo cenário.

Numa etapa seguinte o modelo solicita o diretório em que se encontram as pastas com os dados dos modelos. Dentro dessas pastas, devem se encontrar os arquivos que contém os dados respectivos a cada modelo.

Caso seja selecionada a comparação entre períodos, a etapa seguinte do programa pede para que o usuário selecione o Modelo de Circulação Atmosférica cujos dados se pretende obter.

Caso seja selecionada a comparação entre modelos, o programa pede que o usuário selecione o período de simulação desejado.

Na próxima etapa espera-se que o usuário escolha qual tipo de dados deseja obter informações: se precipitação e/ou temperatura para dados apresentados em arquivos de texto ou precipitação, ou temperatura quando apresentados graficamente.

A seleção da latitude e longitude do ponto da malha desejado constitui a próxima etapa do modelo. Em seguida escolhe-se o cenário de emissão de gases A1, A2, B1 ou B2 obtendo-se os dados alterados pelas mudanças climáticas.

Capítulo 5

Cenários, Região e Dados Utilizados

5.1 Cenários Estudados

Pretende-se nesta pesquisa avaliar as influências que mudanças climáticas teriam sobre a operação ótima e integrada de reservatórios, conforme explicado anteriormente. Para isso, desenvolveu-se o modelo descrito no capítulo 4. Os dados de entrada ao modelo utilizados nesta tese foram divididos em dois tipos: dados históricos e dados alterados pelas mudanças climáticas.

Dessa forma, ao se obter os resultados da otimização utilizando dados de entrada alterados pelas mudanças climáticas, poder-se-á agora comparar esses com os resultados obtidos com o modelo quando do uso dos dados históricos. Assim, será possível quantificar os impactos que as mudanças climáticas teriam sobre a operação do sistema estudado.

Por simplificação, foi considerado neste estudo que as mudanças climáticas só afetarão os parâmetros hidrológicos e climáticos de temperatura, precipitação, vazão e evaporação. Todos os outros dados de entrada são iguais aos históricos.

Foi escolhida para estudo a região que compreende a parte alta da bacia hidrográfica do rio Capibaribe, no estado de Pernambuco, que será comentada mais adiante.

O escopo da presente pesquisa incorpora, para cada uma das sub-bacias, um total de 59 cenários: 1 cenário com dados históricos, 24 cenários sintéticos relativos às mudanças de variação de precipitação de -20%, -10%, 0%, 10% e 20% e temperatura de 0, 1, 2, 3 e 4°C em relação ao histórico, e 34 cenários com as mudanças de temperatura e precipitação que o módulo para previsão desses dados fornecidos pelo IPCC prevê que vai acontecer para a região em estudo. Ao todo serão 177 cenários.

A escolha do aumento de até 4°C de temperatura se aproxima do previsto pelos modelos globais de circulação atmosférica disponíveis no IPCC para elevação de temperatura até o ano de 2100 justificando a sua escolha.

O período de otimização é de 1 ano e os dados de entrada para todos os cenários como temperatura, precipitação, evaporação e vazão serão feitos com as médias mensais do ano de 1975 a 1988. A escolha desse intervalo (1975 a 1988) se deu ao fato de ser a série que contém os dados de evaporação para a região limitada a esse espaço temporal.

Neste trabalho, também será considerado que todos os reservatórios do sistema hídrico em estudo começarão o processo de otimização com 50% de suas capacidades máximas, evitando-se começar tal processo com valores perto de suas capacidades máximas ou mínimas.

5.2 A Região de Estudo

A região para aplicação do modelo será parte da área que foi utilizada em Albuquerque (2003). A escolha dessa região possibilitou, em função do trabalho feito pelo autor supracitado, tanto o aproveitamento de uma razoável quantidade de dados como a possibilidade futura de análise conjunta de resultados, podendo desta forma fornecer maior subsídio para melhor usar o modelo ora desenvolvido. Além disso, Albuquerque (2003) aplicou outros modelos de otimização a região, o ORNAP e o CISDERGO.

5.2.1.1 Localização Geográfica

A região está inserida na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, localizada na parte nordeste da Mesoregião Geográfica do Agreste do Estado de Pernambuco, localiza-se entre as latitudes 7°47' e 8°17' sul e longitude de 35° 56' e 36°42', a oeste de Greenwich. Limita-se ao norte pelo Estado da Paraíba, ao sul com a bacia hidrográfica do rio Ipojuca, a leste com a parte média da bacia do rio Capibaribe e a oeste com o Estado da Paraíba e a bacia hidrográfica do rio Ipojuca, conforme Anexo 5.1.

Tal área contém as três sub-bacias, as quais serão objeto de aplicação do modelo desenvolvido, sendo daqui em diante nesta tese, cada uma chamada de sub-bacia do seu respectivo reservatório, a saber: sub-bacia do reservatório **Poço Fundo**, sub-bacia do

reservatório **Oitis** e sub-bacia do reservatório **Machado**. As sub-bacias podem ser vistas também no Anexo 5.1.

5.2.1.2 Hidrografia Superficial

A área em estudo apresenta o Capibaribe como rio principal. Tal rio nasce nas encostas da serra do Jacarará, numa altitude de aproximadamente 1.130 metros no município de Jataúba - PE, a cerca de 200 km da cidade do Recife. O Capibaribe atravessa vários centros urbanos, onde serve de corpo receptor de resíduos industriais e domésticos. O Capibaribe em toda a sua extensão apresenta uma declividade média de 0,44%, tendo direção inicial sudoeste-nordeste até as proximidades de Santa Cruz do Capibaribe, quando seu curso toma direção geral oeste-leste, o seu curso continua, percorrendo uma extensão total de 270 km, até a foz na cidade do Recife.

O rio Capibaribe é barrado no município de Santa Cruz do Capibaribe para formar o reservatório de Poço Fundo, com capacidade máxima de 27,63 hm³.

O rio Laranjeiras, afluente do rio Capibaribe, no seu curso é barrado em dois locais para formar dois reservatórios. O primeiro, o reservatório de Oitis, com capacidade máxima de 3,02 hm³, e mais a jusante o reservatório Machado, com capacidade máxima de aproximadamente 3,00 hm³. O mapa com os rios da área em estudo pode ser vista no Anexo 5.1.

As áreas das bacias de contribuição de cada reservatório são as seguintes: Poço Fundo - 909,48 km²; Oitis - 77,50 km²; Machado - 177,94 km².

5.2.1.3 Características Climáticas e o Regime das Chuvas

A região em estudo é caracterizada por baixos índices pluviométricos anuais, oscilando entre 400 e 1.100 mm. O período chuvoso para esta região começa no mês de março e vai até julho concentrando nestes meses 60 a 70 % da precipitação total anual, sendo a precipitação média anual da ordem de 600 mm. Deve-se levar em consideração a existência de brejos nesta área, elevando a precipitação total anual em torno de 800 a 1.000 mm, como é o caso do Brejo da Madre de Deus e Taquaritinga do Norte.

Para a região em estudo, a lâmina anual média evaporada varia em torno de 1.850 mm, sendo de outubro a março os meses com maior taxa de evaporação, em média 210 mm mensais.

Conforme PERH (1998) a temperatura média anual é de 25,2 °C. As temperaturas mínimas ficam em torno de 20,4 °C e ocorrem no período de junho a agosto. A umidade relativa do ar oscila entre 49% e 81%. A direção predominante dos ventos é sudeste.

5.2.1.4 Descrição e Considerações Sobre o Uso dos Solos

Na área estudada ocorrem várias classes de solos: os Latossolos, Podzólicos, Planossolos Solódicos, Regossólos, Bruno não Cálcico e Solos Litólicos. Destacam-se como solos apropriados para a agricultura os Latossolos, que ocorrem nos municípios de Jataúba e Brejo da Madre de Deus, inseridos nas bacia estudada. Os demais, por serem pouco desenvolvidos, podem ser divididos em dois grupos: solos apropriados ao cultivo de pastagens (PL1, PL2, PL3, PL7, PL10, SS2, NC8, PE17, REe1, REe2, REe3, REe5), e solos não recomendados para uso econômico (PE1, PE9, PE11, PV3, Re5, Re9 e Re10). O Plano Estadual de Recursos Hídricos (1998) descreve com detalhes as características dos solos formadores das 3 sub-bacias. A seguir tem-se um resumo dos mesmos:

Solonetz Solodizado – são solos com horizonte B solonetzico, argila de aluvidade alta, pouquíssimos poros e mosqueado em profundidade.

Hidrologicamente estes são solos geradores de escoamento, face à baixa capacidade de retenção hídrica e devido à má drenagem do perfil, o que faz com que sejam susceptíveis a erosão, embora apresentem relevo plano a suave ondulado, o que minimiza a ocorrência deste fenômeno. Quimicamente, os solos citados apresentam elevada saturação de sódio trocável, o que favorece a cessão de sais aos escoamentos hídricos gerados.

Os Solonetz nas sub-bacias estudadas se apresentam com predomínio da vegetação natural de caatinga hiperxerófila e pouquíssimo aproveitamento com pastagens plantadas e palma forrageira, face à extrema deficiência hídrica a que se submetem todos os anos no período de estiagem. Oferecem uma baixa capacidade de suporte à pecuária extensiva e não são recomendados para agricultura face aos elevados riscos de perda de safras que se verificam nas condições edafoclimáticas da região.

Os Planossolos, Solonetz, Bruno não Cálculos, Vertissolos e Regossolos, todos pouco desenvolvidos, têm limitada capacidade de retenção hídrica e elevada capacidade de geração de escoamento superficial. Possuem relevos plano a ondulado, o que, como já mencionado anteriormente, minimiza os riscos de erosão e facilitam seu uso como áreas de pastagens. Face à elevada deficiência hídrica que assola esta área da bacia, a produção das pastagens se torna restrita a alguns meses do ano onde ocorrem chuvas. No período de estiagem, a oferta de pastos tende para a exaustão, reduzindo drasticamente a capacidade suporte.

Os demais solos representados pelos Podzólicos (PE1, PE9, PE10, PE11 e PV3) e os Solos Litólicos (Re5, Re9 e Re10) de relevo forte ondulado e montanhoso, têm baixa capacidade de retenção hídrica, favorecem elevado escoamento das chuvas caídas, e são susceptíveis a erosão. Tais limitações os tornam não indicados para cultivos econômicos devendo os mesmos serem mantidos com vegetação nativa, servindo apenas para geração de deflúvios.

5.2.1.5 Monitoramento Hidrometeorológico

5.2.1.5.1 Rede Pluviométrica

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco – PERH (1998), a região em estudo contém uma rede satisfatória de postos pluviométricos, com uns poucos datando registros desde o ano de 1911. Estão disponíveis dados diários e mensais no banco de dados da SUDENE e da Secretaria de Recursos do Estado de Pernambuco.

5.2.1.5.2 Rede Fluviométrica

Na área em estudo existem estações fluviométricas, apresentando apenas mais a jusante um posto fluviométrico, o de Toritama (código – 39130000), operado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, para o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, do Ministério de Minas e Energia. Em setembro de 1997 a CPRM divulgou relatório técnico contendo resultado de análises e estudos de consistência de dados fluviométricos diários da bacia do rio Capibaribe, bacia esta que engloba a região aqui estudada, e por consequência o posto fluviométrico de Toritama. Como dito anteriormente, o posto fluviométrico de Toritama não está inserido em nenhuma das 3 sub-bacias estudadas, mas, como adiante será visto, ele será

de grande importância para o cálculo das vazões afluentes aos 3 reservatórios existentes na área em estudo.

5.2.1.5.3 Rede de Estações Climatológicas

Não existem estações climatológicas inseridas na região em estudo. A mais próxima e tomada como representativa da região é a de Belo Jardim (código – 3867613). Por isso, ela foi escolhida para este estudo. Localiza-se no município de mesmo nome e é operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, do Ministério da Agricultura. Tais dados englobam um período de 1975 a 1988.

5.2.1.5.4 Rede de Monitoramento da Qualidade da Água

Rede operada pela CPRH

Para avaliação da qualidade das águas, a CPRH – Companhia Pernambucana de Meio Ambiente utiliza indicadores que, de certo modo, se relacionam aos aspectos estéticos, sanitários e econômicos, dando-se muita ênfase ao Índice de Qualidade de Água – IQA, que engloba em um só número uma série de parâmetros. O monitoramento feito pela CPRH objetiva, principalmente, o contínuo acompanhamento das condições dos cursos d'água, sendo sistemático para os rios litorâneos, para observar se os mesmos permanecem nas classes nas quais foram enquadrados.

Rede operada pela COMPESA

Conforme o PERH (1998), a COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento), como órgão mantenedor dos sistemas de abastecimento de água existentes na bacia em referência, não dispõe de rede adequada de monitoramento de qualidade dos cursos d'água da bacia, mas apenas dos reservatórios e captações por ela operados.

As informações são obtidas de um “monitoramento menos intensivo”, basicamente concentrado nos mananciais abastecedores dos sistemas de tratamento de água, que têm servido para avaliações iniciais ou mesmo conclusivas sobre as características físico-químicas e bacteriológicas da água bruta. Mesmo as análises sendo de boa qualidade, o monitoramento é

pouco satisfatório, mas garante que a água bruta, após tratamento, seja fornecida à população em conformidade com padrões de potabilidade.

5.3 Descrição do Sistema em Estudo e Dados Utilizados

5.3.1 Configuração do Sistema Estudado

A representação física do sistema estudado é mostrada no Anexo 5.2, nele está indicado o posicionamento de todos os componentes que o integram. Pode-se ver os três reservatórios objetos de estudo neste trabalho: Poço Fundo, Oitis e Machado. Também se destacam as diversas partes integrantes que são responsáveis pelas constantes mudanças hídricas do sistema, como temperatura, precipitação, evaporação, vazões regularizadas, as manchas de solos utilizadas para a agricultura, os pontos de confluência entre os rios, os próprios rios e as tomadas d'água que retiram água dos reservatórios para abastecimento.

No sistema em estudo, em cada reservatório, existem as entradas e saídas de água. As entradas são representadas pelas precipitações diretas no reservatório e vazões afluentes, enquanto que as saídas são representadas pelas vazões vertidas (caso o nível de água do reservatório ultrapasse seu nível máximo), pela vazão regularizada pelo reservatório, pelas evaporações, retiradas de água para irrigação, bem como retiradas diretas do reservatório para outras finalidades.

5.3.2 Dados Históricos Utilizados no Modelo

5.3.2.1 Precipitação

Precipitação nas Sub-Bacias

Os postos pluviométricos utilizados neste trabalho estão inseridos nas três sub-bacias estudadas. Foram escolhidos postos que representassem bem o regime pluviométrico da região, contabilizando um total de 6 postos. Os dados foram obtidos do trabalho “Dados Pluviométricos do Nordeste” (SUDENE, 1990).

Na Tabela 2 pode-se ver os postos escolhidos para cada sub-bacia para obtenção das precipitações mensais bem como o código de cada posto. No Anexo 5.3 estão as chuvas mensais

dos 6 postos presentes na tabela supracitada e no Anexo 5.4 as precipitações ponderadas para cada uma das sub-bacias obtidas através do método de Thiessen.

Tabela 2 : Postos pluviométricos utilizados nas 3 sub-bacias

Sub-bacias	Postos utilizados para obtenção das precipitações mensais.
Poço Fundo	Jataúba (3857905); Passagem do Tó (3866297); Muquem (3866281); Lagoa do Félix (3867352)
Machado	Brejo da Madre de Deus (3867324)
Oitis	Mandacaia (3867244)

Precipitação Direta nos Reservatórios

A precipitação direta, que juntamente com a afluência representam uma das entradas de água nos reservatórios, foi considerada igual à precipitação do posto pluviométrico mais próximo. Na Tabela 3 apresenta-se a escolha dos postos que representam as precipitações diretas nos três reservatórios da região em estudo.

Tabela 3: Postos escolhidos para representar a precipitação direta sobre os reservatórios

Reservatório	Posto	Código do Posto
Poço Fundo	Santa Cruz do Capibaribe	3857961
Oitis	Mandacaia	3867244
Machado	Santa Cruz do Capibaribe	3857961

5.3.2.2 Vazões Naturais no Sistema Hídrico em Estudo

Como dito anteriormente, no sistema hídrico em estudo não existem estações fluviométricas nos exutórios das 3 sub-bacias para quantificar as vazões afluentes aos três reservatórios, apenas uma única estação fluviométrica com área de contribuição de 2.407,00 km², que engloba as 3 sub-bacias e é localizada mais a jusante destas e fora da área das três sub-bacias, conforme mostrado na Figura 2. Esta estação é a de Toritama (código - 39130000) cujas coordenadas são 8° 00' de latitude sul e longitude 36° 03' a oeste de Greenwich.

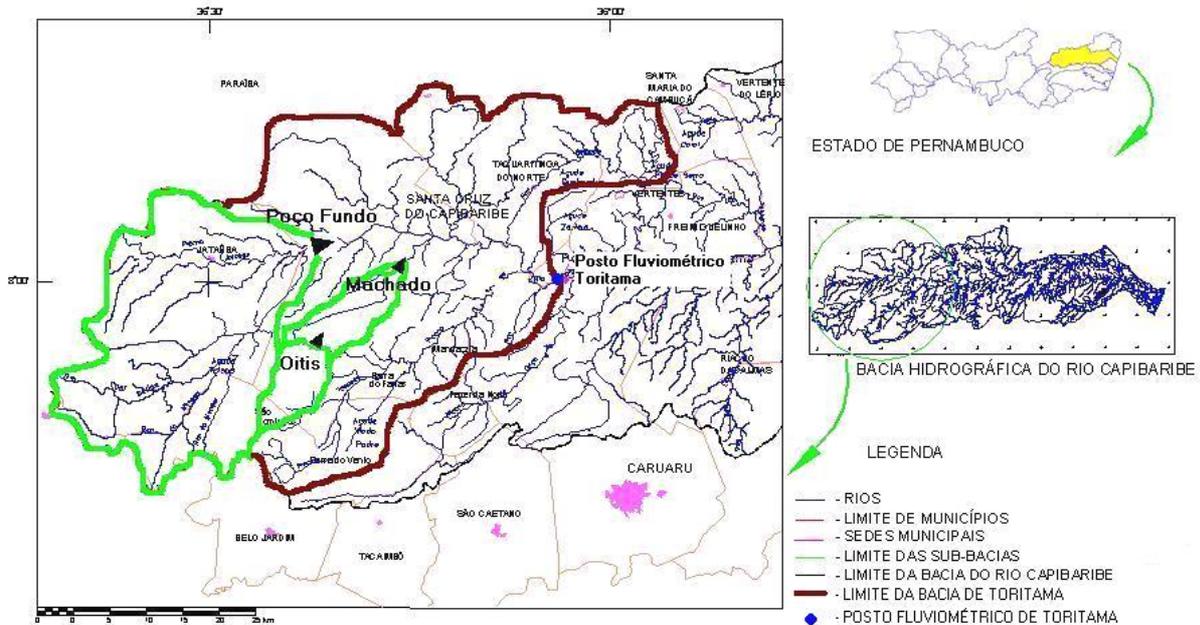


Figura 2: Localização das três sub-bacias estudadas e do posto fluviométrico de Toritama

Pelo fato de não existirem estações fluviométricas nas três sub-bacias utilizou-se para a geração das vazões afluentes mensais aos reservatórios o modelo chuva-vazão GRH.

A metodologia para o cálculo das vazões geradas por meio do modelo chuva-vazão foi a seguinte: calibrou-se os parâmetros do modelo chuva-vazão utilizando-se dados de precipitação, evaporação e vazão mensais médias observadas para a bacia de contribuição do posto de Toritama para o período de 1980 a 1984. Em seguida validou-se para o período de 1985 a 1988.

As curvas de calibração e validação podem ser vistas na Figura 3 e Figura 4.

Figura 3: Calibração para o posto fluviométrico de Toritama, Coef. determinação = 0,94

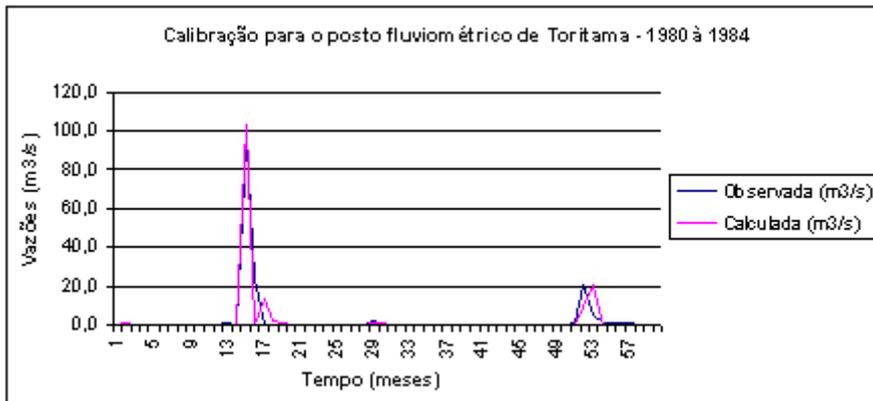
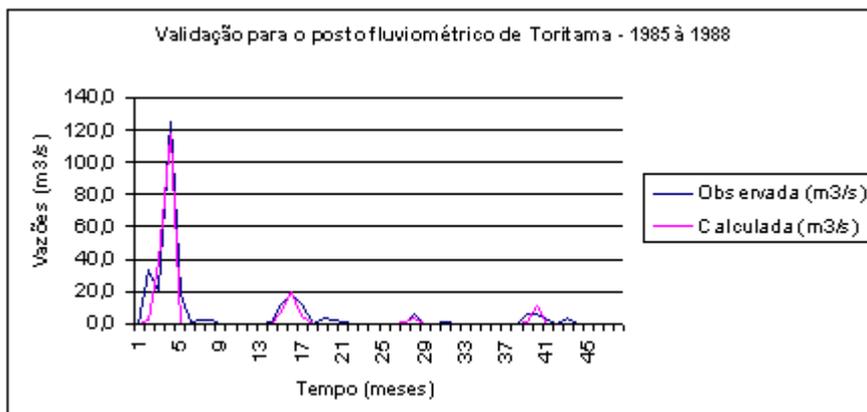


Figura 4: Validação para o posto fluviométrico de Toritama, Coef. Determinação = 0,95



Na Figura 5 pode-se ver os parâmetros calibrados para a bacia de Toritama através do modelo GRH.

Chuva-Vazão Mensal

Arquivos
 Geral C:\hd\aldo\valdo\tese\tese_escrita_1 Plu C:\teste\subToritama_80_84.i Eva C:\teste\subToritama_80_84
 Flu C:\teste\subToritama_80_84.i Res C:\teste\subToritama_80_84
 Salvar SMP em banco Identificação

Parâmetros Calibráveis do Modelo << Atualizar Todos
 Valores Mínimo Máximo Obtidos pelo SMAP

<input checked="" type="radio"/> Calibrar <input type="radio"/> Não Calibrar	Cte. de Deplec. do Res. Sub. (fração)	0,2	0,0001	0,99999	< 0
<input checked="" type="radio"/> Calibrar <input type="radio"/> Não Calibrar	Coef. de Rec. do Res. Sub. (fração)	2	0	2	< 0
<input checked="" type="radio"/> Calibrar <input type="radio"/> Não Calibrar	Interceptação da Precipitação (mm)	90	0	100	< 0
<input checked="" type="radio"/> Calibrar <input type="radio"/> Não Calibrar	Abstração Potencial do Solo (mm)	9,5	0	200	< 0
<input checked="" type="radio"/> Calibrar <input type="radio"/> Não Calibrar	Coef. 1 do Esc. Superficial	0,898007	0,5	1	< 0
<input type="radio"/> Calibrar <input checked="" type="radio"/> Não Calibrar	Coef. 2 do Esc. Superficial	3,003021E-1	-0,005	0,005	< 0
<input checked="" type="radio"/> Calibrar <input type="radio"/> Não Calibrar	Coef. 4 do Esc. Superficial	1,508622E-1	0	1	< 0
<input checked="" type="radio"/> Calibrar <input type="radio"/> Não Calibrar	Coef. de Rec. do Solo	5,083111	0	4	< 0
<input checked="" type="radio"/> Calibrar <input type="radio"/> Não Calibrar	Coef. de Correção de Escala	2	4	4	< 0
<input checked="" type="radio"/> Calibrar <input type="radio"/> Não Calibrar	Água Absorvida pelo Solo (%)	50	0	100	< 0

Parâmetros Não Calibráveis

Umidade Inicial do Solo (fração)	0,5
Escoam de Base Inicial (M³/s)	0
Coef. Correção da Evapor.	0,8
Área da Bacia (km²)	2407

Parâmetros Evaporimétricos

Coef EVAP A	0	Coef EVAP G	0
Coef EVAP B	0	PLIM	0
Coef EVAP C	0	EXP 1	0
Coef EVAP D	0	EXP 2	0
Coef EVAP E	0	FRSUP 1	0
Coef EVAP F	0	FRSUP 2	0

Valores obtidos pelo modelo GRH mensal

Erro Médio (%)	0	Soma das vaz. medidas	0
Coef. Det.	0	Soma das vaz. geradas	0
Lâmina média anual escoada		0	

Período
 Início Fim
 Mês 1 12
 Ano 1980 1984

Calibração
 Automática
 Manual
 Geração (Simulação)

Erro Médio
 Quadrático
 Absoluto

Otimização
 Estratégia de Otimização 0
 Otimizador 3
 Busca Unidimensional 4

Impressão
 Código 1000

Relatório Parcial? Sim Não

Modelo
 Executar
 Gráfico
 Apresentar Resultados

Tipo de Evap.
 Dados
 Parâmetros

Figura 5: Parâmetros calibrados para a bacia de Toritama com o modelo chuva-vazão GRH (Cirilo et al, 1997).

Como mencionado anteriormente as precipitações utilizadas para a calibração e validação dos parâmetros do modelo GRH foram obtidas através do método de Thiessen abrangendo o período de 1980 a 1988. Os dados de evaporação da estação climatológica de Belo Jardim abrangem o mesmo período.

Os postos utilizados para obtenção da precipitação média da área de contribuição do posto fluviométrico de Toritama são listados na Tabela 4:

Tabela 4: Relação dos postos usados para obtenção da precipitação média.

Nome do Posto	Código
Jataúba	3857905
Passagem do Tó	3866297
Muquem	3866281
Lagoa do Félix	3867352
Mandacaia	3867244
Brejo da Madre de Deus	3867324
Santa Cruz do Capibaribe	3857961
Serra do vento	3867429
Taquaritinga do Norte	3857891

Os dados de pluviometria média mensal para os 6 primeiros foram mostrados no Anexo 5.3 enquanto que para os 3 últimos postos são mostrados no Anexo 5.5.

Os dados da precipitação média sobre a bacia de contribuição de Toritama, juntamente com os dados de vazões e evaporações mensais utilizados para calibração e validação dos parâmetros podem ser observados no Anexo 5.6.

A área de contribuição até o posto de Toritama, que engloba as 3 sub-bacias em estudo, é razoavelmente homogênea do ponto de vista físico. Assim, os parâmetros resultantes da calibração foram generalizados para todas as simulações, naturalmente com os dados de precipitação e evaporação (abrangendo o período de 1975 a 1988) correspondentes a cada sub-bacia para das geração as vazões sintéticas mensais. As vazões médias mensais de 1975 a 1988 são apresentadas no Anexo 5.7.

5.3.2.3 Dados Referentes aos Reservatórios

A seguir são mostrados os dados referentes aos três reservatórios da região em estudo: relações cota x área x volume, dados intrínsecos dos vertedores, como coeficiente de descarga, largura, cota da soleira, dados da descarga de fundo para cada reservatório, volumes máximos e mínimos de armazenamentos, etc.

Relações cota x área x volume

Para alimentar o modelo, faz-se necessário determinar uma função que relacione cota, área e volume para cada reservatório. A partir de tabela com os dados correspondentes, o módulo citado em 4.2.3 ajusta a função mais adequada, a partir da escolha do usuário.

As Tabela 5 a 7 apresentam os dados das relações entre cota x área x volume para os 3 reservatórios.

Tabela 5: Relação cota x área x volume para o reservatório de Poço Fundo.

Cota (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
460	70.000	50.000
462	210.000	270.000
464	460.000	910.000
465	680.000	1.480.000
466	1.000.000	2.280.000
467	1.500.000	3.520.000
468	2.370.000	5.440.000
469	3.450.000	8.340.000
470	4.580.000	12.360.000
471	5.800.000	17.560.000
472	7.000.000	23.940.000
473	8.280.000	31.560.000
474	9.670.000	40.510.000
475	11.000.000	50.830.000
476	12.280.000	62.470.000
477	13.530.000	75.370.010
478	14.760.000	89.510.010
479	16.100.000	104.930.000

Tabela 6: Relação cota x área x volume para o reservatório de Machado.

Cota (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
456	83.600	109.723
456	83.600	109.723
458	166.400	365.163
460	379.600	925.563
462	615.560	1.916.743
466	1.190.040	5.534.463
468	1.391.240	8.091.543
470	1.635.800	11.131.023
472	1.874.360	14.637.363

Tabela 7: Relação cota x área x volume para o reservatório de Oitis.

Cota (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
84	0	0
85	2.208	1.104
86	2.208	6.497
87	10.725	11.890
88	26.320	26.044
89	51.072	64.740
90	85.158	132.855
91	109.535	230.201
92	142.656	356.296
93	175.203	515.225
94	214.655	710.154
95	248.544	941.753
96	278.880	1.205.465
97	315.078	1.502.444
98	340.704	1.830.335
99	370.800	2.188.087
100	417.504	2.580.239
101	462.336	3.020.159
102	505.056	3.503.855
103	546.048	4.029.407
104	594.336	4.599.599
105	644.928	5.219.231

Volumes Máximos e Mínimos nos Reservatórios.

De acordo com dados do PERH (1998), têm-se os seguintes dados operativos:

Volumes mínimos operacionais:

Reservatório Poço Fundo – 3.084.000 m³ ;

Reservatório Oitis – 85.1745 m³ ;

Reservatório Machado – 84.0664 m³.

Volumes máximos operacionais:

Reservatório Poço Fundo – 27.630.000 m³ ;

Reservatório Oitis – 3.020.159 m³ ;

Reservatório Machado – 3.000.000m³.

Descarregador e Vertedouros.

O cálculo das vazões máximas mensais liberadas a jusante de cada reservatório através do descarregador de fundo é determinado no modelo pela Equação 5.1 (Quintela, 1981).

$$Q_{ft} = C_f * A_f * (2g * (H_{rt} - H_f))^{0,5} \quad (5.1)$$

Onde:

Q_{ft} - vazão aduzida pelo descarregador do reservatório no mês t;

C_f - coeficiente de vazão do descarregador do :

Reservatório Poço Fundo - 0,82;

Reservatório Oitis - 0,82;

Reservatório Machado - 0,82;

A_f - área da seção transversal do descarregador do:

Reservatório Poço Fundo - 0,283 m² ;

Reservatório Oitis - 0,06 m² ;

Reservatório Machado - 0,071 m²;

H_{rt} - cota do nível d'água do reservatório no mês t;

H_f - cota do descarregador de fundo;

5.3.2.4 Vazão-Residual (Vazão potencial)

Neste estudo denomina-se vazão-residual aquela que os reservatórios poderiam fornecer depois de atingido a área máxima de cultivo para cada reservatório e satisfazendo a todas as restrições do problema.

5.3.2.5 Demanda para abastecimento Urbano

Segundo PERH (1998), existe a necessidade de uma vazão de 0,06 e 0,085 m³/s para a cidade de Santa Cruz do Capibaribe que saem respectivamente dos reservatórios de Poço Fundo e Machado para abastecimento urbano.

5.3.2.6 Irrigação

Conforme Levantamento Exploratório (1973) os três reservatórios existentes na área em estudo apresentam manchas de solos potencialmente irrigáveis próximas a eles:

O reservatório de Machado encontra-se envolto por terras aptas para agricultura do tipo Planossol Solódico com horizonte A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochas caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado. Algumas áreas são cultivadas com milho, algodão, palma, forrageira e feijão.

Os reservatórios de Poço Fundo e Oitis estão envoltos no geral por solos do tipo Regossolo Eutrófico e Planossol solódico, podendo-se cultivar entre outras culturas, mandioca, milho, feijão, tomate, etc.

Aptidão Agrícola da Região em Estudo

Os principais produtos agrícolas explorados na região são o milho, feijão, palma forrageira, cana-de-açúcar, mandioca, tomate, melancia, goiaba e algodão (Albuquerque, 2003). Em áreas com maior precipitação, como o caso dos brejos inseridos na região, plantam-se ainda culturas de manga, laranja e banana.

Diante da tradição agrícola local, possibilidades de cultivos nas manchas de solo desta região e maiores possibilidades econômicas, foram selecionadas como hipótese para o trabalho a implantação de cinco culturas para plantio na região, a saber: tomate (*Lycopersicon esculentum*), melancia (*Citrullus Vulgares*), feijão (*Phaseolus Vulgaris*), milho (*Zea Mays*), e algodão (*Gossypium Hirsutum*). As áreas máximas possíveis para os plantios dessas culturas em cada sub-bacia foram estimadas como sendo: Poço Fundo, 350 ha ; Machado, 1000 ha ; Oitis, 500 ha.

Demanda de Água para Irrigação

A demanda hídrica para as culturas é calculada de acordo com equação 4.23 do Capítulo 4, levando-se em consideração o balanço hídrico do solo.

Os valores adotados para a evapotranspiração de referência Eto, em mm/mês, para as áreas de cultivos foram estimados para os anos de 1975 a 1988 e estão presentes no Anexo 5.6. A estação evaporimétrica escolhida foi a de Belo Jardim, por representar melhor as condições de evaporação da área em estudo, que está localizada no município de mesmo nome.

Para a estimativa da precipitação efetiva sobre as culturas, que é aquela precipitação que realmente a planta assimila nas suas funções orgânicas, definiu-se que a precipitação utilizada seria a do posto pluviométrico mais próximo a cada um dos cultivos. Como as manchas de solos se encontram nas proximidades dos reservatórios, foram considerados os dados dos mesmos postos da Tabela 3.

O plano cultural adotado foi o mesmo proposto por Albuquerque (2003) e é indicado na Tabela 8.

Tabela 8: Plano cultural.

Culturas	Meses do ano											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Algodão	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
Feijão	x	x		x	x		x	x		x	x	
Melancia	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
Milho	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Tomate	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		

Dados de Entrada para o Modelo Referentes às Manchas de Solos Usadas para Agricultura.

A seguir são apresentados os dados relativo às culturas inseridas nos perímetros irrigados. Foi considerado que em cada mancha de solo (área irrigada) será desenvolvido o plantio de 5 culturas diferentes, sendo variáveis apenas as áreas mínimas e máximas para cada cultura dentro de cada mancha de solo. Nas Tabelas 9 a 11 estão alguns dos dados de entrada do modelo. Esses dados são relativos às culturas, dados referentes a produtividade, preço de venda, custo de produção etc.

Tabela 9: Produtividade das culturas (kg/ha).

Cultura	Produtividade
Tomate	50.000
Melancia	25.000
Feijão	1.800
Milho	8.000
Algodão	3.000

Fonte: Albuquerque (2003)

Tabela 10: Preço médio de venda das culturas (U.M./kg).

Cultura	Preço médio de venda (U.M. / kg)
---------	----------------------------------

Tomate	0,65
Melancia	0,16
Feijão	0,86
Milho	0,25
Algodão	0,78

Fonte: Companhia de Abastecimento e de Armazéns Gerais do Estado de Pernambuco-
CEAGESPE , 07/07/2006

Tabela 11: Custo médio de produção das culturas (U.M./ha).

Cultura	Custo de produção (U.M.* /ha/ano)
Tomate	3.744
Melancia	1.055
Feijão	656
Milho	596
Algodão entressafra	982

Fonte: Albuquerque (2003)

* U.M. representa Unidade Monetária

5.3.3 Variáveis Utilizadas no Modelo Afetadas Pelas Mudanças Climáticas

Os cenários relativos às mudanças climáticas com alteração de precipitação e temperatura utilizados nesta pesquisa são ao todo 24. Foram adotadas variações de precipitação em relação ao histórico de -20%, -10%, 0, 10%, 20% e incrementos de temperatura no valor de 0, 1, 2, 3 e 4°C, ou seja, ter-se-ão cenários denominados $C_{p,t}$ onde p é o incremento ou decréscimo de precipitação em relação ao histórico e t o incremento de temperatura. Cada um desses cenários serve como “input” para a geração de vazões (através do Modelo Chuva-vazão GRH) para servirem como dados de entrada ao modelo. Por simplificação, nos cenários descritos considerou-se que não existiram variações sazonais.

5.3.3.1 Precipitação

Precipitação nas sub-bacias

As precipitações nas sub-bacias são as mesmas do Anexo 5.4, só que com decréscimos de -20%, e -10% e acréscimos de 10% e 20%, além da própria série histórica.

Precipitação Direta nos Reservatórios

São as mesmas dos postos inseridos na Tabela 3 só que com decréscimos de 20% 10% e acréscimos de 10% e 20%, além da própria série histórica.

5.3.3.2 Análise do Impacto sobre as Vazões Decorrentes de Mudanças Climáticas

A metodologia para geração das novas vazões alteradas pelas mudanças climáticas (variações de temperatura e precipitações) é descrita a seguir:

Cenários Utilizados

As novas vazões mensais geradas " $Q_{t,p}$ " para as 3 sub-bacias foram influenciadas simultaneamente por variações de temperaturas e precipitações, onde t assume valores incrementais de temperatura em relação ao histórico de 0, 1, 2, 3 e 4°C e p assume valores de -20, -10, 0, 10, 20% de incrementos e decrementos em relação a série histórica de precipitação, ou seja, foram gerados 25 cenários para cada sub-bacia, ou seja, 75 cenários para as 3 sub-bacias, de acordo com a Tabela 12 seguinte:

Tabela 12: Cenários utilizados para o cálculo das novas vazões influenciadas por mudanças de temperatura e precipitação.

		Variações de precipitações				
		-20%	-10%	0%	10%	20%
Variações de temperaturas	0 (°)	$Q_{0, -20}$	$Q_{0, -10}$	-	$Q_{0, 10}$	$Q_{0, 20}$
	1 (°)	$Q_{1, -20}$	$Q_{1, -10}$	$Q_{1,0}$	$Q_{1, 10}$	$Q_{1, 20}$
	2 (°)	$Q_{2, -20}$	$Q_{2, -10}$	$Q_{2,0}$	$Q_{2, 10}$	$Q_{2, 20}$
	3 (°)	$Q_{3, -20}$	$Q_{3, -10}$	$Q_{3,0}$	$Q_{3, 10}$	$Q_{3, 20}$
	4 (°)	$Q_{4, -20}$	$Q_{4, -10}$	$Q_{4,0}$	$Q_{4, 10}$	$Q_{4, 20}$

Geração das Novas Vazões “ $Q_{t,p}$ ”

Para geração das novas vazões influenciadas pelas alterações de precipitações e temperatura utilizou-se novamente o modelo chuva-vazão GRH. Foram considerados os mesmos parâmetros calibrados para geração das vazões sintéticas das 3 sub-bacias (Poço Fundo, Machado, Oitis) e os dados de precipitações e temperatura alterados de acordo com a Tabela 12.

Esses dados de precipitação para cada sub-bacia (Anexo 5.4) foram alterados com incrementos e decrementos anteriormente mencionados. A influência da temperatura foi mensurada sobre os dados de evaporação. Os dados de temperatura mensais utilizados abrangem o período de 1975 à 1988 e podem ser vistos no Anexo 5.8.

Para quantificar a influência da temperatura na evaporação utilizou-se a Tabela 13. Esta tabela foi obtida do estudo de Azevedo (1999) para quantificar que incremento de evaporação seria esperado devido a um determinado acréscimo de temperatura para a região do rio São Francisco. Por simplificação e por falta de dados históricos para a região de estudo foram adotadas as mesmas taxas calculadas para o rio São Francisco neste trabalho. No Anexo 5.9 apresentam-se os dados de evaporação alterados para as três sub-bacias.

Tabela 13- Incremento (%) de evaporação em relação ao histórico determinado em função do incremento de temperatura

Incremento de evaporação X Incremento de temperatura

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	3	4	4	4	5	5	6	5	4	4	4	4
2	7	8	7	8	9	10	11	10	9	8	7	8
3	10	11	11	12	14	15	16	14	13	12	11	12
4	14	15	14	15	19	20	22	19	17	15	14	15

Fonte: Azevedo (1999).

No Anexo 5.10 pode-se ver as vazões mensais médias para os cenários da Tabela 11 geradas com as médias dos anos de 1975 a 1988 para as 3 sub-bacias.

5.3.3.3 Dados Referentes ao Reservatório e Irrigação

Os dados referentes aos reservatórios e perímetros de irrigação são os mesmos do período histórico com exceção da precipitação efetiva e evaporação. No caso da precipitação efetiva acrescenta-se para a precipitação ocorrida os incrementos e decrementos anteriormente citados nas equações 4.24 e 4.25. Para os de evaporação, têm-se que esta é função da temperatura que terá incrementos variando de 1 até 4 °C.

5.3.4 Dados Obtidos com os Modelos de Previsão de Mudanças Climáticas

Através do modelo desenvolvido por Azevedo et al (2003) foram obtidas previsões de precipitação e temperatura para os Modelos ECHAM4, HadCM2, CSIRO MK2, CCMA, HadCM3 e suas variantes conforme Figura 18.

Da mesma forma que para a análise de sensibilidade os dados de precipitação e temperatura fornecidos pelos 5 modelos de previsões climáticas serão utilizados como dados de entrada ao modelo aqui desenvolvido formando os diversos cenários.

Capítulo 6

Resultados e Discussões

Neste capítulo são analisados e discutidos os resultados obtidos com a aplicação do modelo de otimização para a região em estudo para os vários cenários, tanto para a análise de sensibilidade onde os cenários sintéticos foram formulados por variações de precipitação e temperatura como para os cenários formados por previsões dos modelos de mudanças climáticas de Modelos Globais de Circulação Atmosférica disponibilizados pelo IPCC.

6.1 Cenários Formados com Dados da Análise de Sensibilidade

Foram ao todo 25 cenários onde foi aplicado o modelo de otimização para operação de reservatórios: um formado com dados de entrada históricos e outros 24 cenários alimentados com dados de entrada alterados pelas variações de temperatura e precipitação conforme Tabela 12.

Para a geração das vazões relativas aos cenários que compõem esta análise de sensibilidade (Tabela 12) utilizaram-se os dados de precipitação e evaporação médias mensais e as alteradas com os incrementos e decrementos em relação ao histórico para as 3 sub-bacias dos reservatórios estudados.

No Anexo 5.10 são apresentadas as vazões médias mensais geradas com o modelo chuva-vazão GRH para as 3 sub-bacias utilizando os cenários supracitados.

Na Tabela 14 pode-se ver os volumes médios anuais gerados com o modelo chuva vazão para as 3 sub-bacias estudadas para cada um dos cenários utilizados.

Tabela 14 – Volumes médios totais anuais gerados com o modelo chuva-vazão para as 3 sub-bacias estudadas para cada um dos cenários utilizados.

Sub-bacia:	Oitis		vol hist (m³) =	8.145.545	
temp\preci	-20%	-10%	0%	10%	20%
0 (°)	2.664.391	5.159.006	8.145.545	11.057.657	14.279.698
1 (°)	2.495.726	4.800.384	7.774.519	10.706.811	13.886.825
2 (°)	2.365.755	4.513.968	7.417.749	10.369.666	13.541.904
3 (°)	2.232.082	4.228.107	7.060.053	10.047.888	13.164.583
4 (°)	2.108.962	3.951.134	6.744.199	9.769.433	12.819.662
Sub-bacia:	Machado		vol hist (m³) =	4.463.794	
temp\preci	-20%	-10%	0%	10%	20%
0 (°)	1.495.769	2.712.528	4.463.794	7.766.558	13.538.571
1 (°)	1.392.089	2.470.176	4.120.910	7.019.136	12.658.587
2 (°)	1.214.352	2.299.104	3.850.231	6.402.795	11.978.928
3 (°)	1.090.121	2.139.326	3.607.509	5.976.411	11.020.814
4 (°)	1.030.320	2.029.721	3.464.949	5.662.965	9.580.587
Sub-bacia:	Poço Fundo		vol hist (m³) =	35.067.723	
temp\preci	-20%	-10%	0%	10%	20%
0 (°)	5.739.799	17.682.698	35.067.723	44.352.456	79.712.220
1 (°)	4.680.189	14.962.505	31.398.599	41.566.793	71.205.017
2 (°)	3.101.765	12.046.505	29.607.120	39.985.932	65.675.911
3 (°)	2.987.872	9.740.625	25.712.270	37.065.600	58.115.602
4 (°)	2.198.634	6.425.605	22.874.691	33.398.661	52.387.042

Como esperado, percebe-se claramente pela Tabela 14 que fixando-se a temperatura e aumentando-se a precipitação, obtém-se um aumento na vazão gerada. Da mesma forma fixando-se a precipitação e aumentando-se a temperatura diminui-se a vazão gerada.

Na Tabela 15 pode-se ver o desvio relativo entre o volume observado e o calculado.

Tabela 15 – Desvio relativo entre o volume observado e o calculado com o modelo chuva vazão para as 3 sub-bacias para os vários cenários.

Sub-bacia:	Oitis		vol hist (m³) =	8.145.545	
temp\preci	-20%	-10%	0%	10%	20%
0 (°)	-67,29	-36,66	0,00	35,75	75,31
1 (°)	-69,36	-41,07	-4,55	31,44	70,48
2 (°)	-70,96	-44,58	-8,93	27,30	66,25
3 (°)	-72,60	-48,09	-13,33	23,35	61,62
4 (°)	-74,11	-51,49	-17,20	19,94	57,38
Sub-bacia:	Machado		vol hist (m³) =	4.463.794	
temp\preci	-20%	-10%	0%	10%	20%
0 (°)	-66,49	-39,23	0,00	73,99	203,30
1 (°)	-68,81	-44,66	-7,68	57,25	183,58
2 (°)	-72,80	-48,49	-13,75	43,44	168,36
3 (°)	-75,58	-52,07	-19,18	33,89	146,89
4 (°)	-76,92	-54,53	-22,38	26,86	114,63
Sub-bacia:	Poço Fundo		vol hist (m³) =	35.067.723	
temp\preci	-20%	-10%	0%	10%	20%
0 (°)	-83,63	-49,58	0,00	26,48	127,31
1 (°)	-86,65	-57,33	-10,46	18,53	103,05
2 (°)	-91,15	-65,65	-15,57	14,02	87,28
3 (°)	-91,48	-72,22	-26,68	5,70	65,72
4 (°)	-93,73	-81,68	-34,77	-4,76	49,39

Percebe-se pela Tabela 15 a influência da diminuição da precipitação e o aumento da temperatura na geração de escoamento superficial. Como exemplo pode-se citar para a sub-bacia de Poço Fundo o cenário em que ocorre um aumento de temperatura de 4°C e diminuição da precipitação em 20% em relação ao histórico ocasionando um desvio relativo de -93,73% entre o volume gerado superficialmente observado e o calculado. Em contrapartida para a sub-bacia de Machado para o cenário que não ocorreu aumento de temperatura e ocorre um aumento de precipitação de 20% houve um desvio relativo de 203,30% entre o volume observado e o calculado.

Nos Anexos 6.1, 6.2 e 6.3 pode-se ver os resultados obtidos com a aplicação do modelo de otimização para os 3 reservatórios para os diversos cenários. Nesses anexos constam as áreas otimizadas pelo modelo para cada cultura, a receita líquida advinda com aquelas, os volumes vertidos, os volumes para a agricultura, os volumes finais dos reservatórios e as vazões-residuais que podem ser retiradas desses reservatórios para usos múltiplos.

Como comentado anteriormente considerou-se que as áreas máximas passíveis de serem irrigadas, considerando-se a disponibilidade de água, seriam de 350, 1000 e 500 ha respectivamente para os reservatórios de Poço Fundo, Oitis e Machado. Além disso haveria necessidade de o reservatório de Poço Fundo liberar uma vazão de $0,06\text{m}^3/\text{s}$ e o reservatório de Machado uma vazão de $0,085\text{m}^3/\text{s}$ para a cidade de Santa Cruz do Capibaribe - PE.

Sintetizando-se os resultados das simulações:

O reservatório de Poço Fundo, em todos os cenários conseguiu fornecer o mínimo de $0,06\text{m}^3/\text{s}$ para a cidade de Santa Cruz do Capibaribe. O reservatório de Machado também atendeu os $0,085\text{m}^3/\text{s}$ para a cidade de Santa Cruz do Capibaribe em todos os Cenários.

Em relação a vazão-residual, aquela que seria a vazão que os reservatórios poderiam fornecer depois de atingida a área máxima de cultivo irrigada por ele e se fosse atendidas todas as restrições, têm-se que para o reservatório de Poço Fundo, em alguns cenários, não se conseguiu vazão alguma como é o caso dos cenários: T=0, P=-20; T=1, P=-20; T=1, P=-10; T=2, P=-20; T=3, P=-20; T=3, P=-10; T=4, P=-20; T=4, P=-10. Observa-se que é nesses cenários que ocorrem as menores vazões afluentes ao reservatório de Poço Fundo. Para os reservatórios de Oitis e Machado não se alcançou nenhuma vazão-residual.

Através da Tabela 16, Tabela 17 e Tabela 18 pode-se ver a distribuição das áreas para os cultivos para as 3 manchas de solo referentes a cada reservatório. Percebe-se que a cultura em que é alocada mais área é a da tomate, seguida respectivamente pela cultura da melancia, milho, algodão e feijão. Isso se explica pelo fato de o lucro por hectare ser maior para o tomate e decrescendo conforme os plantios citados anteriormente. Foi pressuposta uma área mínima para cada cultivo para impedir que o modelo aloca-se área somente para o cultivo do tomate.

Tabela 16 – Distribuição dos cultivos por área irrigada (ha) por cenário – área irrigada pelo reservatório de Poço Fundo.

Reservatório de Poço Fundo					
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=0 p= - 20	t=0 p= -10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20
<i>Melancia</i>	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
<i>Feijão</i>	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50
<i>Milho</i>	52,50	52,50	52,50	52,50	52,50
<i>Tomate</i>	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
<i>Algodão</i>	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Total de ha	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=1 p= -20	t=1 p= -10	t=1 p= 0	t=1 p=10	t=1 p= 20
<i>Melancia</i>	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
<i>Feijão</i>	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50
<i>Milho</i>	52,50	52,50	52,50	52,50	52,50
<i>Tomate</i>	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
<i>Algodão</i>	26,05	35,00	35,00	35,00	35,00
Total de ha	341,05	350,00	350,00	350,00	350,00
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=2 p= -20	t=2 p= -10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
<i>Melancia</i>	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
<i>Feijão</i>	7,00	17,50	17,50	17,50	17,50
<i>Milho</i>	45,06	52,50	52,50	52,50	52,50
<i>Tomate</i>	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
<i>Algodão</i>	7,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Total de ha	304,06	350,00	350,00	350,00	350,00
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=3 p= -20	t=3 p= -10	t=3 p=0	t=3 p=10	t=3 p=20
<i>Melancia</i>	103,37	105,00	105,00	105,00	105,00
<i>Feijão</i>	7,00	17,50	17,50	17,50	17,50
<i>Milho</i>	7,00	52,50	52,50	52,50	52,50
<i>Tomate</i>	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
<i>Algodão</i>	7,00	26,70	35,00	35,00	35,00
Total de ha	264,37	341,70	350,00	350,00	350,00
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=4 p= - 20	t=4 p= -10	t=4 p= 0	t=4 p= 10	t=4 p=20
<i>Melancia</i>	98,89	105,00	105,00	105,00	105,00
<i>Feijão</i>	7,00	17,50	17,50	17,50	17,50
<i>Milho</i>	7,00	52,50	52,50	52,50	52,50
<i>Tomate</i>	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
<i>Algodão</i>	7,00	10,70	35,00	35,00	35,00
Total de ha	259,89	325,70	350,00	350,00	350,00

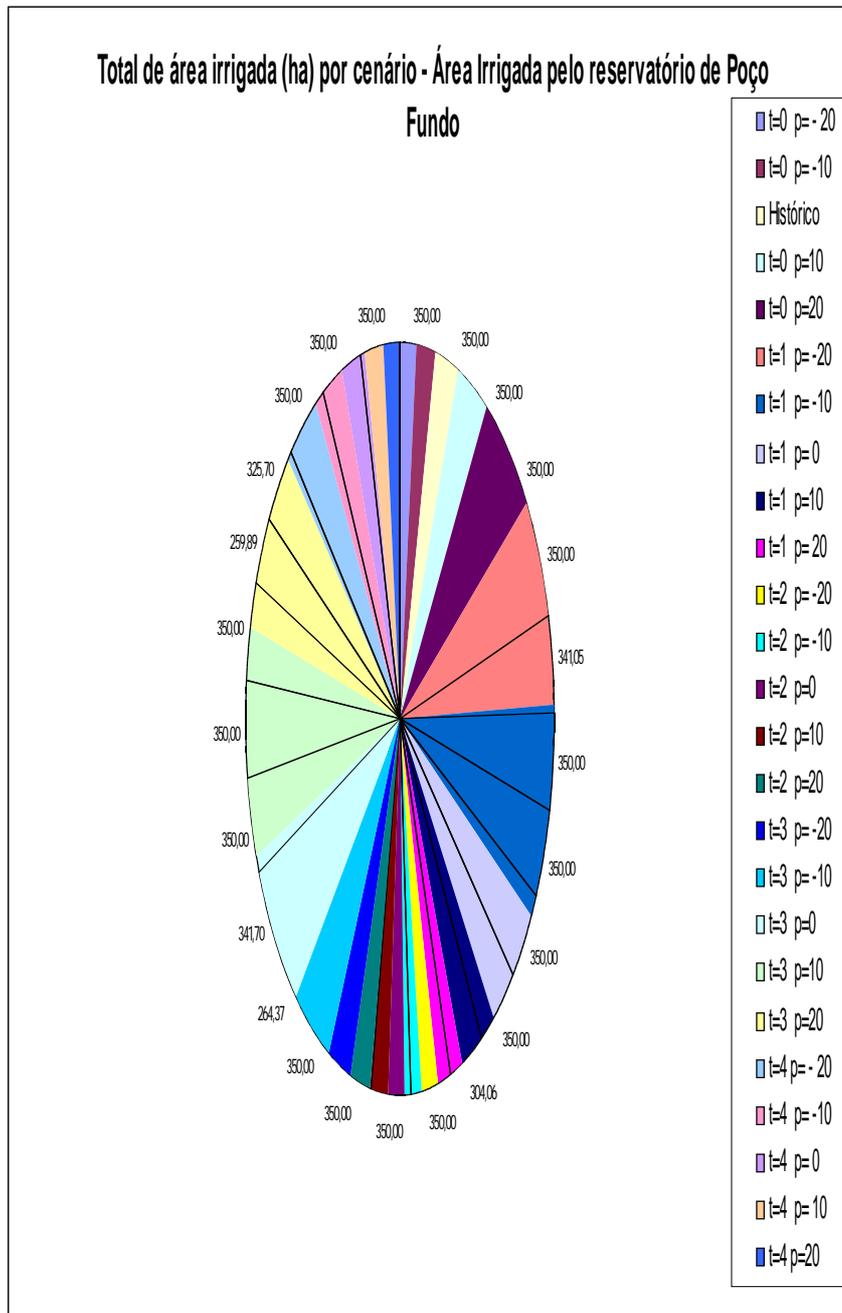
Tabela 17 – Distribuição dos cultivos por área irrigada (ha) por cenário – área irrigada pelo reservatório de Oitis.

Reservatório de Oitis					
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=0 p= - 20	t=0 p= -10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20
<i>Melancia</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Feijão</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Milho</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Tomate</i>	56,06	85,04	119,34	154,08	193,89
<i>Algodão</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Total de ha	88,06	117,04	151,34	186,08	225,89
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=1 p= - 20	t=1 p= -10	t=1 p= 0	t=1 p=10	t=1 p= 20
<i>Melancia</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Feijão</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Milho</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Tomate</i>	50,73	75,51	107,91	141,18	178,31
<i>Algodão</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Total de ha	82,73	107,51	139,91	173,18	210,31
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=2 p= - 20	t=2 p= -10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
<i>Melancia</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Feijão</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Milho</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Tomate</i>	45,47	67,63	97,85	129,71	164,92
<i>Algodão</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Total de ha	77,47	99,63	129,85	161,71	196,92
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=3 p= - 20	t=3 p= -10	t=3 p=0	t=3 p=10	t=3 p=20
<i>Melancia</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Feijão</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Milho</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Tomate</i>	40,71	60,51	88,73	119,50	152,53
<i>Algodão</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Total de ha	72,71	92,51	120,73	151,50	184,53
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=4 p= - 20	t=4 p= -10	t=4 p= 0	t=4 p= 10	t=4 p=20
<i>Melancia</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Feijão</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Milho</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<i>Tomate</i>	37,63	55,35	82,21	112,09	143,18
<i>Algodão</i>	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Total de ha	69,63	87,35	114,21	144,09	175,18

Tabela 18 – Distribuição dos cultivos por área irrigada (ha) por cenário – área irrigada pelo reservatório de Machado.

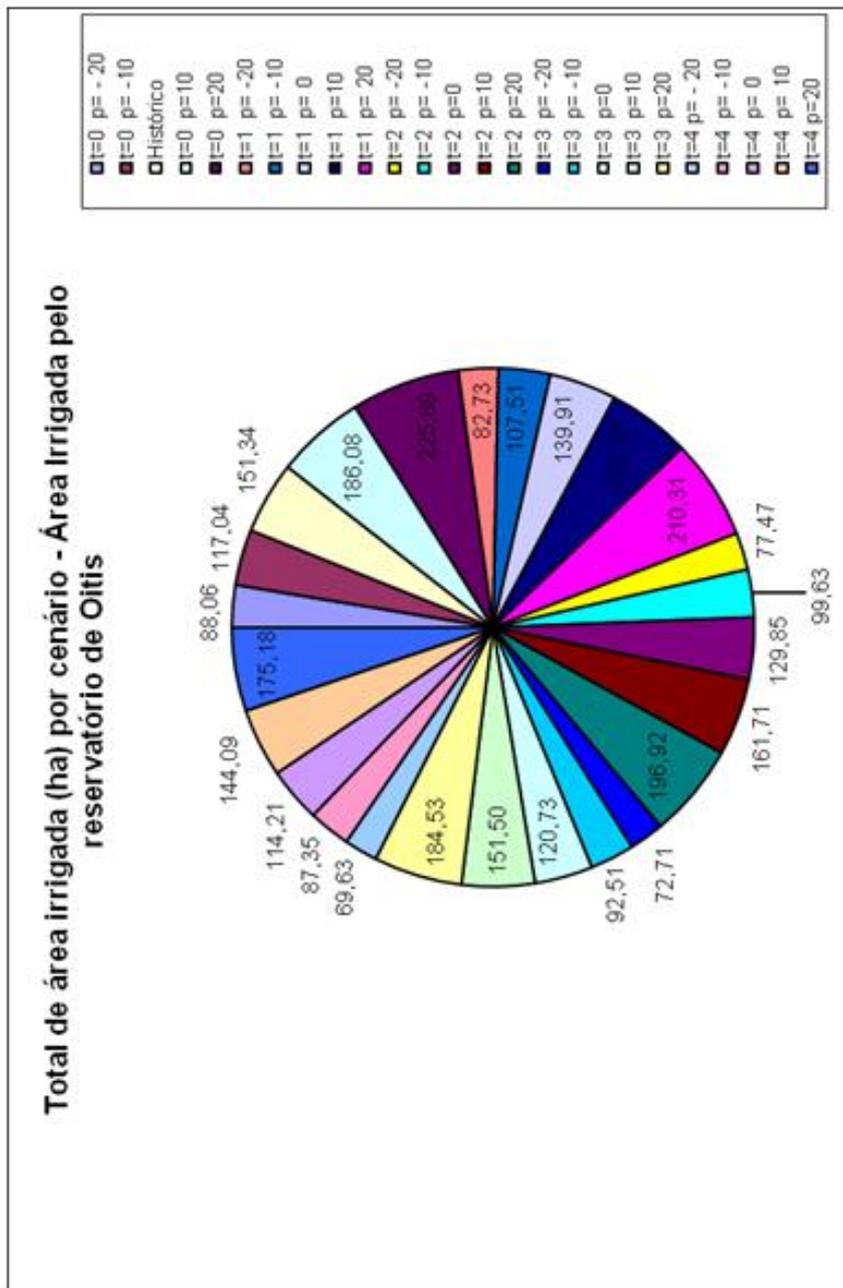
Reservatório de Machado					
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=0 p= -20	t=0 p= -10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20
<i>Melancia</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Feijão</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Milho</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Tomate</i>	39,83	49,94	119,00	162,48	179,88
<i>Algodão</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Total de ha</i>	55,83	65,94	135,00	178,48	195,88
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=1 p= -20	t=1 p= -10	t=1 p= 0	t=1 p=10	t=1 p= 20
<i>Melancia</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Feijão</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Milho</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Tomate</i>	31,80	46,62	95,44	160,23	172,19
<i>Algodão</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Total de ha</i>	47,80	62,62	111,44	176,23	188,19
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=2 p= -20	t=2 p= -10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
<i>Melancia</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Feijão</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Milho</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Tomate</i>	24,17	27,02	77,53	144,56	162,96
<i>Algodão</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Total de ha</i>	40,17	43,02	93,53	160,56	178,96
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=3 p= -20	t=3 p= -10	t=3 p=0	t=3 p=10	t=3 p=20
<i>Melancia</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Feijão</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Milho</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Tomate</i>	13,32	18,20	62,45	129,64	151,10
<i>Algodão</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Total de ha</i>	29,32	34,20	78,45	145,64	167,10
Cenário/Área Otimizada (ha)	t=4 p= -20	t=4 p= -10	t=4 p= 0	t=4 p= 10	t=4 p=20
<i>Melancia</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Feijão</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Milho</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Tomate</i>	5,25	9,97	55,41	117,45	120,96
<i>Algodão</i>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Total de ha</i>	21,25	25,97	71,41	133,45	136,96

Na Figura 6, Figura 7 e Figura 8 pode-se ver a área total de cultivo irrigada por cada reservatório. Para o reservatório de Poço Fundo em quase todos os cenários foram atingidos 350 ha (máximo), enquanto para o reservatório de Oitis e Machado não se conseguiu atingir o máximo de 1.000 e 500 ha respectivamente.



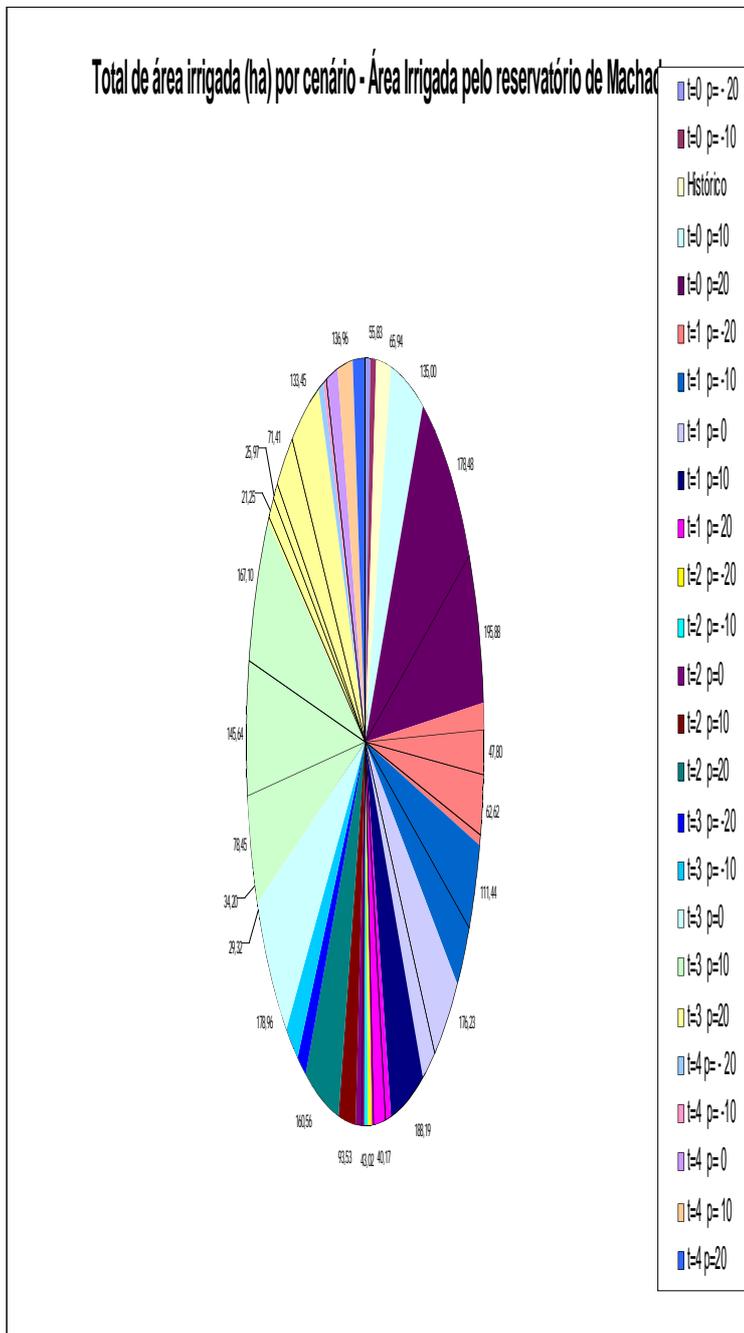
Cenário	área (ha)	Porcentagem de decréscimo em relação à área máxima (350 ha)
t=0 p=-20	350,00	0,00
t=0 p=-10	350,00	0,00
Histórico	350,00	0,00
t=0 p=10	350,00	0,00
t=0 p=20	350,00	0,00
t=1 p=-20	341,05	-2,56
t=1 p=-10	350,00	0,00
t=1 p=0	350,00	0,00
t=1 p=10	350,00	0,00
t=1 p=20	350,00	0,00
t=2 p=-20	304,06	-13,13
t=2 p=-10	350,00	0,00
t=2 p=0	350,00	0,00
t=2 p=10	350,00	0,00
t=2 p=20	350,00	0,00
t=3 p=-20	264,37	-24,47
t=3 p=-10	341,70	-2,37
t=3 p=0	350,00	0,00
t=3 p=10	350,00	0,00
t=3 p=20	350,00	0,00
t=4 p=-20	259,89	-25,74
t=4 p=-10	325,70	-6,94
t=4 p=0	350,00	0,00
t=4 p=10	350,00	0,00
t=4 p=20	350,00	0,00

Figura 6 – Área total irrigada (ha) por cenário para o reservatório de Poço Fundo.



Cenário	área (ha)	Porcentagem de decréscimo em relação à área máxima (225,89 ha)
t=0 p=-20	88,06	-61,02
t=0 p=-10	117,04	-48,19
Histórico	151,34	-33,00
t=0 p=10	186,08	-17,62
t=0 p=20	225,89	0,00
t=1 p=-20	82,73	-63,38
t=1 p=-10	107,51	-52,41
t=1 p=0	139,91	-38,06
t=1 p=10	173,18	-23,33
t=1 p=20	210,31	-6,90
t=2 p=-20	77,47	-65,70
t=2 p=-10	99,63	-55,90
t=2 p=0	129,85	-42,51
t=2 p=10	161,71	-28,41
t=2 p=20	196,92	-12,82
t=3 p=-20	72,71	-67,81
t=3 p=-10	92,51	-59,05
t=3 p=0	120,73	-46,55
t=3 p=10	151,50	-32,93
t=3 p=20	184,53	-18,31
t=4 p=-20	69,63	-69,18
t=4 p=-10	87,35	-61,33
t=4 p=0	114,21	-49,44
t=4 p=10	144,09	-36,21
t=4 p=20	175,18	-22,45

Figura 7 – Área total irrigada (ha) por cenário para o reservatório de Oitis.



Cenário	área (ha)	Porcentagem de decréscimo em relação à área máxima (225,89 ha)
t=0 p=-20	55,83	-71,50
t=0 p=-10	65,94	-66,34
Histórico	135,00	-31,08
t=0 p=10	178,48	-8,88
t=0 p=20	195,88	0,00
t=1 p=-20	47,80	-75,60
t=1 p=-10	62,62	-68,03
t=1 p=0	111,44	-43,11
t=1 p=10	176,23	-10,03
t=1 p=20	188,19	-3,93
t=2 p=-20	40,17	-79,49
t=2 p=-10	43,02	-78,04
t=2 p=0	93,53	-52,25
t=2 p=10	160,56	-18,03
t=2 p=20	178,96	-8,64
t=3 p=-20	29,32	-85,03
t=3 p=-10	34,20	-82,54
t=3 p=0	78,45	-59,95
t=3 p=10	145,64	-25,65
t=3 p=20	167,10	-14,69
t=4 p=-20	21,25	-89,15
t=4 p=-10	25,97	-86,74
t=4 p=0	71,41	-63,55
t=4 p=10	133,45	-31,87
t=4 p=20	136,96	-30,08

Figura 8 - Área total irrigada (ha) por cenário para o reservatório de Machado

Para o reservatório de Poço Fundo, segundo as simulações, nos cenários em que foram atingidos os 350 ha a receita líquida total foi de R\$ 27.542.900, enquanto que para o reservatório de Oitis o cenário $t=0$, $p=20$ gerou uma receita de R\$ 35.242.741 para 225,89 ha e a área irrigada pelo reservatório de Machado no cenário $t=0$, $p=20$ que foi de 195,88 ha gerou uma receita de R\$ 32.593.733.

Adiante na Figura 9, Figura 10, Figura 11, Figura 12, Figura 13 e Figura 14 pode-se ver os volumes mensais finais dos reservatórios e volumes mensais para a agricultura durante o período de otimização que foi de 1 ano, conforme mencionado no item 5.1.

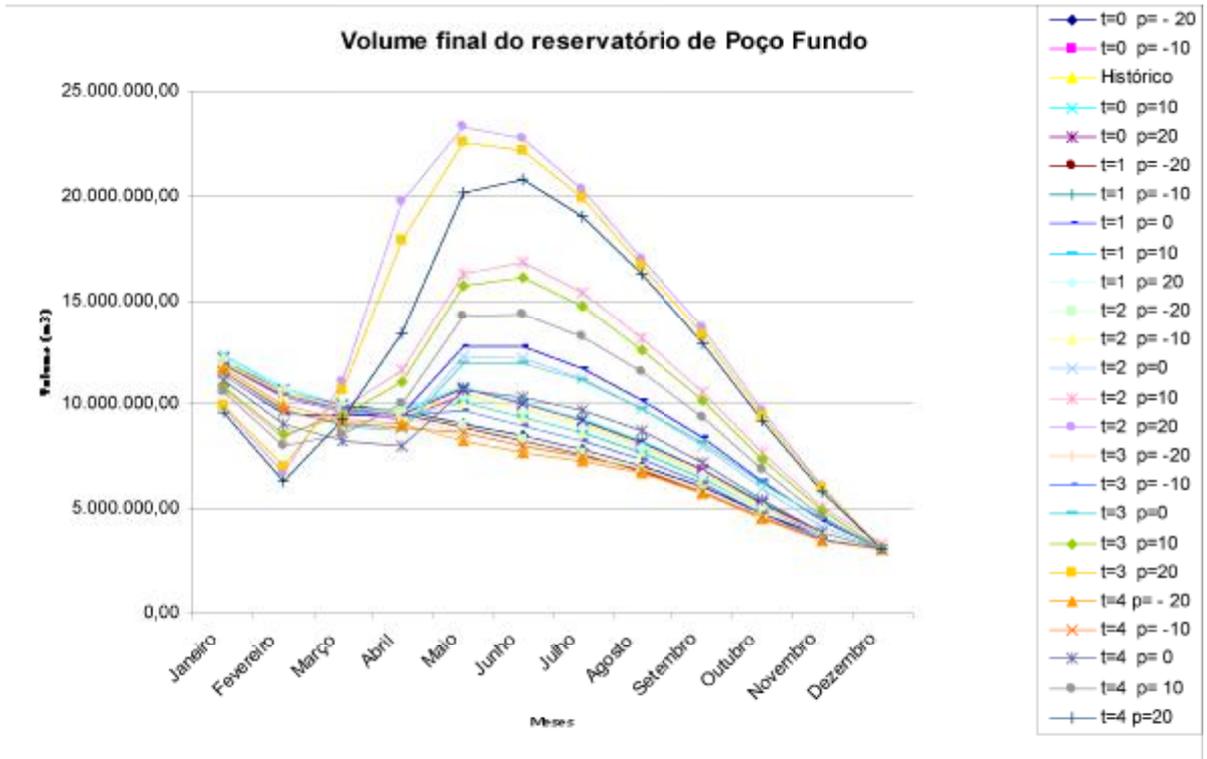


Figura 9 – Volume final para o reservatório de Poço Fundo

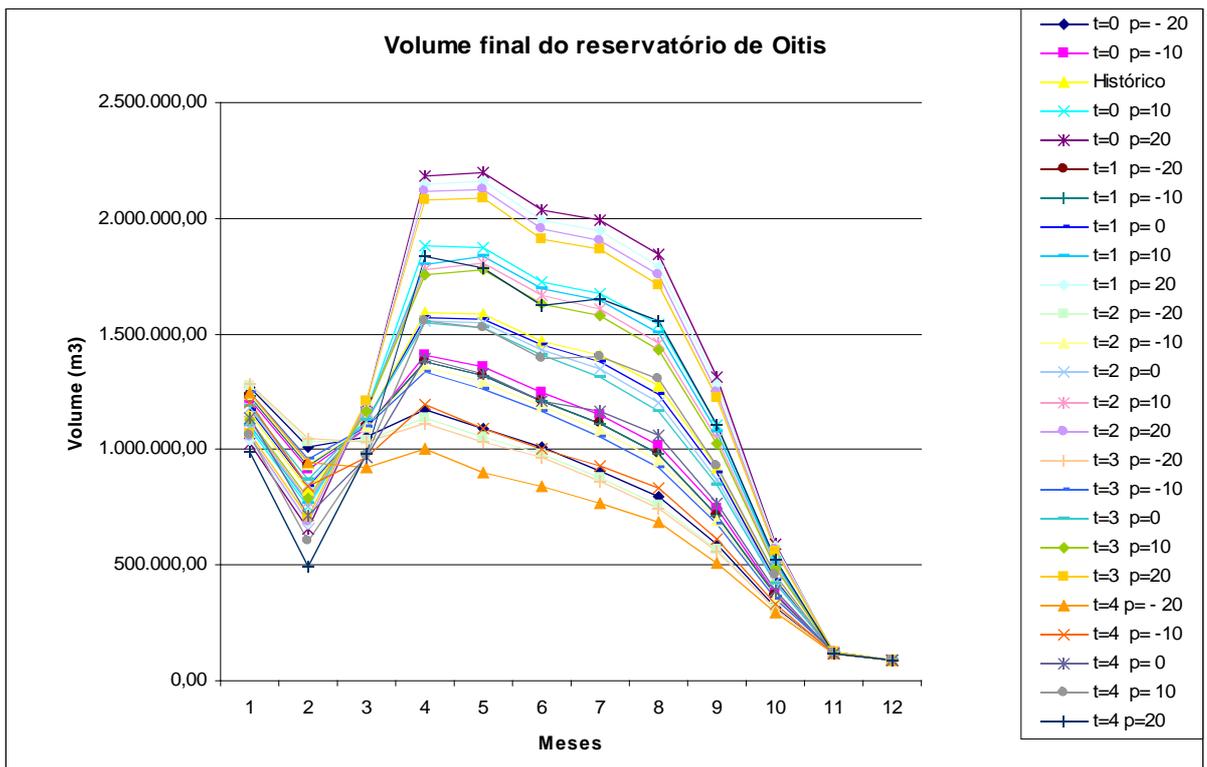


Figura 10 - Volume final para o reservatório de Oitis

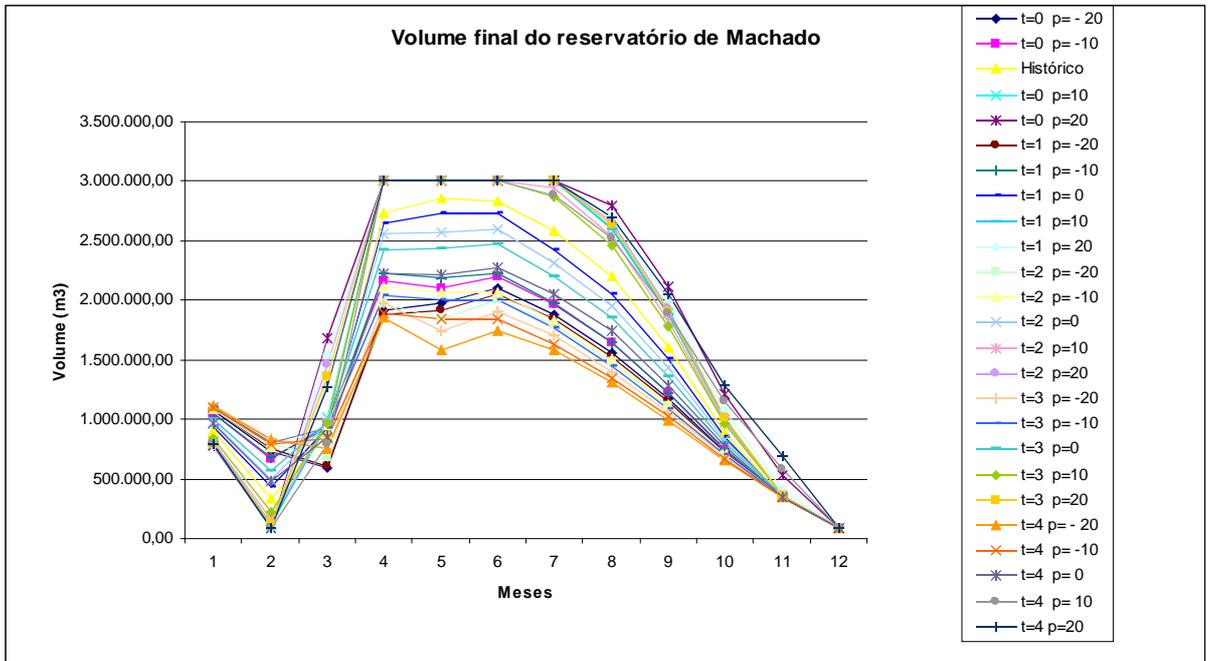


Figura 11 – Volume final para o reservatório de Machado

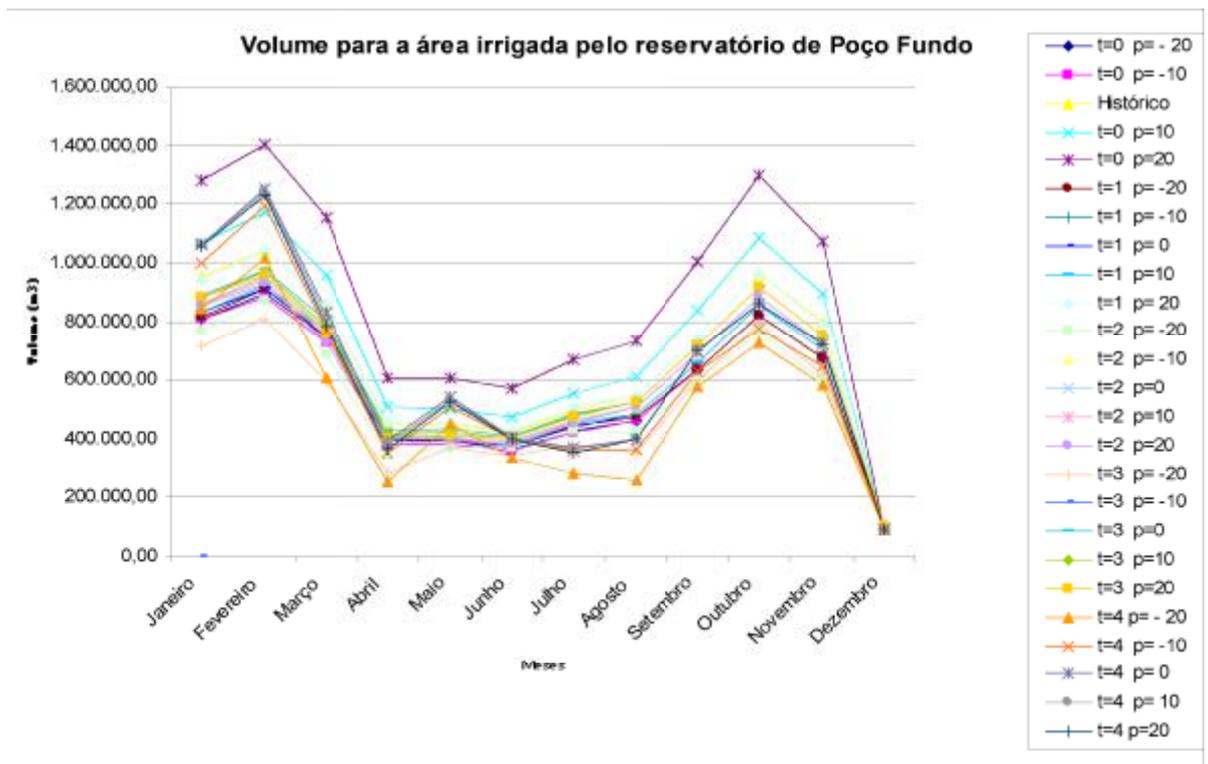


Figura 12 – Volume irrigado mês a mês para o reservatório de Poço Fundo

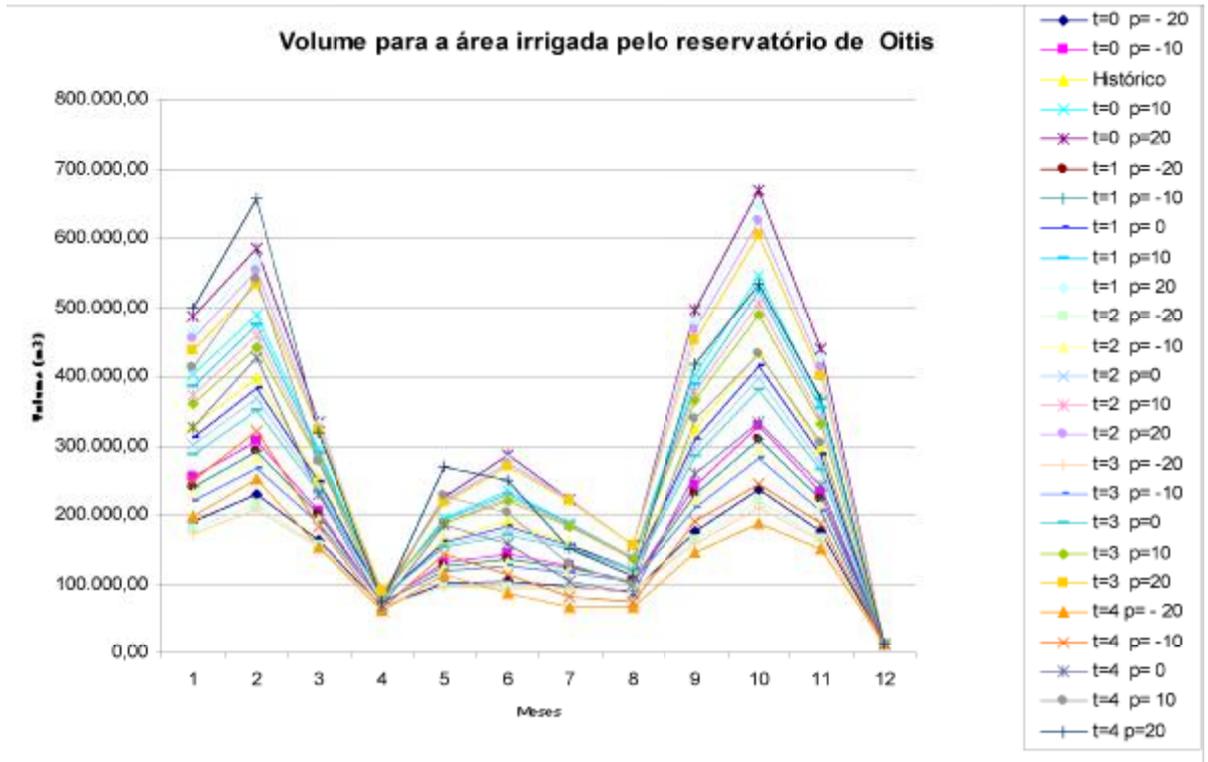


Figura 13 – Volume irrigado mês a mês para o reservatório de Oitis

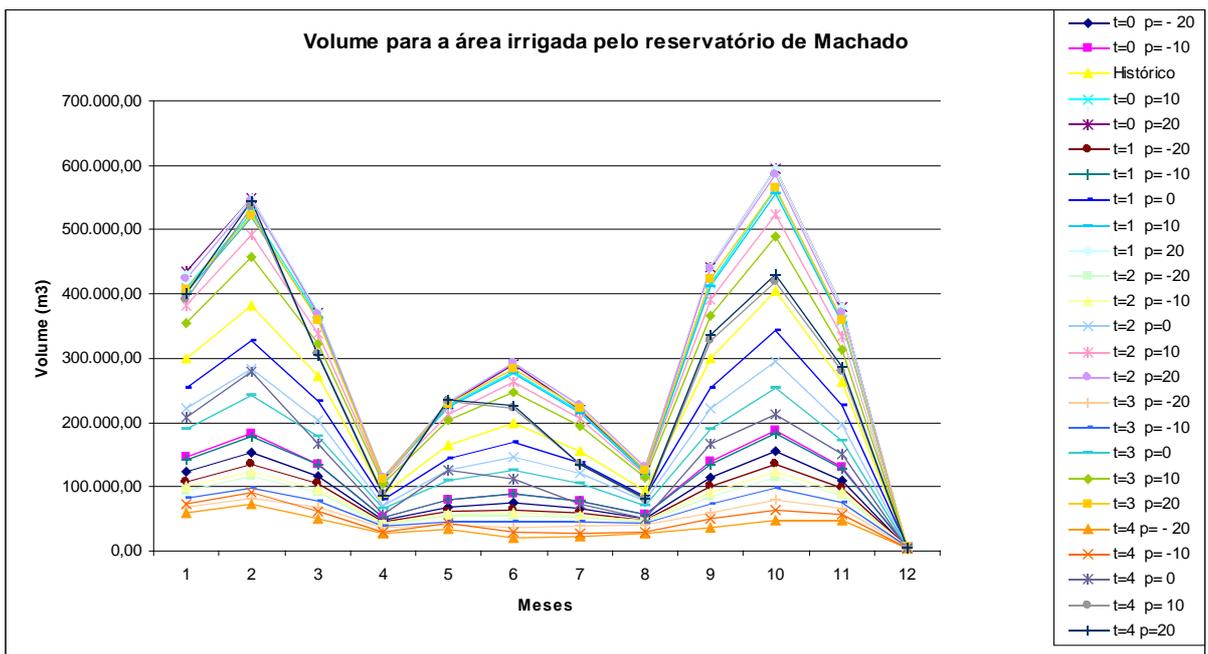


Figura 14 – Volume irrigado mês a mês para o reservatório de Machado

Percebe-se que os 3 reservatórios apresentam comportamentos semelhantes em relação aos gráficos de volumes finais e volumes para agricultura. Durante o período (12 meses) de otimização os reservatórios apresentam, em média, entre os meses de janeiro a março uma maior saída de água do que entrada ocasionando uma diminuição em seus volumes. De março a julho ocorre o inverso, ou seja, uma maior entrada de água do que saída, e conseqüentemente um aumento no volume dos reservatórios. E novamente de Julho a dezembro os reservatórios começam a baixar seus níveis. Este comportamento de variação sazonal no nível do reservatório se deve principalmente, no geral, ao aumento substancial da vazão que ocorre entre os meses de abril e maio, e também às altas evaporações nos meses inicial e finais do período de otimização.

6.2 Cenários formados com dados obtidos com os modelos de previsão de mudanças climáticas

Foram ao todo 34 cenários, para cada sub-bacia, distribuídos em 5 modelos conforme a Figura 15 seguinte:

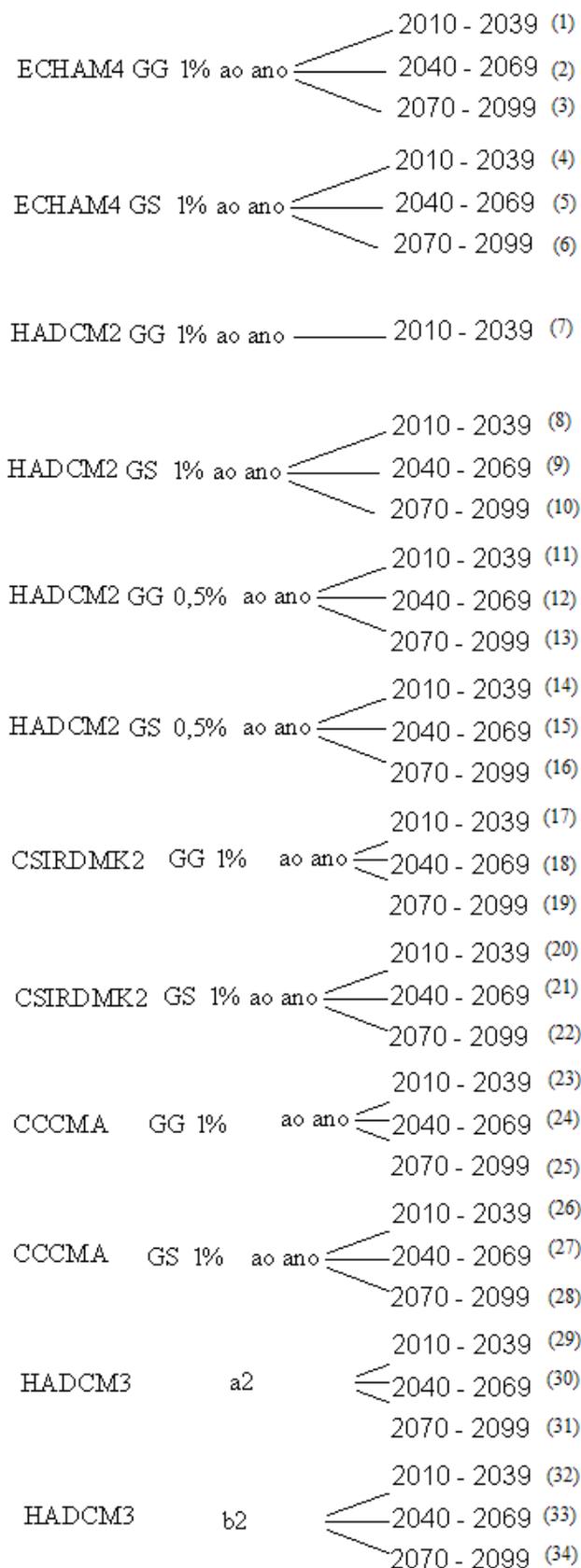


Figura 15: Modelos de previsões climáticas utilizados

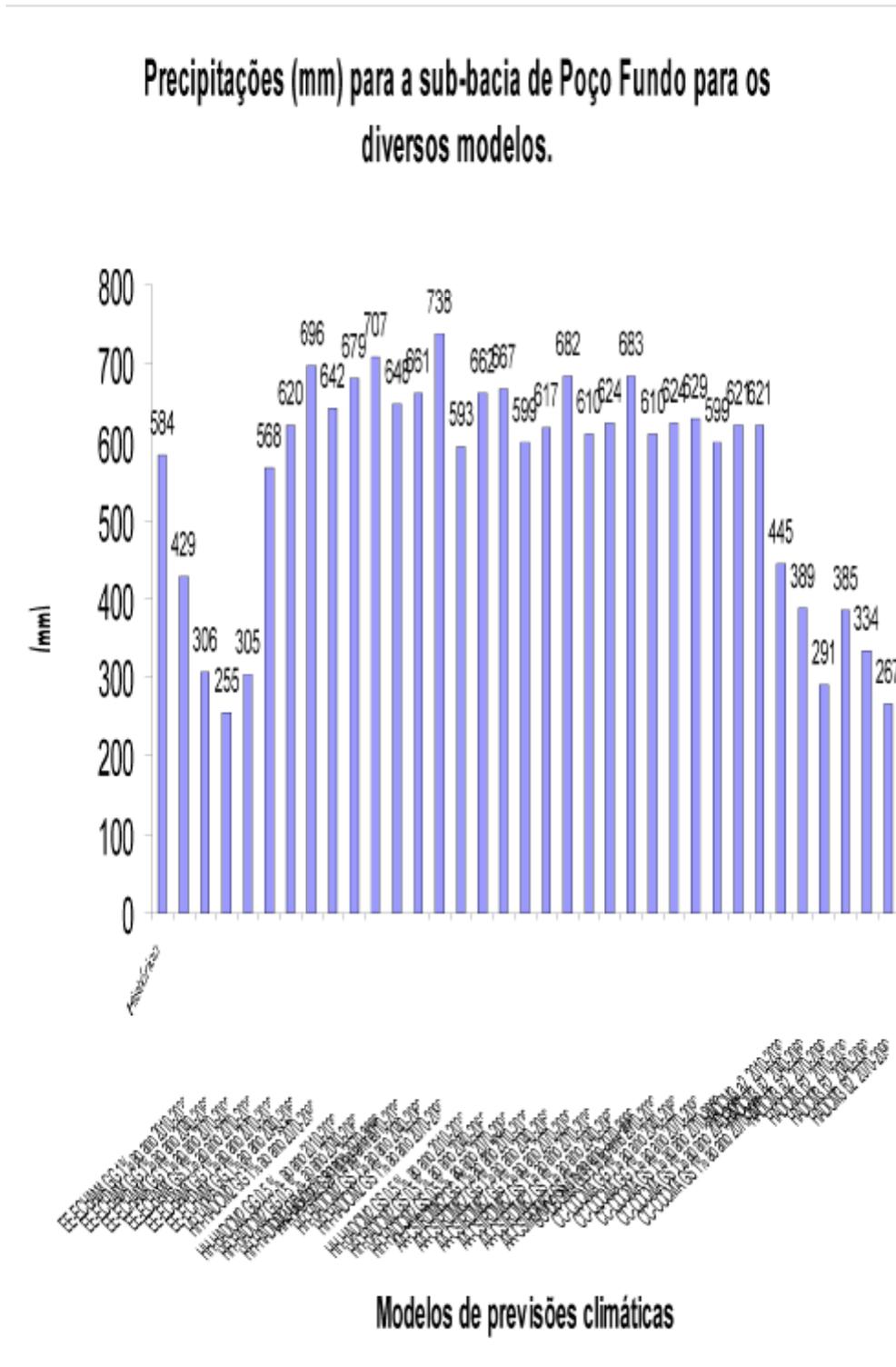
Para cada um dos 34 cenários apresentados na Figura 15 obteve-se através do módulo para previsões climáticas desenvolvida por Azevedo et al (2003) incrementos ou decrementos de precipitação e incrementos de temperatura em relação a série histórica da área abrangida pelas coordenadas -10,00S de latitude e 37,5 de longitude, área essa que engloba a região em estudo.

Os incrementos ou decrementos de precipitação em relação a todos os modelos (exceto HadCm3) estão em mm enquanto os incrementos de temperatura estão em graus Celsius. Já para o Hadcm3 o modelo disponibiliza tanto os incrementos e decrementos de precipitação com os incrementos de temperatura como uma porcentagem dos valores da série histórica.

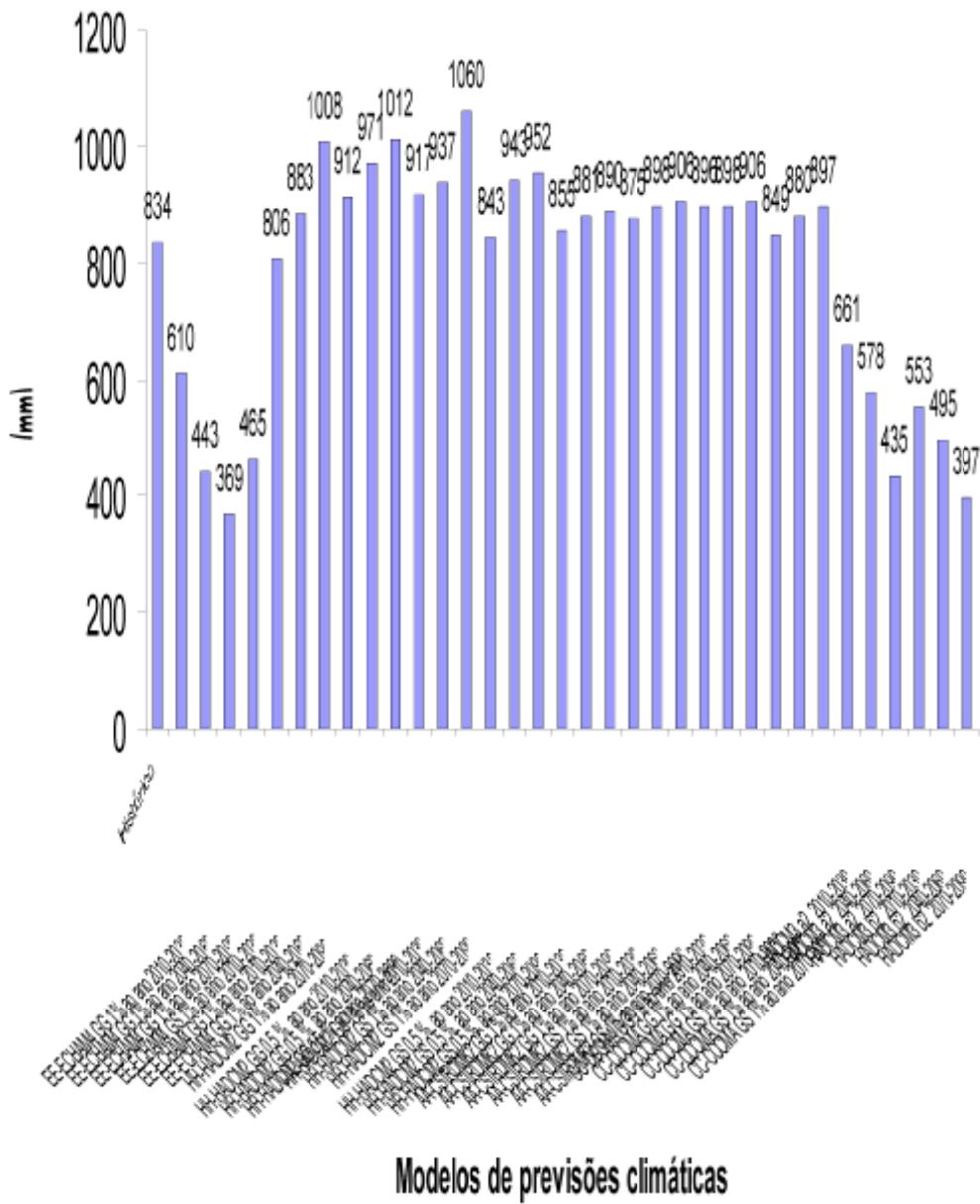
Fazendo-se uso da Tabela 19 chegou-se a porcentagem de cada incremento ou decréscimo de precipitação e incremento de temperatura em relação ao histórico (exceção do HadCm3 que já está em porcentagem em relação ao histórico). A partir dessas porcentagens utilizaram-se os dados históricos de cada sub-bacia (Poço Fundo, Oitis, Machado) para obtenção dos dados de precipitação, evaporação e vazão para os diversos cenários da Figura 15 (Anexo 6.4, 6.5 e 6.6). As vazões foram geradas de forma análoga a do item 5.3.2.2

No caso da evaporação utilizou-se também a mesma metodologia do item 5.3.3.2 onde fez-se uso da Tabela 13.

Com base nos Anexos 6.1, 6.2 e 6.3 apresentam-se na Figura 16, Figura 17 e Figura 18 a precipitação, evaporação e vazão a partir da aplicação dos diversos modelos.



Precipitações (mm) para a sub-bacia de Oitis para os diversos modelos.



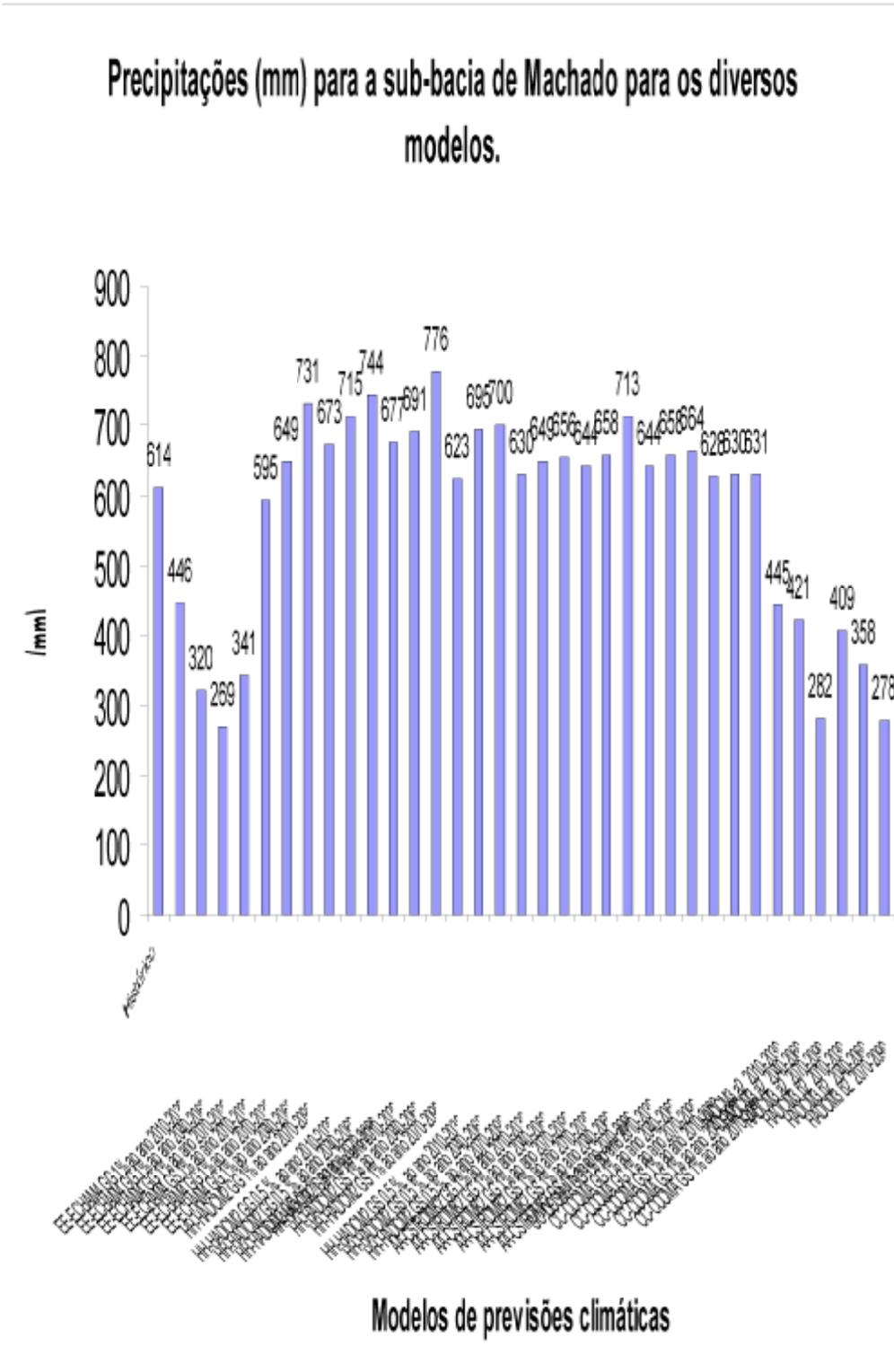
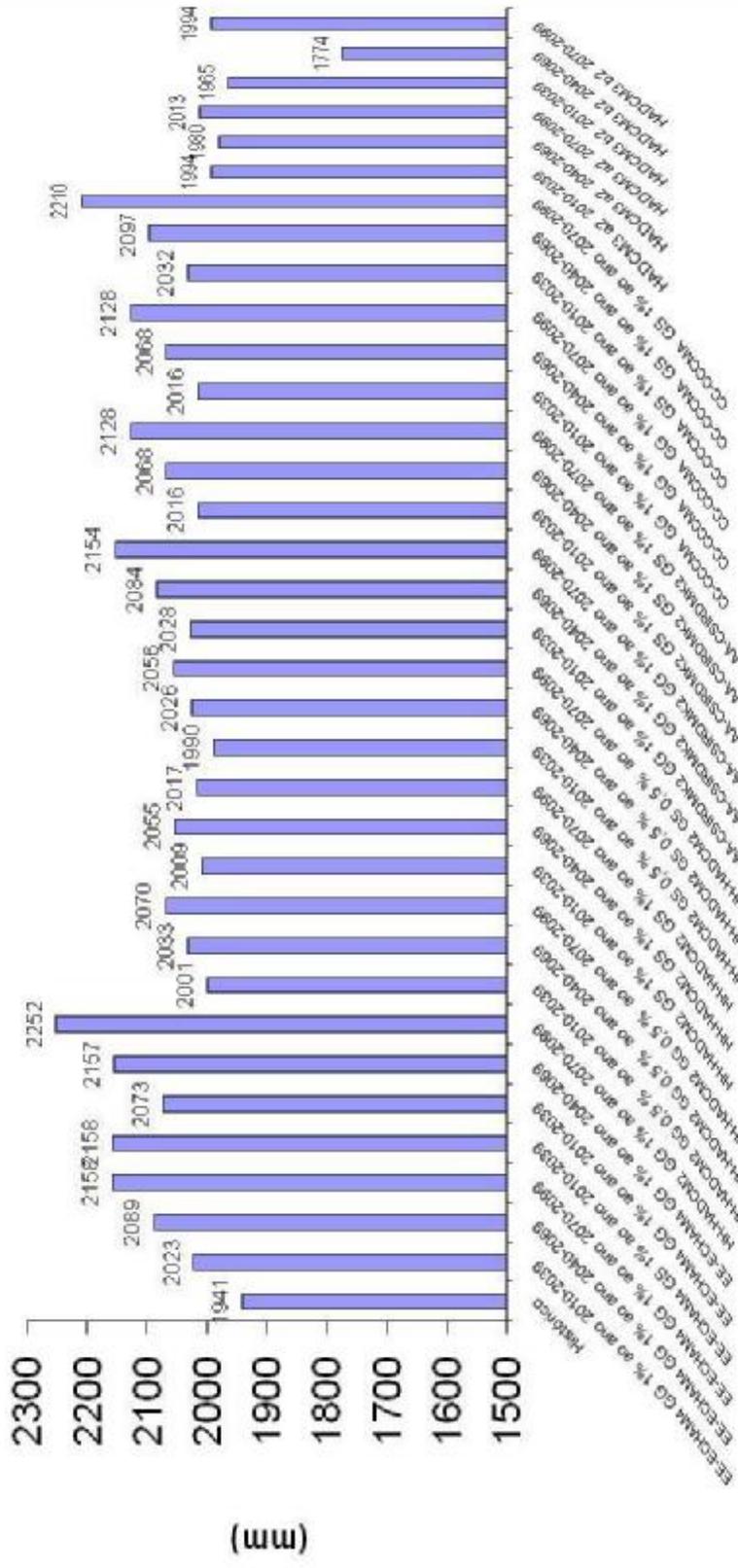
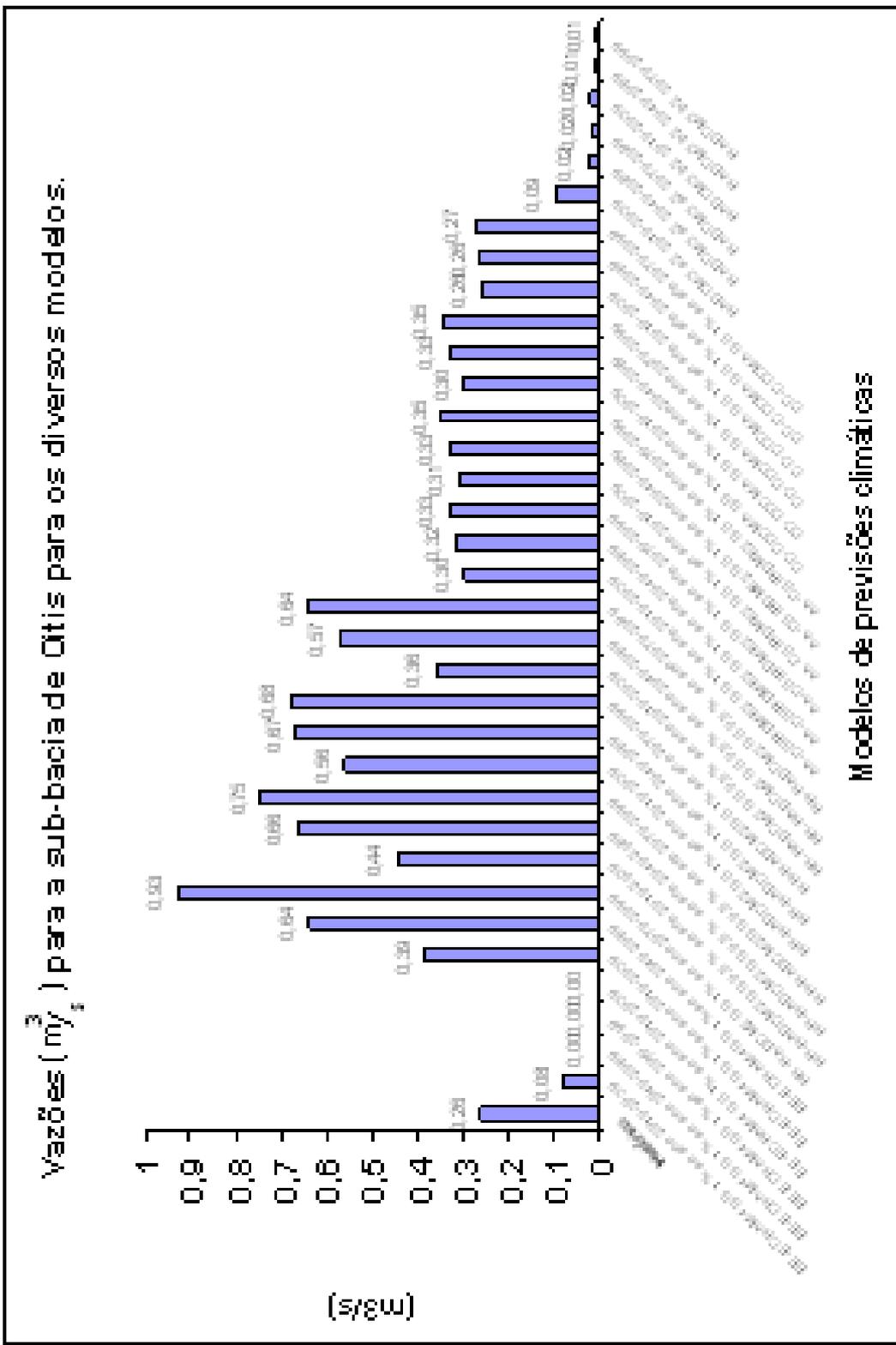


Figura 16 - Precipitações totais anuais médias para as 3 sub-bacia obtidas com o auxílio dos modelos de previsões climáticas.

Evaporação (mm) para a sub-bacia de Machado para os diversos modelos.



Modelos de previsões climáticas



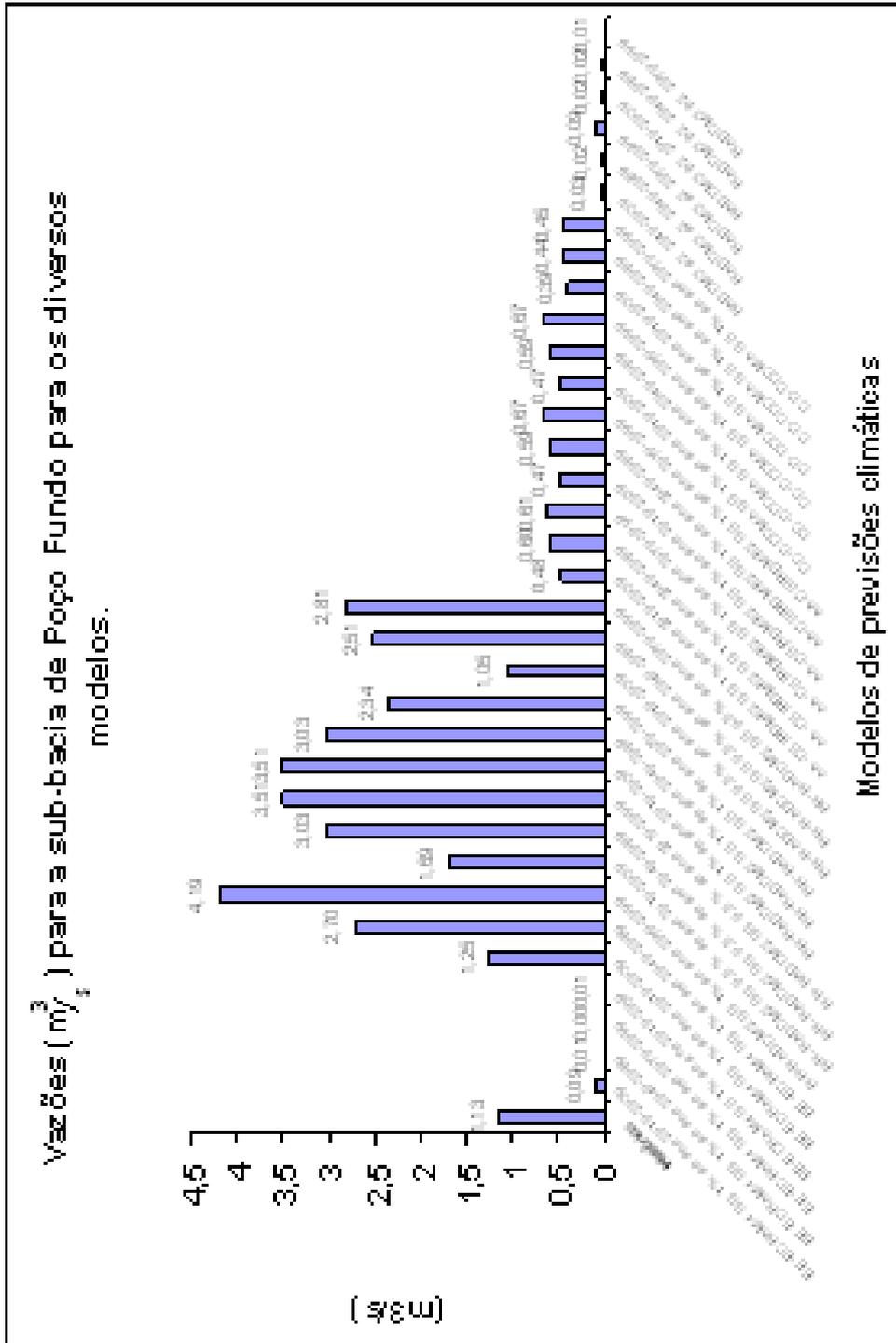


Figura 18 - Vazões médias anuais para as 3 sub-bacia obtidas com o auxílio dos modelos de previsões climáticas.

Sintetizando-se os resultados das simulações:

Nos Anexos 6.7, 6.8 e 6.9 pode-se ver os resultados obtidos com a aplicação do modelo de otimização para os 3 reservatórios utilizando os dados hidroclimáticos fornecidos pelos cenários da Figura 15. Nesses anexos estão presentes a área otimizada pelo modelo para cada cultura, a receita líquida advinda com esta, os volumes vertidos, os volumes para a agricultura, volumes finais dos reservatórios e vazões-residuais que podem ser retiradas desses reservatórios. Nestes anexos supracitados a coluna 1 representa o primeiro cenário de previsões climáticas da Figura 18, enquanto a coluna 34 representa o último cenário da mesma figura.

Como comentado anteriormente considerou-se que a área máxima com potencial agrícola para o reservatório de Poço Fundo, Machado e Oitis seria respectivamente de 350, 1000 e 500 ha. Além disso, haveria necessidade do reservatório de Poço Fundo liberar uma vazão de $0,06\text{m}^3/\text{s}$ e o de Machado uma vazão de $0,085\text{m}^3/\text{s}$ para a cidade de Santa Cruz do Capibaribe- PE.

Através da Tabela 20, Figura 21 e Figura 22 pode-se ver a distribuição de áreas para os cultivos para as 3 manchas de solo referentes a cada reservatório depois da aplicação do modelo de otimização. Percebe-se, e como explicado anteriormente, que a cultura em que é alocada mais área é a da tomate, seguindo respectivamente pela cultura da melancia, milho, algodão e feijão.

Tabela 20 – Distribuição dos cultivos por área irrigada (ha) por cenário – área irrigada pelo reservatório de Poço Fundo.

Reservatório de Poço Fundo	Melancia	Fajão	Milho	Tomate	Algodão	Total de ha
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2010-2039	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2040-2069	97,44	7,00	7,00	140,00	7,00	258,44
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2070-2099	67,00	7,00	7,00	140,00	7,00	228,00
EE-ECHAM4 GS 1% ao ano - 2010-2039	103,47	7,00	7,00	140,00	7,00	264,47
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2010-2039	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2040-2069	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HH-HADCM2 GG 1% ao ano - 2070-2099	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HH-HADCM2 GG 0,5 % ao ano - 2010-2039	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HH-HADCM2 GG 0,5 % ao ano - 2040-2069	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HH-HADCM2 GG 0,5 % ao ano - 2070-2099	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HH-HADCM2 GS 1% ao ano - 2010-2039	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HH-HADCM2 GS 1% ao ano - 2040-2069	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HH-HADCM2 GS 1% ao ano - 2070-2099	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HH-HADCM2 GS 0,5 % ao ano - 2010-2039	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HH-HADCM2 GS 0,5 % ao ano - 2040-2069	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HH-HADCM2 GS 0,5 % ao ano - 2070-2099	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
AA-CSIRDMK2 GG 1% ao ano - 2010-2039	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
AA-CSIRDMK2 GG 1% ao ano - 2040-2069	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
AA-CSIRDMK2 GG 1% ao ano - 2070-2099	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
AA-CSIRDMK2 GS 1% ao ano - 2010-2039	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
AA-CSIRDMK2 GS 1% ao ano - 2040-2069	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
AA-CSIRDMK2 GS 1% ao ano - 2070-2099	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
CC-CCCMA GG 1% ao ano - 2010-2039	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
CC-CCCMA GG 1% ao ano - 2040-2069	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
CC-CCCMA GG 1% ao ano - 2070-2099	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
CC-CCCMA GS 1% ao ano - 2010-2039	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
CC-CCCMA GS 1% ao ano - 2040-2069	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
CC-CCCMA GS 1% ao ano - 2070-2099	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HADCM3 a2 - 2010-2039	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HADCM3 a2 - 2040-2069	105,00	17,50	52,50	140,00	21,74	336,74
HADCM3 a2 - 2070-2099	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HADCM3 b2 - 2010-2039	105,00	17,50	52,50	140,00	35,00	350,00
HADCM3 b2 - 2040-2069	105,00	17,50	52,50	140,00	13,76	320,76
HADCM3 b2 - 2070-2099	105,00	7,00	7,00	140,00	7,00	266,00

Tabela 21 – Distribuição dos cultivos por área irrigada (ha) por cenário – área irrigada pelo reservatório de Oitis.

Reservatório de Oitis	Melancia	Feijão	Milho	Tomate	Algodão	Total de ha
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2010-2039	8,00	8,00	8,00	155,75	8,00	187,75
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2040-2069	8,00	8,00	8,00	26,89	8,00	58,89
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2070-2099	8,00	8,00	8,00	20,66	8,00	52,66
EE-ECHAM4 GS 1% ao ano - 2010-2039	8,00	8,00	8,00	32,25	8,00	64,25
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2010-2039	122,35	8,00	65,32	200,00	8,00	403,67
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2040-2069	150,00	25,00	75,00	200,00	50,00	500,00
HH-HADCM2 GG 1% ao ano - 2070-2099	150,00	25,00	75,00	200,00	50,00	500,00
HH-HADCM2 GG 0,5 % ao ano - 2010-2039	150,00	25,00	75,00	200,00	50,00	500,00
HH-HADCM2 GG 0,5 % ao ano - 2040-2069	150,00	25,00	75,00	200,00	50,00	500,00
HH-HADCM2 GG 0,5 % ao ano - 2070-2099	150,00	25,00	75,00	200,00	50,00	500,00
HH-HADCM2 GS 1% ao ano - 2010-2039	150,00	25,00	75,00	200,00	50,00	500,00
HH-HADCM2 GS 1% ao ano - 2040-2069	150,00	25,00	75,00	200,00	50,00	500,00
HH-HADCM2 GS 1% ao ano - 2070-2099	150,00	25,00	75,00	200,00	50,00	500,00
HH-HADCM2 GS 0,5 % ao ano - 2010-2039	120,35	8,00	60,24	200,00	8,00	396,59
HH-HADCM2 GS 0,5 % ao ano - 2040-2069	150,00	25,00	75,00	200,00	50,00	500,00
HH-HADCM2 GS 0,5 % ao ano - 2070-2099	150,00	25,00	75,00	200,00	50,00	500,00
AA-CSIRDMK2 GG 1% ao ano - 2010-2039	95,23	8,00	75,00	200,00	8,00	386,23
AA-CSIRDMK2 GG 1% ao ano - 2040-2069	92,23	8,00	75,00	200,00	8,00	383,23
AA-CSIRDMK2 GG 1% ao ano - 2070-2099	98,36	8,00	75,00	200,00	8,00	389,36
AA-CSIRDMK2 GS 1% ao ano - 2010-2039	115,76	8,00	57,27	200,00	8,00	389,03
AA-CSIRDMK2 GS 1% ao ano - 2040-2069	122,30	8,00	58,27	200,00	8,00	396,57
AA-CSIRDMK2 GS 1% ao ano - 2070-2099	135,26	8,00	59,63	200,00	8,00	410,89
CC-CCCMA GG 1% ao ano - 2010-2039	115,76	8,00	57,27	200,00	8,00	389,03
CC-CCCMA GG 1% ao ano - 2040-2069	120,32	8,00	58,37	200,00	8,00	394,69
CC-CCCMA GG 1% ao ano - 2070-2099	128,21	8,00	59,36	200,00	8,00	403,57
CC-CCCMA GS 1% ao ano - 2010-2039	100,97	8,00	32,57	200,00	8,00	349,54
CC-CCCMA GS 1% ao ano - 2040-2069	111,20	8,00	35,65	200,00	8,00	362,85
CC-CCCMA GS 1% ao ano - 2070-2099	116,89	8,00	36,23	200,00	8,00	369,12
HADCM3 a2 - 2010-2039	8,00	8,00	185,19	8,00	8,00	217,19
HADCM3 a2 - 2040-2069	8,00	8,00	65,87	8,00	8,00	97,87
HADCM3 a2 - 2070-2099	8,00	8,00	54,07	8,00	8,00	86,07
HADCM3 b2 - 2010-2039	8,00	8,00	60,03	8,00	8,00	92,03
HADCM3 b2 - 2040-2069	8,00	8,00	45,36	8,00	8,00	77,36
HADCM3 b2 - 2070-2099	8,00	8,00	37,44	8,00	8,00	69,44

Tabela 22 – Distribuição dos cultivos por área irrigada (ha) por cenário – área irrigada pelo reservatório de Machado.

Reservatório de Machado	Melancia	Feijão	Milho	Tomate	Algodão	Total de ha
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2010-2039	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2040-2069	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2070-2099	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EE-ECHAM4 GS 1% ao ano - 2010-2039	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2010-2039	4,00	4,00	4,00	131,13	4,00	141,13
EE-ECHAM4 GG 1% ao ano - 2040-2069	4,00	4,00	4,00	138,18	4,00	150,18
HH-HADCM2 GG 1% ao ano - 2070-2099	4,00	4,00	4,00	137,26	4,00	149,26
HH-HADCM2 GG 0,5 % ao ano - 2010-2039	4,00	4,00	4,00	146,75	4,00	158,75
HH-HADCM2 GG 0,5 % ao ano - 2040-2069	4,00	4,00	4,00	149,74	4,00	161,74
HH-HADCM2 GG 0,5 % ao ano - 2070-2099	4,00	4,00	4,00	153,24	4,00	165,24
HH-HADCM2 GS 1% ao ano - 2010-2039	4,00	4,00	4,00	77,89	4,00	89,89
HH-HADCM2 GS 1% ao ano - 2040-2069	4,00	4,00	4,00	91,44	4,00	103,44
HH-HADCM2 GS 1% ao ano - 2070-2099	4,00	4,00	4,00	79,66	4,00	91,66
HH-HADCM2 GS 0,5 % ao ano - 2010-2039	4,00	4,00	4,00	151,69	4,00	163,69
HH-HADCM2 GS 0,5 % ao ano - 2040-2069	4,00	4,00	4,00	172,00	4,00	184,00
HH-HADCM2 GS 0,5 % ao ano - 2070-2099	4,00	4,00	4,00	192,33	4,00	204,33
AA-CSIRDMK2 GG 1% ao ano - 2010-2039	4,00	4,00	4,00	132,83	4,00	144,83
AA-CSIRDMK2 GG 1% ao ano - 2040-2069	4,00	4,00	4,00	138,22	4,00	150,22
AA-CSIRDMK2 GG 1% ao ano - 2070-2099	4,00	4,00	4,00	141,68	4,00	153,68
AA-CSIRDMK2 GS 1% ao ano - 2010-2039	4,00	4,00	4,00	77,34	4,00	89,34
AA-CSIRDMK2 GS 1% ao ano - 2040-2069	4,00	4,00	4,00	142,63	4,00	154,63
AA-CSIRDMK2 GS 1% ao ano - 2070-2099	4,00	4,00	4,00	140,05	4,00	152,05
CC-CCCMA GG 1% ao ano - 2010-2039	4,00	4,00	4,00	77,34	4,00	89,34
CC-CCCMA GG 1% ao ano - 2040-2069	4,00	4,00	4,00	142,63	4,00	154,63
CC-CCCMA GG 1% ao ano - 2070-2099	4,00	4,00	4,00	153,07	4,00	165,07
CC-CCCMA GS 1% ao ano - 2010-2039	4,00	4,00	4,00	161,35	4,00	173,35
CC-CCCMA GS 1% ao ano - 2040-2069	4,00	4,00	4,00	162,35	4,00	174,35
CC-CCCMA GS 1% ao ano - 2070-2099	4,00	4,00	4,00	165,33	4,00	177,33
HADCM3 a2 - 2010-2039	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HADCM3 a2 - 2040-2069	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HADCM3 a2 - 2070-2099	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HADCM3 b2 - 2010-2039	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HADCM3 b2 - 2040-2069	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HADCM3 b2 - 2070-2099	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Na Figura 19, Figura 20 e Figura 21 pode-se ver a área irrigada total por cada reservatório. Para o reservatório de Poço Fundo em quase todos os cenários foram atingidos o máximo de 350 ha, enquanto para o reservatório de Oitis em alguns cenários conseguiu-se atingir o máximo de 500 ha. O reservatório de Machado atingiu um máximo de 204,33 ha com o modelo HH-HadCM2- GS 0,5 % - 2070-2099 .

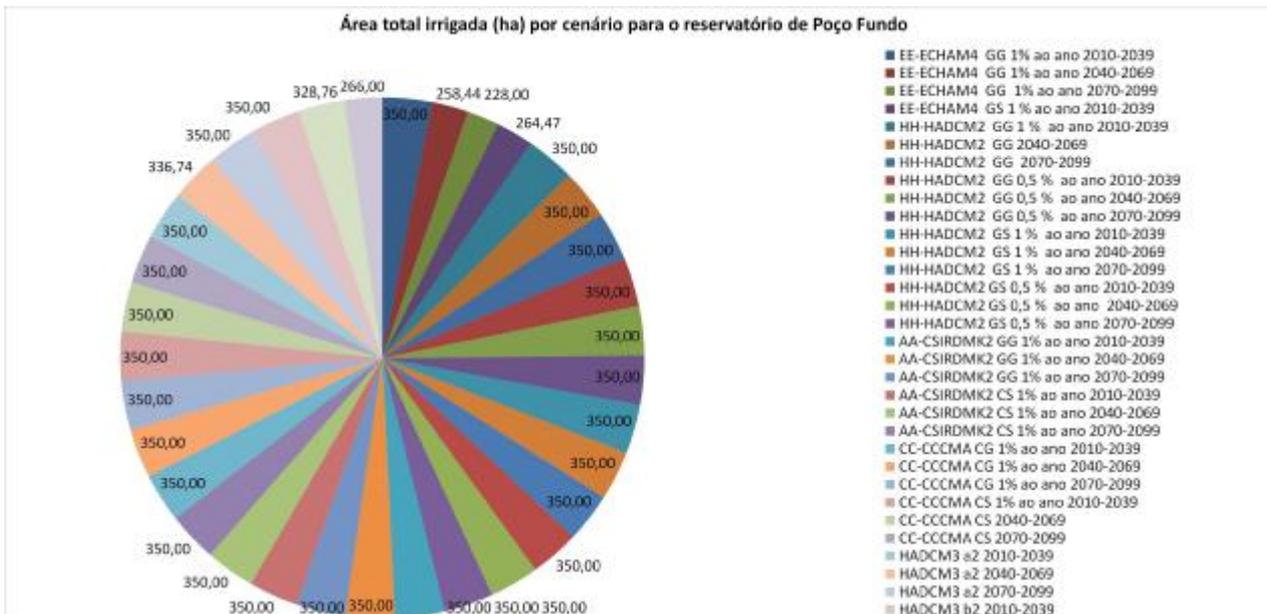


Figura 19 – Área total irrigada (ha) por cenário para o reservatório de Poço Fundo



Figura 20 – Área total irrigada (ha) por cenário para o reservatório de Oitis

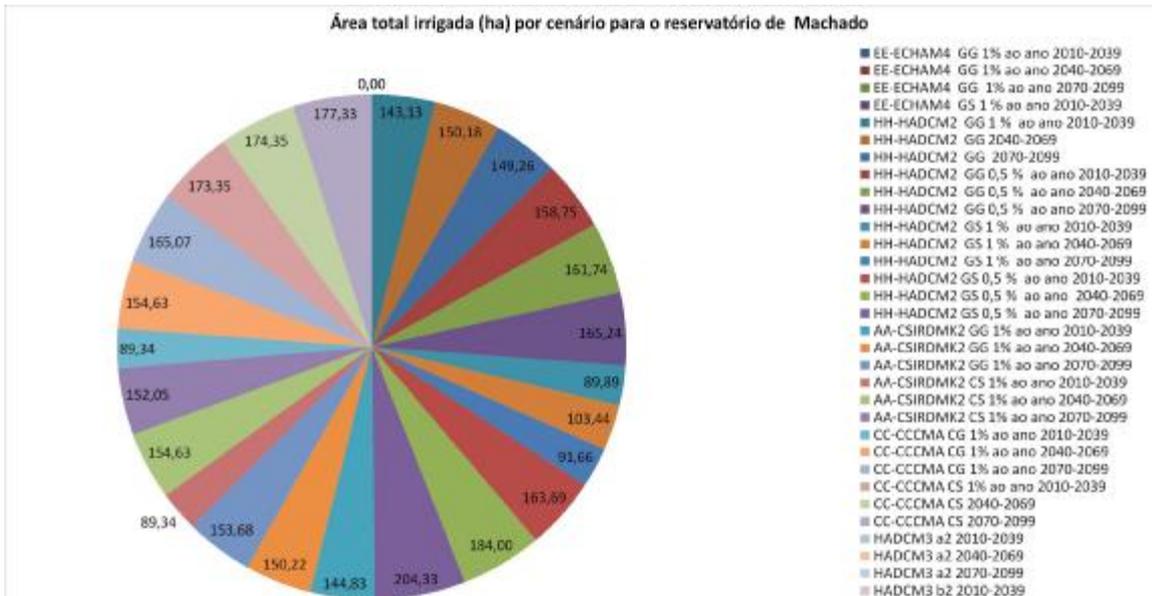


Figura 21 – Área total irrigada (ha) por cenário para o reservatório de Machado

Para o reservatório de Poço Fundo os cenários em que foram atingidos os 350 ha a receita líquida total for de R\$ 27.542.900. Para o reservatório de Oitis R\$ 39.347.000 (500 ha) e para Machado o máximo atingido foi uma área de 204,33 gerando uma receita de R\$ 34.839.344,30.

Na Figura 22, Figura 23, Figura 24, Figura 25, Figura 26 e Figura 27 pode-se ver os volumes finais e volumes para a agricultura durante o período de otimização que foi de 1 ano.

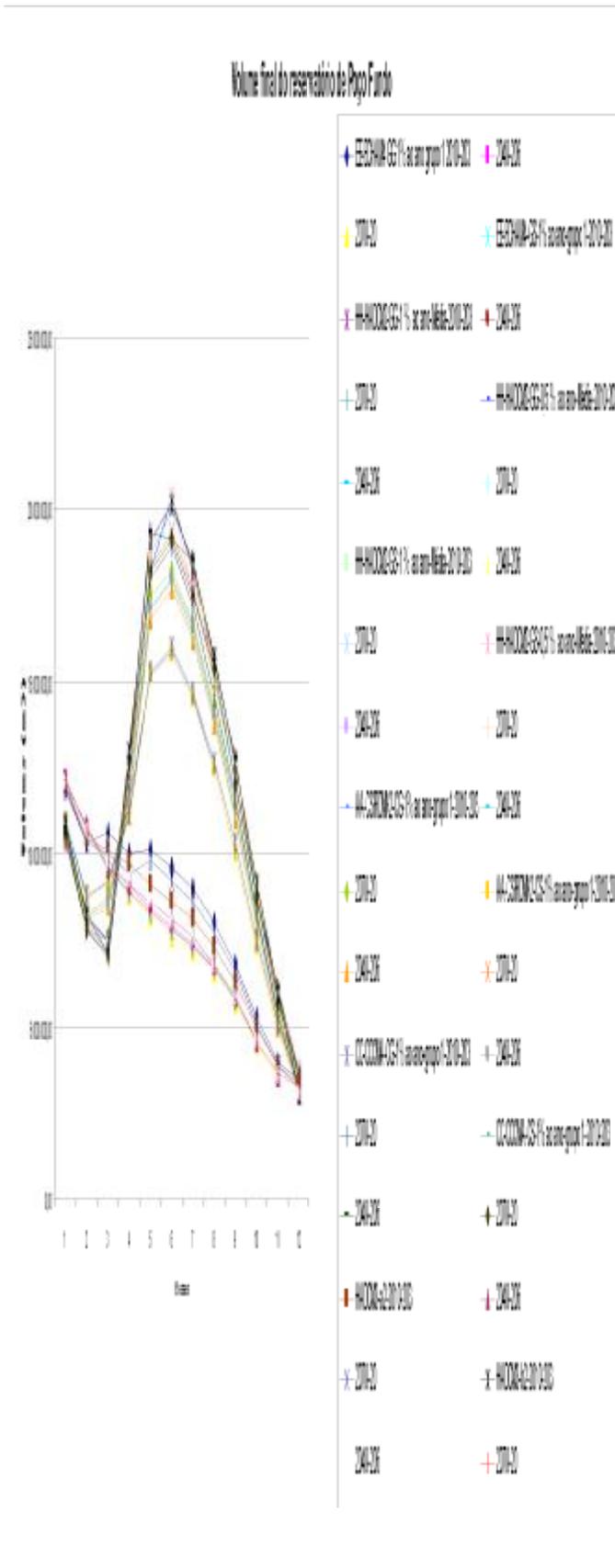


Figura 22 – Volume final para o reservatório de Poço Fundo

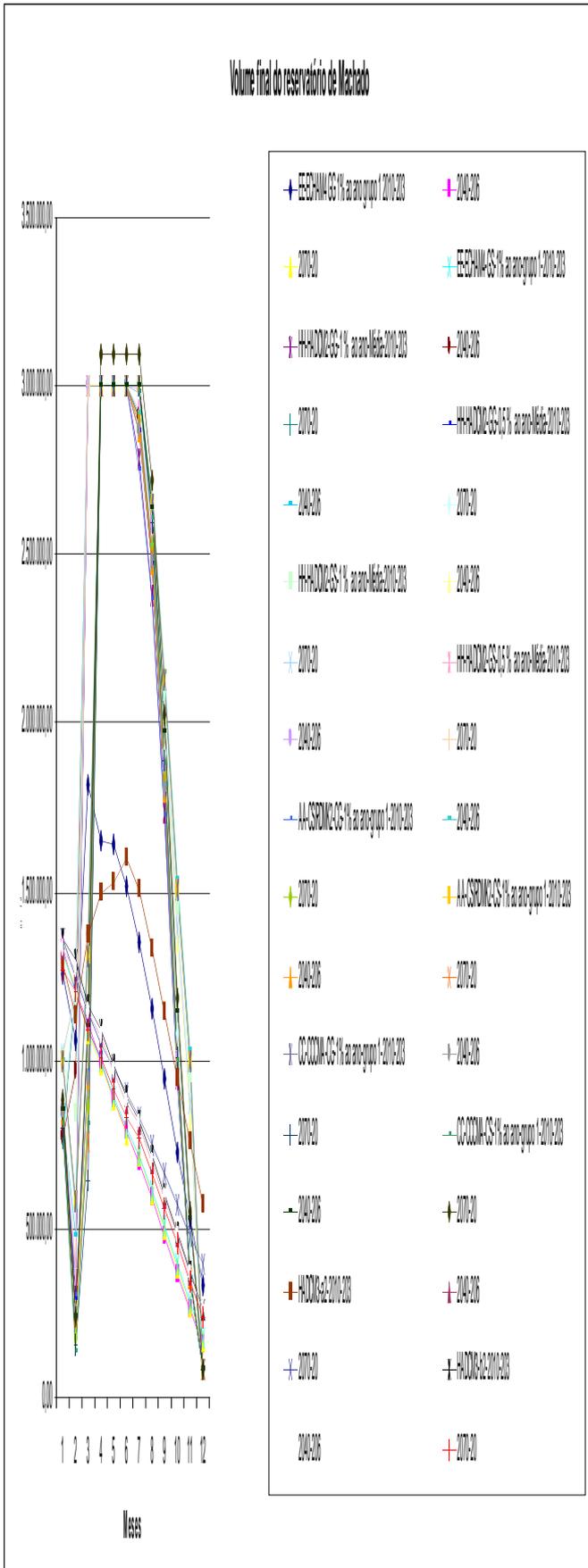


Figura 24– Volume final para o reservatório de Machado

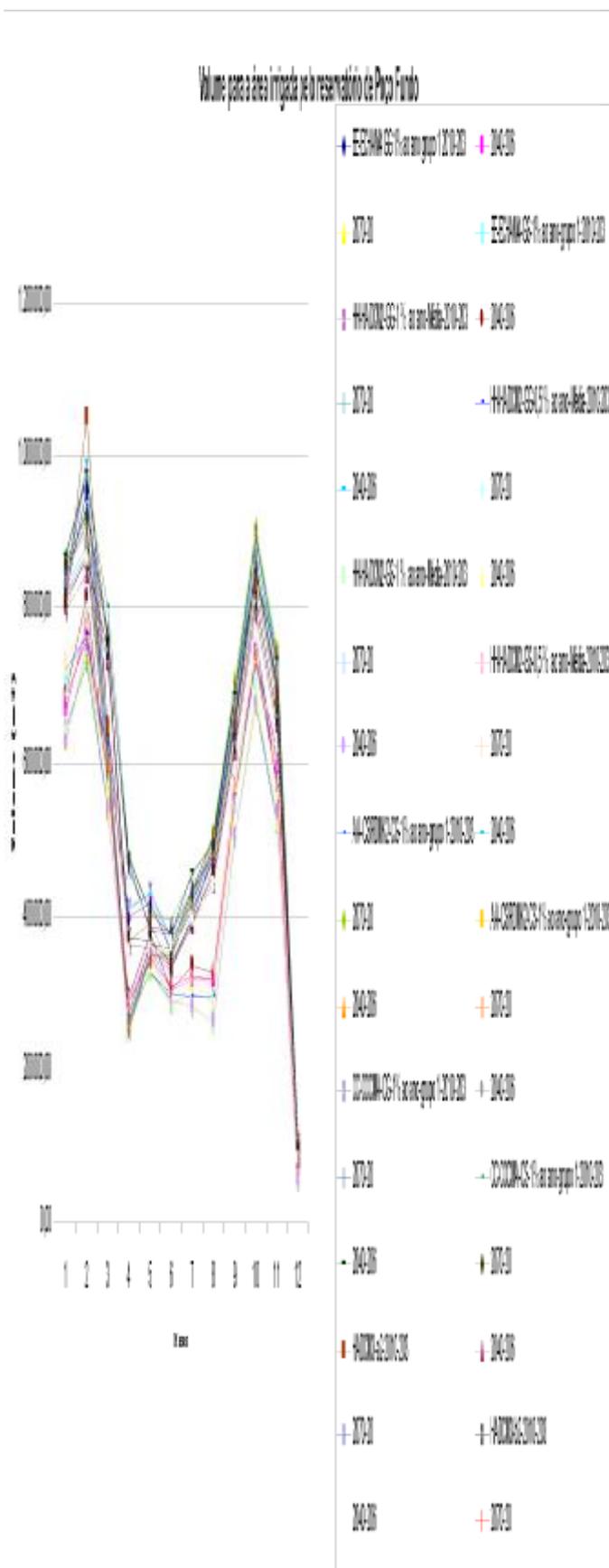


Figura 25 – Volume irrigado para o reservatório de Poço Fundo

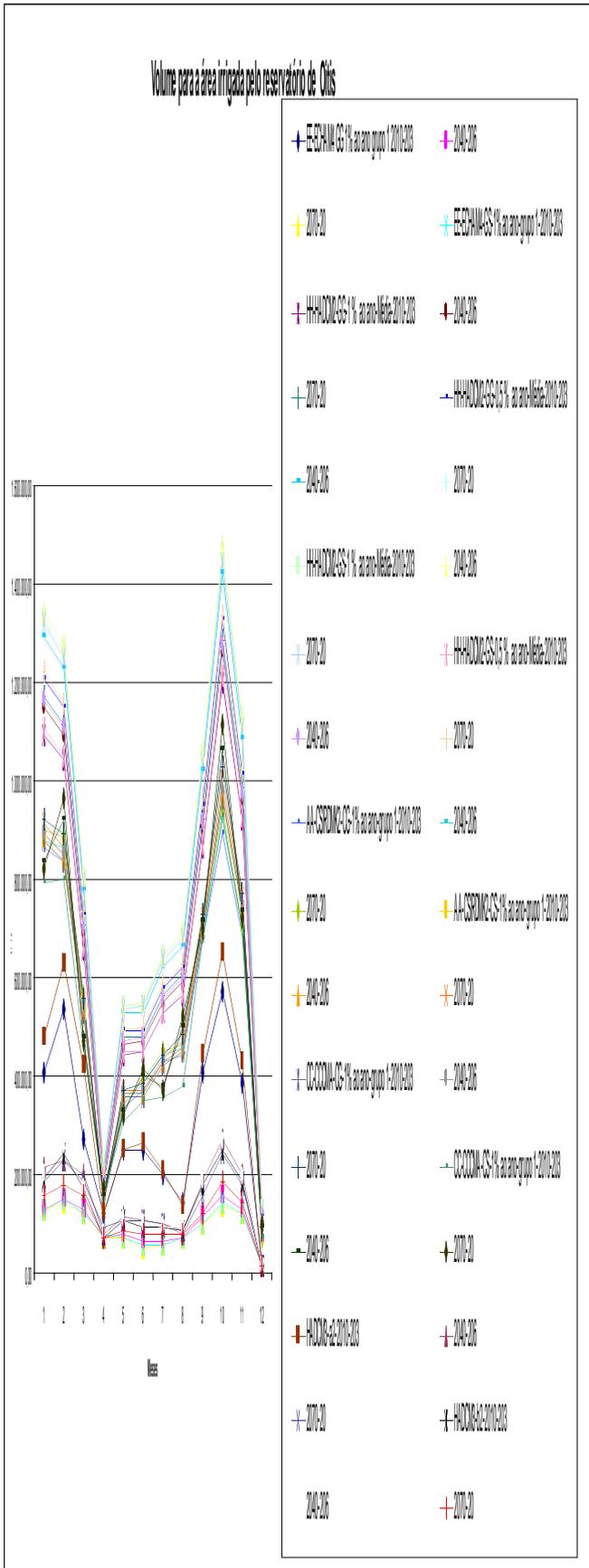


Figura 26 – Volume irrigado para o reservatório de Oitiz

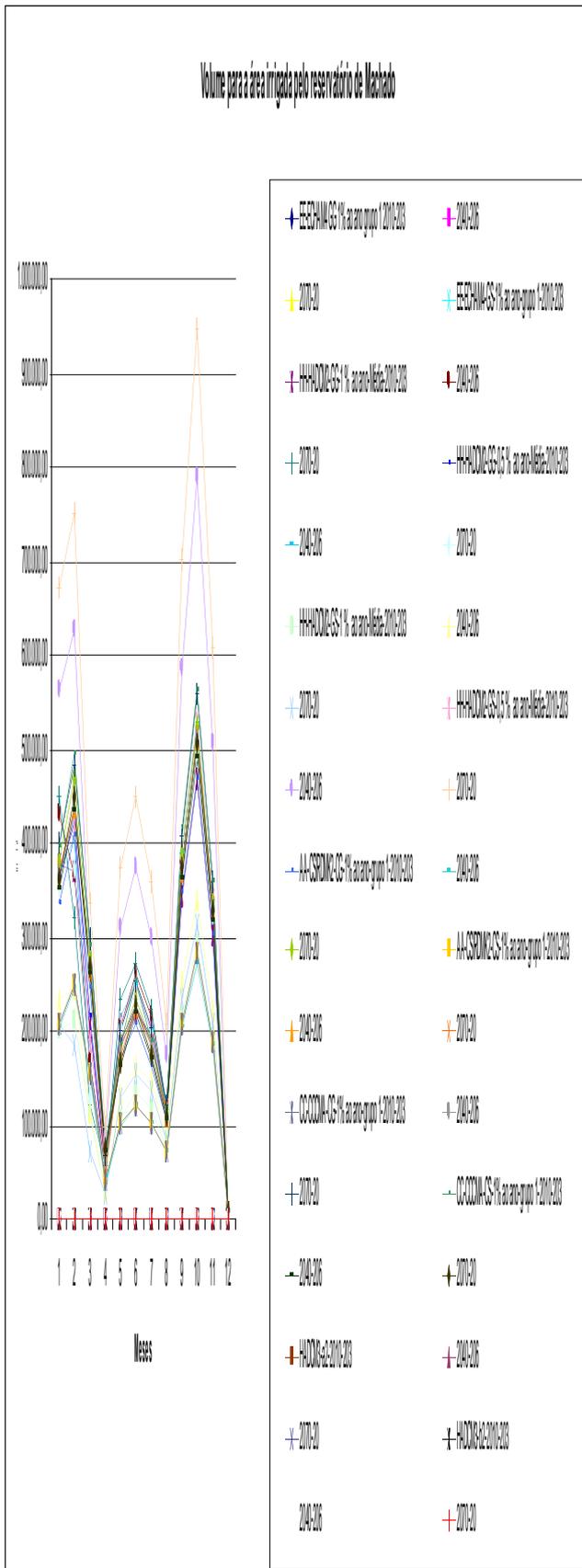


Figura 27 – Volume irrigado para o reservatório de Machado

Análise Geral

Depois de realizada esta pesquisa percebe-se a diferença das previsões de precipitações e temperaturas fornecidas pelos diversos modelos utilizados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Essas diferenças chegam a ser bastante acentuadas, tanto sazonalmente, como em termos de média. Alguns modelos, em alguns cenários, apresentaram em alguns meses previsão de decréscimo de precipitação, enquanto outros acréscimos dessa variável para esses mesmos meses. Da mesma forma, tem-se a variação nas médias totais anuais de precipitação e temperatura, embora para os dados de temperatura todos os modelos afirmam haver incrementos dessa variável, o valor desse aumento (média total anual) não é uniforme, variando de modelo para modelo dentro de um mesmo período de previsão.

Como mencionado anteriormente, utilizou-se o modelo chuva vazão GRH que juntamente com os dados de entrada necessários, inclusive os dados de precipitação e evaporação (influenciadas pela temperatura) dos diversos cenários fornecidos pelo modelo do IPCC geraram as vazões para as 3 sub-bacias estudadas. Os resultados demonstraram haver discrepâncias nos valores das vazões geradas com os dados obtidos dos diversos modelos do IPCC. Pode-se notar melhor, estas discrepâncias, com o auxílio da Tabela 23.

Tabela 23 – Diferenças nos valores das vazões geradas de modelo para modelo dentro de um mesmo período de previsão. Vazões em m³/s.

Modelo/Período	Histórico	2010 - 2039	2040 - 2069	2070 - 2099
Poço Fundo				
ECHAM - GG - 1%	1,13	0,09	0,01	0,00
ECHAM - GS - 1%	1,13	0,01	-	-
HADCM2 - GG - 1%	1,13	1,25	2,70	4,19
HADCM2 - GG - 0,5%	1,13	1,69	3,03	3,51
HADCM2 - GS - 1%	1,13	3,51	3,03	2,34
HADCM2 - GS - 0,5%	1,13	1,05	2,51	2,81
CSIRDMK2 - GG- 1%	1,13	0,48	0,60	0,61
CSIRDMK2 - GS- 1%	1,13	0,47	0,59	0,67
CCCMA - GG- 1%	1,13	0,47	0,59	0,67
CCCMA - GS- 1%	1,13	0,39	0,44	0,45
HADCM3 - a2	1,13	0,03	0,02	0,09
HADCM3 - b2	1,13	0,02	0,02	0,01
Oitis				
ECHAM - GG - 1%	0,26	0,08	0,00	0,00
ECHAM - GS - 1%	0,26	0,00	-	-
HADCM2 - GG - 1%	0,26	0,39	0,64	0,93
HADCM2 - GG - 0,5%	0,26	0,44	0,66	0,75
HADCM2 - GS - 1%	0,26	0,56	0,67	0,68
HADCM2 - GS - 0,5%	0,26	0,36	0,57	0,64
CSIRDMK2 - GG- 1%	0,26	0,30	0,32	0,33
CSIRDMK2 - GS- 1%	0,26	0,31	0,33	0,35
CCCMA - GG- 1%	0,26	0,30	0,33	0,35
CCCMA - GS- 1%	0,26	0,26	0,26	0,27
HADCM3 - a2	0,26	0,09	0,02	0,02
HADCM3 - b2	0,26	0,02	0,01	0,01
Machado				
ECHAM - GG - 1%	0,14	0,04	0,00	0,00
ECHAM - GS - 1%	0,14	0,00	-	-
HADCM2 - GG - 1%	0,14	0,30	0,67	1,00
HADCM2 - GG - 0,5%	0,14	0,43	0,72	0,83
HADCM2 - GS - 1%	0,14	0,56	0,72	1,11
HADCM2 - GS - 0,5%	0,14	0,31	0,59	0,68
CSIRDMK2 - GG- 1%	0,14	0,18	0,21	0,23
CSIRDMK2 - GS- 1%	0,14	0,18	0,20	0,22
CCCMA - GG- 1%	0,14	0,18	0,20	0,24
CCCMA - GS- 1%	0,14	0,15	0,15	0,15
HADCM3 - a2	0,14	0,04	0,00	0,00
HADCM3 - b2	0,14	0,00	0,00	0,00

Na Tabela 23 estão os valores das vazões geradas para os diversos cenários da Figura 18. Percebe-se que dentro de um mesmo modelo as vazões mudam à medida que muda também os cenários de emissão de gases, bem como o período de tempo relativo a essa emissão.

Já tomando como referência o mesmo intervalo de anos existe uma diferença da vazão gerada para cada modelo.

É claro que essas discrepâncias nos valores da vazão para os diversos modelos dentro de um cenário, ou mesmo para o mesmo intervalo de anos para modelos diferentes ocorrem pela mudança das precipitações e temperaturas fornecidas pelos modelos do IPCC, pois sabe-se da influencia direta que essas variáveis hidrológicas tem no processo de formação de vazão para cada sub-bacia.

Após a obtenção dos diversos resultados da operação ótima e integrada dos 34 cenários formados, entre outros dados, com as variáveis hidroclimáticas de temperatura e precipitação (Anexo 6.7 a 6.9) para as 3 sub-bacias, percebesse a influência que as mudanças climáticas têm sobre os resultados dos diversos cenários para cada uma das bacias. Essas influências são função das vazões afluentes aos reservatórios, precipitação e evaporação fornecidos pelos modelos de previsão climáticos para cada um destes cenários.

Como exemplo da influência dessas variáveis, nos resultados dos modelos, pode-se citar as precipitações que tem influencia direta na vazão afluente a cada reservatório e precipitação direta sobre as culturas e reservatórios.

O outro exemplo de influência de uma variável fornecida pelo modelo na operação ótima e integrada é a temperatura. Pois foi a partir da temperatura que se gerou a evaporação para cada sub-bacia. Esta tendo influência direta no balanço das culturas, evaporação nos reservatórios, bem como da geração de escoamento superficial.

Importante destacar que qualquer modelo chuva-vazão com passo de tempo mensal é extremamente sensível à evaporação e à precipitação. Assim, a calibração e validação precisam estar muito bem feitas, com um período histórico razoável, para dar consistência a uma análise como a da presente pesquisa. Como neste trabalho não houve um período histórico suficientemente amplo essa poderá ser uma fonte de incerteza nos resultados.

Por fim, após análise do trabalho aqui realizado, percebe-se que não se pode afirmar que um ou outro modelo deverá ser usado para previsão dos dados de temperatura e precipitação para serem utilizados na operação de reservatórios como dados de entrada, pois não se tem a certeza, qual desses modelos estaria mais próximo do real. O que, no entanto, se pode fazer é um estudo de sensibilidade, como feito no item 6.1, a partir desses estudos se saberia para dadas faixas de mudanças de temperatura e precipitação os efeitos que as mudanças de tais variáveis teriam sobre a operação de reservatórios.

Capítulo 7

Conclusões e Recomendações

Como comentando anteriormente o objetivo desta pesquisa foi avaliar a possível influência de prováveis mudanças climáticas, devido ao efeito estufa, sobre a operação de reservatórios de usos múltiplos. Para isso foram utilizados como dados de entrada ao modelo dados hidroclimáticos provenientes de 5 modelos de previsões climáticas utilizados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), dados inerentes às bacias que contém os 3 reservatórios estudados nesta pesquisa, dados dos próprios reservatórios e de cultivos irrigados pelos reservatórios.

Otimizou-se vários cenários, divididos em dois grupos: o primeiro grupo composto por cenários sintéticos formados por variações de temperatura e precipitação e o segundo composto por cenários formados por previsões dos modelos utilizados pelo IPCC como mencionado anteriormente.

Através dos resultados obtidos com as otimizações pode-se chegar a algumas conclusões importantes:

Variações de precipitação e temperatura ocasionam significativas alterações na geração do escoamento superficial e conseqüentemente no volume de água gerado para a região de estudo. Nota-se que para as 3 sub-bacias estudadas o acréscimo de 4°C causa uma diminuição acentuada na geração desse escoamento.

Percebe-se que alguns modelos apresentam variações sazonais de incrementos e decrementos de precipitação para a região em estudo, ou seja, ao longo dos meses um modelo pode apresentar incrementos e decrementos de precipitação. As exceções a essa observação são os modelos ECHAM4 e o HadCm3.

Nota-se que ocorrem variações sazonais muito elevadas para um mesmo modelo, havendo meses em que quase não ocorrem acréscimos ou decréscimos de precipitação e havendo meses que ocorrem grandes acréscimos ou decréscimos dessa mesma variável.

Da mesma forma que a precipitação, os modelos de previsões climáticas também apresentam grandes variações sazonais para a temperatura.

De uma forma geral, os modelos ECHAM4 e o HadCm3 apresentaram menores valores de totais anuais de precipitação em relação aos outros modelos, inclusive decréscimos de precipitação em relação ao histórico. Já levando em consideração a temperatura, existe uma certa uniformidade entre os modelos, com todos indicando aumento de temperatura.

As menores vazões para as sub-bacias estudadas foram obtidas também com os modelos ECHAM4 e o HadCm3, haja vista as menores precipitações serem geradas por esses modelos dentre os outros modelos.

Nota-se discrepância entre os resultados fornecidos pelos modelos de previsões climáticas, seja na precipitação como também na temperatura, por isso, não se pode afirmar um ou outro modelo é o mais correto a se utilizar. O que se pode ser feito é a análise de sensibilidade para a região a ser estudada conforme item 6.1, ou seja, caso aconteça uma variação de precipitação e temperatura obter-se-ia através da análise de sensibilidade quais os efeitos no sistema hídrico em estudo.

Em relação à influência das mudanças climáticas na operação dos reservatórios, se levado em consideração os dados obtidos com o auxílio dos modelos de previsões climáticas do IPCC e os alterados pela análise de sensibilidade, como os resultados da operação dependem e são fortemente influenciadas pela evaporação (que é função da temperatura) e vazão (que é função da precipitação e também da evaporação) e que essas duas variáveis estão intimamente influenciadas pelas mudanças climáticas, têm-se então que essas mudanças têm impacto direto na operação dos reservatórios. Tal fato comprovou-se tanto pela análise de sensibilidade, como pela operação dos reservatórios empregando-se de dados provenientes dos modelos do IPCC utilizados nesta pesquisa, onde a receita líquida advinda das culturas, área para cada uma dessas culturas, volumes finais dos reservatórios, volumes de água para as culturas, etc. foram diferentes para cada cenário.

Menciona-se o fato de que modelos chuva-vazão mensais são extremamente sensíveis à evaporação e à precipitação. Desta forma, a calibração e validação devem ser realizados com um período histórico razoável, para dar consistência a uma análise como a do estudo aqui

empreendido. Como neste trabalho não houve um período histórico suficientemente amplo essa poderá ser uma fonte de incerteza nos resultados.

Recomenda-se que em futuros estudos nessa mesma linha de pesquisa sejam utilizados modelos de previsões climáticas com menores malhas. Pois nos modelos utilizados nesta tese os grids são espaçados de $2,5^\circ$ de latitude e $3,75$ de longitude, portanto cada grid cobrindo uma área muito extensa.

Referências Bibliográficas

- Albuquerque, A. S. O.. Operação ótima e integrada do sistema hídrico composto pelos reservatórios do alto Capibaribe. Campina Grande. (Dissertação de mestrado apresentada a UFCG, área de saneamento ambiental e recursos hídricos). 2003
- Albuquerque, A. S. O. Azevedo, J. R. G. de. Análise da influência das mudanças climáticas de temperatura e precipitação na geração do escoamento superficial de 3 bacias do agreste Pernambucano. IN : VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís / MA, 30 de Novembro a 03 de Dezembro de 2004.
- Alcântara, E. H. de.. Mudanças climáticas, incertezas hidrológicas e vazão fluvial: o caso do estuário do rio anil. Caminhos de geografia - Revista on line. 2004
- Alves, J. M. B., Campos, J. N., Filho, F. A., Silva, E. M. Uma Avaliação Preliminar de Simulações Climáticas de um Modelo Regional Espectral Aninhado em um Modelo Global. Revista Brasileira de Meteorologia -2005.
- Andrade, P. R. G. S de. Operação integrada ótima do sistema hídrico Jucazinho - Carpina, para múltiplos usos - rio Capibaribe - PE. Campina Grande - 2003. (Dissertação de mestrado apresentada a UFCG, área de saneamento ambiental e recursos hídricos).
- Azevedo, J. R. .Water Resources and Global Warming for the São Francisco River in Brasil, tese de PhD na Universidade de Southampton – Inglaterra. 1999
- Azevedo, J. R. de. Amorim, Rodrigo de Souza. Silva, Gabriela de Souza. . Modelo computacional para leitura das previsões de mudanças climáticas disponibilizadas pelo ipcc – Data Distribution Center. In: XV Simpósio de Recursos Hídricos, 2003, Curitiba.
- Barbosa, C. M. de S. Gestão sustentável dos recursos hídricos no Brasil. IN : VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís / MA, 30 de Novembro a 03 de Dezembro de 2004.
- Barbosa, D. L. Otimização da operação de múltiplos reservatórios em paralelo para usos e objetivos múltiplos. Campina Grande-PB: UFPB - Curso de pós-graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos (Dissertação de Mestrado) - 2001.
- Barnett, T.; Malone, R.; Pennell, W.; Stammer, D.; Semtner, B. e Washington, W. 2001. The effects of climate change on water resources in the west: introduction and overview.

- Climatic Change, n. 62, p. 1 – 11.
- Bellman, R.. Dynamic Programming. Princeton University Press, Princeton, N.J., USA, 1957.
- Braga, Jr. Técnicas de otimização e simulação aplicadas em sistemas de recursos hídricos. In: Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo: Nobel/ABRH. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 1), 1987.
- Campos, J. N. B. ; Studart, T. M. C. 2001. Variabilidades Climáticas e Tendências Hidrológicas em Climas Semi-Áridos. In: III Encontro de Aguas.
- CEAGESPE – Companhia de Abastecimento e de Armazéns Gerais de Pernambuco. Disponível em: < [http:// www.ceagepe.com.br](http://www.ceagepe.com.br) >. Acesso em: 05/07/2006.
- Celeste, A. B. O., Curi, W.F., Curi, R. C. Otimização de modelagens de alternativas de esvaziamento de um sistema de reservatórios na bacia do rio Piancó. IN : VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís / MA, novembro de 2004.
- Cirilo, J. A., Baltar, A. M., Júnior, A. L. R., Filho, C. O. T. Processamento integrado de dados para análise hidrológica. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, volume 2. 1997.
- Christensen, N. S; Wood, A. W.; Voisin, N; Lettenmaier, D. P. e Palmer, R. N. 2004. The effects of climate change on the hidrology and water resources of the Colorado river basin. Climatic Change, n. 62, p. 337-363.
- CURI, W. Fadlo ; CURI, R. C. . ORNAP- Optimal Reservoir Network Analysis Program. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001, Aracajú- SE. XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001. v. 1. p. 138-138.
- Curi, R. C. ; Curi, W. F. ; PORTO, J. F. . Planejamento integrado do uso da água em propriedades rurais: O modelo matemático do CISDERGO. In: III Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido, 2001, Campina Grande. Anais do III Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido, 2001. v. 1. p. 1-09.
- Curi, R. C.; Curi, W. F.; Celeste, A. B. Alocação ótima da água do reservatório Eng.º Arcoverde para irrigação via programação não linear. Anais de XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória / ES, novembro de 1997.
- Crawford, N, Linsley, R. Digital Simulation in Hydrology: Standford Watershed Model IV, *Tech*

Report, 39., Dep. Civil Eng., Standford Univ., Standford, CA, 1966, 210 p.

FAO. The state of world fisheries and aquaculture. Documentation group cataloguing in publication data. FAO, Rome. p.98. 1998.

Fórum brasileiro de mudanças climáticas - Mudanças climáticas – guia de informações – 2002; 1a edição (versão em português do original do PNUMA – Quadro das nações unidas sobre mudanças climáticas).

IPCC – DCC. Disponível em: <http://ipcc-dc.cptec.inpe.br/ipccddcbr/html/cru_data/datadownload/download_index.html>. Acesso em: 05/2003.

Lanna, A. E. L. Manual de Modelos Chuva-vazão. IPH - UFRGS. 1999.

Lanna, A. E. L., P. F., Benedito, Cirilo, J. A., Azevedo, Kamel Z. F. L., Barros, M.T. L., Barbosa, P. S. F. Técnicas quantitativas para o gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo. ABRH. Editora da Universidade / UFRGS. 1999.

Leão, J. de C., Thaize P. de S. S. Avaliação de demanda e simulação do reservatório de Bocaina. IN : VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís / MA, 30 de Novembro a 03 de Dezembro de 2004.

Leão, M. DELPHI 7 curso completo. Editora Books – São Paulo – SP. 2003.

Levantamento exploratório – Reconhecimento de solos de Pernambuco - Volume I. 1973. Divisão de Pesquisa Pedológica – DNPEA, Ministério da Agricultura, Recife.

LOPES, J.E.G.; BRAGA JR., B.P.F.; CONEJO, J.G.L. (1981) “Simulação hidrológica: Aplicações de um modelo simplificado”. In: Anais do III Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, v.2, 42-62, Fortaleza.

Marengo, J. A., Soares, W. R. Impacto das modificações da mudança climática. Clima e Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos/FBMC-ANA. Porto Alegre Brasil – 2003.

Melo, D. M., Curi, W.F., Curi, R. C. Lima, C. A.G. Avaliação dos efeitos de variação das condições iniciais no processo otimizante do reservatório de saco de Nova Olinda – PB. IN : VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís / MA, 30 de Novembro a 03 de Dezembro de 2004.

- Ministério do Meio Ambiente. <<http://blog.lotusambiental.org.br/>>. Acesso em 14/11/2007.
- Neto, A. V. L., Cardoso E. R. Silva F. F. da, Neto, F. A. de C. P., Paz V. P. da S. Critério para determinação da demanda hidroagrícola para requerimento da outorga do uso da água. IN : VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís / MA, 30 de Novembro a 03 de Dezembro de 2004.
- PERH – Governo do estado de Pernambuco. 1998. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco - PERH-PE. Documento Síntese.
- PINTO, H. S.; ZULLO Jr., J.; ZULLO, S. A. Oscilações pluviométricas temporais no E. S. Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6., 1989, Maceió. Anais... Maceió: Soc. Bras. Agrometeorologia, 1989, p. 29-33.
- PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; ZULLO Jr., J.; BRUNINI, O.; EVANGELISTA, B. A. Impacto do aumento da temperatura no zoneamento climático do café nos Estados de São Paulo e Goiás: avaliação dos cenários do IPCC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA; 12., 2001. Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2001, p. 605-606.
- Porto, R. L. Acquanet . Alocação da água em sistemas complexos de recursos hídricos, manual de uso do modelo, 2002.
- PRADO, Darci Santos do; Programação linear . Belo Horizonte: desenvolvimento gerencial, 1999.
- QUINTELA, A. C. - Hidráulica. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 1981.
- ROECKNER, E. et al. The atmospheric general circulation model ECHAM4: model description and simulation of the present-day climate. Max Planck Institut für Meteorologie, Report n.28, Hamburg, Germany, 1996.
- Swart, S. e Santos, M. J. Z. Dos. 2001. Mudanças climáticas e planejamento regional nos setores da depressão periférica e planície litorânea do estado de São Paulo: comportamento dos parâmetros térmicos e hídricos no período de 1955 – 1997. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 4, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ. 1 CD ROM.
- Stakhiv, E. Z. Policy implications of climate change impacts on water resources management.

Water Policy. 1998.

SUDENE, Dados pluviométricos mensais do Nordeste. Recife: Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, 1990.

Streck, N. A. Albert, C. M. 2006. Simulação do impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. *Ciência Rural*. v.36, n.2, p.424-433.

TAKEUCHI, K., KUNDZEWICZ, Z. W. Sustainability and reservoirs. Sustainable Reservoir development and management. publication of international association of hydrological sciences - IAHS, Wallingford, UK, N° 251 review. *Water resources research*, ashington, Vol. 21, n° 12 - 1998.

TUCCI, C. E. M.: Modelos Hidrológicos. Tucci, C. E. M. (editor) Ed. da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1998.

Tucci, C.E.M. & Braga, B. Clima e recursos hídricos. In: *Clima e Recursos Hídricos no Brasil*, ABRH, Porto Alegre. (Organizadores: Carlo E. M.Tucci e Benedito Braga). Coleção ABRH de Recursos Hídricos. 2003

Uvo, C. ; Marengo. J. A. Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e América do Sul (Relatório Técnico). 1996.

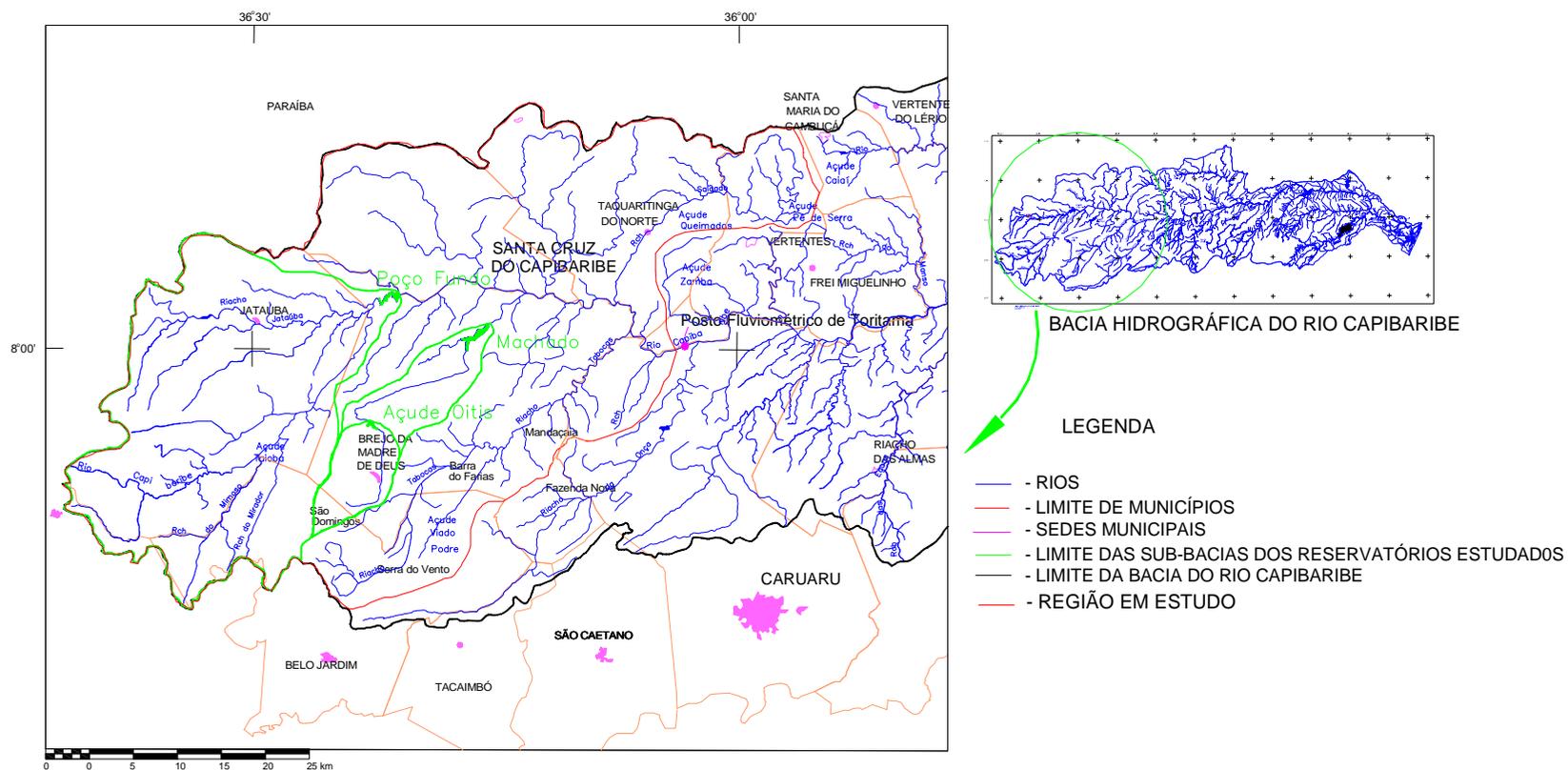
Valença, M. Valença, A. C. Um sistema inteligente para operação ótima de um reservatório de armazenamento durante um período de cheias. IN : VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís / MA, 30 de Novembro a 03 de Dezembro de 2004.

Wurbs, R. A. Reservoir-system simulation and optimization models. *Journal of Water Resources Planning and Management*, New York, Vol. 119, n° 4- 1993.

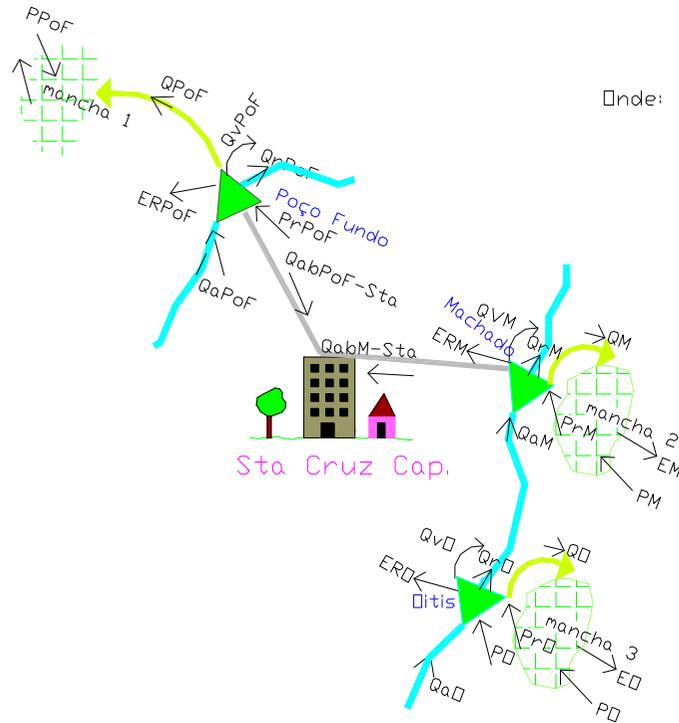
WWF. Disponível em:<http://www.wwf.org.br/wwf_brasil/wwf_mundo/index.cfm>. Acesso em: 05/2007.

Yeh, W. W. G. Reservoir management and operations models: a state of the art review. *Water resources research*, Washington, Vol. 21, n° 12 - 1985.

ANEXOS



Anexo 5.1 – Localização geográfica da região em estudo.



Onde:

- QPoF- Vazão retirada do reservatório de Poço Fundo para a Cultura.
- QVPoF- Vazão vertida pelo reservatório de Poço Fundo.
- QRPoF- Vazão regularizada pelo reservatório de Poço Fundo.
- QaPoF- Vazão aflente ao reservatório de Poço Fundo.
- QabPoF-Sta - Vazão que sai do Poço Fundo e abastece Sant. Cr. do Cap.
- QabM-Sta - Vazão que sai do reservatório de Machado e abastece Sant. Cr. do Cap.
- QVM - Vazão vertida pelo reservatório de Machado.
- QRM - Vazão regularizada pelo reservatório de Machado.
- QM - Vazão retirada do reservatório de Machado para a Cultura.
- QaM - Vazão aflente ao reservatório de Machado.
- QVD - Vazão vertida pelo reservatório de Ditis.
- QRD - Vazão regularizada pelo reservatório de Ditis.
- QD - Vazão retirada do reservatório de Ditis para a Cultura.
- QaD - Vazão aflente ao reservatório de Ditis.
- ERPoF- Evaporação sobre o reservatório do Poço Fundo.
- EM - Evaporação na cultura de Machado.
- ERM - Evaporação sobre o reservatório de Machado.
- ED - Evaporação na cultura de Ditis.
- ERD - Evaporação no reservatório de Ditis.
- EPoF- Evaporação na cultura de Poço Fundo.
- PPoF- Precipitação direta na cultura irrigada por Poço Fundo.
- PrD - Precipitação direta no reservatório de Ditis.
- PrPoF- Precipitação direta no reservatório de Poço fundo.
- PM - Precipitação direta na cultura irrigada por Machado.
- PD - Precipitação direta na cultura irrigada por Ditis.
- PrM - Precipitação direta no reservatório de Machado.

Dados pluviométricos do posto : Brejo da Madre de Deus													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual
1963	27,3	38,5	66,8	44,3	21,8	80,4	15,5	3,0	14,5	0,0	6,7	184,1	503,0
1964	149,7	20,1	162,1	133,5	108,9	71,0	63,9	65,2	27,7	17,0	3,0	10,8	832,9
1965	8,0	69,0	31,6	264,0	135,0	122,0	32,7	77,3	44,6	41,8	27,1	39,0	892,1
1966	49,0	185,0	69,1	392,4	74,0	215,2	253,3	45,6	64,6	1,0	133,8	82,4	1565,4
1967	23,4	37,1	168,0	103,6	95,8	77,3	31,0	48,3	43,0	51,7	0,0	79,6	758,8
1968	89,0	28,2	172,4	165,1	158,8	29,6	65,1	4,7	7,4	2,1	0,2	54,8	777,4
1969	101,4	84,0	236,8	151,0	54,8	154,2	180,2	21,0	11,8	3,6	8,6	13,5	1020,9
1970	72,8	52,0	193,8	90,2	20,4	42,7	137,4	14,5	0,0	4,6	2,3	0,0	630,7
1971	0,5	44,3	106,6	244,2	48,6	73,5	114,9	43,7	10,9	91,0	6,0	0,0	784,2
1972	13,4	73,0	59,1	53,7	84,6	50,5	60,0	103,9	26,1	15,3	0,0	17,0	556,6
1973	60,0	58,2	282,0	88,0	164,0	49,0	65,0	8,0	42,0	16,0	0,0	70,4	902,6
1974	61,8	96,6	154,8	258,3	74,7	47,6	58,2	7,4	33,5	16,1	26,5	34,1	869,6
1975	140,6	328,0	155,8	79,2	24,8	37,3	134,5	10,6	180,1	2,4	5,2	123,8	1222,3
1976	11,6	118,0	62,8	106,4	36,5	18,6	17,7	3,9	0,0	50,4	7,0	26,5	459,4
1977	58,7	25,1	53,6	263,4	155,9	186,8	162,8	6,2	24,6	6,5	0,0	17,1	960,6
1978	1,7	114,4	351,0	134,7	130,1	51,3	126,4	29,5	143,0	3,2	19,4	22,4	1127,1
1979	63,4	25,6	90,2	68,9	56,8	8,6	6,9	11,2	48,5	1,9	18,3	20,7	421,1
1980	58,7	165,5	86,3	30,6	19,2	150,1	26,1	13,7	7,0	50,6	58,0	0,0	665,8
1981	49,4	4,6	489,4	25,4	67,3	0,0	32,8	2,4	6,8	0,0	6,0	34,0	718,1
1982	13,6	54,0	11,0	36,7	183,8	69,8	24,3	54,0	13,8	0,0	0,0	64,2	525,2
1983	45,6	128,3	119,5	97,0	67,9	146,8	22,8	50,1	3,4	29,6	0,0	0,0	711,0
1984	29,0	37,0	91,8	418,4	108,9	33,7	93,5	64,8	0,0	0,0	0,0	0,0	877,1
1985	41,7	311,4	181,8	360,2	60,8	80,6	69,4	103,1	8,0	6,2	7,8	29,8	1260,8
1986	20,9	135,0	197,0	209,1	133,3	64,4	76,3	111,4	34,3	0,0	17,9	14,8	1014,4
1987	8,4	4,0	273,4	190,5	2,3	185,2	100,4	27,1	0,0	35,0	5,5	0,0	831,8
1988	32,6	198,6	173,7	234,1	4,8	18,2	102,0	11,3	12,6	4,4	14,8	73,6	880,7
1989	27,6	15,2	137,6	175,2	122,4	117,8	102,6	39,4	16,8	11,6	9,0	90,4	865,6
1990	35,4	2,2	0,0	61,6	7,8	91,8	137,0	33,8	12,2	2,6	0,0	0,0	384,4
1991	7,8	12,2	338,8	55,4	62,3	34,9	8,5	71,5	7,8	6,0	0,0	0,0	605,2
Média	44,9	85,0	155,8	156,4	78,8	79,6	82,3	38,7	29,7	16,8	13,4	32,8	814,3

Anexo 5.3 – Pluviometria média mensal dos 7 postos inseridos nas bacias.

Dados pluviométricos do posto : Lagoa do Félix													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	12,1	46,4	43,2	22,8	21,6	56,4	22,2	5,6	2,2	0,0	12,1	109,0	353,7
1964	62,6	39,2	117,3	52,8	68,3	53,2	44,3	37,4	7,4	0,7	9,9	16,8	509,8
1965	22,9	36,8	87,5	95,4	69,1	119,5	19,0	21,2	4,7	3,7	26,0	15,5	521,4
1966	25,6	91,5	56,4	166,1	59,0	147,7	160,1	22,9	15,2	0,5	134,0	22,0	900,9
1967	7,7	49,8	128,8	114,6	128,9	72,9	38,9	29,5	11,1	3,6	0,0	27,6	613,5
1968	54,0	37,8	63,4	66,2	61,5	27,5	45,6	0,0	0,0	0,0	48,4	6,0	410,4
1969	50,6	36,0	291,8	76,0	0,0	87,2	145,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	689,6
1970	56,8	0,0	128,0	23,0	14,0	19,8	57,0	26,4	0,0	16,2	0,0	0,0	341,2
1971	4,0	0,0	72,0	195,5	48,6	23,6	64,8	12,2	9,0	4,0	1,0	0,0	434,7
1972	30,6	132,2	82,5	99,1	68,5	79,4	24,0	65,0	12,8	0,0	0,0	60,8	654,9
1973	22,2	11,0	28,9	29,8	11,6	24,2	10,9	11,4	6,0	0,0	0,0	0,0	156,0
1974	18,4	32,8	295,8	145,2	68,0	6,9	39,9	6,6	8,2	0,0	113,6	59,8	795,2
1975	0,0	63,0	43,6	12,0	40,5	25,0	208,0	8,6	25,0	0,0	0,0	63,5	489,2
1976	9,5	170,7	71,6	33,4	0,0	17,6	12,0	0,0	0,0	0,0	9,5	12,6	336,9
1977	12,5	2,2	25,4	104,2	73,1	53,6	70,7	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	363,1
1978	0,0	114,0	269,9	56,6	121,0	31,3	40,4	24,4	21,0	0,0	33,4	0,0	712,0
1979	61,0	40,2	65,8	60,4	37,0	13,8	42,8	5,0	21,0	0,0	3,8	8,0	358,8
1980	26,3	128,0	69,6	4,2	0,0	72,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	302,5
1981	19,6	23,6	250,3	42,6	0,0	12,8	10,4	0,0	0,0	0,0	39,4	0,0	398,7
1982	0,0	25,9	12,0	119,6	117,5	61,3	25,2	19,9	0,0	6,5	0,0	0,0	387,9
1983	21,6	104,0	75,8	8,0	22,3	27,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	266,7
1984	13,0	0,0	157,8	288,3	91,4	14,0	44,5	65,2	0,0	0,0	0,0	0,0	674,2
1985	22,0	109,8	188,2	47,2	25,5	101,9	75,2	27,8	0,0	0,0	0,0	19,3	616,9
1986	45,0	123,2	119,0	103,5	55,4	47,1	75,0	45,2	1,0	0,0	25,0	0,0	639,4
1987	6,0	34,0	91,4	47,6	12,0	38,5	30,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	259,7
1988	10,0	87,2	122,6	168,6	16,4	90,0	24,8	32,1	0,0	0,0	0,0	62,3	614,0
1989	0,0	0,0	85,6	0,0	197,0	250,2	137,4	0,0	0,0	0,0	0,0	59,0	729,2
1990	0,0	0,0	0,0	29,4	46,8	122,0	50,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	248,8
1991	0,0	19,6	121,6	32,0	175,6	89,4	63,0	94,8	0,0	0,0	0,0	0,0	596,0
Média	21,2	53,8	109,2	77,4	56,9	61,6	54,5	19,6	5,0	1,2	15,8	19,5	495,7

Dados pluviométricos do posto :													Jatauba												
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual												
1963	21,0	11,0	34,2	30,9	2,0	15,3	0,0	0,0	10,2	0,0	12,0	27,8	164,4												
1964	44,0	75,9	24,7	81,6	78,0	52,1	28,1	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	400,8												
1965	0,0	0,0	33,0	83,0	80,8	310,8	12,1	6,6	3,7	28,8	8,0	0,0	566,8												
1966	51,5	85,0	9,7	230,8	101,6	128,7	107,4	45,0	70,6	0,0	42,3	18,4	891,0												
1967	3,0	18,1	35,0	163,3	201,0	81,8	35,4	26,8	28,2	20,2	0,0	20,4	633,2												
1968	226,6	118,6	194,1	142,0	139,7	24,6	62,2	2,1	1,3	1,0	42,0	6,0	960,2												
1969	66,0	35,0	60,2	45,5	1,0	45,5	32,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	290,2												
1970	27,2	2,0	36,0	26,0	0,2	12,0	24,0	1,0	0,0	12,6	12,6	0,0	153,6												
1971	14,0	0,0	26,0	95,2	33,9	12,0	12,6	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	195,7												
1972	0,0	25,0	66,6	28,4	16,8	3,4	4,8	23,9	8,0	0,0	0,0	6,2	183,1												
1973	0,0	0,0	142,4	85,6	46,2	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	39,0	347,0												
1974	49,4	62,0	151,0	273,6	52,5	36,4	16,4	0,0	0,0	0,0	39,0	29,7	710,0												
1975	18,7	33,0	70,0	130,9	53,4	9,0	170,1	0,0	0,0	0,0	0,0	122,0	607,1												
1976	23,0	90,8	44,3	130,9	58,2	30,1	20,2	66,3	0,0	31,0	5,0	4,9	504,7												
1977	87,6	28,8	0,0	225,0	46,2	48,6	52,5	22,0	5,2	6,3	8,2	22,0	552,4												
1978	0,0	60,0	287,0	66,7	75,5	90,5	33,2	19,6	13,6	2,4	3,7	3,7	655,9												
1979	60,8	28,4	0,0	51,4	31,7	0,0	20,7	3,3	9,0	0,0	7,0	22,0	234,3												
1980	4,2	62,5	41,0	0,0	0,0	41,8	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	164,5												
1981	0,0	1,3	387,5	10,0	41,8	25,0	25,0	20,4	6,0	9,7	24,3	47,0	598,0												
1982	48,5	39,0	17,0	58,0	69,0	45,0	8,0	20,0	1,0	8,0	0,0	12,3	325,8												
1983	13,6	28,7	47,9	50,2	37,7	5,1	9,1	0,0	5,1	0,0	6,1	8,2	211,7												
1984	11,4	8,3	160,4	136,4	75,8	53,7	28,3	33,6	9,8	1,2	0,0	3,2	522,1												
1985	9,2	201,8	80,4	134,0	26,4	7,2	37,2	27,0	0,0	39,4	0,0	16,6	579,2												
1986	10,4	119,6	66,8	72,2	129,7	39,2	19,0	2,2	10,2	11,6	17,3	8,3	506,5												
1987	5,6	12,2	71,6	63,8	5,4	49,0	23,6	9,0	5,6	2,2	3,4	0,0	251,4												
1988	25,6	44,2	97,8	80,4	19,6	11,6	34,4	0,0	4,8	1,2	9,3	37,0	365,9												
1989	13,6	8,1	16,6	182,1	91,6	24,6	34,2	21,6	0,0	17,0	15,2	103,0	527,6												
1990	8,8	100,8	0,0	48,3	57,4	67,2	30,4	4,8	31,4	6,2	4,2	0,0	359,5												
1991	0,0	38,4	243,6	95,6	181,4	20,8	8,8	19,8	0,0	22,2	4,2	4,2	639,0												
Média	29,1	46,2	84,3	97,3	60,5	45,3	31,2	13,6	7,8	7,7	9,5	19,4	451,8												

Dados pluviométricos do posto :			Mandacaia										
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	32,8	10,8	115,0	55,6	33,0	34,4	4,8	0,0	10,4	0,0	25,4	134,4	456,6
1964	92,2	112,4	115,8	115,3	100,9	67,7	51,1	55,8	42,6	4,1	3,1	10,0	771,0
1965	25,3	65,0	77,5	82,9	40,0	129,0	41,5	11,3	3,1	18,9	0,0	32,3	526,8
1966	72,6	53,0	16,3	190,1	44,2	115,5	92,9	0,0	7,2	0,0	28,8	42,8	663,4
1967	31,5	13,6	34,5	105,4	98,7	21,7	29,0	22,0	11,5	7,6	0,0	47,9	423,4
1968	51,1	18,7	100,3	93,8	79,6	8,5	33,9	7,4	0,0	0,0	11,6	7,0	411,9
1969	83,6	21,9	105,3	91,8	31,8	87,9	97,1	12,2	8,3	3,7	16,0	0,0	559,6
1970	31,1	17,3	152,5	75,9	26,8	44,6	147,8	22,0	0,0	0,0	1,5	0,0	519,5
1971	0,0	27,9	32,0	144,6	51,8	60,4	51,3	23,2	13,5	4,9	0,0	0,0	409,6
1972	0,0	68,1	75,7	18,2	48,3	68,8	53,2	75,9	0,0	1,7	0,0	11,5	421,4
1973	2,3	0,0	19,3	95,6	16,5	64,6	29,5	0,0	12,0	27,3	0,0	16,5	283,6
1974	34,7	65,2	145,6	196,2	36,7	81,9	42,5	0,0	0,0	0,0	0,0	51,8	654,6
1975	0,0	33,8	121,7	99,9	96,4	9,7	174,7	17,3	32,2	0,0	0,0	76,4	662,1
1976	0,0	68,2	24,7	49,5	49,0	22,5	0,0	25,3	0,0	21,3	26,8	11,7	299,0
1977	106,5	30,0	10,3	214,5	118,8	147,4	120,0	0,0	25,7	0,0	0,0	0,0	773,2
1978	8,5	82,2	180,9	105,2	123,0	56,3	58,7	18,1	30,3	0,0	8,7	0,0	671,9
1979	35,6	0,0	97,3	23,4	60,6	4,8	30,0	2,1	47,4	0,0	0,0	0,0	301,2
1980	0,0	120,3	51,2	0,0	25,8	98,9	0,0	8,5	0,0	9,7	24,3	0,0	338,7
1981	67,5	22,5	318,2	34,5	6,5	0,0	0,0	12,3	0,0	0,0	0,0	40,0	501,5
1982	0,0	31,3	7,9	111,8	159,5	96,3	7,3	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	437,4
1983	0,0	146,8	31,0	51,2	50,1	16,1	14,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	335,2
1984	15,3	14,3	73,8	204,8	101,2	16,4	108,1	54,2	14,2	11,7	0,0	0,0	614,0
1985	12,7	147,1	216,3	387,9	68,2	49,8	54,9	27,4	0,0	0,0	0,0	0,0	964,3
1986	47,8	157,2	143,2	149,4	118,5	72,0	53,3	65,2	29,1	5,5	19,1	0,0	860,3
1987	0,0	57,5	179,0	82,9	0,0	46,2	65,6	8,5	8,5	0,0	0,0	0,0	448,2
1988	33,5	43,7	231,9	119,7	21,9	57,9	64,4	12,3	0,0	0,0	13,5	13,0	611,8
1989	18,1	0,0	91,7	106,0	134,3	57,6	101,1	29,4	7,3	28,8	8,7	117,2	700,2
1990	21,4	16,7	25,8	51,6	26,6	76,5	57,3	14,9	4,7	0,0	0,0	0,0	295,5
1991	11,3	10,9	160,7	23,7	95,7	20,3	32,0	35,7	6,5	0,0	6,3	0,0	403,1
Média	28,8	50,2	101,9	106,3	64,3	56,3	55,7	21,0	10,8	5,0	6,7	21,1	528,2

Dados pluviométricos do posto :				Muquem										
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual	
Ano														
1963	16,2	49,2	65,3	48,8	21,6	66,3	30,6	3,5	12,4	0,0	13,9	135,0	462,8	
1964	69,9	64,0	142,5	110,1	90,0	74,5	70,5	30,5	28,8	6,8	8,5	19,7	715,9	
1965	22,6	36,3	93,9	179,7	92,2	228,9	30,1	18,9	19,5	45,6	24,7	18,1	810,7	
1966	47,7	152,6	139,1	417,1	117,8	250,1	302,8	42,5	116,2	4,4	142,1	36,3	1768,7	
1967	10,4	78,3	141,4	419,2	383,2	204,3	115,5	54,9	93,5	67,7	0,0	44,8	1613,1	
1968	41,3	39,6	137,9	107,8	132,4	37,9	59,4	0,0	7,0	0,0	65,5	13,3	642,1	
1969	24,6	157,0	264,0	155,7	46,6	129,8	158,4	33,0	0,0	14,6	0,0	0,0	983,7	
1970	63,0	28,3	168,4	88,6	36,2	82,8	146,6	34,4	0,0	14,6	0,0	0,0	662,9	
1971	0,0	0,0	79,0	271,2	59,4	38,0	128,6	43,0	17,0	24,4	0,0	8,4	669,0	
1972	7,0	155,4	92,0	148,4	84,6	123,6	38,4	82,4	10,4	0,0	0,0	74,8	817,0	
1973	12,4	56,4	123,0	113,4	66,2	55,0	48,0	0,0	41,0	13,6	0,0	21,6	550,6	
1974	56,2	122,4	279,0	257,2	67,4	102,0	65,0	20,8	12,4	0,0	52,4	63,4	1098,2	
1975	0,0	47,4	166,2	148,4	64,4	49,4	192,0	0,0	33,4	0,0	0,0	121,0	822,2	
1976	0,0	164,8	98,4	130,6	72,4	55,4	32,4	26,0	12,4	66,4	0,0	0,0	658,8	
1977	84,4	50,8	84,4	193,0	215,4	98,8	169,4	8,4	17,0	80,4	0,0	0,0	1002,0	
1978	0,0	70,0	174,2	192,4	97,4	103,8	115,0	20,8	88,2	10,6	15,6	8,6	896,6	
1979	74,6	14,6	53,4	95,4	70,6	29,6	16,0	0,0	42,2	0,0	27,6	0,0	424,0	
1980	29,4	134,0	93,2	28,4	8,4	80,0	21,0	0,0	0,0	21,0	10,6	0,0	426,0	
1981	66,0	0,0	336,6	27,0	34,4	0,0	0,0	8,4	14,8	0,0	38,6	36,0	561,8	
1982	14,6	41,6	9,6	66,6	144,6	104,0	50,8	70,4	12,6	0,0	15,0	8,6	538,4	
1983	13,6	77,2	108,6	42,0	57,8	31,4	21,0	34,6	0,0	0,0	0,0	0,0	386,2	
1984	0,0	0,0	57,0	384,2	237,0	48,4	112,2	83,6	41,4	0,0	0,0	0,0	963,8	
1985	76,4	239,4	214,4	314,6	88,0	142,0	158,0	139,0	12,8	0,0	5,6	78,0	1468,2	
1986	34,0	180,0	435,4	207,6	164,2	97,4	153,4	85,0	93,4	14,6	61,6	36,6	1563,2	
1987	20,6	0,0	117,8	119,4	12,6	205,2	85,2	60,4	0,0	0,0	0,0	0,0	621,2	
1988	30,0	14,6	169,8	217,4	43,4	73,4	233,8	26,6	17,0	1,9	10,6	61,0	899,5	
1989	4,2	7,5	125,5	221,4	198,6	129,2	145,0	22,6	8,6	31,0	17,7	46,6	957,9	
1990	0,0	14,6	0,0	67,6	49,0	75,4	88,2	7,5	23,8	27,0	0,0	0,0	353,1	
1991	0,0	14,6	84,2	4,2	50,8	31,6	10,8	62,2	2,2	0,0	0,0	1,5	262,1	
Média	28,2	69,3	139,8	164,7	96,8	94,8	96,5	35,2	26,8	15,3	17,6	28,7	813,8	

Dados pluviométricos do posto :				Passagem do Tô									
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	21,9	27,0	51,9	40,8	16,5	33,7	14,3	2,2	5,1	0,0	11,2	47,1	271,8
1964	83,4	50,5	98,2	97,4	77,4	44,0	43,6	21,2	8,7	3,8	5,3	6,4	540,1
1965	23,3	17,9	76,5	146,3	79,2	161,8	18,7	11,5	6,4	32,6	17,1	6,0	597,2
1966	77,0	121,3	72,6	418,8	119,7	166,3	229,8	43,7	56,3	2,5	108,0	16,0	1431,9
1967	14,4	60,3	170,4	491,2	427,4	164,7	117,8	57,1	46,9	0,0	0,0	80,0	1630,1
1968	144,6	96,2	138,4	60,2	106,1	39,7	46,7	15,1	0,0	6,2	95,2	33,1	781,5
1969	15,0	42,3	379,8	167,0	46,9	98,6	220,9	20,1	3,8	0,0	0,0	6,8	1001,2
1970	106,4	17,4	64,2	35,9	12,2	33,9	50,0	8,6	0,0	11,8	0,0	0,0	340,4
1971	0,0	24,2	62,5	283,0	19,5	77,3	51,8	11,2	4,9	13,8	0,0	6,8	555,0
1972	0,0	33,0	92,9	30,7	65,4	71,7	63,5	92,8	26,1	9,0	0,0	33,8	518,9
1973	10,0	97,3	209,9	83,1	49,2	51,6	39,5	0,0	18,0	30,0	0,0	25,4	614,0
1974	158,4	59,3	234,2	358,6	62,7	45,8	63,7	8,6	0,0	0,0	54,3	43,1	1088,7
1975	123,2	14,1	83,6	128,0	76,0	38,4	153,2	0,0	37,2	0,0	0,0	90,9	744,6
1976	0,0	68,9	49,6	87,6	73,5	8,6	13,4	7,3	0,0	58,0	7,8	6,3	381,0
1977	43,7	31,0	59,2	284,7	266,6	207,2	200,7	18,1	26,0	10,4	0,0	2,8	1150,4
1978	2,6	94,5	253,8	96,3	120,3	60,2	104,4	61,4	44,6	7,1	11,3	5,8	862,3
1979	16,1	0,0	63,6	32,7	48,1	2,8	13,2	0,0	21,4	0,0	6,8	0,0	204,7
1980	23,1	57,6	42,5	15,3	6,4	54,5	9,1	4,3	0,0	5,2	0,0	35,0	253,0
1981	35,4	4,2	373,8	29,4	18,5	6,5	0,0	2,5	0,0	0,0	35,8	35,6	541,7
1982	10,8	6,2	5,3	54,7	131,5	63,4	29,6	18,0	9,6	40,8	0,0	24,6	394,5
1983	10,4	120,4	56,8	51,0	25,4	32,8	9,0	18,0	0,0	1,4	0,0	0,0	325,2
1984	2,6	2,8	134,8	251,7	192,8	0,0	43,8	50,6	0,0	0,0	0,0	0,0	679,1
1985	54,8	156,4	220,8	446,4	49,0	22,6	76,9	32,3	0,0	25,8	0,0	45,4	1130,4
1986	35,0	37,6	112,4	205,2	170,8	51,2	62,2	30,6	15,8	0,0	15,2	7,6	743,6
1987	8,7	23,0	205,2	157,6	0,0	22,0	32,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	448,6
1988	35,0	155,5	175,2	184,2	36,3	42,6	23,5	5,4	0,0	0,0	10,5	45,2	713,4
1989	0,0	14,2	119,4	246,8	191,8	113,8	77,6	0,0	0,0	24,6	8,2	106,6	903,0
1990	8,2	39,7	0,0	74,2	20,2	38,6	50,8	0,3	2,2	6,8	2,0	0,0	243,0
1991	0,0	12,1	16,0	77,0	3,3	0,0	0,8	44,8	0,0	0,0	1,3	0,0	155,3
Média	36,7	51,2	124,9	159,9	86,6	60,5	64,2	20,2	11,5	10,0	13,4	24,5	663,6

Precipitação (mm)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1975	32,7	39,7	88,5	104,6	57,7	28,8	180,9	2,2	22,1	0,0	0,0	100,3
1976	9,3	123,0	64,7	96,9	50,3	28,1	19,5	27,5	2,9	37,3	5,6	6,0
1977	58,4	27,7	38,8	200,6	140,3	96,3	116,5	12,5	11,2	22,7	2,5	12,6
1978	0,6	83,4	249,5	99,6	101,8	72,1	69,5	30,3	39,4	4,7	15,5	4,4
1979	54,2	21,9	42,7	59,7	45,6	10,9	23,5	2,2	22,4	0,0	10,9	8,6
1980	19,7	94,2	60,5	10,9	3,3	61,0	11,3	0,9	0,0	6,0	2,4	8,2
1981	27,9	7,2	338,5	26,3	24,5	12,1	10,1	8,6	5,2	2,9	33,9	30,2
1982	20,3	29,1	11,5	74,7	112,3	66,7	26,9	31,1	5,3	13,0	3,5	11,1
1983	14,9	78,9	70,8	37,9	35,8	22,7	9,5	13,9	1,5	0,3	1,8	2,5
1984	7,2	3,1	130,3	256,7	142,5	30,7	55,1	56,7	12,5	0,4	0,0	1,0
1985	37,9	177,5	169,1	222,6	45,3	65,3	83,2	54,1	2,9	17,5	1,3	37,7
1986	29,9	116,4	174,7	140,4	128,1	57,2	73,4	38,2	28,3	6,8	29,0	12,6
1987	9,8	17,2	116,6	93,2	7,5	76,4	41,3	16,6	1,7	0,7	1,0	0,0
1988	24,8	72,6	137,6	156,8	27,9	52,2	75,5	15,3	5,4	0,8	7,5	50,6
Média	27,86	63,38	127,94	120,04	68,36	48,18	54,61	21,65	11,45	8,02	12,25	20,22

Anexo 5.4 – Pluviometrias médias mensais para a sub-bacia de Poço Fundo

Precipitação												
(mm)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1975	140,6	328,0	155,8	79,2	24,8	37,3	134,5	10,6	180,1	2,4	5,2	123,8
1976	11,6	118,0	62,8	106,4	36,5	18,6	17,7	3,9	0,0	50,4	7,0	26,5
1977	58,7	25,1	53,6	263,4	155,9	186,8	162,8	6,2	24,6	6,5	0,0	17,1
1978	1,7	114,4	351,0	134,7	130,1	51,3	126,4	29,5	143,0	3,2	19,4	22,4
1979	63,4	25,6	90,2	68,9	56,8	8,6	6,9	11,2	48,5	1,9	18,3	20,7
1980	58,7	165,5	86,3	30,6	19,2	150,1	26,1	13,7	7,0	50,6	58,0	0,0
1981	49,4	4,6	489,4	25,4	67,3	0,0	32,8	2,4	6,8	0,0	6,0	34,0
1982	13,6	54,0	11,0	36,7	183,8	69,8	24,3	54,0	13,8	0,0	0,0	64,2
1983	45,6	128,3	119,5	97,0	67,9	146,8	22,8	50,1	3,4	29,6	0,0	0,0
1984	29,0	37,0	91,8	418,4	108,9	33,7	93,5	64,8	0,0	0,0	0,0	0,0
1985	41,7	311,4	181,8	360,2	60,8	80,6	69,4	103,1	8,0	6,2	7,8	29,8
1986	20,9	135,0	197,0	209,1	133,3	64,4	76,3	111,4	34,3	0,0	17,9	14,8
1987	8,4	4,0	273,4	190,5	2,3	185,2	100,4	27,1	0,0	35,0	5,5	0,0
1988	32,6	198,6	173,7	234,1	4,8	18,2	102,0	11,3	12,6	4,4	14,8	73,6
Média	41,14	117,82	166,95	161,04	75,17	75,10	71,14	35,66	34,44	13,59	11,42	30,49

Anexo 5.4 – Pluviometrias médias mensais para a sub-bacia Machado

Precipitação (mm)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1975	140,6	328,0	155,8	79,2	24,8	37,3	134,5	10,6	180,1	2,4	5,2	123,8
1976	11,6	118,0	62,8	106,4	36,5	18,6	17,7	3,9	0,0	50,4	7,0	26,5
1977	58,7	25,1	53,6	263,4	155,9	186,8	162,8	6,2	24,6	6,5	0,0	17,1
1978	1,7	114,4	351,0	134,7	130,1	51,3	126,4	29,5	143,0	3,2	19,4	22,4
1979	63,4	25,6	90,2	68,9	56,8	8,6	6,9	11,2	48,5	1,9	18,3	20,7
1980	58,7	165,5	86,3	30,6	19,2	150,1	26,1	13,7	7,0	50,6	58,0	0,0
1981	49,4	4,6	489,4	25,4	67,3	0,0	32,8	2,4	6,8	0,0	6,0	34,0
1982	13,6	54,0	11,0	36,7	183,8	69,8	24,3	54,0	13,8	0,0	0,0	64,2
1983	45,6	128,3	119,5	97,0	67,9	146,8	22,8	50,1	3,4	29,6	0,0	0,0
1984	29,0	37,0	91,8	418,4	108,9	33,7	93,5	64,8	0,0	0,0	0,0	0,0
1985	41,7	311,4	181,8	360,2	60,8	80,6	69,4	103,1	8,0	6,2	7,8	29,8
1986	20,9	135,0	197,0	209,1	133,3	64,4	76,3	111,4	34,3	0,0	17,9	14,8
1987	8,4	4,0	273,4	190,5	2,3	185,2	100,4	27,1	0,0	35,0	5,5	0,0
1988	32,6	198,6	173,7	234,1	4,8	18,2	102,0	11,3	12,6	4,4	14,8	73,6
Média	26,92	78,12	129,81	125,63	72,16	54,70	57,15	24,29	17,60	5,47	7,56	14,16

Anexo 5.4 – Pluviometrias médias mensais para a sub-bacia de Oitis

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto :					Santa Cruz do Capibaribe									
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual	
1963	25,5	12,9	73,5	26,5	41,6	25,9	1,5	4,2	4,5	0,0	3,2	38,9	258,2	
1964	38,2	111,8	98,5	46,5	110,6	88,0	70,0	34,7	25,0	0,0	0,0	0,0	623,3	
1965	22,0	0,0	50,0	33,0	62,0	49,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	216,0	
1966	110,0	83,0	14,5	117,2	30,8	174,7	90,0	50,8	6,2	0,0	26,0	71,0	774,2	
1967	0,0	0,0	87,2	191,4	214,6	111,9	85,1	242,3	38,0	0,0	0,0	62,7	1033,2	
1968	18,3	27,9	114,0	32,4	27,5	25,0	8,2	0,0	0,0	0,9	1,6	7,0	262,8	
1969	48,9	33,5	291,7	63,6	60,6	123,3	83,7	25,0	9,3	0,0	2,0	3,2	744,8	
1970	8,9	11,6	136,0	20,9	47,4	54,4	60,0	34,4	0,0	0,0	0,0	0,0	373,6	
1971	4,7	13,0	31,0	131,0	120,8	98,0	130,5	48,2	0,0	0,0	0,0	0,0	577,2	
1972	0,0	131,0	21,0	24,0	125,7	157,0	115,7	191,0	49,0	0,0	0,0	47,0	861,4	
1973	17,2	0,0	37,0	118,0	97,0	74,5	58,4	0,0	0,0	60,4	0,0	0,0	462,5	
1974	67,0	73,0	71,0	172,0	147,6	140,8	68,9	0,0	0,0	0,0	0,0	35,7	776,0	
1975	43,5	60,8	69,0	81,0	47,0	42,2	172,3	16,0	16,0	0,0	0,0	0,0	547,8	
1976	28,0	48,4	77,7	29,2	43,0	0,0	0,0	23,0	0,0	40,5	0,0	0,0	289,8	
1977	53,6	53,6	36,0	297,0	121,6	76,7	85,0	16,9	31,2	3,0	0,0	0,0	774,6	
1978	0,0	40,0	66,6	39,6	105,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	265,2	
1979	2,0	0,0	6,6	2,4	50,0	11,0	3,2	0,0	16,6	0,0	18,5	0,0	110,3	
1980	2,2	122,5	94,5	0,0	23,0	73,0	16,3	18,6	0,0	6,3	3,5	16,0	375,9	
1981	76,0	9,3	408,2	42,0	0,0	0,0	21,2	13,3	14,2	0,0	0,0	62,0	646,2	
1982	0,0	41,5	12,0	47,5	170,0	58,0	48,0	12,0	0,0	0,0	0,0	12,0	401,0	
1983	25,0	40,0	50,0	18,0	61,0	6,0	9,0	20,0	0,0	8,0	0,0	0,0	237,0	
1984	0,0	0,0	11,5	53,4	73,0	9,0	65,0	46,0	16,0	2,5	0,0	0,0	276,4	
1985	0,0	149,0	122,0	173,5	0,0	3,0	17,5	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	472,2	
1986	0,0	6,5	45,0	132,0	9,0	8,0	14,0	9,0	4,5	0,0	10,5	0,0	238,5	
1987	0,0	76,0	27,0	31,0	8,0	56,0	18,5	14,5	6,0	5,0	0,0	0,0	242,0	
1988	0,0	20,0	61,2	28,0	7,5	17,8	6,8	4,6	0,0	0,0	1,4	4,3	151,6	
1989	6,4	0,5	55,7	67,9	73,6	27,7	16,4	21,2	2,1	13,4	3,8	44,3	333,1	
1990	5,9	33,2	6,9	26,4	27,8	39,2	12,7	8,8	5,5	1,3	0,1	0,2	168,0	
1991	3,0	11,2	83,2	16,4	60,2	13,7	4,4	23,4	1,9	1,5	0,9	0,2	220,0	
Média	20,9	41,7	77,9	71,1	67,8	53,9	44,7	30,5	8,5	4,9	2,5	13,9	438,4	

Anexo 5.5 – Pluviometria média mensal para os postos de Santa Cruz do Capibaribe, Serra do vento e Taquaritinga do

Norte.

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto :						Serra do Vento							
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	28,3	39,6	68,4	29,7	36,9	63,3	27,5	8,3	13,4	2,1	17,3	192,9	527,9
1964	118,8	67,9	149,3	122,0	102,1	75,4	59,1	64,4	34,9	14,5	22,0	22,8	853,1
1965	39,9	37,2	67,1	212,4	149,4	182,9	59,9	45,9	31,7	55,4	42,9	42,2	966,9
1966	67,6	149,7	44,6	322,3	85,4	231,1	274,7	44,2	64,7	2,5	326,5	48,0	1661,3
1967	15,5	37,5	167,3	165,7	166,5	92,2	59,1	52,9	61,0	0,5	3,0	99,8	921,0
1968	97,9	32,5	96,1	83,9	114,1	31,5	74,9	15,2	10,5	1,2	48,6	25,4	631,8
1969	68,7	30,1	302,2	70,8	99,5	132,0	139,9	24,2	18,0	2,3	12,0	9,0	908,7
1970	118,2	22,1	102,5	36,9	29,1	58,9	140,9	50,5	2,3	23,0	1,4	1,0	586,8
1971	8,9	25,3	53,9	127,6	104,3	73,9	76,9	39,2	30,6	25,9	6,8	4,5	577,8
1972	24,2	161,3	79,1	106,3	81,0	146,9	63,0	111,0	20,9	16,6	0,0	38,1	848,4
1973	31,0	25,9	132,6	155,9	129,5	158,0	63,5	20,1	44,1	25,1	3,4	26,3	815,4
1974	117,5	123,8	277,6	390,0	66,0	93,2	82,5	25,2	11,1	0,6	179,6	49,6	1416,7
1975	41,3	20,2	163,4	164,4	125,8	73,4	199,9	15,9	90,5	1,2	1,3	131,7	1029,0
1976	31,2	165,2	82,7	137,4	114,1	50,2	61,7	24,8	6,3	98,8	41,6	42,4	856,4
1977	70,1	102,6	69,6	219,6	204,2	145,0	162,7	14,5	7,8	34,4	1,5	10,6	1042,6
1978	8,0	97,2	368,9	97,6	128,2	73,9	120,5	30,8	65,6	0,0	26,6	29,5	1046,8
1979	51,5	34,8	103,5	83,7	78,7	36,2	48,1	12,5	53,5	0,0	74,5	13,6	590,6
1980	22,1	157,3	90,9	218,6	16,9	105,7	21,0	0,0	24,5	23,9	57,5	22,1	760,5
1981	55,3	6,4	464,7	34,7	17,3	12,1	14,7	28,9	10,3	0,0	0,0	11,0	655,4
1982	7,4	28,2	24,0	14,2	97,0	113,5	25,9	60,8	19,0	0,0	0,0	13,8	403,8
1983	28,8	147,0	66,5	13,0	40,8	38,0	25,7	4,2	3,8	14,8	17,3	14,8	414,7
1984	0,0	4,2	41,5	256,9	226,4	18,7	68,3	70,7	25,8	0,0	0,0	0,0	712,5
1985	35,2	166,5	212,6	168,9	90,0	50,8	30,2	71,4	0,0	0,0	2,8	90,4	918,8
1986	34,2	84,5	270,2	118,7	100,1	67,7	101,5	50,3	17,8	29,9	29,0	13,9	917,8
1987	55,4	21,7	160,3	111,7	17,6	51,8	94,1	33,4	0,0	12,9	0,0	0,0	558,9
1988	5,8	0,0	104,1	97,8	25,0	68,9	92,9	8,2	7,2	4,5	31,2	88,5	534,3
1989	14,3	3,7	97,7	85,6	215,2	172,6	148,3	27,2	0,0	0,0	39,6	105,6	909,8
1990	5,0	37,7	37,4	121,0	53,9	72,8	122,8	4,4	54,0	19,4	0,0	16,4	544,8
1991	3,2	39,6	199,2	46,0	119,8	22,2	32,6	54,3	8,0	34,0	20,8	35,8	615,5
Média	41,6	64,5	141,3	131,5	97,8	86,6	86,0	34,9	25,4	15,3	34,7	41,4	801,0

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto :						Taquaritinga do Norte							
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	114,4	73,8	181,6	56,5	74,1	256,6	157,6	61,9	110,6	0,0	0,0	235,8	1322,9
1964	192,2	206,3	191,4	93,5	89,9	205,9	196,9	276,6	231,8	0,0	0,0	30,5	1715,0
1965	41,3	0,0	73,0	162,9	165,9	268,9	154,5	9,6	40,0	71,2	23,0	0,0	1010,3
1966	188,8	152,4	49,0	191,3	71,4	152,8	407,8	60,8	69,9	7,9	41,2	16,3	1409,6
1967	33,7	60,9	132,2	106,3	116,4	211,0	191,9	165,8	27,2	10,0	0,0	42,8	1098,2
1968	64,0	74,6	122,0	105,7	85,4	55,5	162,0	57,3	17,3	17,3	3,1	24,1	788,3
1969	36,6	50,8	175,5	97,7	159,0	217,2	347,4	55,1	38,9	15,9	29,3	6,8	1230,2
1970	58,1	50,8	108,5	134,3	86,7	161,8	261,5	124,2	16,6	4,3	0,0	0,0	1006,8
1971	10,3	21,8	18,0	333,0	162,3	110,6	151,3	85,3	58,4	55,9	23,7	0,0	1030,6
1972	11,0	105,3	132,1	39,5	138,6	88,3	131,8	256,6	51,2	26,1	11,8	46,3	1038,6
1973	36,4	15,5	129,7	329,3	79,7	95,0	87,1	72,3	171,1	51,5	22,9	0,0	1090,5
1974	50,2	80,2	182,5	558,8	198,6	301,7	602,5	84,7	80,0	0,0	19,1	43,8	2202,1
1975	44,0	280,3	235,5	240,9	430,0	203,6	921,9	16,0	59,0	0,0	25,7	90,1	2547,0
1976	14,0	184,1	128,4	32,2	103,5	170,8	304,7	85,4	5,0	150,2	84,3	46,0	1308,6
1977	25,7	0,0	23,3	85,7	588,0	272,4	252,8	57,6	95,1	63,2	8,4	58,0	1530,2
1978	0,0	145,3	202,9	188,0	216,0	119,7	204,6	25,3	101,3	0,0	0,0	24,0	1227,1
1979	106,4	39,6	77,6	76,7	170,5	201,6	145,5	35,7	66,8	16,4	49,2	0,0	986,0
1980	15,3	90,8	131,8	90,3	92,3	220,5	65,4	0,0	76,6	11,4	11,6	37,5	843,5
1981	74,0	44,0	441,6	44,7	74,2	56,2	52,4	59,2	42,7	0,0	32,4	64,2	985,6
1982	26,9	52,8	3,5	237,8	116,9	199,9	78,8	151,4	44,3	1,0	0,0	29,5	942,8
1983	27,5	119,2	81,1	40,0	135,8	78,5	121,7	201,8	0,0	34,6	0,0	0,0	840,2
1984	0,0	2,5	165,7	151,7	192,0	131,7	197,3	212,5	52,0	0,0	0,0	0,0	1105,4
1985	6,0	156,1	269,8	406,9	36,5	101,8	235,6	114,5	18,0	0,0	21,5	13,5	1380,2
1986	81,4	158,3	264,0	193,0	168,0	207,5	230,5	202,5	92,0	33,5	29,5	19,0	1679,2
1987	10,6	49,5	222,0	149,5	44,0	148,0	161,0	82,0	17,1	5,5	0,0	0,0	889,3
1988	36,6	73,1	214,0	189,2	101,2	140,2	273,0	59,9	31,5	21,2	35,1	8,0	1183,0
1989	21,5	20,0	69,7	222,8	150,2	126,4	188,4	88,9	26,8	13,8	52,7	125,7	1107,0
1990	0,0	32,0	7,0	157,5	167,4	140,0	103,6	87,7	37,7	21,6	5,0	7,4	766,9
1991	1,7	6,5	152,2	33,3	108,2	59,9	42,2	101,7	4,2	1,6	3,4	0,2	515,1
Média	45,8	80,9	144,3	163,8	149,1	162,2	221,8	99,7	58,0	21,9	18,4	33,4	1199,3

Ano\ mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL
1980	12,8	101,7	77,9	45,5	28,1	60,6	22,1	5,3	16,5	9,9	13,5	18,6	393,9
1981	54,5	14,5	392,2	33,1	27,5	15,7	17,7	21,5	12	1,2	12,8	44,6	602,7
1982	14,7	33,5	10,3	91,9	129,4	98,5	36,9	50,9	13	8,9	1,2	15,7	489,2
1983	17,1	98,9	60,3	38,4	60,8	31,1	32,8	50,3	1	3,3	2,6	2,6	396,6
1984	4,2	20,8	96,8	190,3	151,7	41,7	91	82,3	21,5	2,3	0	0,4	702,6
1985	24,5	166,9	193,9	305,6	46,2	48,4	79,4	54,3	4,3	9,6	4,6	29,2	937,7
1986	36,2	98,4	170,6	156,9	122,2	79,2	89,4	66,2	35,3	12,7	23	10,3	890,1
1987	12	38,7	146	104,1	19,3	75,3	62,2	28,1	3	2,5	0,4	0	491,6
1988	24,4	59,1	153,5	133,2	67,8	67,6	89,4	18,5	12	7,5	12,8	21,3	645,8
Média	22,27	70,28	144,61	122,11	72,56	57,57	57,88	41,93	13,18	6,43	7,88	15,86	616,69

Anexo 5.6 – Precipitações médias mensais (mm) sobre a área de contribuição do posto fluviométrico de Toritama utilizados para calibração e validação dos parâmetros.

Ano\ mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL
1975	0,00	0,00	0,21	1,50	3,90	0,83	12,40	1,72	1,06	0,42	0,00	0,05	22,09
1976	0,00	3,75	1,23	2,21	0,62	0,73	0,60	0,50	0,13	0,16	0,00	0,00	9,93
1977	0,44	0,16	0,03	24,30	54,30	8,97	17,80	4,03	1,18	0,70	0,11	0,00	112,02

1978	0,00	0,00	34,50	2,40	8,85	1,70	2,86	2,38	0,79	0,32	0,00	0,06	53,86
1979	0,00	0,00	0,80	0,07	0,32	0,11	0,13	0,09	0,06	0,00	0,00	0,00	1,58
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	0,87	0,01	94,10	24,10	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	119,16
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	1,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,62
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	0,00	0,00	0,97	21,10	5,32	1,24	1,17	0,46	0,70	0,00	0,00	0,00	30,96
				125,0									
1985	0,00	33,70	21,40	0	17,80	1,16	1,58	1,78	0,19	0,00	0,00	0,00	202,61
1986	0,00	0,85	12,60	18,30	11,50	0,52	3,65	2,19	0,86	0,37	0,10	0,00	50,92
1987	0,00	0,00	5,75	5,80	2,21	0,02	3,05	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	17,30
1988	0,00	0,00	5,75	5,80	2,21	0,02	3,05	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	17,30
Média	0,09	2,75	12,67	16,47	7,77	1,09	3,31	1,01	0,35	0,14	0,01	0,01	45,67

Anexo 5.6 – Vazões médias mensais afluentes ao posto fluviométrico de Toritama (m³/s).

Evaporação (mm)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1975	213,4	209,8	212,0	192,0	86,2	89,4	102,9	102,9	123,6	210,2	227,7	173,6
1976	206,2	177,8	155,0	120,0	136,4	111,6	108,3	141,7	189,6	168,0	216,3	207,7
1977	177,6	157,1	189,7	152,4	104,8	76,8	65,4	127,7	125,4	190,3	237,0	216,1
1978	233,4	161,4	138,2	149,7	111,7	96,5	94,1	107,7	106,8	181,3	207,9	200,5
1979	203,2	174,1	165,8	156,1	128,4	98,1	108,8	128,8	143,9	205,5	192,1	244,6
1980	206,8	153,3	148,6	136,2	130,7	100,1	109,7	160,3	183,7	204,6	218,7	206,5

1981	206,8	159,6	187,3	147,0	105,7	103,7	115,0	126,2	164,9	242,1	225,0	184,6
1982	222,5	171,1	232,5	174,6	74,1	91,5	94,4	123,4	152,9	230,0	232,1	227,5
1983	253,3	158,8	168,3	132,0	116,3	98,5	149,7	140,7	198,0	199,2	268,1	264,0
1984	242,7	226,0	186,0	122,4	114,7	99,0	97,7	108,9	149,7	187,9	220,0	270,2
1985	235,5	164,2	175,1	144,6	119,0	125,7	86,2	132,4	141,9	219,3	202,3	197,7
1986	208,3	151,3	150,0	132,4	119,3	80,0	117,9	111,1	142,8	186,0	180,1	192,2
1987	218,5	179,9	161,8	100,7	129,4	100,0	85,4	140,2	151,2	239,4	247,5	256,0
1988	254,7	213,8	175,2	129,0	134,7	92,2	74,3	89,8	142,7	185,2	207,0	186,0
Média	220,2	175,6	174,7	142,1	115,1	97,4	100,7	124,4	151,2	203,5	220,1	216,2

Anexo 5.6 – Evaporações médias mensais (mm) na área de contribuição do posto fluviométrico de Toritama.

Vazão (m ³ /s)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novem	Dezem
1975	0,000	0,169	42,042	59,378	5,183	1,071	0,207	0,041	0,009	0,002	0,000	0,000
1976	0,000	0,000	0,000	0,077	0,000	0,000	0,466	0,000	0,000	0,000	0,000	0,053
1977	0,000	0,187	0,000	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1978	0,000	0,000	0,000	0,585	0,258	0,033	0,136	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1979	0,000	0,000	3,715	3,419	5,222	1,067	0,206	0,041	0,009	0,002	0,000	0,000
1980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,000	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1982	0,000	0,000	20,598	0,000	5,161	1,067	0,206	0,041	0,009	0,002	0,000	0,000
1983	0,000	0,000	0,000	0,000	0,114	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1985	0,000	0,000	0,206	10,800	18,096	5,333	1,032	0,206	0,043	0,008	0,002	0,000

1986	0,000	0,496	0,405	0,702	0,000	0,036	0,007	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	0,000	0,150	0,434	0,267	0,195	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,000	0,000	0,136	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Média	0,000	0,073	4,824	5,377	2,445	0,615	0,161	0,024	0,005	0,001	0,000	0,004

Anexo 5.7 – Vazões médias mensais geradas para a sub-bacia de Poço Fundo (m³/s).

Vazão (m ³ /s)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubr o	Novem	Dezem
1975	0,000	0,036	0,045	0,007	0,000	0,000	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1976	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1977	0,007	0,000	0,000	0,139	0,898	0,068	0,379	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1978	0,000	0,000	0,125	0,593	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1979	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1980	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,000	0,000	4,953	0,000	1,010	0,209	0,040	0,008	0,002	0,000	0,000	0,000
1982	0,000	0,000	0,000	0,007	0,075	0,029	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,059	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,000	0,000	1,481	0,856	1,043	0,217	0,040	0,008	0,002	0,000	0,000
1985	0,000	0,100	0,120	9,523	0,000	1,043	0,202	0,040	0,008	0,002	0,000	0,000
1986	0,000	0,070	0,064	0,074	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	0,000	0,000	0,108	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,000	0,000	0,131	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Média	0,001	0,022	0,397	0,850	0,208	0,172	0,066	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000

Anexo 5.7 – Vazões médias mensais geradas para a sub-bacia de Machado (m³/s).

Vazão (m ³ /s)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novem	Dezem
1975	0,895	1,045	1,935	0,455	0,088	0,018	0,023	0,001	0,041	0,000	0,000	0,015
1976	0,000	0,013	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1977	0,000	0,000	0,000	0,403	1,936	0,498	2,069	0,410	0,085	0,016	0,003	0,001
1978	0,000	0,012	3,253	1,357	0,457	0,091	0,033	0,004	0,025	0,000	0,000	0,000
1979	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1980	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,000	0,000	6,122	0,000	0,440	0,091	0,018	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000
1982	0,000	0,000	0,000	0,000	0,041	0,000	0,380	0,076	0,016	0,003	0,001	0,000
1983	0,000	0,019	0,013	0,003	0,000	0,026	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,000	0,001	5,755	0,555	0,454	0,089	0,018	0,004	0,001	0,000	0,000
1985	0,000	1,667	2,696	3,938	0,088	0,473	0,091	0,024	0,004	0,001	0,000	0,000
1986	0,000	0,022	0,047	0,054	0,515	0,001	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	0,000	0,000	0,462	3,050	0,440	0,134	0,147	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000
1988	0,000	0,051	0,037	0,087	0,000	0,454	0,093	0,018	0,004	0,001	0,000	0,000
Média	0,064	0,205	1,040	1,079	0,326	0,162	0,210	0,041	0,013	0,002	0,000	0,001

Anexo 5.7 – Vazões médias mensais geradas para a sub-bacia de Oitis (m³/s).

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novem	Dezem
1975	24,8	25,6	25,1	25,0	22,1	21,3	20,0	21,0	22,2	23,7	24,5	24,8
1976	24,8	24,5	24,2	23,7	22,3	21,2	20,5	21,0	22,2	23,7	24,5	24,8
1977	24,8	24,5	24,2	23,7	22,3	21,2	20,5	21,0	22,2	23,7	24,5	24,8
1978	24,8	24,5	24,2	23,7	22,3	21,2	20,5	21,0	22,2	23,7	24,5	24,8
1979	24,8	24,5	24,2	23,7	22,3	21,2	20,5	22,7	23,4	24,7	25,6	26,4
1980	24,8	24,9	23,8	23,9	23,2	22,4	21,5	22,6	24,0	23,9	25,1	25,3
1981	25,0	24,4	24,4	23,8	21,7	21,1	19,7	20,5	21,4	24,1	24,2	24,0
1982	24,4	23,4	24,8	24,0	21,0	20,3	20,3	19,6	22,2	23,5	23,9	24,1
1983	24,6	23,1	23,5	23,3	22,1	19,8	20,3	20,2	21,9	22,3	23,2	24,8
1984	24,8	24,5	24,2	23,7	22,6	22,0	21,4	22,4	23,2	25,2	26,2	27,2
1985	27,7	26,1	24,7	24,1	24,1	22,5	21,3	22,0	23,4	25,6	26,0	26,1
1986	26,5	24,9	24,1	23,8	23,0	21,5	20,6	21,0	22,2	23,7	24,5	24,8
1987	24,8	24,5	24,2	23,7	22,3	21,2	20,5	21,0	22,2	23,7	24,5	24,8
1988	24,8	24,5	24,2	23,7	22,3	21,2	20,5	21,0	22,2	23,7	24,5	24,8
Média	25,1	24,6	24,3	23,8	22,4	21,3	20,6	21,2	22,5	24,0	24,7	25,1

Anexo 5.8 – Temperaturas médias mensais – Posto Climatológico de Belo Jardim

Histórico + 1°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1975	219,80	218,19	220,48	199,68	90,51	93,87	109,07	108,05	128,54	218,61	236,81	180,54
1976	212,39	184,91	161,20	124,80	143,22	117,18	114,80	148,79	197,18	174,72	224,95	216,01
1977	182,93	163,38	197,29	158,50	110,04	80,64	69,32	134,09	130,42	197,91	246,48	224,74
1978	240,40	167,86	143,73	155,69	117,29	101,33	99,75	113,09	111,07	188,55	216,22	208,52
1979	209,30	181,06	172,43	162,34	134,82	103,01	115,33	135,24	149,66	213,72	199,78	254,38
1980	213,00	159,43	154,54	141,65	137,24	105,11	116,28	168,32	191,05	212,78	227,45	214,76
1981	213,00	165,98	194,79	152,88	110,99	108,89	121,90	132,51	171,50	251,78	234,00	191,98
1982	229,18	177,94	241,80	181,58	77,81	96,08	100,06	129,57	159,02	239,20	241,38	236,60
1983	260,90	165,15	175,03	137,28	122,12	103,43	158,68	147,74	205,92	207,17	278,82	274,56
1984	249,98	235,04	193,44	127,30	120,44	103,95	103,56	114,35	155,69	195,42	228,80	281,01
1985	242,57	170,77	182,10	150,38	124,95	131,99	91,37	139,02	147,58	228,07	210,39	205,61
1986	214,55	157,35	156,00	137,70	125,27	84,00	124,97	116,66	148,51	193,44	187,30	199,89
1987	225,06	187,10	168,27	104,73	135,87	105,00	90,52	147,21	157,27	248,98	257,40	266,24
1988	262,34	222,35	182,21	134,16	141,44	96,81	78,76	94,29	148,41	192,61	215,28	193,44
Média	226,81	182,61	181,67	147,76	120,86	102,23	106,74	130,64	157,27	211,64	228,93	224,88
Histórico + 2°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1975	228,34	226,58	226,84	207,36	93,96	98,34	114,22	113,19	134,72	227,02	243,64	187,49
1976	220,63	192,02	165,85	129,60	148,68	122,76	120,21	155,87	206,66	181,44	231,44	224,32
1977	190,03	169,67	202,98	164,59	114,23	84,48	72,59	140,47	136,69	205,52	253,59	233,39
1978	249,74	174,31	147,87	161,68	121,75	106,15	104,45	118,47	116,41	195,80	222,45	216,54
1979	217,42	188,03	177,41	168,59	139,96	107,91	120,77	141,68	156,85	221,94	205,55	264,17
1980	221,28	165,56	159,00	147,10	142,46	110,11	121,77	176,33	200,23	220,97	234,01	223,02
1981	221,28	172,37	200,41	158,76	115,21	114,07	127,65	138,82	179,74	261,47	240,75	199,37
1982	238,08	164,79	248,78	188,57	80,77	100,65	104,78	135,74	166,66	248,40	248,35	245,70
1983	271,03	171,50	180,08	142,56	126,77	108,35	166,17	154,77	215,82	215,14	286,87	285,12
1984	259,69	244,08	199,02	132,19	125,02	108,90	108,45	119,79	163,17	202,93	235,40	291,82
1985	251,99	177,34	187,36	156,17	129,71	138,27	95,68	145,64	154,67	236,84	216,46	213,52
1986	222,88	163,40	160,50	142,99	130,04	88,00	130,87	122,21	155,65	200,88	192,71	207,58
1987	233,80	194,29	173,13	108,76	141,05	110,00	94,79	154,22	164,83	258,55	264,83	276,48
1988	272,53	230,90	187,46	139,32	146,82	101,42	82,47	98,78	155,54	200,02	221,49	200,88
Média	235,62	189,63	186,91	153,44	125,46	107,10	111,78	136,86	164,83	219,78	235,54	233,53
Histórico + 3°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1975	234,74	232,88	235,32	215,04	98,27	102,81	119,36	117,31	139,67	235,42	252,75	194,43
1976	226,82	197,36	172,05	134,40	155,50	128,34	125,63	161,54	214,25	188,16	240,09	232,62
1977	195,36	174,38	210,57	170,69	119,47	88,32	75,86	145,58	141,70	213,14	263,07	242,03
1978	256,74	179,15	153,40	167,66	127,34	110,98	109,16	122,78	120,68	203,06	230,77	224,56
1979	223,52	193,25	184,04	174,83	146,38	112,82	126,21	146,83	162,61	230,16	213,23	273,95
1980	227,48	170,16	164,95	152,54	149,00	115,12	127,25	182,74	207,58	229,15	242,76	231,28
1981	227,48	177,16	207,90	164,54	120,50	119,26	133,40	143,87	186,34	271,15	249,75	206,75
1982	244,75	189,92	258,08	195,55	84,47	105,23	109,50	140,68	172,78	257,60	257,63	254,80
1983	278,63	176,27	186,81	147,84	132,58	113,28	173,65	160,40	223,74	223,10	297,59	295,68
1984	266,97	250,86	206,46	137,09	130,76	113,85	113,33	124,15	169,16	210,45	244,20	302,62
1985	259,05	182,26	194,36	161,95	135,66	144,56	99,99	150,94	160,35	245,62	224,55	221,42
1986	229,13	167,94	166,50	148,29	136,00	92,00	136,76	126,65	161,36	208,32	199,91	215,26
1987	240,35	199,69	179,60	112,78	147,52	115,00	99,06	159,83	170,88	268,13	274,73	286,72
1988	280,17	237,32	194,47	144,48	153,56	106,03	86,19	102,37	161,25	207,42	229,77	208,32
Média	242,23	194,90	193,89	159,13	131,21	111,97	116,81	141,83	170,88	227,92	244,34	242,18
Histórico + 4°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1975	243,28	241,27	241,68	220,80	102,58	107,28	125,54	122,45	144,61	241,73	259,58	199,64
1976	235,07	204,47	176,70	138,00	162,32	133,92	132,13	168,62	221,83	193,20	246,58	238,86
1977	202,46	180,67	216,26	175,26	124,71	92,16	79,79	151,96	146,72	218,85	270,18	248,52
1978	266,08	185,61	157,55	172,16	132,92	115,80	114,80	128,16	124,96	208,50	237,01	230,58
1979	231,65	200,22	189,01	179,52	152,80	117,72	132,74	153,27	168,36	236,33	218,99	281,29
1980	235,75	176,30	169,40	156,63	155,53	120,12	133,83	190,76	214,93	235,29	249,32	237,48
1981	235,75	183,54	213,52	169,05	125,78	124,44	140,30	150,18	192,93	278,42	256,50	212,29
1982	253,65	196,77	265,05	200,79	88,18	109,80	115,17	146,85	178,89	264,50	264,59	261,63
1983	288,76	182,62	191,86	151,80	138,40	118,20	182,63	167,43	231,66	229,08	305,63	303,60
1984	276,68	259,90	212,04	140,76	136,49	118,80	119,19	129,59	175,15	216,09	250,80	310,73
1985	268,47	188,83	199,61	166,29	141,61	150,84	105,16	157,56	166,02	252,20	230,62	227,36
1986	237,46	174,00	171,00	152,26	141,97	96,00	143,84	132,21	167,08	213,90	205,31	221,03
1987	249,09	206,89	184,45	115,81	153,99	120,00	104,19	166,84	176,93	275,31	282,15	294,40
1988	290,36	245,87	199,73	148,35	160,29	110,64	90,65	106,86	166,96	212,98	235,98	213,90
Média	251,04	201,92	199,13	163,39	136,97	116,84	122,85	148,05	176,93	234,03	250,95	248,66

Anexo 5.9 – Evaporações alteradas pelas mudanças climáticas para as 3 sub-bacias (incrementos de temperaturas de 1, 2, 3 e 4°C).

Sub-bacia Poço Fundo (m ³ /s)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0/0	0,000	0,073	4,824	5,377	2,445	0,615	0,161	0,024	0,005	0,001	0,000	0,004
0/10	0,000	0,011	2,379	4,465	8,635	0,994	0,259	0,040	0,257	0,053	0,010	0,009
0/20	0,001	0,121	3,484	8,028	17,236	1,064	0,285	0,041	0,389	0,075	0,016	0,014
0/-10	0,000	0,055	0,237	0,198	6,236	0,052	0,042	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
0/-20	0,000	0,038	0,185	0,410	1,560	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1/0	0,000	0,073	0,612	0,530	10,257	0,479	0,135	0,018	0,004	0,001	0,000	0,004
1/10	0,000	0,095	1,611	1,687	11,235	1,082	0,263	0,042	0,012	0,002	0,001	0,007
1/20	0,001	0,121	3,073	7,344	15,237	0,970	0,254	0,037	0,342	0,066	0,014	0,014
1/-10	0,000	0,055	0,237	0,198	5,236	0,012	0,034	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1/-20	0,000	0,038	0,185	0,326	1,236	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2/0	0,000	0,073	0,476	0,390	9,860	0,464	0,132	0,018	0,004	0,001	0,000	0,004
2/10	0,000	0,095	1,379	1,465	11,236	0,959	0,239	0,037	0,008	0,002	0,000	0,007
2/20	0,000	0,121	2,841	6,628	14,325	0,936	0,247	0,036	0,155	0,030	0,006	0,012
2/-10	0,000	0,055	0,237	0,198	4,123	0,002	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2/-20	0,000	0,038	0,185	0,269	0,683	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3/0	0,000	0,073	0,296	0,325	8,650	0,426	0,125	0,016	0,003	0,001	0,000	0,004
3/10	0,000	0,095	1,158	1,307	10,590	0,877	0,223	0,034	0,007	0,001	0,000	0,007
3/20	0,000	0,121	2,532	4,822	13,650	0,927	0,246	0,035	0,063	0,012	0,003	0,012
3/-10	0,000	0,055	0,237	0,198	3,236	0,000	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3/-20	0,000	0,038	0,185	0,156	0,752	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4/0	0,000	0,073	0,289	0,298	6,986	0,291	0,099	0,011	0,002	0,000	0,000	0,004
4/10	0,000	0,095	1,023	1,176	9,650	0,710	0,191	0,027	0,006	0,001	0,000	0,007
4/20	0,000	0,121	2,300	2,565	12,356	1,304	0,319	0,050	0,024	0,005	0,001	0,011
4/-10	0,000	0,055	0,237	0,198	1,957	0,000	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4/-20	0,000	0,038	0,185	0,103	0,501	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Anexo 5.10 – Vazões mensais médias obtidas com a média dos anos de 1975 a 1988 para a sub-bacia de Poço Fundo (l/s).

Sub-bacia Machado (m3/s)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0/0	0,001	0,022	0,397	0,850	0,208	0,172	0,066	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000
0/10	0,001	0,028	0,571	1,391	0,468	0,282	0,233	0,018	0,004	0,001	0,000	0,000
0/20	0,002	0,035	0,829	2,829	0,706	0,295	0,402	0,085	0,033	0,006	0,001	0,001
0/-10	0,000	0,017	0,221	0,519	0,092	0,156	0,036	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000
0/-20	0,000	0,012	0,046	0,324	0,077	0,092	0,021	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000
1/0	0,001	0,022	0,368	0,795	0,183	0,172	0,041	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000
1//10	0,001	0,028	0,544	1,282	0,410	0,237	0,191	0,012	0,002	0,001	0,000	0,000
1//20	0,002	0,035	0,779	2,662	0,657	0,288	0,383	0,058	0,016	0,003	0,001	0,001
1/-10	0,000	0,017	0,193	0,496	0,090	0,122	0,029	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000
1/-20	0,000	0,012	0,040	0,302	0,068	0,090	0,021	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000
2/0	0,001	0,022	0,347	0,743	0,153	0,172	0,041	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000
2//10	0,001	0,028	0,523	1,159	0,371	0,216	0,160	0,009	0,002	0,000	0,000	0,000
2//20	0,002	0,035	0,742	2,505	0,636	0,286	0,363	0,041	0,010	0,002	0,000	0,001
2/-10	0,000	0,017	0,171	0,473	0,089	0,106	0,026	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000
2/-20	0,000	0,012	0,040	0,279	0,032	0,083	0,020	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000
3/0	0,001	0,022	0,318	0,685	0,146	0,171	0,041	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000
3//10	0,001	0,028	0,495	1,099	0,335	0,206	0,133	0,007	0,002	0,000	0,000	0,000
3//20	0,002	0,035	0,693	2,237	0,618	0,285	0,344	0,031	0,007	0,001	0,000	0,001
3/-10	0,000	0,017	0,143	0,451	0,088	0,098	0,025	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000
3/-20	0,000	0,012	0,040	0,256	0,011	0,078	0,019	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000
4/0	0,001	0,022	0,297	0,652	0,146	0,171	0,041	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000
4//10	0,001	0,028	0,473	1,055	0,311	0,201	0,107	0,007	0,001	0,000	0,000	0,000
4//20	0,002	0,035	0,656	1,681	0,608	0,349	0,332	0,027	0,006	0,001	0,000	0,001
4/-10	0,000	0,017	0,122	0,434	0,087	0,095	0,024	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000
4/-20	0,000	0,012	0,040	0,239	0,007	0,077	0,019	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000

Anexo 5.10 – Vazões mensais médias obtidas com a média dos anos de 1975 a 1988 para a sub-bacia de Machado (l/s).

Sub-bacia Oitis (m3/s)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0/0	0,064	0,205	1,040	1,079	0,326	0,162	0,210	0,041	0,013	0,002	0,000	0,001
0/10	0,084	0,354	1,344	1,535	0,375	0,195	0,289	0,068	0,019	0,003	0,001	0,002
0/20	0,106	0,503	1,647	2,053	0,473	0,263	0,352	0,078	0,022	0,003	0,006	0,003
0/-10	0,045	0,064	0,759	0,768	0,173	0,092	0,081	0,004	0,004	0,000	0,000	0,001
0/-20	0,027	0,018	0,425	0,383	0,068	0,084	0,017	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000
1/0	0,064	0,177	1,008	1,049	0,315	0,159	0,187	0,028	0,010	0,001	0,000	0,001
1/10	0,084	0,326	1,311	1,386	0,462	0,198	0,287	0,056	0,017	0,002	0,000	0,002
1/20	0,105	0,476	1,615	1,991	0,464	0,248	0,352	0,078	0,022	0,003	0,003	0,002
1/-10	0,045	0,052	0,723	0,711	0,154	0,088	0,071	0,004	0,004	0,000	0,000	0,001
1/-20	0,027	0,018	0,383	0,361	0,067	0,084	0,017	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000
2/0	0,064	0,150	0,984	1,020	0,303	0,146	0,167	0,018	0,008	0,001	0,000	0,001
2/10	0,084	0,299	1,287	1,349	0,446	0,185	0,282	0,049	0,016	0,002	0,000	0,002
2/20	0,105	0,448	1,591	1,932	0,458	0,232	0,352	0,078	0,022	0,003	0,001	0,002
2/-10	0,045	0,040	0,691	0,670	0,139	0,087	0,061	0,004	0,004	0,000	0,000	0,001
2/-20	0,027	0,018	0,353	0,341	0,067	0,084	0,017	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000
3/0	0,064	0,129	0,954	0,996	0,280	0,133	0,148	0,011	0,007	0,000	0,000	0,001
3/10	0,084	0,278	1,255	1,311	0,429	0,176	0,278	0,047	0,015	0,002	0,000	0,002
3/20	0,105	0,428	1,559	1,861	0,452	0,217	0,352	0,078	0,022	0,003	0,001	0,002
3/-10	0,045	0,031	0,657	0,627	0,125	0,087	0,050	0,004	0,004	0,000	0,000	0,001
3/-20	0,027	0,018	0,320	0,323	0,067	0,084	0,017	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000
4/0	0,064	0,102	0,938	0,969	0,267	0,117	0,131	0,008	0,006	0,000	0,000	0,001
4/10	0,084	0,251	1,231	1,283	0,414	0,169	0,273	0,046	0,015	0,002	0,000	0,002
4/20	0,105	0,400	1,535	1,802	0,446	0,210	0,347	0,074	0,022	0,003	0,001	0,002
4/-10	0,045	0,023	0,618	0,592	0,113	0,087	0,038	0,004	0,004	0,000	0,000	0,001
4/-20	0,027	0,018	0,286	0,309	0,067	0,084	0,017	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000

Anexo 5.10 – Vazões mensais médias obtidas com a média dos anos de 1975 a 1988 para a sub-bacia de Oitis (l/s).

Anexo 6.1 – Resultados da otimização pelo modelo desenvolvido para o reservatório de Poço Fundo

Poço Fundo							
Cenário	t=0 p=-20	t=0 p=-10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20	t=1 p=-20	t=1 p=-10
Área Otimizada							
Melancia	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
Feijão	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50
Milho	52,50	52,50	52,50	52,50	52,50	52,50	52,50
Tomate	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
Algodão	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	26,05	35,00
Total de ha	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00	341,05	350,00
Receita (R\$)	27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00	27.513.010,97	27.542.900,00
Volume Agricultura (m3)	t=0 p=-20	t=0 p=-10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20	t=1 p=-20	t=1 p=-10
Janeiro	806.870,51	806.870,51	952.107,20	1.066.360,06	1.279.632,07	812.190,06	831.076,94
Fevereiro	895.453,26	885.439,41	1.044.818,51	1.170.196,73	1.404.236,07	915.373,76	923.061,87
Março	743.398,99	727.467,62	858.400,00	961.408,00	1.153.689,59	750.869,33	760.926,28
Abril	395.298,64	383.822,11	452.910,09	507.259,31	608.711,17	393.402,16	402.207,38
Mai	391.688,36	381.490,35	450.158,61	504.177,64	605.013,17	400.860,71	403.497,15
Junho	363.842,16	359.631,36	424.365,00	475.288,80	570.346,56	377.590,11	378.145,66
Julho	428.903,73	421.636,76	497.531,37	557.235,14	668.682,17	447.206,88	448.786,25
Agosto	462.668,38	462.668,38	545.948,69	611.462,53	733.755,04	470.920,57	485.801,74
Setembro	633.677,27	633.677,27	747.739,17	837.467,88	1.004.961,45	634.124,22	659.024,29
Outubro	819.882,82	819.882,82	967.461,72	1.083.557,13	1.300.268,56	822.553,89	852.678,13
Novembro	675.625,47	675.625,47	797.238,06	892.906,62	1.071.487,95	675.859,87	702.650,36
Dezembro	93.620,21	93.620,21	93.620,21	93.620,21	93.620,21	92.167,61	97.261,00
Volume vertido (m3)	t=0 p=-20	t=0 p=-10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20	t=1 p=-20	t=1 p=-10
Janeiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fevereiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Março	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mai	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Junho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Julho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Setembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outubro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dezembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Volume final (m3)	t=0 p=-20	t=0 p=-10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20	t=1 p=-20	t=1 p=-10
Janeiro	12.054.156,62	11.859.160,03	12.001.469,95	12.361.514,05	12.241.499,35	12.022.057,70	11.892.949,50
Fevereiro	10.660.996,40	10.357.561,85	10.481.852,59	10.796.308,17	10.691.489,64	10.581.921,66	10.403.408,95
Março	9.986.556,00	9.644.693,39	9.760.429,72	10.053.242,61	9.955.636,31	9.850.918,62	9.717.089,79
Abril	9.691.553,41	9.277.134,27	9.388.459,88	9.670.113,67	9.576.229,07	9.512.379,56	9.394.097,18
Mai	9.091.579,89	10.400.121,96	10.524.923,43	10.840.671,13	10.735.421,90	8.881.976,25	10.146.265,17
Junho	8.464.541,78	9.696.271,24	9.812.625,49	10.107.005,29	10.008.879,02	8.227.102,26	9.392.675,51
Julho	7.858.218,94	8.931.745,88	9.038.926,83	9.310.094,64	9.219.705,37	7.585.399,30	8.653.383,18
Agosto	7.079.083,81	7.894.785,66	7.989.523,09	8.229.208,79	8.149.313,56	6.818.774,51	7.666.404,62
Setembro	6.071.630,94	6.627.887,13	6.707.421,78	6.908.544,43	6.841.570,22	5.835.613,41	6.451.905,08
Outubro	4.803.098,02	5.091.000,44	5.152.092,44	5.306.655,22	5.255.134,29	4.591.535,56	4.962.359,89
Novembro	3.718.914,54	3.759.173,12	3.804.283,19	3.918.411,69	3.880.368,86	3.635.467,09	3.681.410,68
Dezembro	3.090.639,56	3.095.243,15	3.084.000,00	3.084.000,00	3.084.000,00	3.084.000,00	3.092.965,76
Vazão potencial (l/s)	0,00	70,00	850,00	940,00	1.040,00	0,00	40,00

Poço Fundo							
t=1 p=0	t=1 p=10	t=1 p=20	t=2 p=-20	t=2 p=-10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
17,50	17,50	17,50	7,00	17,50	17,50	17,50	17,50
52,50	52,50	52,50	45,00	52,50	52,50	52,50	52,50
140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
35,00	35,00	35,00	7,00	35,00	35,00	35,00	35,00
350,00	350,00	350,00	304,06	350,00	350,00	350,00	350,00
27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00	27.358.662,06	27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00
t=1 p=0	t=1 p=10	t=1 p=20	t=2 p=-20	t=2 p=-10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
831.076,94	831.076,94	939.116,94	769.829,96	863.351,45	863.351,45	860.351,95	856.897,45
913.047,81	923.061,87	1.043.059,92	870.083,82	960.684,87	950.670,81	940.656,75	930.642,69
743.160,78	760.926,28	859.846,70	686.845,26	786.028,13	768.262,64	747.007,21	725.751,78
390.730,85	402.207,38	454.494,34	342.347,34	420.592,97	409.116,44	396.772,25	381.470,22
393.298,95	403.497,15	455.951,78	368.506,30	421.102,60	410.904,39	400.706,38	390.508,38
373.934,85	378.145,65	427.304,59	371.359,40	396.659,95	392.449,15	388.238,35	384.027,55
441.519,28	448.786,25	507.128,47	427.571,25	471.410,83	464.143,85	456.876,88	449.609,90
485.801,74	485.801,74	548.955,97	422.969,88	508.935,11	508.935,11	508.935,11	507.949,46
659.024,29	659.024,29	744.697,45	598.058,71	690.707,97	690.707,97	690.707,97	690.707,97
852.678,13	852.678,13	963.526,29	764.229,05	885.473,44	885.473,44	885.473,44	885.473,44
702.650,36	702.650,36	793.994,90	599.896,15	722.919,25	722.919,25	722.919,25	722.919,25
97.261,00	97.261,00	97.261,00	101.001,83	101.001,83	101.001,83	101.001,83	101.001,83
t=1 p=0	t=1 p=10	t=1 p=20	t=2 p=-20	t=2 p=-10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
t=1 p=0	t=1 p=10	t=1 p=20	t=2 p=-20	t=2 p=-10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
11.409.316,07	11.893.209,42	12.250.005,70	12.021.481,52	11.909.063,31	11.426.283,09	10.772.983,72	9.832.692,86
9.560.435,65	10.403.660,93	10.715.770,76	10.596.341,18	10.432.018,19	9.591.006,33	8.432.759,42	6.742.940,96
9.433.114,11	9.717.334,37	10.008.854,40	9.907.245,90	9.787.583,92	9.149.714,21	9.777.755,22	11.070.130,94
9.522.082,43	9.394.335,76	9.676.165,83	9.596.430,31	9.508.996,78	8.931.214,90	11.688.140,56	19.765.347,08
12.815.533,47	10.146.498,45	10.450.893,40	8.979.730,80	10.012.352,79	12.264.186,97	16.286.956,28	23.333.548,86
12.746.550,15	9.392.903,17	9.674.690,27	8.312.286,35	9.285.380,13	12.214.581,76	16.796.514,83	22.750.665,94
11.733.095,41	8.653.605,48	8.913.213,64	7.671.857,39	8.591.655,25	11.249.433,17	15.377.051,36	20.311.666,66
10.199.125,29	7.666.618,54	7.896.617,09	6.875.341,07	7.593.024,26	9.771.434,88	13.147.809,15	16.972.847,02
8.397.636,86	6.452.108,33	6.645.671,58	5.851.080,54	6.413.930,06	8.017.009,69	10.601.628,28	13.705.235,02
6.280.915,52	4.962.548,44	5.111.424,89	4.588.649,23	4.962.721,57	5.957.778,90	7.699.450,39	9.722.516,77
4.411.934,04	3.681.584,01	3.792.031,53	3.540.205,66	3.733.394,69	4.163.569,95	5.115.013,27	6.068.336,28
3.093.234,64	3.093.124,88	3.084.000,00	3.084.000,00	3.099.750,56	3.084.724,05	3.318.961,07	3.085.551,55
210,00	500,00	970,00	0,00	10,00	180,00	410,00	740,00

Anexo 6.1 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Poço Fundo (continuação).

Paço Fundo									
t=3 p=-20	t=3 p=-10	t=3 p=0	t=3 p=10	t=3 p=20	t=4 p=-20	t=4 p=-10	t=4 p=0	t=4 p=10	t=4 p=20
103,37	105,00	105,00	105,00	105,00	98,89	105,00	105,00	105,00	105,00
7,00	17,50	17,50	17,50	17,50	7,00	17,50	17,50	17,50	17,50
7,00	52,50	52,50	52,50	52,50	7,00	52,50	52,50	52,50	52,50
140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
7,00	26,70	35,00	35,00	35,00	7,00	10,70	35,00	35,00	35,00
264,37	341,70	350,00	350,00	350,00	259,89	325,70	350,00	350,00	350,00
27.085.141,51	27.515.163,90	27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00	27.006.793,22	27.461.739,77	27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00
t=3 p=-20	t=3 p=-10	t=3 p=0	t=3 p=10	t=3 p=20	t=4 p=-20	t=4 p=-10	t=4 p=0	t=4 p=10	t=4 p=20
718.680,63	868.840,32	887.557,89	884.558,39	881.103,89	841.989,47	998.260,16	1.063.913,50	1.060.914,00	1.057.459,50
809.980,90	971.534,46	978.887,39	968.873,33	958.859,27	1.014.361,05	1.196.824,05	1.251.919,42	1.241.905,36	1.231.891,30
595.715,76	793.981,79	801.731,29	780.475,86	759.220,43	606.248,05	770.304,62	829.680,36	808.424,93	787.169,50
285.261,36	418.906,92	427.501,71	415.167,52	399.856,48	256.766,01	349.810,89	382.634,05	380.289,86	364.887,82
369.041,36	430.330,07	432.911,20	422.713,19	412.515,18	452.238,95	507.671,34	544.107,71	533.909,70	523.711,69
341.527,80	410.388,47	410.963,44	406.752,64	402.541,84	334.707,40	396.288,58	405.909,49	401.698,69	397.487,89
379.006,72	485.173,01	486.768,43	479.501,46	472.234,48	285.003,18	356.821,78	369.192,52	361.925,54	364.658,57
352.254,55	512.449,02	527.441,95	527.441,95	526.456,30	258.149,72	364.340,74	397.395,38	397.395,38	396.409,74
602.619,34	690.948,89	716.054,99	716.054,99	716.054,99	580.161,78	627.839,11	699.617,07	699.617,07	699.617,07
788.536,04	888.164,05	918.268,75	918.268,75	918.268,75	726.580,67	775.760,04	858.076,87	858.076,87	858.076,87
618.036,22	723.410,06	749.944,13	749.944,13	749.944,13	585.507,58	649.291,53	724.277,08	724.277,08	724.277,08
104.742,62	104.742,62	104.742,62	104.742,62	104.742,62	92.513,08	92.513,08	92.513,08	92.513,08	92.513,08
t=3 p=-20	t=3 p=-10	t=3 p=0	t=3 p=10	t=3 p=20	t=4 p=-20	t=4 p=-10	t=4 p=0	t=4 p=10	t=4 p=20
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
t=3 p=-20	t=3 p=-10	t=3 p=0	t=3 p=10	t=3 p=20	t=4 p=-20	t=4 p=-10	t=4 p=0	t=4 p=10	t=4 p=20
12.043.761,76	11.904.002,16	11.546.596,95	10.865.523,03	9.983.906,34	11.709.809,06	11.566.519,92	11.196.055,22	10.605.388,21	9.643.724,40
10.630.979,47	10.420.980,47	9.816.494,86	8.606.278,20	7.027.433,75	9.926.120,25	9.670.652,84	9.039.184,04	8.005.761,51	6.289.221,12
9.762.766,51	9.771.105,09	9.010.445,45	9.450.930,23	10.678.263,88	9.288.170,72	9.045.156,66	8.218.942,36	8.579.852,06	9.329.322,26
9.362.520,62	9.501.786,16	8.759.619,13	11.065.570,67	17.892.006,23	9.096.975,96	8.901.642,30	8.017.703,74	10.084.175,16	13.444.556,00
8.694.450,16	9.699.647,28	11.996.379,67	15.679.536,59	22.595.132,98	8.292.844,88	8.690.192,99	10.657.400,81	14.200.112,04	20.168.372,45
8.047.261,94	8.971.908,89	11.987.102,96	16.089.250,78	22.151.343,16	7.667.956,90	8.005.746,45	10.370.036,80	14.333.885,33	20.779.800,20
7.445.991,71	8.283.276,96	11.141.033,02	14.739.459,88	19.870.067,24	7.248.834,63	7.549.783,15	9.731.790,76	13.286.513,67	19.022.344,54
6.742.772,61	7.364.861,06	9.802.068,70	12.626.418,39	16.702.002,54	6.717.259,13	6.908.980,94	8.709.963,08	11.603.923,10	16.280.171,90
5.760.104,66	6.209.299,38	8.170.341,88	10.191.841,25	13.353.444,62	5.718.064,35	5.854.081,79	7.190.509,46	9.361.253,77	12.922.452,71
4.519.219,86	4.780.922,71	6.220.549,51	7.400.946,25	9.480.232,02	4.519.968,58	4.598.354,26	5.440.478,02	6.853.255,79	9.211.398,68
3.496.822,51	3.677.736,67	4.528.212,78	4.930.202,04	6.974.452,29	3.493.354,53	3.502.643,12	3.887.903,84	4.589.614,80	5.806.214,25
3.084.000,00	3.084.000,00	3.094.256,19	3.084.285,27	3.084.910,17	3.084.000,00	3.084.000,00	3.095.404,03	3.088.206,41	3.086.236,43
0,00	0,00	130,00	360,00	670,00	0,00	0,00	110,00	320,00	660,00

Anexo 6.2 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Oitís.

Oitis	Cenário	t=0 p=-20	t=0 p=-10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20	t=1 p=-20	t=1 p=-10
Área Oti	(ha)			(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
Melancia	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Feijão	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Milho	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Tomate	55,05	55,04	119,34	154,08	193,89	50,73	75,51	75,51
Algodão	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Total de ha	88,05	117,04	151,34	186,08	225,89	82,73	107,51	107,51
Receita (R\$)		10.362.514,90	15.594.400,99	21.795.307,54	28.057.559,66	35.242.741,86	9.400.150,65	13.873.141,18
Vol. Agric		t=0 p=-20	t=0 p=-10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20	t=1 p=-20	t=1 p=-10
Janeiro		191.126,02	254.220,35	328.218,65	402.241,83	486.302,23	240.132,75	240.132,75
Fevereiro		226.596,60	307.255,23	396.402,63	487.974,93	565.363,09	292.552,92	292.552,92
Março		162.907,73	206.080,89	252.558,54	293.133,27	334.498,20	199.333,70	199.333,70
Abril		65.544,61	72.041,60	77.787,91	80.475,57	81.307,86	72.436,39	72.436,39
Mai		100.042,08	130.251,36	163.956,55	193.916,95	223.987,20	126.561,54	126.561,54
Junho		102.638,99	143.260,85	189.862,09	235.062,27	285.227,57	136.410,33	136.410,33
Julho		96.226,92	126.067,00	157.731,37	188.722,82	222.693,80	122.741,16	122.741,16
Agosto		86.396,82	103.173,76	120.360,61	137.298,96	155.358,88	103.007,09	103.007,09
Setembro		174.866,95	242.322,97	322.380,54	403.490,04	496.405,07	228.867,09	228.867,09
Outubro		236.268,71	327.439,73	435.334,60	544.646,95	669.669,91	309.338,38	309.338,38
Novembro		175.760,23	231.362,39	297.200,24	363.882,92	440.271,30	221.606,30	221.606,30
Dezembro		11.331,88	11.331,88	11.331,88	11.331,88	11.331,88	11.785,15	11.785,15
Vol. Vert		t=0 p=-20	t=0 p=-10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20	t=1 p=-20	t=1 p=-10
Janeiro		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fevereiro		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Março		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mai		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Junho		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Julho		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Setembro		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outubro		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembro		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dezembro		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vol. Final		t=0 p=-20	t=0 p=-10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20	t=1 p=-20	t=1 p=-10
Janeiro		1.269.029,19	1.216.933,01	1.156.568,95	1.094.773,23	1.023.674,78	1.230.849,18	1.230.849,18
Fevereiro		1.012.223,41	910.962,18	828.306,57	751.736,86	658.637,20	929.625,10	929.625,10
Março		1.063.292,68	1.082.942,36	1.118.324,39	1.166.840,68	1.199.614,93	1.097.032,29	1.097.032,29
Abril		1.171.001,18	1.406.159,28	1.592.256,81	1.677.839,82	2.160.948,72	1.360.669,78	1.360.669,78
Mai		1.089.407,78	1.355.318,01	1.588.874,11	1.872.344,58	2.200.004,64	1.319.747,77	1.319.747,77
Junho		1.013.377,89	1.244.349,97	1.467.862,64	1.723.668,27	2.037.630,50	1.212.388,21	1.212.388,21
Julho		909.973,97	1.147.497,98	1.407.833,61	1.675.693,71	1.990.381,71	1.110.887,38	1.110.887,38
Agosto		795.507,99	1.017.372,08	1.277.864,24	1.541.189,46	1.840.411,61	979.467,46	979.467,46
Setembro		590.741,90	742.885,67	923.898,80	1.106.311,42	1.311.233,09	717.632,02	717.632,02
Outubro		319.363,31	376.964,69	445.941,78	515.584,04	591.437,40	368.971,49	368.971,49
Novembro		118.373,08	118.844,18	119.744,68	120.492,92	120.667,77	119.875,15	119.875,15
Dezembro		89.919,05	89.919,05	89.919,05	89.919,05	89.919,05	89.919,05	89.919,05

Anexo 6.2 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Oitis (continuação)

Oitis							
t=1 p=0	t=1 p=10	t=1 p=20	t=2 p=-20	t=2 p=-10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
107,91	141,18	178,31	45,47	67,63	97,85	129,71	164,92
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
139,91	173,18	210,31	77,47	99,63	129,85	161,71	196,92
19.723.195,65	25.728.517,14	32.430.313,31	8.452.398,10	12.450.829,00	17.907.379,80	23.658.261,16	30.014.016,70
t=1 p=0	t=1 p=10	t=1 p=20	t=2 p=-20	t=2 p=-10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
312.283,72	385.468,14	466.380,14	179.282,10	230.840,88	300.863,16	373.866,71	453.799,28
382.835,83	472.934,16	568.404,83	215.390,46	280.593,00	368.585,81	458.994,93	554.049,20
246.665,72	289.187,20	331.376,50	155.869,00	191.667,65	238.067,66	281.483,33	324.278,62
78.853,56	82.544,50	84.298,18	67.657,00	73.070,93	79.850,18	84.422,85	87.131,21
160.905,84	192.264,09	223.042,84	96.707,53	122.285,57	156.113,42	188.207,81	219.597,46
183.227,04	229.407,60	279.291,62	96.238,23	130.712,41	176.913,14	223.899,51	274.201,80
156.179,61	188.549,73	222.990,55	94.950,29	119.771,36	152.904,64	186.060,55	221.043,56
120.144,73	137.298,47	156.080,67	90.912,57	103.300,37	120.103,20	137.421,89	156.204,52
307.542,93	388.306,92	478.437,61	163.463,22	219.822,33	296.734,08	377.794,52	467.380,84
415.371,97	524.218,79	645.689,26	219.206,85	294.466,03	397.170,21	505.414,33	625.043,50
286.288,19	352.686,80	426.786,08	166.334,77	211.819,21	273.890,61	339.310,18	411.610,54
11.785,15	11.785,15	11.785,15	12.238,43	12.238,43	12.238,43	12.238,43	12.238,43
t=1 p=0	t=1 p=10	t=1 p=20	t=2 p=-20	t=2 p=-10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
t=1 p=0	t=1 p=10	t=1 p=20	t=2 p=-20	t=2 p=-10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
1.170.347,83	1.109.378,79	1.041.606,19	1.278.035,46	1.237.352,54	1.178.980,77	1.118.218,98	1.051.446,11
842.254,56	766.060,19	678.018,40	1.032.195,26	940.191,54	850.063,51	773.824,72	687.014,36
1.118.794,25	1.166.026,39	1.201.779,37	1.040.284,02	1.096.898,99	1.120.868,27	1.166.910,32	1.203.572,88
1.574.407,63	1.796.251,24	2.146.891,59	1.132.657,24	1.356.771,96	1.559.014,31	1.774.070,14	2.113.705,47
1.566.695,63	1.837.216,31	2.159.846,58	1.052.840,12	1.291.117,05	1.548.010,06	1.809.335,28	2.125.622,09
1.449.302,91	1.694.236,52	1.993.638,09	981.916,41	1.187.308,69	1.429.006,82	1.663.862,03	1.954.848,45
1.376.733,16	1.643.458,21	1.943.776,96	878.802,08	1.082.287,30	1.347.564,28	1.611.339,94	1.905.262,26
1.238.293,48	1.500.801,50	1.792.242,69	760.955,51	949.339,30	1.202.312,55	1.463.651,55	1.751.751,26
896.492,88	1.078.496,88	1.279.546,42	566.591,18	695.340,03	868.808,33	1.049.342,04	1.248.151,20
437.306,71	506.586,37	582.402,62	311.717,21	360.707,45	426.544,86	495.005,16	570.223,53
120.852,93	121.660,69	122.159,31	119.787,36	120.908,74	121.932,83	122.801,22	123.626,72
89.919,05	89.919,05	89.919,05	89.919,05	89.919,05	89.919,05	89.919,05	89.919,05

Anexo 6.2 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Oitis (continuação)

Anexo 6.3 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Machado.

Machado								
Cenário	t=0 p=-20	t=0 p=-10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20	t=1 p=-20	t=1 p=-10	
Área Oti	(ha)	(ha)						
Melancia	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Folhoso	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Milho	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Tomate	39,83	49,94	119,00	162,48	179,88	31,80	46,62	
Algodão	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Total de ha	55,83	65,94	135,00	178,48	196,88	47,80	62,62	
Receita (R\$)	7313961	9.138.437	21.606.740	29.454.203		32.593.733	6.864.886	8.540.513
Vol Agric	t=0 p=-20	t=0 p=-10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20	t=1 p=-20	t=1 p=-10	
Janeiro	122.606,24	145.305,15	300.414,99	408.472,67	433.608,27	107.715,18	142.002,21	
Fevereiro	153.776,00	181.965,33	381.802,47	525.352,87	548.364,31	135.313,92	179.900,16	
Março	116.915,81	135.309,35	271.284,49	354.986,48	369.944,48	104.432,55	134.371,54	
Abril	47.566,61	51.868,82	88.267,52	113.617,73	111.221,26	44.810,89	52.401,08	
Mai	69.563,09	80.793,28	164.864,57	226.381,50	228.741,45	62.358,97	80.933,92	
Junho	74.851,42	90.337,67	199.442,09	279.948,74	290.545,01	64.954,41	89.370,82	
Julho	66.220,41	77.080,00	156.368,66	217.066,38	219.445,52	60.103,46	77.861,27	
Agosto	50.742,21	56.265,21	94.005,90	123.652,77	126.874,43	48.673,38	57.177,96	
Setembro	114881,45	138474,62	299695,28	417234,97	441786,27	98988,48	135972,27	
Outubro	155256,17	187053,03	404332,49	562759,66	596830,60	136201,83	183697,74	
Novembro	110528,18	129924,67	262469,47	359745,74	379286,96	96927,39	128510,81	
Dezembro	5865,94	5865,94	5865,94	5892,58	5865,94	5892,58	5892,58	
Vol. Vert	t=0 p=-20	t=0 p=-10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20	t=1 p=-20	t=1 p=-10	
Janeiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fevereiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Março	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Abril	0,00	0,00	0,00	1.254.688,45	5.647.031,83	0,00	0,00	
Mai	0,00	0,00	0,00	754.717,24	1.396.667,66	0,00	0,00	
Junho	0,00	0,00	0,00	176.736,69	202.871,13	0,00	0,00	
Julho	0,00	0,00	0,00	126.675,53	584.419,06	0,00	0,00	
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Setembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Outubro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Novembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Dezembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Vol Final	t=0 p=-20	t=0 p=-10	Histórico	t=0 p=10	t=0 p=20	t=1 p=-20	t=1 p=-10	
Janeiro	1.073.116,19	1.051.599,21	902.376,22	797.311,98	777.426,16	1.065.227,10	1.062.452,57	
Fevereiro	729.393,34	672.097,31	337.750,88	107.887,32	84.066,40	759.376,98	678.127,86	
Março	593.849,91	949.847,67	876.819,90	1.020.267,00	1.678.622,14	611.030,57	930.676,84	
Abril	1.911.657,30	2.164.848,74	2.734.074,75	3.000.000,00	3.000.000,00	1.874.670,05	2.229.617,06	
Mai	1.977.469,08	2.098.629,13	2.857.168,85	3.000.000,00	3.000.000,00	1.913.089,16	2.185.181,42	
Junho	2.100.778,48	2.202.920,09	2.833.568,77	3.000.000,00	3.000.000,00	2.052.666,62	2.227.360,67	
Julho	1.878.616,93	1.966.133,02	2.579.235,72	3.000.000,00	3.000.000,00	1.836.726,99	1.977.945,40	
Agosto	1.583.340,89	1.645.234,05	2.202.487,57	2.610.124,82	2.790.622,04	1.522.073,01	1.647.867,12	
Setembro	1.171.971,06	1.227.722,75	1.606.114,77	1.887.080,81	2.116.190,11	1.144.210,85	1.229.423,54	
Outubro	726.290,37	747.605,56	893.143,60	1.002.274,06	1.207.549,39	717.177,40	749.961,93	
Novembro	346.950,65	347.528,57	351.702,28	355.196,78	536.413,57	348.059,72	349.089,80	
Dezembro	84.066,40	84.066,40	84.066,40	84.066,40	84.066,40	84.066,40	84.066,40	

Anexo 6.3 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Machado. (continuação).

Machado							
t=1 p=0	t=1 p=10	t=1 p=20	t=2 p=-20	t=2 p=-10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
(ha)							
4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
95,44	160,23	172,19	24,17	27,02	77,53	144,56	162,96
4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
111,44	176,23	188,19	40,17	43,02	93,53	160,56	178,96
17.352.645	21.342.504	31.206.486	4.486.404	5.001.714	14.119.708	26.218.933	29.540.597
t=1 p=0	t=1 p=10	t=1 p=20	t=2 p=-20	t=2 p=-10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
254.925,95	403.275,43	428.986,79	93.547,60	100.407,53	221.788,31	381.479,89	423.774,56
326.342,59	518.551,17	549.246,43	116.118,56	124.097,54	282.936,63	490.749,38	543.415,60
234.340,65	360.362,58	373.309,52	90.375,19	94.971,10	203.156,93	339.691,56	367.732,57
79.087,95	112.360,49	113.365,65	41.853,25	42.493,28	72.007,64	108.837,22	114.211,94
143.425,39	223.477,07	233.135,74	54.008,58	56.834,50	125.101,01	212.489,32	231.794,83
170.288,78	276.205,03	293.245,37	54.434,25	58.966,57	147.188,08	262.625,52	292.013,61
137.307,42	214.305,75	225.102,61	52.791,42	55.754,41	120.926,14	205.303,76	225.340,31
85.187,58	122.358,85	128.842,91	46.400,96	48.116,89	78.478,80	118.767,89	129.466,52
254484,31	411760,25	440800,96	85.365,45	92628,91	221149,82	391.692,10	438511,98
343418,18	555381,30	594519,90	114.455,87	124155,14	295775,65	523.509,43	586030,39
225943,29	355244,80	379120,09	86.100,06	91962,02	195684,42	333.320,04	371105,87
5892,58	5892,58	5892,58	6.119,22	6119,22	6119,22	6.119,22	6119,22
t=1 p=0	t=1 p=10	t=1 p=20	t=2 p=-20	t=2 p=-10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	917.905,37	5.071.579,35	0,00	0,00	0,00	629.581,71	4.572.314,80
0,00	604.782,49	1.258.269,82	0,00	0,00	0,00	510.808,93	1.201.165,60
0,00	62.602,28	178.252,67	0,00	0,00	0,00	21.969,17	170.742,30
0,00	15.432,45	521.329,38	0,00	0,00	0,00	0,00	465.769,71
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
t=1 p=0	t=1 p=10	t=1 p=20	t=2 p=-20	t=2 p=-10	t=2 p=0	t=2 p=10	t=2 p=20
944.419,89	802.371,32	779.695,52	1.095.816,00	1.089.743,53	973.615,31	820.700,46	781.921,20
431.587,60	119.745,54	84.066,40	792.570,74	764.133,64	500.882,97	163.760,92	90.621,07
928.054,75	966.353,75	1.541.909,60	678.344,42	953.022,89	969.191,53	979.421,21	1.454.303,98
2.650.947,89	3.000.000,00	3.000.000,00	1.977.701,50	2.109.951,48	2.562.088,30	3.000.000,00	3.000.000,00
2.727.491,10	3.000.000,00	3.000.000,00	1.844.442,07	2.070.051,40	2.573.587,75	3.000.000,00	3.000.000,00
2.730.316,73	3.000.000,00	3.000.000,00	1.999.113,19	2.070.774,00	2.597.752,90	3.000.000,00	3.000.000,00
2.427.126,31	3.000.000,00	3.000.000,00	1.792.145,57	1.828.258,66	2.309.819,70	2.941.496,50	3.000.000,00
2.058.820,52	2.595.586,72	2.712.740,50	1.478.375,73	1.505.808,78	1.947.925,67	2.530.541,69	2.661.081,11
1508756,07	1.875.299,96	1995785,46	1.113.789,94	1.131.487,36	1.431.107,01	1825925,85	1.926.287,67
857386,93	997.713,54	1081493,55	706.243,42	712.927,71	827.672,13	978046,16	1.016.192,80
352290,29	355.093,31	412342,73	349.198,27	349.422,71	352.984,20	356375,92	355.873,66
84066,40	84.066,40	84.066,40	84.066,40	84.066,40	84.066,40	84066,40	84.066,40

Anexo 6.3 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Machado. (continuação).

Anexo 6.4 - Resultados obtidos de precipitação (incrementos e decrementos), temperatura (incrementos) com auxílio dos modelos de previsões climáticas e as vazões afluentes geradas ao reservatório de Poço Fundo.

					Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ag	Set	Out	Nov	Dez	Total
			Histórico	precipitação (mm)	27,86	63,38	127,94	120,04	68,36	48,18	64,61	21,66	11,45	8,02	12,25	20,22	683,96
				evaporação (mm)	220,21	175,59	174,68	142,08	115,10	97,36	100,70	124,41	151,22	203,50	220,13	216,23	1941,21
				vazão (m3/s)	0,00	0,07	4,82	5,36	2,44	0,61	0,16	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	1,13
EE-ECHAM4	GG	1% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	26,64	36,01	126,67	86,14	39,45	33,27	44,57	14,94	8,69	6,91	8,55	17,76	426,60
				evaporação (mm)	228,87	185,78	183,20	149,00	120,11	100,39	103,14	127,77	155,68	211,05	230,77	226,95	2022,71
				vazão (m3/s)	0,00	0,02	0,50	0,06	0,37	0,08	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
		1% ao ano	2040-2069	precipitação (mm)	18,96	36,13	61,74	44,09	26,35	26,38	42,69	16,77	5,92	4,80	7,98	14,31	306,02
				evaporação (mm)	233,44	189,77	191,61	156,80	122,53	103,40	107,99	132,76	180,35	218,27	238,02	233,93	2088,89
				vazão (m3/s)	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
		1% ao ano	2070-2099	precipitação (mm)	12,75	28,96	54,63	26,13	26,35	27,53	38,92	15,86	5,92	3,73	7,22	7,45	255,05
				evaporação (mm)	253,62	199,49	197,64	159,86	127,06	104,80	107,96	133,12	183,09	222,62	245,64	243,19	2158,09
				vazão (m3/s)	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EE-ECHAM4	GS	1% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	-13,61	44,55	49,64	49,81	42,01	37,86	47,08	17,99	8,69	3,73	7,31	9,73	304,78
				evaporação (mm)	253,62	199,49	197,64	159,86	127,06	104,80	107,96	133,12	183,09	222,62	245,64	243,19	2158,09
				vazão (m3/s)	0,00	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
HHHADCM2	GG	1% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	32,49	61,84	164,41	130,66	63,07	36,46	22,50	9,35	3,31	3,21	10,32	20,72	668,04
				evaporação (mm)	261,26	178,48	180,93	149,18	119,30	103,45	108,81	134,97	199,00	215,32	232,51	230,17	2073,38
				vazão (m3/s)	0,00	0,14	6,01	6,01	1,99	0,98	0,19	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	1,25
			2040-2069	precipitação (mm)	39,11	109,93	211,07	144,22	52,01	13,02	9,07	3,09	1,81	1,36	7,61	26,18	620,48
				evaporação (mm)	286,73	186,09	185,54	152,56	124,53	107,11	111,22	138,02	184,71	222,09	241,74	234,46	2156,89
				vazão (m3/s)	0,06	1,57	16,37	10,83	2,25	1,10	0,21	0,04	0,01	0,00	0,00	0,02	2,70
			2070-2099	precipitação (mm)	52,99	146,45	254,19	144,89	34,00	10,42	6,89	2,69	2,41	1,54	7,22	31,88	896,67
				evaporação (mm)	310,02	190,14	189,58	157,44	131,24	112,39	116,01	143,75	172,26	232,21	252,66	244,53	2262,23
				vazão (m3/s)	0,96	4,84	30,53	12,29	1,26	0,66	0,13	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03	4,19
HHHADCM2	GG	0,5 % ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	32,72	78,72	170,81	143,66	67,06	43,63	40,47	15,69	7,97	6,68	10,96	23,54	641,98
				evaporação (mm)	227,97	181,37	180,19	146,49	119,28	99,06	103,32	127,89	155,46	209,38	226,93	223,60	2000,73
				vazão (m3/s)	0,00	0,13	6,31	9,26	3,20	1,04	0,22	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	1,69
			2040-2069	precipitação (mm)	33,84	101,42	219,79	154,04	49,02	31,02	34,54	14,85	6,72	5,12	9,74	20,38	679,38
				evaporação (mm)	232,05	184,59	183,10	148,94	120,17	101,57	105,01	129,84	157,91	212,16	230,13	227,65	2033,12
				vazão (m3/s)	0,00	0,93	16,52	13,04	2,01	1,46	0,29	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	3,03
			2070-2099	precipitação (mm)	36,69	112,99	245,34	145,68	51,03	26,96	29,97	12,60	5,91	4,45	8,63	23,03	707,07
				evaporação (mm)	236,79	188,45	186,40	151,90	122,44	103,24	106,77	131,99	180,29	215,74	234,24	231,78	2070,03
				vazão (m3/s)	0,05	1,77	23,94	13,98	1,79	0,74	0,15	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	3,61
HHHADCM2	GS	1 % ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	39,18	96,47	184,34	148,55	62,73	28,43	31,54	10,96	4,09	3,18	12,37	26,06	647,50
				evaporação (mm)	222,42	174,14	177,12	145,83	116,80	101,56	107,66	134,09	159,69	214,26	230,02	225,38	2009,04
				vazão (m3/s)	0,04	1,77	23,94	13,98	1,79	0,74	0,15	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	3,61
			2040-2069	precipitação (mm)	44,82	107,00	208,47	156,07	59,72	28,83	11,47	4,02	1,47	3,04	10,69	26,49	661,08
				evaporação (mm)	230,56	181,80	180,99	148,06	120,99	103,65	108,72	135,81	183,28	217,43	234,54	229,42	2056,07
				vazão (m3/s)	0,25	1,43	16,18	13,99	3,11	1,46	0,28	0,06	0,01	0,00	0,00	0,02	3,03
			2070-2099	precipitação (mm)	54,00	148,23	255,36	165,35	49,09	17,77	8,69	1,75	0,82	2,03	8,17	26,32	737,77
				evaporação (mm)	426,88	410,65	348,64	195,72	82,65	36,91	16,39	10,04	10,80	51,46	146,75	281,40	2017,29
				vazão (m3/s)	0,60	0,46	13,33	10,85	1,99	1,01	0,20	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	2,34
HHHADCM2	GS	0,5 % ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	30,71	71,96	155,53	134,20	62,44	38,81	40,69	15,83	8,44	5,86	9,40	16,88	592,66
				evaporação (mm)	226,37	180,50	179,86	146,90	117,83	99,57	102,87	127,16	154,88	208,05	225,11	221,77	1989,57
				vazão (m3/s)	0,00	0,10	3,36	5,94	2,07	0,92	0,19	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	1,06
			2040-2069	precipitação (mm)	35,84	95,54	202,00	144,10	56,88	33,22	37,98	13,69	6,13	4,79	9,65	21,99	661,91
				evaporação (mm)	231,06	183,93	182,92	149,00	119,99	101,18	104,60	129,22	156,91	211,40	228,90	226,41	2025,52
				vazão (m3/s)	0,00	0,48	14,57	10,94	2,71	1,12	0,23	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	2,51
			2070-2099	precipitação (mm)	34,51	101,97	217,81	147,46	47,58	30,42	31,02	11,99	5,27	4,53	10,57	24,23	667,36
				evaporação (mm)	234,67	186,84	185,67	151,04	121,59	102,60	106,06	131,04	159,19	214,75	232,78	229,91	2056,13
				vazão (m3/s)	0,00	0,93	17,86	11,96	1,91	1,17	0,23	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	2,81

Anexo 6.5 - Resultados obtidos de precipitação (incrementos e decrementos), temperatura (incrementos) com auxílio dos modelos de previsões climáticas e as vazões afluentes geradas ao reservatório de Oitis.

				Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total	
			Histórico	precipitação (mm)	41,14	117,82	166,95	161,04	75,17	75,10	71,14	95,86	34,44	13,59	11,42	30,49	833,96
				evaporação (mm)	220,21	175,59	174,68	142,08	115,10	97,36	100,70	124,41	151,22	203,50	220,13	216,23	1941,21
				razão (m3/s)	0,06	0,20	1,04	1,08	0,33	0,16	0,2	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,26
EE-ECHAM5	GG	1% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	39,34	66,96	165,95	89,74	42,28	51,85	59,05	24,61	26,12	11,70	7,97	26,79	609,97
				evaporação (mm)	226,87	166,78	165,20	149,00	120,11	100,39	103,14	127,77	155,88	211,05	230,77	226,95	2022,71
				razão (m3/s)	0,08	0,01	2,86	0,04	0,09	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
		1% ao ano	2040-2069	precipitação (mm)	27,99	67,16	80,57	59,16	28,37	41,13	55,60	27,63	17,81	8,14	7,35	21,57	443,08
				evaporação (mm)	233,44	169,77	191,81	156,60	122,53	103,40	107,99	132,78	180,36	218,27	236,02	233,93	2058,99
				razão (m3/s)	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		1% ao ano	2070-2099	precipitação (mm)	18,83	53,08	71,28	35,06	28,37	42,91	50,69	26,2	17,81	6,30	6,73	11,23	369,04
				evaporação (mm)	253,62	199,49	197,64	159,86	127,06	104,80	107,96	133,2	163,09	222,62	245,64	243,19	2158,09
				razão (m3/s)	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EE-ECHAM5	GS	1% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	0,00	82,81	64,78	86,83	46,20	59,01	6,30	29,64	26,12	6,30	6,82	14,68	464,53
				evaporação (mm)	253,62	199,49	197,64	159,86	127,06	104,80	107,96	133,2	163,09	222,62	245,64	243,19	2158,09
				razão (m3/s)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HHHADCM2	GG	1% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	47,93	151,77	214,55	175,16	58,36	56,83	29,31	15,40	9,97	5,43	9,62	31,25	605,63
				evaporação (mm)	261,28	178,48	183,93	149,18	119,30	103,45	109,81	134,97	193,00	215,32	232,51	230,17	2073,38
				razão (m3/s)	0,10	0,61	1,89	1,63	0,20	0,16	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39
			2040-2069	precipitação (mm)	57,75	204,36	275,44	193,49	57,20	20,30	1,60	5,09	5,44	2,30	7,09	42,50	662,76
				evaporação (mm)	289,73	186,09	185,54	152,56	124,53	107,11	11,22	138,02	164,71	222,09	241,74	234,46	2156,80
				razão (m3/s)	0,15	1,39	3,88	1,78	0,21	0,19	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64
			2070-2099	precipitação (mm)	78,25	272,25	331,70	194,39	37,39	16,24	8,98	4,43	7,25	2,61	6,73	48,22	1008,44
				evaporação (mm)	310,02	190,14	189,98	157,44	131,24	112,39	116,01	143,75	172,26	232,21	252,86	244,53	2252,23
				razão (m3/s)	0,23	2,86	5,97	1,70	0,11	0,16	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93
HHHADCM2	GS	0,5 % ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	48,31	146,34	222,90	192,74	73,75	68,01	52,71	25,85	23,96	11,31	10,21	35,49	911,98
				evaporação (mm)	227,27	181,37	183,19	146,49	118,28	99,86	103,32	127,88	155,46	209,38	226,93	229,60	2000,73
				razão (m3/s)	0,10	0,54	2,05	2,07	0,31	0,17	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44
			2040-2069	precipitação (mm)	50,12	188,54	285,82	206,66	52,81	48,35	44,99	24,2	20,21	8,68	9,09	30,73	971,12
				evaporação (mm)	232,05	184,58	183,10	149,94	120,17	101,57	105,01	129,84	157,91	212,16	230,13	227,65	2033,12
				razão (m3/s)	0,11	1,08	3,90	2,48	0,19	0,16	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86
			2070-2099	precipitação (mm)	57,13	210,04	320,18	195,31	56,11	45,12	39,04	20,89	17,78	7,54	8,05	34,73	1011,60
				evaporação (mm)	236,79	188,45	185,40	151,90	122,44	103,24	106,77	131,99	180,29	215,74	234,24	231,78	2070,03
				razão (m3/s)	0,15	1,48	5,04	1,83	0,20	0,19	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75
HHHADCM2	GS	1% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	57,88	179,34	243,55	199,30	68,98	44,32	4,08	17,40	12,30	5,39	11,53	39,30	917,35
				evaporação (mm)	222,42	174,14	177,12	145,88	116,80	101,66	107,66	134,09	159,69	214,28	230,02	225,38	2009,04
				razão (m3/s)	0,15	0,98	2,82	2,30	0,29	0,16	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56
			2040-2069	precipitação (mm)	86,18	198,91	272,05	209,39	64,57	44,94	14,94	6,62	4,43	5,15	9,97	39,94	937,09
				evaporação (mm)	230,96	181,60	180,89	148,08	120,99	103,65	108,72	136,81	163,38	217,43	234,54	229,42	2056,07
				razão (m3/s)	0,21	1,32	3,79	2,20	0,27	0,19	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67
			2070-2099	precipitação (mm)	79,74	275,55	335,22	221,64	53,98	27,70	1,58	2,88	2,46	3,44	7,61	39,68	1059,68
				evaporação (mm)	426,83	410,65	343,64	195,72	92,00	35,91	17,00	15,00	10,80	62,30	165,35	296,30	2056,56
				razão (m3/s)	0,22	1,33	3,80	2,21	0,28	0,20	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,68
HHHADCM2	GS	0,5 % ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	45,23	100,77	302,85	100,05	60,67	60,49	53,00	26,07	25,37	8,92	0,76	20,62	040,00
				evaporação (mm)	180,93	179,86	145,90	117,83	99,57	102,87	127,16	154,98	208,05	225,11	221,77	1763,20	
				razão (m3/s)	0,09	0,39	1,67	1,71	0,24	0,16	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36
			2040-2069	precipitação (mm)	52,92	177,61	263,99	193,33	62,66	51,78	49,47	22,95	18,43	8,12	9,00	33,16	942,62
				evaporação (mm)	231,06	183,93	182,92	149,00	119,99	101,18	104,60	129,22	196,91	211,40	228,90	226,41	2025,52
				razão (m3/s)	0,12	0,93	3,29	2,09	0,23	0,16	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57
			2070-2099	precipitação (mm)	50,96	188,57	284,23	197,83	52,30	47,42	40,41	19,76	15,86	7,68	9,86	36,54	962,44
				evaporação (mm)	234,67	186,84	185,67	151,04	121,59	102,60	106,05	131,04	169,19	214,75	232,78	229,91	2056,13
				razão (m3/s)	0,11	1,08	3,82	2,23	0,19	0,16	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64

Anexo 6.6 - Resultados obtidos de precipitação (incrementos e decrementos), temperatura (incrementos) com auxílio dos modelos de previsões climáticas e as vazões afluentes geradas ao reservatório de Machado.

					Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro		
			Histórico	precipitação (mm)	26,92	76,12	129,81	126,63	72,16	54,70	57,15	24,29	17,80	5,47	7,96	14,16	613,58	
				evaporação (mm)	220,21	175,59	174,68	142,08	115,10	97,36	100,70	124,41	151,22	209,90	225,13	216,23	1941,21	
				vazão (m3/s)	0,00	0,02	0,40	0,85	0,21	0,17	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	
EE-ECHAM4	GS	1% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	25,74	44,39	129,73	69,22	40,59	37,77	46,64	16,76	13,35	4,71	5,28	12,44	445,62	
				evaporação (mm)	228,87	185,78	183,20	149,20	120,11	120,39	103,14	127,77	156,68	211,05	230,77	226,95	2022,71	
				vazão (m3/s)	0,00	0,00	0,35	0,21	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	
			1% ao ano	2040-2069	precipitação (mm)	19,32	44,53	62,65	46,15	27,81	29,95	44,67	19,81	9,13	3,38	4,87	10,02	320,16
				evaporação (mm)	233,44	189,77	191,81	166,30	122,53	123,40	107,99	132,78	160,35	218,27	238,02	233,93	2088,89	
				vazão (m3/s)	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			1% ao ano	2070-2099	precipitação (mm)	12,32	36,20	55,43	27,36	27,81	31,26	40,73	17,79	9,13	2,95	4,46	5,22	269,22
				evaporação (mm)	253,62	199,49	197,64	169,36	127,06	124,00	107,96	133,12	163,09	222,62	245,64	243,19	2195,89	
				vazão (m3/s)	0,00	0,01	0,00	0,21	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
EE-ECHAM4	GS	1% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	0,00	54,91	53,37	52,13	44,35	42,96	49,27	30,18	13,35	2,95	4,52	6,82	341,42	
				evaporação (mm)	253,62	199,49	197,64	169,36	127,06	124,00	107,96	133,12	163,09	222,62	245,64	243,19	2195,89	
				vazão (m3/s)	0,00	0,01	0,00	0,21	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
HHHADCM2	GG	1% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	31,40	100,63	165,83	136,34	56,02	41,39	23,54	10,48	5,09	2,19	6,37	14,52	595,10	
				evaporação (mm)	261,26	178,48	180,93	149,18	119,30	123,45	108,81	134,97	159,00	215,32	232,51	230,17	2073,38	
				vazão (m3/s)	0,00	0,04	1,43	1,20	0,27	0,21	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	
			2040-2069	precipitação (mm)	37,80	136,60	214,17	160,34	64,81	14,78	9,49	3,47	2,73	0,93	4,70	19,74	649,21	
				evaporação (mm)	288,73	186,09	185,54	152,56	124,53	127,11	111,22	138,02	164,71	222,09	241,74	234,46	2196,80	
				vazão (m3/s)	0,00	0,30	4,85	2,36	0,36	0,29	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	
			2070-2099	precipitação (mm)	51,21	180,52	257,92	151,54	36,89	11,83	7,21	3,02	3,71	1,05	4,46	22,40	730,86	
				evaporação (mm)	310,02	190,14	189,98	157,44	131,24	112,39	116,01	143,75	172,28	232,21	252,66	244,53	2252,22	
				vazão (m3/s)	0,01	1,83	5,92	2,47	0,36	0,30	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
HHHADCM2	GS	0,5% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	31,62	97,03	173,32	150,35	70,79	49,54	42,35	17,60	12,24	4,86	6,76	16,49	672,65	
				evaporação (mm)	227,97	181,37	180,19	146,49	118,28	99,66	103,32	127,88	156,43	209,38	226,93	223,80	2000,73	
				vazão (m3/s)	0,00	0,04	1,27	1,13	0,28	0,23	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	
			2040-2069	precipitação (mm)	32,80	126,01	225,02	161,21	60,69	36,21	36,15	16,73	10,39	3,60	6,02	14,28	714,66	
				evaporação (mm)	232,05	184,69	183,10	148,34	120,17	121,57	105,01	129,84	157,91	212,16	230,13	227,65	2033,12	
				vazão (m3/s)	0,00	0,16	5,01	2,31	0,31	0,29	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	
			2070-2099	precipitação (mm)	37,39	139,27	243,95	152,36	53,66	32,87	31,36	14,02	9,09	3,04	5,33	16,13	743,67	
				evaporação (mm)	236,73	180,45	180,40	151,50	122,44	123,24	106,77	131,99	160,29	215,74	234,24	231,70	2070,83	
				vazão (m3/s)	0,00	0,39	5,41	2,43	0,34	0,29	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	
HHHADCM2	GS	1% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	37,87	118,91	187,05	155,47	66,22	32,28	33,00	11,86	6,29	2,17	7,64	16,25	677,00	
				evaporação (mm)	222,42	174,14	177,12	145,38	116,80	121,56	107,85	134,09	159,69	214,28	230,02	225,39	2009,84	
				vazão (m3/s)	0,00	0,11	3,23	2,57	0,46	0,29	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	
			2040-2069	precipitação (mm)	43,31	131,89	211,54	163,34	61,99	32,73	12,00	4,51	2,25	2,08	6,60	18,65	690,80	
				evaporação (mm)	230,96	181,60	180,99	148,28	120,99	123,65	108,72	135,81	163,28	217,43	234,54	229,42	2065,87	
				vazão (m3/s)	0,01	0,28	4,59	2,39	0,43	0,29	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	
			2070-2099	precipitação (mm)	52,19	182,70	259,10	173,26	51,81	20,18	9,30	1,96	1,25	1,38	5,04	18,43	776,41	
				evaporação (mm)	238,24	186,00	185,10	153,40	126,08	128,83	113,76	141,06	170,22	226,44	244,74	241,00	2136,85	
				vazão (m3/s)	0,01	1,98	7,04	3,54	0,35	0,30	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	
HHHADCM2	GS	0,5% ao ano	2010-2039	precipitação (mm)	29,68	88,68	157,82	140,46	65,91	44,06	42,88	17,76	12,97	3,99	5,80	13,29	623,01	
				evaporação (mm)	226,37	180,50	173,86	145,20	117,83	99,57	102,87	127,16	154,53	208,05	225,11	221,77	1989,57	
				vazão (m3/s)	0,00	0,03	2,84	2,26	0,32	0,18	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	
			2040-2069	precipitação (mm)	34,84	117,77	204,96	160,30	60,12	32,71	38,75	15,36	9,42	3,27	5,96	15,40	696,20	
				evaporação (mm)	231,06	183,93	182,92	149,20	119,99	121,18	104,60	129,22	156,91	211,40	228,90	226,41	2035,52	
				vazão (m3/s)	0,00	0,07	3,94	2,30	0,38	0,29	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	
			2070-2099	precipitação (mm)	33,35	125,89	221,01	154,33	50,23	34,64	32,46	13,45	8,11	3,09	6,53	16,97	699,76	
				evaporação (mm)	234,67	186,84	185,67	151,24	121,69	122,60	106,05	131,04	169,19	214,75	232,78	229,91	2066,13	
				vazão (m3/s)	0,00	0,16	4,87	2,46	0,31	0,29	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	

Anexo 6.7 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Poço Fundo

Cenários	1	2	3	4	5	6	7
	(ha)						
Melancia	105,00	97,44	67,00	103,47	105,00	105,00	105,00
Feijão	17,50	7,00	7,00	7,00	17,50	17,50	17,50
Milho	52,50	7,00	7,00	7,00	52,50	52,50	52,50
Tomate	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
Algodão	35,00	7,00	7,00	7,00	35,00	35,00	35,00
Total	350,00	258,44	228,00	284,47	350,00	350,00	350,00
Receita (R\$)	27.542.900,00	26.982.713,78	26.478.519,38	27.005.492,00	27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00
Vol Agric	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2010-2039	2040-2069	2070-2099
Janeiro	817.668,62	668.917,67	629.078,32	707.221,50	834.021,99	688.985,20	641.659,88
Fevereiro	954.552,44	774.344,97	736.043,08	770.934,13	983.189,02	813.062,22	728.682,65
Março	615.849,40	577.079,83	542.141,07	576.242,34	646.641,86	571.309,03	536.719,66
Abril	400.469,67	284.467,94	260.589,06	255.530,17	408.479,06	293.001,98	265.800,84
Maio	415.983,90	357.676,10	331.566,80	329.227,20	428.463,41	375.559,90	328.251,13
Junho	354.655,96	304.641,95	290.727,95	284.397,93	372.388,76	301.595,53	287.820,67
Julho	405.614,71	318.555,73	284.230,62	297.345,25	417.783,15	334.483,51	281.388,31
Agosto	475.147,46	317.713,07	257.213,46	289.244,90	484.650,41	327.244,46	262.357,73
Setembro	652.354,09	554.506,66	506.701,19	547.144,46	671.924,71	582.231,99	501.634,18
Outubro	850.301,07	741.210,37	683.006,02	729.863,09	892.816,13	733.798,27	676.175,96
Novembro	708.286,38	586.842,87	525.107,75	573.510,49	729.534,98	616.185,01	519.856,67
Dezembro	97.905,46	76.875,17	56.773,93	78.669,82	102.800,74	76.105,42	56.206,20
Vol, Vert	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2010-2039	2040-2069	2070-2099
Janeiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fevereiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Março	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Junho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Julho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Setembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outubro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dezembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vol Final	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2010-2039	2040-2069	2070-2099
Janeiro	11.949.542,69	12.154.783,07	12.075.379,28	12.003.662,52	10.653.164,02	10.757.606,80	10.653.164,02
Fevereiro	10.303.818,69	10.767.472,30	10.632.184,34	10.642.920,25	8.116.514,68	8.274.116,90	7.801.310,22
Março	10.677.728,43	9.804.096,20	9.604.699,37	9.536.639,86	7.517.533,26	7.087.959,93	7.087.959,93
Abril	9.992.653,73	9.099.204,01	8.852.568,11	8.902.332,64	12.667.906,21	12.792.101,37	12.667.906,21
Maio	10.133.550,10	8.405.448,95	8.175.934,28	8.280.173,88	18.916.220,86	19.283.526,12	18.181.610,34
Junho	9.619.494,95	7.848.044,27	7.636.953,12	7.778.506,29	20.307.834,82	19.147.387,11	19.147.387,11
Julho	8.991.482,09	7.380.777,68	7.170.470,99	7.374.106,10	18.205.619,84	18.559.127,02	17.498.605,48
Agosto	8.018.226,76	6.727.258,55	6.580.889,68	6.752.224,78	15.398.362,54	15.549.326,88	15.398.362,54
Setembro	6.804.002,93	5.767.305,04	5.669.024,47	5.799.254,18	12.507.659,55	12.750.526,73	12.021.925,20
Outubro	5.301.027,75	4.541.817,25	4.496.490,48	4.571.298,70	9.222.566,62	8.695.562,81	8.695.562,81
Novembro	3.997.296,90	3.518.339,68	3.522.677,33	3.543.632,16	5.921.976,73	6.036.966,57	5.691.997,05
Dezembro	3.399.480,93	3.084.000,00	3.084.000,00	3.084.000,00	3.704.309,04	3.492.634,24	3.492.634,24
Vazão Potencial (l/s)	40,00	0,00	0,00	0,00	1.007,96	2.185,45	3.388,13

Anexo 6.7 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Poço Fundo (continuação).

8	9	10	11	12	13	14
(ha)						
105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	17,50
52,50	52,50	52,50	52,50	52,50	52,50	52,50
140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
350,00	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00
27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00	27.542.900,00
2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039
721.365,93	834.021,99	688.985,20	641.659,86	728.438,14	858.552,05	662.228,49
763.224,79	992.734,54	797.575,32	750.763,94	786.352,81	983.189,02	789.831,87
605.054,46	609.690,90	571.309,03	569.248,12	570.479,92	609.690,90	605.933,82
260.640,77	412.483,76	290.157,30	265.800,84	260.640,77	412.483,76	290.157,30
325.934,93	424.303,58	368.406,38	338.198,13	339.104,02	436.783,09	368.406,38
298.617,82	365.295,64	319.874,05	287.820,67	298.617,82	351.109,40	319.874,05
294.371,79	425.895,45	315.370,17	281.388,31	312.212,51	425.895,45	315.370,17
295.029,80	489.401,89	333.598,72	254.641,33	286.352,45	484.650,41	327.244,46
541.673,01	684.971,79	548.961,59	501.634,18	574.501,68	671.924,71	582.231,99
766.356,24	867.307,09	763.446,69	696.666,14	744.460,35	892.816,13	733.798,27
567.775,39	729.534,98	616.185,01	519.856,67	567.775,39	722.452,11	604.448,15
82.603,31	102.800,74	76.106,42	56.206,20	82.603,31	100.842,63	80.718,93
2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039
10.653.164,02	10.653.164,02	10.757.606,80	10.653.164,02	10.757.606,80	10.966.492,37	10.339.835,67
7.801.310,22	8.195.315,79	8.116.514,68	8.037.713,56	8.037.713,56	8.116.514,68	8.037.713,56
7.517.533,26	7.087.959,93	7.087.959,93	7.517.533,26	7.087.959,93	7.087.959,93	7.517.533,26
12.667.906,21	12.792.101,37	12.667.906,21	12.667.906,21	12.667.906,21	12.792.101,37	12.667.906,21
18.181.610,34	18.732.568,23	18.916.220,86	18.732.568,23	18.916.220,86	19.283.526,12	18.916.220,86
20.307.834,82	19.921.018,92	20.307.834,82	19.147.387,11	20.307.834,82	19.147.387,11	20.307.834,82
17.498.605,48	18.559.127,02	17.498.605,48	17.498.605,48	18.559.127,02	18.559.127,02	17.498.605,48
15.398.362,54	15.549.326,88	15.851.255,56	14.945.469,53	14.945.469,53	15.398.362,54	15.549.326,88
12.021.925,20	12.750.526,73	12.021.925,20	12.021.925,20	12.750.526,73	12.507.659,55	12.750.526,73
9.222.566,62	8.959.064,72	9.046.898,68	8.959.064,72	8.959.064,72	9.222.566,62	8.695.562,81
5.691.997,05	5.921.976,73	6.036.966,57	5.691.997,05	5.691.997,05	5.864.481,81	5.921.976,73
3.704.309,04	3.704.309,04	3.492.634,24	3.492.634,24	3.704.309,04	3.633.750,78	3.704.309,04
1.362,79	2.445,49	2.832,64	2.831,97	2.450,20	1.892,02	851,75

Anexo 6.7 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Poço Fundo (continuação).

29 (ha)	30 (ha)	31 (ha)	32 (ha)	33 (ha)	34 (ha)
105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
17,50	17,50	17,50	17,50	17,50	7,00
52,50	52,50	52,50	52,50	52,50	7,00
140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
35,00	21,74	35,00	35,00	13,76	7,00
350,00	336,74	350,00	350,00	328,76	266,00
27.542.900,00	27.498.617,42	27.542.900,00	27.542.900,00	27.471.964,55	27.107.920,00
2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
807.181,47	798.408,91	842.386,69	814.377,09	779.377,33	681.852,39
1.051.133,46	847.665,83	933.417,67	864.619,15	863.619,32	760.195,53
644.669,04	733.619,21	768.544,27	748.291,60	699.881,05	586.590,59
366.048,88	363.630,44	460.473,46	370.903,05	354.746,79	283.664,04
387.333,17	358.770,42	385.496,61	365.945,83	355.081,25	344.909,39
331.486,73	334.517,08	379.450,31	341.207,43	360.302,93	307.626,64
388.361,82	387.351,19	434.262,67	395.098,21	392.666,05	323.200,35
461.237,31	442.061,51	480.891,90	450.902,74	437.183,61	318.426,16
643.805,77	613.739,79	655.409,83	626.014,59	587.394,27	555.534,90
828.907,57	794.073,09	857.593,40	809.954,55	770.664,82	731.682,03
682.382,08	647.020,56	699.262,85	659.960,97	624.933,33	576.903,55
94.173,90	87.645,18	95.484,39	89.398,08	82.715,66	77.236,10
2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
12.077.711,50	12.047.641,23	11.875.764,71	10.862.049,59	12.075.825,14	12.118.639,44
10.450.763,89	10.797.034,39	10.287.197,71	8.195.315,79	10.641.754,07	10.740.753,97
10.103.563,69	9.652.722,06	10.012.172,99	7.445.937,71	9.734.462,86	9.584.974,17
9.762.431,52	9.113.857,70	9.412.423,23	12.916.296,53	9.179.428,58	8.917.751,33
9.113.675,73	8.581.486,84	9.792.625,60	19.099.873,49	8.635.810,41	8.324.583,67
8.589.381,07	8.049.764,30	9.234.129,18	20.114.426,87	8.014.398,62	7.753.696,48
8.109.314,72	7.569.077,64	8.616.433,71	18.382.373,43	7.481.915,39	7.331.194,83
7.322.964,61	6.823.769,11	7.692.947,62	15.700.291,22	6.727.160,36	6.701.747,84
6.283.941,86	5.839.335,64	6.550.908,30	12.629.093,14	5.779.505,70	5.780.881,34
4.964.454,43	4.578.170,14	5.079.083,13	9.134.732,65	4.546.662,34	4.604.211,54
3.835.314,01	3.522.842,11	3.826.582,80	5.979.471,65	3.513.028,33	3.608.055,30
3.378.085,81	3.084.000,00	3.260.832,73	3.084.000,00	3.084.000,00	3.188.530,79
0,00	0,00	30,00	0,00	0,00	0,00

Anexo 6.8 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Oitis

Cenários	1	2	3	4	5	6	7
	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
Melancia	8,00	8,00	8,00	8,00	122,35	150,00	150,00
Feijão	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	25,00	25,00
Milho	8,00	8,00	8,00	8,00	65,32	75,00	75,00
Tomate	155,75	26,89	20,66	32,25	200,00	200,00	200,00
algodão	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	50,00	50,00
Total	187,75	58,89	52,66	64,25	403,67	500,00	500,00
Receita (R\$)	28.358.961,99	5.097.472,70	3.972.558,83	6.065.159,50	38.617.429,56	39.347.000,00	39.347.000,00
Vol Agric	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2010-2039	2040-2069	2070-2099
Janeiro	406.940,41	130.313,62	129.123,03	131.705,49	1.095.848,92	1.150.641,36	1.173.654,19
Fevereiro	534.111,20	152.934,29	146.019,73	148.940,13	1.041.225,64	1.093.286,92	1.115.152,66
Março	268.907,59	128.928,06	122.408,72	124.856,90	658.641,15	691.573,20	705.404,67
Abril	123.730,85	70.487,03	74.009,69	75.489,89	180.938,93	189.985,87	193.785,59
Mai	248.803,53	79.239,24	72.780,85	74.236,47	444.895,50	467.140,28	476.483,08
Junho	248.906,57	62.231,43	52.592,94	53.644,79	448.719,56	471.155,54	480.578,65
Julho	197.234,55	64.344,33	58.748,91	59.923,89	526.610,40	552.940,92	563.999,74
Agosto	141.321,92	74.458,64	71.630,94	73.063,56	563.972,11	592.170,71	604.014,13
Setembro	409.360,06	112.684,16	98.969,72	100.949,11	863.607,41	906.787,79	924.923,54
Outubro	570.301,73	154.987,63	136.629,52	139.362,11	1.202.079,23	1.262.183,19	1.287.426,85
Novembro	384.824,54	129.521,40	120.322,52	122.728,97	918.219,02	964.129,98	983.412,58
Dezembro	11.627,30	12.130,49	12.744,85	12.999,74	105.540,99	110.818,04	113.034,40
Vol, Vert	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2010-2039	2040-2069	2070-2099
Janeiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fevereiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Março	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	4.271.966,42	7.073.710,63	10.310.048,82
Mai	0,00	0,00	0,00	0,00	1.048.325,01	1.735.862,85	2.530.048,46
Junho	0,00	0,00	0,00	0,00	93.001,11	153.995,34	224.450,72
Julho	0,00	0,00	0,00	0,00	161.994,07	268.236,93	390.959,71
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Setembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outubro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dezembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vol Final	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2010-2039	2040-2069	2070-2099
Janeiro	1.193.995,57	1.342.141,83	1.307.795,18	1.425.496,75	996.382,37	1.046.201,49	1.067.125,52
Fevereiro	649.928,19	1.176.670,31	1.118.603,44	1.219.277,75	755.103,97	792.859,17	808.716,35
Março	2.132.252,83	1.042.965,64	987.926,72	1.076.840,12	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
Abril	2.102.962,29	946.300,64	881.428,03	960.756,55	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
Mai	2.080.071,88	843.411,77	784.765,69	855.394,60	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
Junho	1.951.935,00	766.359,36	718.011,87	782.632,94	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
Julho	1.771.246,91	690.312,41	646.984,71	705.213,34	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
Agosto	1.600.358,27	594.184,52	554.257,54	604.140,72	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
Setembro	1.157.035,32	455.657,26	430.064,14	468.769,92	2.472.599,05	2.596.229,00	2.648.153,58
Outubro	538.316,08	270.475,10	263.412,11	287.119,20	1.189.879,06	1.249.373,02	1.274.360,48
Novembro	119.826,18	117.774,08	119.592,09	130.355,38	248.509,54	260.935,02	266.153,72
Dezembro	89.919,05	89.919,05	89.919,05	98.011,76	112.398,81	118.018,75	120.379,12

Anexo 6.8 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Oitis (continuação).

8	9	10	11	12	13	14
(ha)						
150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	120,35
25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	8,00
75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	60,24
200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	8,00
500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	396,59
39.347.000,00	39.347.000,00	39.347.000,00	39.347.000,00	39.347.000,00	39.347.000,00	38.550.801,58
2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039
1.208.863,81	1.293.484,28	1.345.223,65	1.331.771,42	1.345.089,13	1.318.187,35	1.106.807,40
1.148.607,24	1.229.009,75	1.278.170,14	1.265.388,44	1.278.042,32	1.252.481,48	1.051.637,90
726.566,81	777.426,49	808.523,54	800.438,31	808.442,69	792.273,84	665.227,56
199.599,16	213.571,10	222.113,94	219.892,81	222.091,73	217.649,90	182.748,32
490.777,58	525.132,01	546.137,29	540.675,91	546.082,67	535.161,02	449.344,46
494.996,01	529.645,73	550.831,56	545.323,25	550.776,48	539.760,95	453.206,76
580.919,73	621.584,11	646.447,48	639.983,00	646.382,83	633.455,17	531.876,50
622.134,55	665.683,97	692.311,33	685.388,22	692.242,10	678.397,26	569.611,83
952.671,25	1.019.358,23	1.060.132,56	1.049.531,24	1.060.026,55	1.038.826,02	872.243,49
1.326.049,66	1.418.873,14	1.475.628,06	1.460.871,78	1.475.480,50	1.445.970,89	1.214.100,02
1.012.914,95	1.083.819,00	1.127.171,76	1.115.900,04	1.127.059,04	1.104.517,86	927.401,22
116.425,43	124.575,21	129.558,22	128.262,63	129.545,26	126.954,36	106.596,40
2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4.919.234,06	7.351.111,04	8.266.532,42	6.232.262,69	7.425.084,49	7.536.044,65	3.966.825,96
1.207.162,14	1.803.935,90	2.028.576,97	1.529.374,59	1.822.088,71	1.849.317,93	973.444,65
107.092,18	160.034,37	179.963,18	135.676,94	161.644,78	164.060,39	86.358,17
186.538,63	278.756,03	313.469,04	236.329,01	281.561,12	285.768,76	150.423,06
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039
1.099.139,28	1.176.079,03	1.223.122,19	1.210.890,97	1.222.999,88	1.198.539,88	1.258.466,88
832.977,84	891.286,29	926.937,74	917.668,36	926.845,05	908.308,15	953.723,55
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
2.727.598,18	2.918.530,06	3.035.271,26	3.004.918,55	3.034.967,73	2.974.268,38	3.122.981,80
1.312.591,29	1.404.472,68	1.460.651,59	1.446.045,07	1.460.505,52	1.431.295,41	1.502.860,18
274.138,33	293.328,02	305.061,14	302.010,53	305.030,63	298.930,02	313.876,52
123.990,50	132.669,83	137.976,63	136.596,86	137.962,83	135.203,57	141.963,75

Anexo 6.8 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Oitis (continuação).

15	16	17	18	19	20	21
(ha)						
150,00	150,00	95,23	92,23	98,36	115,76	122,30
25,00	25,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	57,27	58,27
200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
50,00	50,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
500,00	500,00	386,23	383,23	389,36	389,03	396,57
39.347.000,00	39.347.000,00	38.231.985,72	38.182.358,06	38.283.831,04	38.455.208,96	38.570.155,96
2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069
1.162.147,77	1.220.255,16	864.457,43	882.099,42	899.741,40	876.679,13	894.212,71
1.104.219,79	1.159.430,78	839.093,34	865.044,68	882.345,57	832.980,51	849.640,12
698.488,94	733.413,38	541.255,54	552.301,57	563.347,60	526.912,92	537.451,18
191.885,73	201.480,02	143.921,42	148.372,60	151.340,05	144.751,14	147.646,17
471.811,68	495.402,26	332.858,52	339.651,55	346.444,58	355.916,40	363.034,73
475.867,10	499.660,45	373.727,17	385.285,74	392.991,46	358.975,65	366.155,16
558.470,33	586.393,85	432.077,36	440.895,26	449.713,17	421.288,32	429.714,09
598.092,42	627.997,04	442.524,54	456.210,87	465.335,09	451.177,69	460.201,24
915.855,66	961.648,45	677.439,59	691.264,89	705.090,19	690.885,93	704.703,65
1.274.805,02	1.338.545,27	896.021,97	923.733,99	942.208,67	961.663,38	980.896,65
973.771,28	1.022.459,84	682.579,00	696.509,18	710.439,37	734.575,22	749.266,72
111.926,22	117.522,53	69.543,14	71.693,95	73.127,83	84.432,79	86.121,44
2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.343.222,86	7.064.463,94	3.350.911,44	3.419.297,39	3.487.683,34	3.287.194,94	3.352.938,84
1.556.603,81	1.733.593,74	1.043.538,63	1.064.835,33	1.086.132,04	806.665,68	822.798,99
138.092,55	153.794,04	67.653,69	69.034,37	70.415,06	71.562,54	72.993,79
240.536,65	267.886,30	48.309,60	49.295,51	50.281,42	124.651,28	127.144,31
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069
1.321.390,22	1.387.459,73	698.817,02	735.596,86	750.308,80	797.105,89	813.048,01
1.001.409,73	1.051.480,22	278.205,51	292.847,91	298.704,87	604.083,17	616.164,84
3.020.159,00	3.020.159,00	2.702.076,90	2.844.291,48	2.901.177,31	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	2.497.776,72	2.629.238,65	2.681.823,43	2.662.463,83	2.715.713,10
3.020.159,00	3.171.166,95	1.819.698,64	1.915.472,25	1.953.781,70	1.978.079,24	2.017.640,82
1.578.003,19	1.656.903,35	882.401,10	928.843,26	947.420,13	951.903,25	970.941,31
329.570,34	346.048,86	177.860,19	187.221,25	190.965,68	198.807,63	202.783,79
149.061,94	156.515,03	89.919,05	89.919,05	89.919,05	89.919,05	91.717,43

Anexo 6.8 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Oitis (continuação).

22	23	24	25	26	27	28
(ha)						
135,26	115,76	120,32	128,21	100,97	111,20	116,89
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
59,63	57,27	58,37	59,36	32,57	35,65	36,23
200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
410,89	389,03	394,69	403,57	349,54	362,85	369,12
38.793.785,08	38.455.208,96	38.538.018,04	38.675.230,12	38.047.594,90	38.237.275,00	38.335.345,20
2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
912.096,97	876.679,13	894.212,71	921.039,10	795.923,47	835.719,64	821.393,02
866.632,93	832.980,51	849.640,12	892.122,13	798.829,13	920.670,04	966.703,54
548.200,20	526.912,92	537.451,18	553.574,71	456.465,32	479.288,58	471.072,21
150.599,09	144.751,14	147.646,17	155.028,47	157.151,17	159.989,38	167.988,85
370.295,42	355.916,40	363.034,73	373.925,77	309.547,74	325.025,12	319.453,26
373.478,27	358.975,65	366.155,16	384.462,92	352.250,22	396.765,74	416.604,02
438.308,37	421.288,32	429.714,09	442.605,51	358.748,75	376.686,18	370.228,71
469.405,27	451.177,69	460.201,24	483.211,30	376.406,91	498.674,06	523.607,77
718.797,72	690.885,93	704.703,65	725.844,76	679.154,74	713.112,47	700.887,69
1.000.514,58	961.663,38	980.896,65	1.029.941,48	931.106,36	1.062.899,61	1.116.044,59
764.252,06	734.575,22	749.266,72	771.744,73	700.600,30	735.630,32	723.019,51
87.843,87	84.432,79	86.121,44	90.427,52	74.666,24	93.321,20	97.987,26
2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3.419.997,61	3.287.194,94	3.352.938,84	3.520.585,78	3.590.997,49	3.662.817,44	3.736.073,79
839.254,97	806.665,68	822.798,99	847.482,96	864.432,62	881.721,27	899.355,70
74.453,67	71.562,54	72.993,79	76.643,48	78.176,35	79.739,88	81.334,67
129.687,19	124.651,28	127.144,31	130.958,64	133.577,81	136.249,36	138.974,35
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
829.308,97	797.105,89	813.048,01	837.439,45	903.237,58	948.399,46	932.141,18
628.488,13	604.083,17	616.164,84	646.973,08	476.703,09	667.676,22	701.060,03
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.110.763,77	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.171.166,95	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.110.763,77	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.171.166,95	2.990.939,02	3.020.159,00	3.020.159,00
3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00	3.110.763,77	3.020.159,00	3.020.159,00	3.020.159,00
2.770.027,36	2.662.463,83	2.715.713,10	2.851.498,76	2.630.377,65	2.942.746,72	3.089.884,05
2.057.993,64	1.978.079,24	2.017.640,82	2.078.170,05	1.928.315,13	2.024.730,88	1.990.021,21
990.360,14	951.903,25	970.941,31	1.019.488,38	933.569,68	1.052.112,01	1.104.717,61
206.839,46	198.807,63	202.783,79	208.867,30	188.840,37	198.282,39	194.883,26
93.551,78	89.919,05	91.717,43	96.303,30	89.919,05	99.385,00	104.354,26

Anexo 6.8 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Oitis (continuação).

29	30	31	32	33	34
(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
185,19	65,87	54,07	60,03	45,36	37,44
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
217,19	97,87	86,07	92,03	77,36	69,44
2.855.098,91	2.069.011,79	1.991.278,88	2.030.568,99	1.933.919,68	1.881.765,62
2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
475.187,76	216.018,61	187.667,80	195.799,55	199.715,54	156.272,49
628.132,82	225.660,42	231.013,83	241.870,79	253.964,33	178.622,91
424.110,50	203.270,33	186.099,71	168.168,45	171.531,82	154.160,06
119.548,72	76.595,87	90.645,74	72.180,43	75.789,45	74.816,76
247.712,09	113.813,73	109.646,25	104.851,18	106.948,20	88.881,56
263.611,22	108.546,35	105.930,29	95.729,35	100.515,82	78.468,39
210.258,95	98.903,45	97.394,38	94.504,36	96.394,44	75.983,93
138.777,16	86.819,56	80.233,29	86.338,59	90.655,52	75.701,65
441.243,09	186.567,73	160.564,01	179.065,40	182.646,70	123.499,32
649.563,56	272.997,67	240.576,71	252.989,37	265.638,84	183.254,12
427.805,82	197.502,76	177.956,55	185.953,23	189.672,30	144.099,75
11.411,09	11.513,28	11.569,88	11.411,09	11.981,64	11.490,75
2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
1.083.555,07	1.231.663,76	1.264.957,31	1.307.968,49	1.334.127,86	1.286.931,63
482.374,77	1.105.604,13	1.002.356,68	1.055.191,19	1.107.950,75	1.072.350,83
1.586.715,79	900.240,41	795.967,64	973.717,97	993.192,33	882.532,90
2.023.681,53	963.355,97	679.390,51	912.363,76	957.981,94	808.898,70
1.946.200,79	861.409,70	553.722,23	873.521,40	890.991,82	700.628,56
1.906.117,39	795.911,74	436.077,32	874.441,81	918.163,90	634.175,21
1.898.797,84	741.270,54	329.651,71	929.383,45	947.971,12	733.581,08
1.731.849,44	635.915,46	240.249,60	820.291,40	861.305,97	638.332,18
1.283.374,26	532.123,49	374.556,11	614.967,87	627.267,22	495.425,90
583.600,69	230.206,67	114.924,18	328.745,66	345.182,95	283.647,23
122.532,98	89.919,05	89.919,05	118.054,21	120.415,29	117.513,71
89.919,05	89.950,94	99.297,28	89.919,05	94.415,00	89.919,05

Anexo 6.9 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Machado

Cenários	1	2	3	4	5	6	7
	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
Melancia	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00
Feijão	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00
Milho	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00
Tomate	0,00	0,00	0,00	0,00	131,13	138,18	137,26
Algodão	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00
Total	0,00	0,00	0,00	0,00	143,13	150,18	149,26
Receita (R\$)	0,00	0,00	0,00	0,00	23.792.983,91	25.065.134,90	24.899.372,76
Vol Agric	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2010-2039	2040-2069	2070-2099
Janeiro	0,00	0,00	0,00	0,00	375.735,00	430.817,67	448.906,98
Fevereiro	0,00	0,00	0,00	0,00	370.274,92	365.825,38	319.055,57
Março	0,00	0,00	0,00	0,00	204.601,82	166.357,57	120.792,54
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	58.346,49	53.935,22	57.482,14
Mai	0,00	0,00	0,00	0,00	183.517,70	203.509,32	232.376,00
Junho	0,00	0,00	0,00	0,00	219.676,73	261.920,45	273.080,88
Julho	0,00	0,00	0,00	0,00	195.410,80	215.682,21	223.627,82
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	109.172,46	115.911,66	120.141,20
Setembro	0,00	0,00	0,00	0,00	344.879,56	375.182,85	389.942,18
Outubro	0,00	0,00	0,00	0,00	468.195,06	507.112,18	526.917,45
Novembro	0,00	0,00	0,00	0,00	301.820,66	328.654,62	341.479,54
Dezembro	0,00	0,00	0,00	0,00	6.031,25	6.103,22	6.331,96
Vol, Vert	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2010-2039	2040-2069	2070-2099
Janeiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fevereiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.661.738,93
Março	0,00	0,00	0,00	0,00	712.772,18	10.055.636,65	18.233.456,40
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	8.133.583,90	12.877.993,38	16.430.001,37
Mai	0,00	0,00	0,00	0,00	1.341.788,64	2.248.491,84	3.017.014,31
Junho	0,00	0,00	0,00	0,00	150.652,48	349.565,95	428.282,05
Julho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25.523,33
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Setembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outubro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dezembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vol Final	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2010-2039	2040-2069	2070-2099
Janeiro	1.259.228,69	1.332.801,85	1.322.553,46	1.317.755,05	823.279,85	767.452,96	764.794,82
Fevereiro	1.064.130,73	1.205.562,67	1.212.302,11	1.209.223,48	326.446,92	965.896,63	1.207.382,84
Março	1.817.417,85	1.106.803,83	1.082.624,39	1.087.919,95	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00
Abril	1.652.102,61	993.485,08	988.411,59	991.974,31	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00
Mai	1.642.701,66	885.290,87	879.073,73	889.470,98	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00
Junho	1.511.362,86	787.897,01	781.783,73	801.305,80	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00
Julho	1.354.017,38	692.247,72	711.861,29	720.972,51	2.786.729,97	2.903.347,71	3.000.000,00
Agosto	1.151.703,61	587.378,01	606.319,15	615.663,88	2.382.749,98	2.490.706,47	2.572.687,20
Setembro	949.399,81	481.165,31	498.981,60	508.746,34	1.729.626,34	1.801.206,16	1.855.154,57
Outubro	731.463,65	366.471,43	382.581,03	391.796,91	940.943,59	967.303,37	993.050,72
Novembro	525.219,14	258.055,78	272.177,42	280.829,83	354.626,37	349.583,11	357.511,64
Dezembro	327.386,68	154.435,75	166.271,45	174.561,44	84.066,40	84.066,40	84.066,40
Vazão potencial (l/s)	60,00	30,00	30,00	30,00	0,00	0,00	0,00

Anexo 6.9 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Machado (continuação).

22	23	24	25	26	27	28
(ha)						
4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
140,05	77,34	142,63	153,07	161,35	162,35	165,33
4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
152,05	89,34	154,63	165,07	173,35	174,35	177,33
25.401.786,52	14.083.306,96	25.868.816,01	27.751.864,45	29.246.809,77	29.427.654,50	29.964.671,75

2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
368.932,91	207.195,52	364.069,97	400.234,37	396.487,56	350.600,79	361.118,81
438.293,64	248.684,15	438.634,50	483.213,42	495.066,17	435.203,38	448.259,48
263.659,91	154.665,17	269.013,01	296.906,68	292.081,03	260.015,77	267.816,24
48.680,56	40.222,08	60.458,78	66.923,41	79.243,43	72.850,23	75.035,74
175.350,17	102.437,75	179.933,05	198.438,55	183.532,80	162.365,55	167.236,52
224.377,23	122.210,03	228.112,48	252.001,93	252.369,71	220.421,59	227.034,24
185.888,82	102.415,78	184.407,64	203.320,29	190.221,39	168.618,07	173.676,62
114.574,78	71.779,47	110.607,75	120.102,74	117.348,05	106.854,68	110.060,33
370.307,06	207.778,22	371.273,07	407.336,12	415.845,63	363.985,34	374.904,90
513.815,88	284.030,15	508.073,35	558.540,55	560.576,21	491.778,98	506.532,35
331.580,74	189.520,40	327.452,17	358.935,34	358.144,87	317.516,77	327.042,27
6.207,87	5.880,32	6.044,09	6.207,87	5.899,45	6.148,12	6.332,56

2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4.616.644,19	4.157.154,26	4.196.690,37	4.890.610,04	2.824.288,04	3.357.970,66	3.458.709,77
1.616.808,45	1.412.414,78	1.512.273,68	1.603.818,11	1.318.349,45	991.690,15	1.021.440,85
270.423,20	188.018,43	131.806,76	246.280,58	8.498,78	39.648,43	40.837,88
0,00	0,00	0,00	205.252,50	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
831.659,26	993.589,71	838.590,96	802.151,64	809.156,13	852.857,26	878.442,98
238.779,27	584.779,45	245.099,16	158.181,02	135.365,48	234.904,92	241.952,07
755.194,00	1.311.852,29	941.413,46	638.977,04	810.533,25	1.100.531,49	1.133.547,43
3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.090.000,00
3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.090.000,00
3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.090.000,00
2.890.320,66	3.000.000,00	2.863.488,85	3.000.000,00	2.979.190,85	3.000.000,00	3.090.000,00
2.490.272,21	2.647.672,01	2.473.217,51	2.600.321,39	2.609.286,58	2.637.558,29	2.716.685,04
1.815.973,44	2.128.674,55	1.798.037,66	1.890.960,70	1.883.764,68	1.968.918,20	2.027.985,74
976.954,90	1.503.786,56	968.781,25	1.006.457,33	999.568,04	1.146.363,96	1.180.754,88
356.898,54	1.000.566,25	355.545,28	357.746,45	355.070,85	531.539,94	547.486,14
84.066,40	84.066,40	84.066,40	84.066,40	84.066,40	84.066,40	84.066,40

0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00

Anexo 6.9 – Resultados da otimização pelo modelo para o reservatório de Machado (continuação).

29	30	31	32	33	34
(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

2010-2039	2040-2069	2070-2099	2010-2039	2040-2069	2070-2099
1.285.871,41	1.334.483,74	1.356.832,42	1.361.173,41	1.333.949,94	1.267.252,45
1.131.562,40	1.268.504,75	1.241.754,45	1.293.874,85	1.267.997,35	1.204.597,48
1.371.963,00	1.144.096,03	1.142.241,35	1.166.977,95	1.143.638,39	1.086.456,47
1.500.334,90	1.065.777,63	1.051.672,47	1.087.093,19	1.065.351,32	1.012.083,76
1.524.176,05	966.223,41	973.004,92	985.547,87	965.836,92	917.545,07
1.603.836,25	873.019,37	899.546,91	890.479,76	872.670,16	829.036,66
1.501.204,55	805.375,38	827.386,96	821.482,89	805.053,23	764.800,57
1.324.912,89	700.781,14	747.152,46	714.796,76	700.500,83	665.475,79
1.143.652,66	594.707,19	666.589,04	606.601,33	594.469,31	564.745,84
944.494,67	475.793,02	570.605,06	485.308,88	475.602,70	451.822,56
754.075,80	363.393,36	478.378,62	370.661,22	363.248,00	345.085,60
572.344,75	254.735,98	390.766,08	259.830,70	254.634,08	241.902,38

70,00

30,00

20,00

30,00

30,00

30,00

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)