

Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe



**FASE 2 - PLANEJAMENTO
VOLUME 03
ESTUDOS COMPLEMENTARES**

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Governador: Tasso Ribeiro Jereissati

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Secretário: Hypérides Pereira de Macêdo

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Presidente: Francisco Lopes Viana

Diretoria de Planejamento

Joaquim Guedes Correia Gondim Filho

Diretoria de Estudos e Projetos

Francisco de Assis de Souza Filho

Este Projeto foi financiado pelo Banco Mundial / PROURB-RH

Gerente dos Programas Especiais do Banco Mundial

Francisco José Coelho Teixeira

Gerente Adjunto dos Programas Especiais do Banco Mundial

Ramón Flávio Rodrigues

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO JAGUARIBE

PLANEJAMENTO

APRESENTAÇÃO

O Governo do Estado do Ceará cõnscio da importância da água na vida de todos, bem como das restrições e diferenças dos fatores climáticos do semi-árido nordestino, em 1987 criou a Secretaria dos Recursos Hídricos com o intuito de desenvolver uma política abrangente com ações voltadas para o equacionamento desta problemática, de forma a promover a infra-estrutura hídrica necessária ao desenvolvimento econômico, assim como a gestão racional da água em congruência com a preservação de meio ambiente, visando a melhoria da qualidade de vida do povo cearense.

A Política Estadual de Recursos Hídricos alcança parte significativa de seus objetivos com a edição do Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe, desenvolvido para planejar e gerenciar, de forma integrada, descentralizada e participativa, o uso múltiplo, o controle, a conservação, a proteção e a preservação dos recursos hídricos do referido rio.

Na elaboração do Plano foi, de forma inédita, introduzido o moderno conceito de gestão participativa, no qual o Comitê da Bacia Hidrográfica foi responsável, através de inúmeros seminários, pela definição das demandas de cada setor envolvido, bem como pela aprovação das diversas propostas de utilização racional da água.

O Plano apresenta o Estudo em 3 fases, caracterizadas por: a) Diagnóstico, contendo os estudos de base de hidrologia, os estudos de demanda, o balanço entre a oferta e a demanda, os estudos ambientais e complementares; b) Planejamento, que aborda a definição das demandas para os diversos setores, medidas de proteção ambiental e gestão de águas; c) Programas de Ação, que estabelecem as intervenções para a conservação ambiental, o abastecimento dos núcleos urbanos, o monitoramento dos sistemas, a conservação da água e o programa de estudos e projetos.

A COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, na qualidade de agência gestora das águas do Estado do Ceará, tem o prazer e privilégio de disponibilizar o Plano de Gerenciamento das Águas da Bacias do Rio Jaguaribe, que tem como características singulares a busca do atendimento das demandas até o ano 2030 a partir das ofertas atuais e o incremento por ampliação e integração da oferta hídrica, e importação de águas de outras bacias e da legitimação dos usos da água objeto de intensas discussões com os usuários da água na Região Metropolitana, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável e com água garantida nos próximos trinta anos.

Francisco Lopes Viana

Presidente da COGERH

EQUIPE DE ELABORAÇÃO

ENGESOFT - ENGENHARIA E CONSULTORIA S/C LTDA

Coordenador Geral:

Eng° Civil João Fernandes Vieira Neto
M.Sc. Planejamento dos Recursos Hídricos, UFRGS

Equipe Técnica:

Eng° Civil José Nilson Bezerra Campos
Doutor em Recursos Hídricos, Colorado State University.

Eng^a Civil Laurinda Lilia Sales Furtado
M.Sc. Recursos Hídricos, UFC

Eng^a Civil Eveline Alves de Queiroz
M.Sc. Hidráulica e Saneamento, USP

Eng^a Civil Sílvia Rodrigues Franco
M.Sc. Recursos Hídricos, UFC

Eng^a Civil Ticiania Marinho de Carvalho Studart
Doutora em Recursos Hídricos, UFC

Bel. Computação Márcio de Araújo Botelho
M.Sc. Geoprocessamento, UNICAMP

Economista Raimundo Eduardo Silveira Fontenele
Doutor em Economia, Universidade de Paris

Geólogo Itabaraci Nazareno Cavalcante
Doutor em Hidrogeologia, IG/USP

ACOMPANHAMENTO E FISCALIZAÇÃO DA COGERH

Presidente da Comissão:

Eng° Civil Francisco de Assis de Souza Filho
M.Sc. Hidráulica e Saneamento

Membros:

Eng° Agrícola Paulo Miranda Pereira
M.Sc. Engenharia Agrícola

Eng° Civil Francisco José Coelho Teixeira

Sociólogo João Lúcio Farias de Oliveira
M.Sc. Sociologia

ÍNDICE

	Páginas
ÍNDICE.....	1
CONTEÚDO DO VOLUME.....	5
MAPA DE LOCALIZAÇÃO	7
1. AVALIAÇÃO DO GRAU DE SATURAÇÃO DA AÇUDAGEM NA BACIA:.....	9
<i>1.1. Introdução:</i>	10
<i>1.2. Políticas de Açudagem</i>	10
1.2.1. A Prática do DNOCS.....	10
1.2.2. A Política Proposta Pela SUDENE/GVJ	12
1.2.3. Proposta de Indicadores para Impacto da Pequena Açudagem.....	14
1.2.3.1. Indicador de capacidade de acumulação na bacia ($\Sigma K/\mu$)	14
1.2.3.2. Indicador da capacidade de sangria da bacia (S/μ):.....	14
1.2.3.3. Indicador do número reservatórios por área (n/ A).....	15
1.2.3.4. Indicador da influência dos reservatórios de montante na eficiência hidrológica da bacia ($M_S, M_{I1}/M_I$).....	17
1.2.3.5. Indicador da influência dos reservatórios ineficientes na capacidade de regularização da bacia ($M_S, M_{E1}/M_S$)	17
<i>1.3. Aplicação Do Modelo Ao Vale Do Jaguaribe</i>	18
<i>1.3.1. Divisão da Bacia Hidrográfica:</i>	18
<i>1.3.2. Análise Procedida</i>	19
<i>1.3.3. Análise dos Resultados e Conclusões</i>	19
1.3.3.1. Quanto aos Ganhos em Regularização;	21
1.3.3.2. Quanto aos Ganhos com a Retirada dos Reservatórios Ineficientes	22
1.3.3.3. Quanto ao Indicador de Acumulação:	22
1.3.3.4. Quanto ao Indicador de Capacidade de Sangria	22
1.3.3.5. Quanto à Área Média Controlada por Açude:	23
<i>1.4. Conclusões</i>	23
<i>1.5. Resultados</i>	23
1.5.1. Açude Broco	24
1.5.2. Açude Trussu	26
1.5.3. Açude Favelas.....	28
1.5.4. Açude Várzea do Boi.....	30
1.5.5. Açude Poço da Pedra	32

1.5.6. Açude Trici	34
1.5.7. Açude Riacho do Sangue	36
1.5.8. Açude Ema	38
1.5.9. Açude Joaquim Távora	40
1.5.10. Santo Antônio de Russas	42
1.5.11. Serafim Dias	44
1.5.12. Riacho dos Tanques	46
1.5.13. Cedro	48
1.5.14. Cipoada	50
1.5.15. Boa Viagem	52
1.5.16. Poço do Barro	54
1.5.17. Patu	56
1.5.18. Thomas Osterne	58
1.5.19. Riacho dos Carneiros	60
1.5.20. Prazeres	62
1.5.21. Ingazeiro	64
1.5.22. Lima Campos	66
2. ESTUDO DE CHEIAS NO VALE DO JAGUARIBE.....	73
2.1. <i>Introdução</i>	74
2.2. <i>Diagnóstico das Enchentes na Bacia do Jaguaribe</i>	75
2.2.1. Cidade de Iguatu	76
2.2.1.1. Conclusões e Medidas Possíveis:	79
2.2.2. Cidade de Icó	82
2.2.2.1. Conclusões e Medidas Possíveis:	83
2.2.3. Cidade de Jaguaribe	86
2.2.3.1. Conclusões e Medidas Possíveis;	87
2.2.4. Cidade de Morada Nova	89
2.2.4.1. Conclusões e Medidas Possíveis:	90
2.2.5. Cidade de Limoeiro do Norte	92
2.2.5.1. Conclusões e Medidas Possíveis:	93
2.2.6. Cidade de Quixeré	95
2.2.6.1. Conclusões e Medidas Possíveis:	95
2.2.7. Cidade de Itaiçaba	97
2.2.7.1. Conclusões e Medidas Possíveis:	97
2.2.8. Cidade de Aracati	100
2.2.8.1. Conclusões e Possíveis Medidas:	100
2.2.9. Cidade de Russas	103
2.2.9.1. Conclusões e Medidas Possíveis:	103
2.2.10. Cidade de São João do Jaguaribe	106

2.2.10.1. Conclusões e Medidas Possíveis :	106
2.2.11. Cidade de Jaguaruana	109
2.2.11.1. Conclusões e Medidas Possíveis:	109
2.2.12. Cidade de Jaguaribara	111
2.2.12.1. Conclusões e Medidas Possíveis:	111
2.3. <i>Resumo das Conclusões</i>	113
3. MEDIDAS DE GESTÃO DA DEMANDA	114
3.1. <i>Colocação do Problema</i>	115
3.2. <i>Gestão da Oferta x Gestão da Demanda</i>	118
3.2.1 A Gestão da Demanda Sob Diferentes Perspectivas	120
3.2.2. Algumas Considerações Adicionais Sobre a Gestão da Demanda	121
3.3. <i>Instrumentos Para a Gestão da Demanda de Água</i>	122
3.3.1. Medidas Conjunturais	122
3.3.1.1. Arranjos Legais e Institucionais	122
3.3.1.2. Privatização	124
3.3.1.3. Políticas Macroeconômicas	124
3.3.2. Incentivos	125
3.3.2.1. Incentivos Econômicos	125
3.3.2.2. Incentivos Não-Econômicos	133
3.3.3. Intervenção Direta	135
3.4. <i>Condições Mínimas Para a Alocação e Uso Eficientes da Água</i>	135
3.5. <i>A Questão da Quantidade Máxima Outorgável</i>	136
3.5.1. A Determinação do Q_{90} Hoje	138
3.5.2. Uma Alternativa Para a Determinação de Q_r	139
3.6. <i>A Gestão das Águas na Bacia do Rio Jaguaribe</i>	145
3.6.1. Alocação Inicial dos Direitos de Uso na Bacia do Jaguaribe	145
3.6.1.1. Motivação Para a Solicitação da Outorga	146
3.6.2. As Ações no Vale do Jaguaribe Hoje	147
3.6.3. Obstáculos e Desafios à Nova Gestão	148
ANEXOS	150

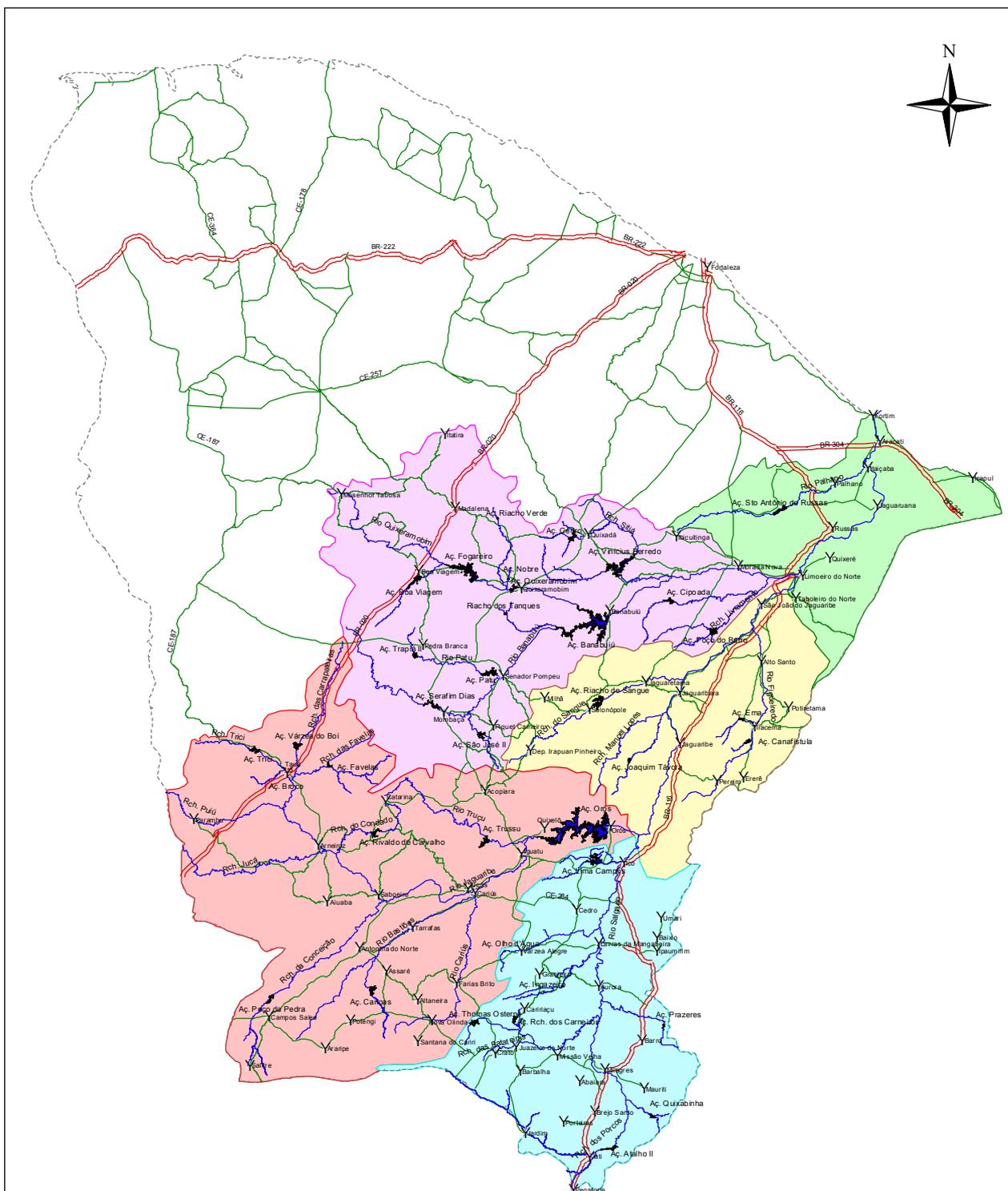
CONTEÚDO DO VOLUME

CONTEÚDO DO VOLUME

Este documento, Volume 3 - Estudos Complementares, faz parte da Fase de Planejamento, do Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe, elaborado pela ENGESOFT – Engenharia e Consultoria Ltda., desenvolvido no âmbito do Contrato 042/97, PROURB-CE firmado entre a Consultora e a COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Este Volume apresenta-se dividido em três capítulos, os quais abordam os seguintes assuntos: Medidas de Gestão da Demanda, Avaliação do Grau de Saturação da Açudagem na Bacia e Estudos de Cheias no Vale do Jaguaribe.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Y Sedes Municipais
- Açúdes c/ Cap. >10hm³
- ▬ Principais Tributários
- Estradas
 - ▬ estradas estaduais
 - ▬ estradas federais
 - ▬ Divisa Estadual
- Sub-bacias do Jaguaribe
 - Alto Jaguaribe
 - Baixo Jaguaribe
 - Banabiú
 - Médio Jaguaribe
 - Salgado



Mapa de Localização

1. AVALIAÇÃO DO GRAU DE SATURAÇÃO DA AÇUDAGEM NA BACIA:

1. AVALIAÇÃO DO GRAU DE SATURAÇÃO Da AÇUDAGEM NA BACIA:

1.1. INTRODUÇÃO:

Este Capítulo trata da avaliação do grau de saturação , em termos de açudagem, na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe. O estudo busca identificar, a nível de sub-bacias, oportunidades de agregar vazões regularizadas com construção de novos pequenos barramentos.

Em virtude da carência de dados fluviométricos nas pequenas bacias do estado do Ceará, a aplicação de uma metodologia com processos estocásticos tornou-se indispensável. A ENGESOFT apresentou a metodologia aplicada na avaliação dos impactos cumulativos.

Nesta fase, o estudo abordou os seguintes pontos: 1) inicialmente avaliou-se a política de açudagem no Vale do Jaguaribe nas formas praticada pelo DNOCS e proposta pela SUDENE no início da década de 1960; 2) apresentou-se uma proposta para indicadores de saturação da bacia hidrográfica; 3) avaliaram-se os níveis de saturação utilizando-se os resultados obtidos no Diagnóstico; 4) apresentou-se um resumo das conclusões e algumas recomendações para futuros procedimentos da COGERH.

1.2. POLÍTICAS DE AÇUDAGEM

A avaliação dos impactos e grau de saturação das bacias hidrográficas que formam a bacia do Jaguaribe deve ser vista dentro de um contexto maior de uma Política de Águas ou Política de Açudagem. Tornou-se importante uma revisão histórica de como aconteceu a ocupação das bacias hidrográficas do estado do Ceará e do Semi-Árido em geral. Apresenta-se a seguir como foram estabelecidas as Políticas de açudagem do Jaguaribe para em seguida apresentar a proposta da ENGESOFT para avaliação do impacto da pequena açudagem.

1.2.1. A Prática do DNOCS

Quando começou a atuar no Polígono das Secas no início do século o DNOCS encontrou uma região quase que sem reserva de água e portanto passou a construir dentro do princípio, válido naquele momento, que qualquer açude a mais representava um benefício para a Região.

Vale ressaltar também que no início do século a Ciência da Hidrologia era apenas um embrião e as técnicas e ferramentas então disponíveis não contemplavam a análise das bacias hidrográficas como sistema. Naquele contexto, o processo de dimensionamento de reservatórios para o Semi-Árido baseava-se na aplicação do diagrama de Rippl, concebido em 1893, com pouco ou quase nenhum dado de descarga dos rios.

A partir da primeira metade do século, com a contribuição do Engenheiro Francisco de Aguiar¹, foi desenvolvido um método de dimensionamento que consistia em:

- Coletar uma série de dados pluviométricos anuais no posto representativo da bacia hidrográfica do açude estudado;
- Ordenar a série de precipitações em sentido crescente;
- Separar a série total em duas partes iguais - a parte das maiores precipitações, que ele denominava de séries de máximas; e a parte das menores precipitações que ele denominava de série de mínimas.
- Calcular a média das máximas (H_M) e, a partir dela, calcular a lâmina média anual escoada nos anos de maiores precipitações (R_{mm}) pela equação:

Calcular a capacidade do reservatório pela equação:

$$R_{mm} = 28,53 - 112,95H_M^2 + 351,93 H_M^3 - 118,74H_M^4$$

$$V_a = U \cdot R_{mm} \cdot A$$

sendo **U** o coeficiente de rendimento da bacia e **A** a área da bacia.

Este método foi aplicado a poucos reservatórios do estado entre esses o General Sampaio no vale do rio Curu e o Joaquim Távora no vale do Jaguaribe.

Em um segundo momento, ainda na primeira metade do século, o DNOCS consagrou a metodologia de dimensionamento que consistia em:

- Coletar uma série de precipitações anuais no posto pluviométrico representativo da bacia hidrográfica em análise;
- Calcular a pluviosidade média anual no posto selecionado;
- Calcular deflúvio médio anual utilizando-se o método polinomial de Aguiar.

¹ Aguiar, F.G. , 1978. Estudos Hidrométricos do Nordeste Brasileiro (Excertos) Boletim Técnico do departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Fortaleza, Ce, V.36, n.2.,p. 129-141

- Fazer a capacidade do reservatório igual a duas vezes o volume afluente médio anual. (Ficou conhecida como a fórmula do 2Va.)

O método acima foi largamente aplicado em todo o Semi-Árido durante muito anos. Os reservatórios de pequeno médio e grande porte eram todos dimensionados segundo essa metodologia

Somente quando havia restrições topográficas ou em pequenos reservatórios construídos por particulares, essa prática deixava de ser seguida. Pode-se afirmar, com segurança que a grande maioria dos reservatórios cearenses foram oriundos da Política do DNOCS do 2Va.

1.2 2. A Política Proposta Pela SUDENE/GVJ²

A primeira tentativa de estabelecimento de uma política de águas, com uma visão sistêmica, aconteceu na década de 60, no vale do Jaguaribe apresentada pelo Grupo de Estudos de Base do Vale do Jaguaribe (GEVJ). O Estudo foi desenvolvido por uma Missão Francesa em colaboração com técnicos da SUDENE que logo perceberam que, para o Semi-Árido, o estabelecimento de uma política de águas estava fortemente associada ao estabelecimento de uma política de açudagem.

A Política proposta buscava fornecer elementos para responder às seguintes questões:

- Por que e onde implantar um açude?
- Quais as dimensões de que deverá ser dotado?
- Como deve ser operado, isto é, qual o volume anual que se pode utilizar e segundo que modalidades convém utilizá-lo?

Para responder essas questões o GVJ classificou os açudes segundo o grau de regularização em:

açudes anuais

açudes interanuais

Os açudes interanuais foram definidos como aqueles capazes de conduzir água ao longo dos anos. Dentre dessas categorias os açude foram divididos em sub-categorias segundo suas importâncias em:

² SUDENE-ASMIC Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe, Vol. 8 - Política das Águas Recife 1967.

Açude muito grandes ou obras chave: Seriam os reservatórios do Orós, Banabuiu e o Castanheiro (este proposto). São consideradas obras de interesse geral de influência regional estendendo-se por cerca de 250 km. Com esses açudes o GVJ considerava que seriam irrigados cerca de 100.000 hectares no vale. As obras chaves serviriam também para garantir abastecimento de água das cidades e para assegurar o abastecimento de água da população e do gado que se concentrassem ao longo dos rios Jaguaribe, Banabuiu e Salgado. No contexto atual, o Castanhão substituiria o açude Castanheiro.

Açudes de grande a média importância - Seriam reservatórios de utilização preponderante para fins de aproveitamento hidroagrícola do porte do Trussu, Pedras Brancas, Patu e outros.

Açudes de média importância e pequena importância. - Seriam açudes mistos ou unicamente domésticos. No caso dos açudes de uso doméstico a implantação seria decidida em função da população a ser servida.

Os açudes anuais foram definidos como aqueles que só dispõem de reservas para conduzir água dentro de um mesmo ano, do período de inverno para o período de verão. Segundo sua importância o GEVJ os classificou nas seguintes categorias:

Locais de abastecimento para o Gado - Seriam selecionados locais, espalhados ao longo das bacias hidrográficas para acumularem as águas das chuvas para servirem de bebedouro aos rebanhos bovinos com criação extensiva.

Açudes para irrigação de culturas anuais em estação seca. A implantação e o dimensionamento desses açudes dependeriam da importância da bacia hidrográfica que alimentam os açudes e da extensão das superfícies cultiváveis por irrigação.

Embora interessante em muitos aspectos, a prática adotada na construção de novos reservatórios do Ceará, não se deu de acordo com os padrões propostos pela SUDENE/GEVJ. O Processo de construção de reservatórios continuou durante algum tempo ainda balizado pela cultura do 2Va. Na última década, principalmente nos últimos cinco anos, os processos de dimensionamento dos reservatórios passaram a ser feito incorporando a visão sistêmica e ainda considerando as finalidades dos reservatórios. Esta sistemática foi particularmente adotada durante os projetos dos açudes do Programa PROURB.

1.2.3. Proposta de Indicadores para Impacto da Pequena Açudagem

Os conceitos de saturação não foram ainda explicitamente definidos e portanto requerem um tratamento teórico preliminar, para a partir daí, delimitar indicadores de saturação. Vale reforçar que o conceito de saturação ou situação crítica da açudagem depende de uma política maior de água para o Estado ou para o Vale.

Para fins do presente estudo foram definidos indicadores do grau de saturação da açudagem nas bacias hidrográficas conforme descrito na seção seguinte

1.2.3.1. Indicador de capacidade de acumulação na bacia ($\Sigma K/\mu$)

Esse indicador é estimado pela soma da capacidade de todos os reservatórios na bacia hidrográfica (ΣK) dividido pelo volume médio anual escoado no exutório da bacia (μ). O indicador mede o grau de controle dos escoamentos naturais da bacia. Esse indicador foi avaliado no Projeto ARIDAS³. No presente estudo considera-se que quando o indicador encontra-se acima de 4,0 significa que a bacia hidrográfica está saturada quanto à capacidade de acumulação. Somente em situações particulares, e após uma minuciosa análise é que se deveria permitir novos barramentos na bacia.

Considerando-se um rio com coeficiente de variação anual dos seus deflúvios iguais a 1,0 e um fator adimensional de evaporação igual a 0,20, um reservatório com capacidade igual a quatro vezes o volume afluente anual controlaria cerca de 90% desses deflúvios, isto é, apenas 10% seriam perdidos por vertimento pelo sangradouro, estimado pelo método do Diagrama Triangular de Regularização (Campos, 1997⁴)

1.2.3.2. Indicador da capacidade de sangria da bacia (S/μ):

Um outro indicador para o nível de saturação da bacia hidrográfica refere-se à capacidade de sangria da bacia. Este indicador é estimado pela relação entre o volume anual médio sangrado no último reservatório da bacia (S) e o volume médio anual escoado no exutório (μ). Um valor próximo a 1,0 indica que a bacia está próxima às condições naturais e há ainda muita potencialidade a explorar. Um valor próximo a zero, indica um controle quase que absoluto dos deflúvios naturais na bacia.

³ Campos, J.N.B. Vulnerabilidades do Nordeste Semi-Árido às Secas In: Projeto ARIDAS. GT-II Recursos Hídricos (coordenado por Vieira, V.P.P.B. Brasília Setembro de 1994.

⁴ Campos, J.N.B. Dimensionamento de Reservatórios: O método do Diagrama triangular de Regularização, Edições UFC. Fortaleza, 1997)

Para o presente estudo considera-se que um valor inferior a 0,05 significa que a bacia está saturada quanto à capacidade de extravasamento. Este valor é compatível com o valor de saturação de 4,0 para o indicador de capacidade de acumulação considerando-se a figura 1.2.3.2 do Diagrama Triangular de Regularização para $CV=1,2$, com o ponto de $Fe=0,20$ e $Fk = 4,0$ marcado.

1.2.3.3. Indicador do número reservatórios por área (n/ A)

No estabelecimento da Política de águas a definição de uma densidade de reservatórios por área da bacia hidrográfica dá uma idéia da capacidade do sistema de atender espacialmente a demanda. Uma primeira tentativa de estabelecer uma densidade ideal para a açudagem anual foi proposta pela SUDENE/GVJ na hipótese que a bacia teria uma exploração pela pecuária extensiva.

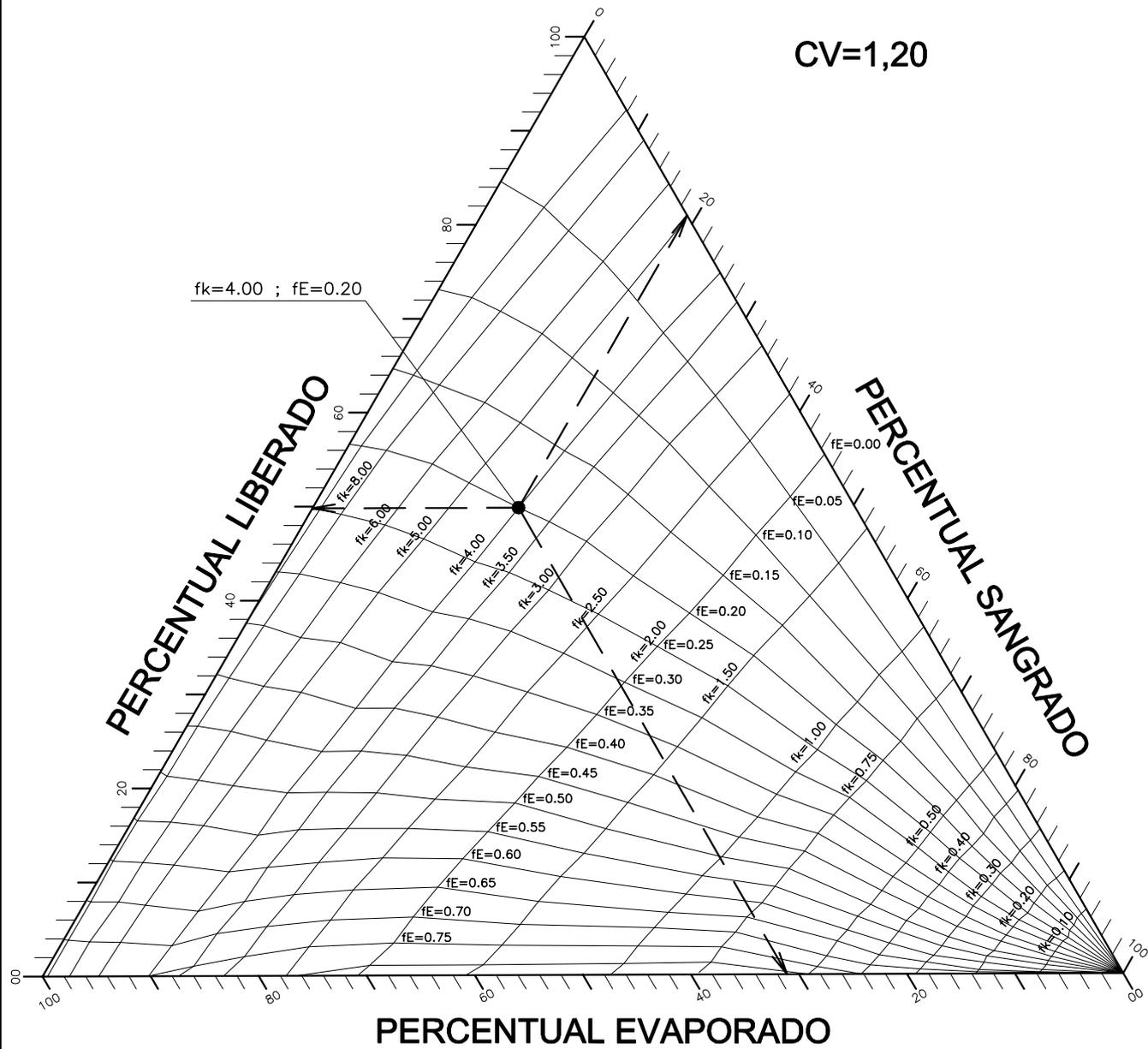


Figura 1.2.3.2.
 DIAGRAMA TRIANGULAR DE REGULARIZAÇÃO

O GEVJ considerou que não seria razoável cogitar de deslocar os animais dos rebanhos a trajetos de 5 a 10 km e considerou que seria uma densidade razoável que se estabelecesse um ponto de água de 4 em 4 quilômetros. Nessa lógica se teria um açude para cada 16 km². Na falta do estabelecimento de uma nova política adotou-se para o atual plano o mesmo valor proposto pelo GVJ. Dessa forma considera-se que a bacia está bem atendida do ponto de vista espacial quando a densidade for da ordem de 1/16 açudes por quilômetro quadrado. Um valor acima deste número é considerado indicador de saturação, ou onde a área média controlada por açude na bacia for inferior a 16 km².

1.2.3.4. Indicador da influência dos reservatórios de montante na eficiência hidrológica da bacia ($M_S \cdot M_1 / M_1$)

O indicador procura avaliar a influência como os reservatórios de montante interferem na capacidade de regularização da bacia hidrográfica como um todo, caso só houvesse o reservatório principal, situado no exutório da bacia. O indicador é estimado pela relação $(M_S \cdot M_1) / M_1$, onde M_S representa o volume anual regularizado na bacia com todos os reservatórios existentes e M_1 representa o volume anual regularizado pela bacia na hipótese de existir somente o reservatório de jusante. Um valor positivo do indicador significa que a construção dos reservatórios de montante foram benéficas em dois aspectos: 1) aumentaram a eficiência hidrológica da bacia; 2) provocaram uma maior distribuição espacial das águas regularizadas ao longo da bacia. Por sua vez, um valor negativo do indicador significa que: 1) o conjunto de reservatórios de montante introduziram ineficiência hidrológica na bacia hidrográfica; 2) provocaram uma maior distribuição espacial das águas regularizadas ao longo da bacia. Deve-se enfatizar que o fato do indicador ser negativo, não implica que se deva adotar a política de não permitir a construção de novas barragens, todavia implica em que se proceda uma análise mais acurada do balanço de ofertas e se reexamine o quadro de outorgas.

1.2.3.5. Indicador da influência dos reservatórios ineficientes na capacidade de regularização da bacia ($M_S \cdot M_E / M_S$)

Durante o diagnóstico foram definidos como reservatórios ineficientes todos aqueles cuja a vazão regularizada com 90% fosse nula. Este indicador procura avaliar qual seria o ganho na capacidade de regularização da bacia se fossem retirados todos os reservatórios ineficientes. O indicador é estimado pela relação $(M_S \cdot M_E) / M_S$, onde M_S representa o volume anual regularizado na bacia com todos os reservatórios existentes e M_E representa o volume anual regularizado pela bacia na hipótese de serem retirados todos os reservatórios ineficientes da bacia. Deve-se enfatizar que a formulação da hipótese não implica em sugerir que tais reservatórios sejam destruídos. O Indicador deve ser entendido como uma avaliação do custo hidrológico da construção de reservatórios ineficientes em

uma bacia hidrográfica. Os resultados obtidos podem ser usados na formulação de políticas de água no futuro.

1.3. APLICAÇÃO DO MODELO AO VALE DO JAGUARIBE

A aplicação do modelo de avaliação proposto na seção anterior foi desenvolvida de acordo com os dados e cálculos efetuados no Diagnóstico do Plano. Para isso a bacia hidrográfica do vale do Jaguaribe foi dividida em bacia controladas por reservatórios de médio porte.

No ponto de vista hidrológico, convém ressaltar as simplificações feitas para permitir a aplicação do modelo. As bacias, ou sub-bacias foram selecionadas de modo a permitir as seguintes simplificações:

- Ser suficientemente pequena de modo a amoldar-se à hipótese de deflúvios anuais homogêneos com mesma lâmina anual média escoada e coeficiente de variação dos deflúvios anuais;
- Ser suficientemente homogênea para amoldar a hipótese de um coeficiente de correlação igual a 1,0 entre os deflúvios anuais dos pequenos reservatórios no interior da bacia;
- Ter um reservatório interanual de porte médio na parte mais de jusante da bacia

1.3.1. DIVISÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA:

Seguindo-se os conceitos apresentados na seção anterior, a ENGESOFT selecionou para fins do estudo do impacto da pequena açudagem vinte e duas bacias hidrográficas abaixo relacionadas.

	Nome do açude principal	Área de Drenagem (km ²)
01	Açude Broco	83,00
02	Açude Trussu	1579,94
03	Açude Favelas	656,00
04	Açude Várzea do Boi	1256,00
05	Açude Poço da Pedra	841,00
06	Açude Trici	545,00
07	Açude Riacho do Sangue	1334,00
08	Açude Ema	342,00
09	Açude Joaquim Távora	124,00
10	Açude Santo Antônio de Russas;	635,00
11	Açude Serafim Dias	1533,00
12	Açude Riacho dos Tanques	101,90
13	Açude Cedro	213,00
14	Açude Cipoada	342,00

	Nome do açude principal	Área de Drenagem (km ²)
15	Açude Boa Viagem	394,00
16	Açude Poço do Barro	369,00
17	Açude Patu	1012,00
18	Açude Thomás Osterne	95,00
19	Açude Riacho dos Carneiros	39,00
20	Açude Prazeres	141,60
	Nome do açude principal	Área de Drenagem (km ²)
21	Açude Ingazeiro	274,00
22	Açude Lima Campos.	371,00

Todos os indicadores definidos foram estudados para cada uma dessas bacia e obtiveram-se os seus valores que são apresentados nos itens seguintes.

A figura 1.3.1.1 apresenta o vale com a divisão das bacias hidrográficas estudadas.

1.3.2. ANÁLISE PROCEDIDA

Para proceder a análise da situação das bacias hidrográficas os resultados foram obtidos no Diagnóstico. As bacias hidrográficas foram simuladas para avaliação dos volumes anuais regularizados por todos os reservatórios em três topologias descritas a seguir.

Topologia 1 - Supondo-se que só existe na bacia o reservatório principal situado no exutório;

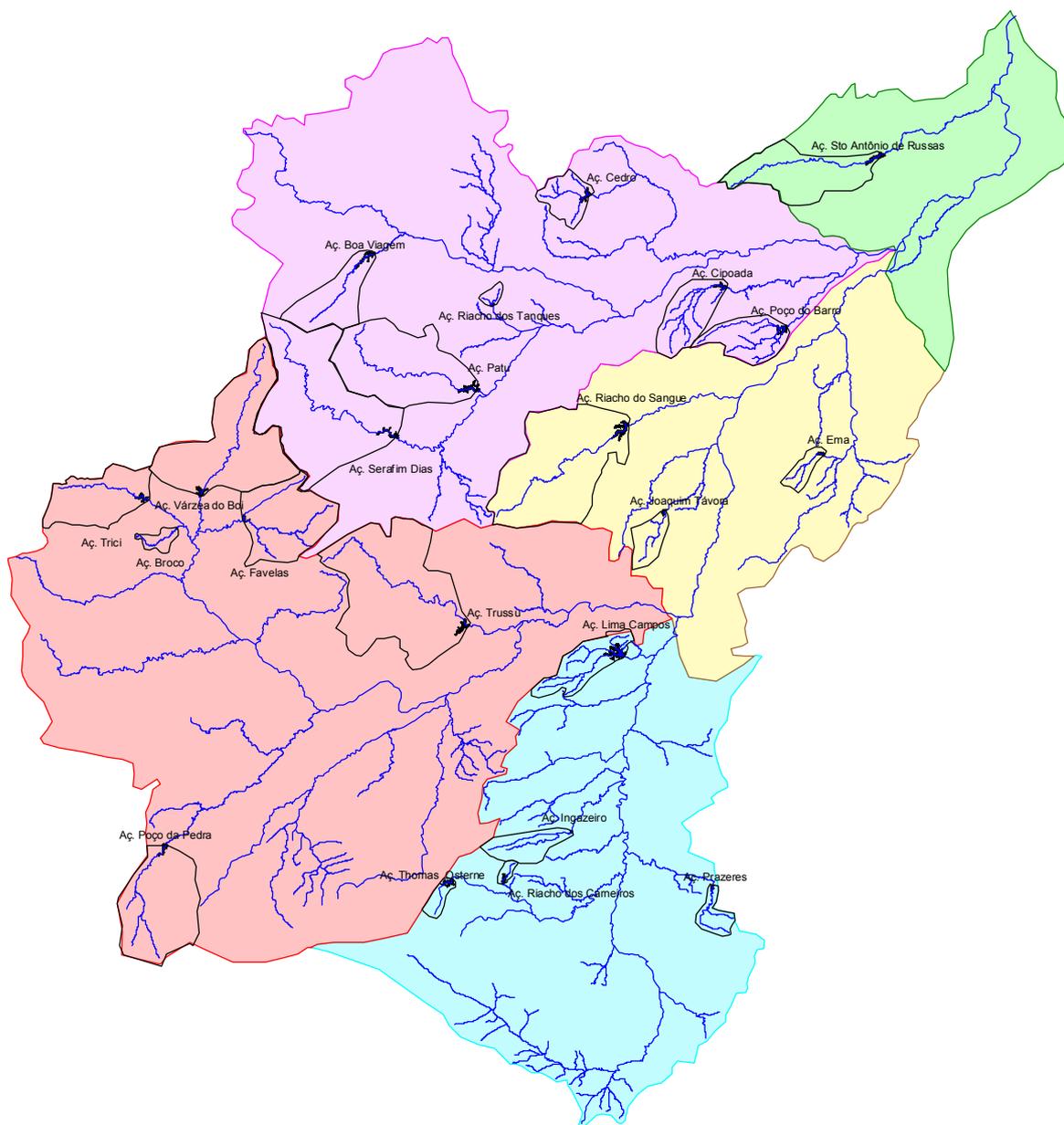
Topologia 2 - Com todos os reservatórios identificados no Diagnóstico;

Topologia 3 - Excluindo-se da topologia 2 todos os reservatórios classificados como ineficientes no Diagnóstico.

1.3.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

O resultados do estudo de saturação do nível de açudagem em 22 bacias do vale do Jaguaribe através de cinco indicadores podem ser sintetizados no quadro 1.3.3.1. A análise dos valores apresentados permite que se chegue a interessantes conclusões para os referidos indicadores.

Figura 1.3.1.1: Bacias Hidrográficas Analisadas Com Relação ao Grau de Saturação da Pequena Açudagem



100 0 100 Kilometers

-  Bacias Hidrográficas Analisadas
-  Hidrografia
-  Reservatórios
- Sub-bacias do Rio Jaguaribe
-  Alto Jaguaribe
-  Baixo Jaguaribe
-  Banabuiú
-  Médio Jaguaribe
-  Salgado



Quadro 1.3.3.1 - Indicadores do Grau de Saturação da Pequena Açudagem

Açudes	Número de açudes	Ganhos em regularização com os açudes de montante (%)	Ganhos com a retirada dos reservatórios ineficientes (%)	Indicador de acumulação	Indicador de Capacidade de Sangria	Área média controlada por açude (km ²)
Broco	2	-5,0	0	4,432	0.156	41,50
Trussu	75	-3,3	9,4	1,818	0.475	20,79
Favelas	42	-35,20	2,8	1,516	0.612	15,26
Várzea do Boi	39	-34,00	10,6	1,700	0.521	31,40
Poço da Pedra	18	-4,80	0	0,836	0.682	44,26
Trici	26	-17,30	9,5	1,267	0.616	20,19
Riacho do Sangue	46	-2,20	0,9	0,815	0.711	28,38
Ema	1	0,0	0	0,470	0.691	171,00
Joaquim Távora	23	-22,4	7,2	3,398	0.250	5,17
Sto. Antônio. de Russas	15	4,20	0,20	0,851	0.606	39,68
Serafim Dias	101	2,50	-1,0	0,893	0.704	15,02
Riacho dos Tanques	4	-3,60	0	1,529	0.453	16,02
Cedro	17	-3,7	0	4,854	0.140	11,83
Cipoada	57	-8,6	3,7	1,055	0.551	5,89
Boa Viagem	4	-0,80	0	2,012	0.421	78,80
Poço do Barro	46	-9,4	0,60	1,823	0.306	7,85
Patu	82	-0,40	3,10	1,091	0.612	12,19
Thomás Osterne	2	-7,0	-2,10	3,226	0.246	31,67
Riacho dos Carneiros	3	-0,60	0	0,782	0.664	9,75
Prazeres	1	-0,03	0	1,855	0.394	70,50
Ingazeiro	2	2,7	0	0,187	0.905	91,33
Lima Campos	10	-5,5	0	1,833	0.495	33,73

1.3.3.1. Quanto aos Ganhos em Regularização;

Das 22 bacias estudadas, apenas três (Sto. Antônio de Russas, Serafim Dias e Ingazeiro) registraram ganho regularização de vazões com a introdução de pequenos reservatórios montante.

Em mais da metade dos casos as perdas foram pequenas, da ordem de 1 a 5%. Entretanto, as bacias do Trici, Joaquim Távora, Várzea do Boi e Favelas sofreram perdas variando de 17 a 35% o que significa que foram grandemente prejudicadas pela pequena açudagem.

Dessa forma comprovam-se resultados de pesquisa anteriores (Campos,1989)⁵ que mostram as insuficiências hidrológicas relativas da pequena açudagem. Aos pequenos açudes, no estabelecimento de política de águas, deve ser atribuído principalmente o processo de distribuição especial das águas sem que se espere ganhos em regularização de águas.

1.3.3.2. Quanto aos Ganhos com a Retirada dos Reservatórios Ineficientes

Foram definidos no estudo como reservatórios ineficientes aqueles que não tem qualquer capacidade de regularização de vazões interanuais. São reservatórios de alto fator dimensional de evaporação que funcionam retendo as águas escoadas e favorecem ao aumento das perdas por evaporação.

A simulação foi feita verificando-se qual seria o comportamento das bacias caso esses reservatórios não houvessem sido construídos.

Os resultados mostram apreciáveis ganhos hidrológicos da bacia em quase todos os casos, excluindo-se apenas Serafim Dias e o Thomas Osterne. Não se deve depreender que se deve destruir reservatórios ineficientes hidrológicamente pois os mesmos se prestam a executar o papel de reservatórios anuais.

1.3.3.3. Quanto ao Indicador de Acumulação:

Tomando-se o valor 4 como crítico, apenas duas bacias (Broco e Cedro) tratam-se de bacias saturadas. As bacias do Joaquim Távora e Thomás Osterne, com valores superior a 3, mostraram-se próxima à saturação. As demais bacias ainda apresentaram margem para implantação de reservatórios.

A bacia do Ingazeiro com um indicador de capacidade de capacidade de 0,187 apresentou-se como a menos controlada entre as bacias estudadas.

1.3.3.4. Quanto ao Indicador de Capacidade de Sangria

Considerou-se, no presente estudo, como críticas as bacias que sangraram de seu reservatório mais de jusante menos de 15% do volume médio escoado anualmente. Duas bacias se mostraram críticas: O Cedro com 14% e o Broco com 15,6% apresentam sinais de saturação.

⁵ Campos J. N. B. - "Estudo Comparativo de Eficiências entre pequenos e grandes reservatórios do Nordeste". Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Foz do Iguaçu 1989.

A bacia do Ingazeiro, permitindo passar cerca de 90,5% para jusante, mostrou-se a menos controlada. Deve ser observado que esse indicador está fortemente associado ao indicador de capacidade de acumulação.

1.3.3.5. Quanto à Área Média Controlada por Açude:

Para o presente trabalho adotaram-se como críticas as bacias com área média controlada inferior a 16,0 km². Nesse patamar nove das 22 bacias estudadas mostraram-se críticas.

Esses valores refletem a política de açudagem e a necessidade dos sertanejos de disporem de um reservatório próximo às suas comunidades.

No estabelecimento da Política de Açudagem, esses valores refletem maior ou menor necessidade da açudagem. Uma bacia enquadrada como crítica nesse aspecto, significa que espacialmente ela está mais bem servida da açudagem que uma não crítica.

Ao final deste capítulo, as figuras 1.3.3.1 a 1.3.3.5 apresentam os resultados dos indicadores para cada um dos reservatórios analisados.

1.4. CONCLUSÕES

No geral os resultados contabilizaram, através de indicadores, fatos que são do conhecimento da maioria dos especialistas de recursos hídricos do Estado do Ceará, como:

- A grande densidade de açudes em várias regiões;
- A baixa eficiência hidrológica dos pequenos reservatórios;
- A pouca capacidade de sangria de algumas bacias.

1.5. RESULTADOS

Os resultados devem contribuir para formulação de uma política estadual de recursos hídricos e para o melhor atendimento do processo de armazenamento de águas em bacias hidrográficas.

A Política das Águas de semi-árido, em geral, e do estado do Ceará, em particular, deve sempre buscar a harmonia entre eficiência hidrológica e distribuição espacial das águas.

A seguir são apresentados os resultados para cada bacia, com o seu respectivo Diagrama Triangular de regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

1.5.1. Açude Broco

O açude Broco tem uma capacidade de acumulação de 17,50 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 83 km². Na área de montante do açude foi identificado apenas um pequeno reservatório com capacidade de 0,208 hm³.

Tabela 1.5.1.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Broco. Bacia contribuinte de 83,0 km² e deflúvio afluente médio anual de 3,99 hm³. Número de reservatórios = 1.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	4,380	0,174		0,161		0,674	83,00
2	4,432	0,165	-0,05	0,156	-0,027	0,686	41,50
3*	4,432	0,165	0,000	0,156	0,000	0,686	41,50

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

- Situação 2 = 3

O açude Broco regulariza nas duas topologias “2” e “3” uma vazão de 0,659 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados: O efeito de apenas um reservatório a montante do açude Broco diminui a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 5,0 %. Como o reservatório é eficiente não há decréscimo na capacidade de regularização da bacia. O indicador de capacidade de acumulação na bacia encontra-se acima de 4.0 indicando uma bacia saturada quanto à capacidade de acumulação e somente eventualmente se pode conseguir ganhos na bacia. O nível de evaporação da bacia é bastante elevado nas duas topologias (superior a 65%). A densidade de reservatórios - 1 a cada 41,5 km² - não indica uma bacia saturada quanto ao número de reservatórios.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.1.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

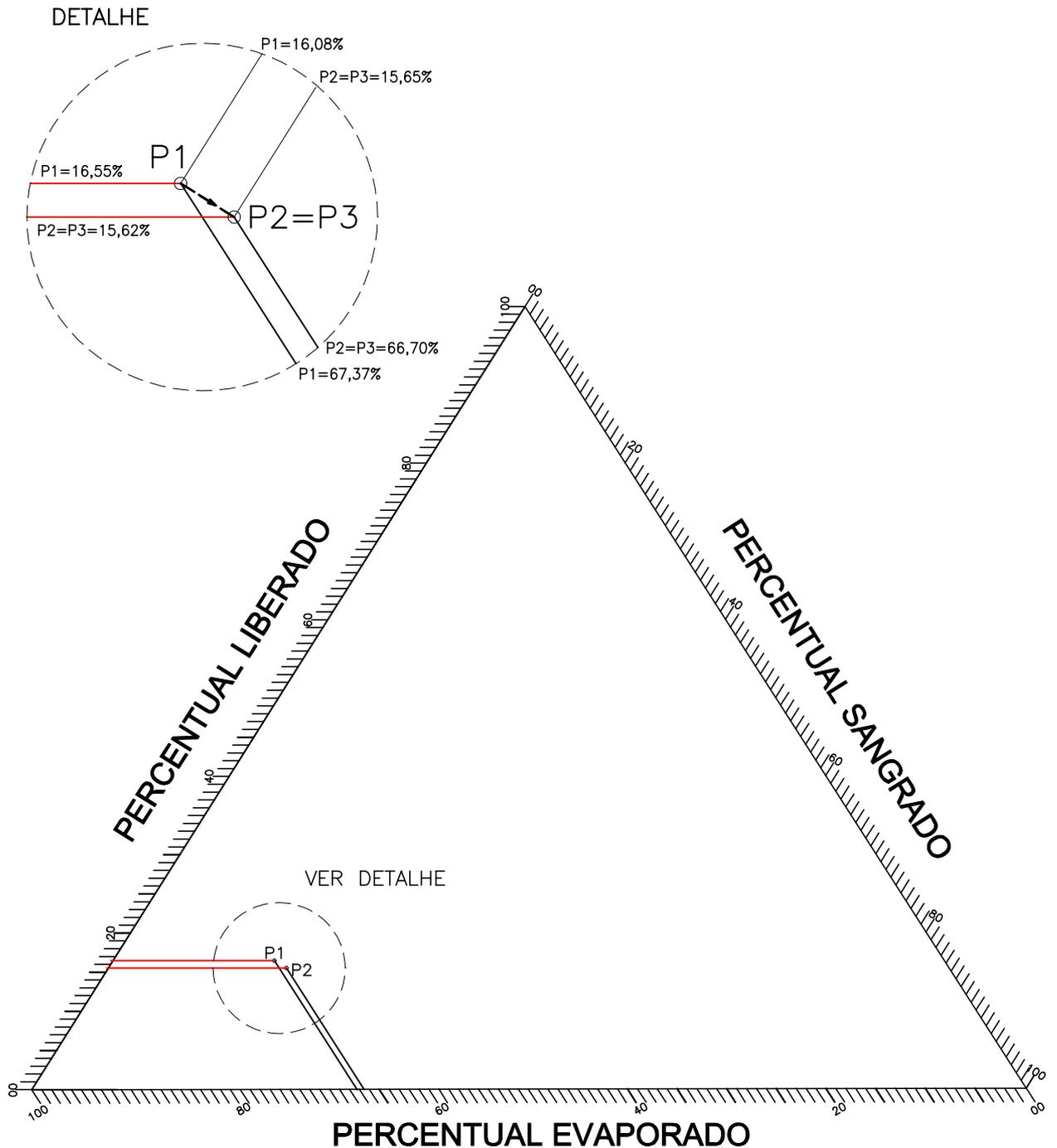


Figura 1.5.1.1.

RESERVATÓRIO BROCO

1.5.2. Açude Trussu

O açude Trussu possui uma capacidade de acumulação de 260,57 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 1579,94 km². Na área de montante do açude foram identificados 75 pequenos reservatórios com capacidade variando 0,04hm³ a 0,654 hm³.

Tabela 1.5.2.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Trussu. Bacia contribuinte de 1579,94 km² e deflúvio afluente médio anual de 153,19hm³. Número de reservatórios = 75.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/ μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	A/ Σn
1	1,701	0,406		0,496		0,120	1579,94
2	1,818	0,393	-0,033	0,475	-0,043	0,153	20,79
3	1,889	0,429	0,094	0,436	-0,082	0,158	24,31

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

O açude Trussu na topologia “2” regulariza 57,78 hm³/ano e na “3” 60,14 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 75 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 33 %. Com a retirada dos 11 reservatórios detectados como ineficientes, houve um acréscimo de 9,4 % na capacidade de regularização da bacia em relação a topologia atual da bacia. O nível de sangria da bacia é bastante elevado, nas três topologias aproximando-se de 50 % reduzindo um pequeno percentual na topologia 2 e 3. Do ponto de vista de saturação quanto ao número de reservatórios a bacia não está saturada.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.2.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

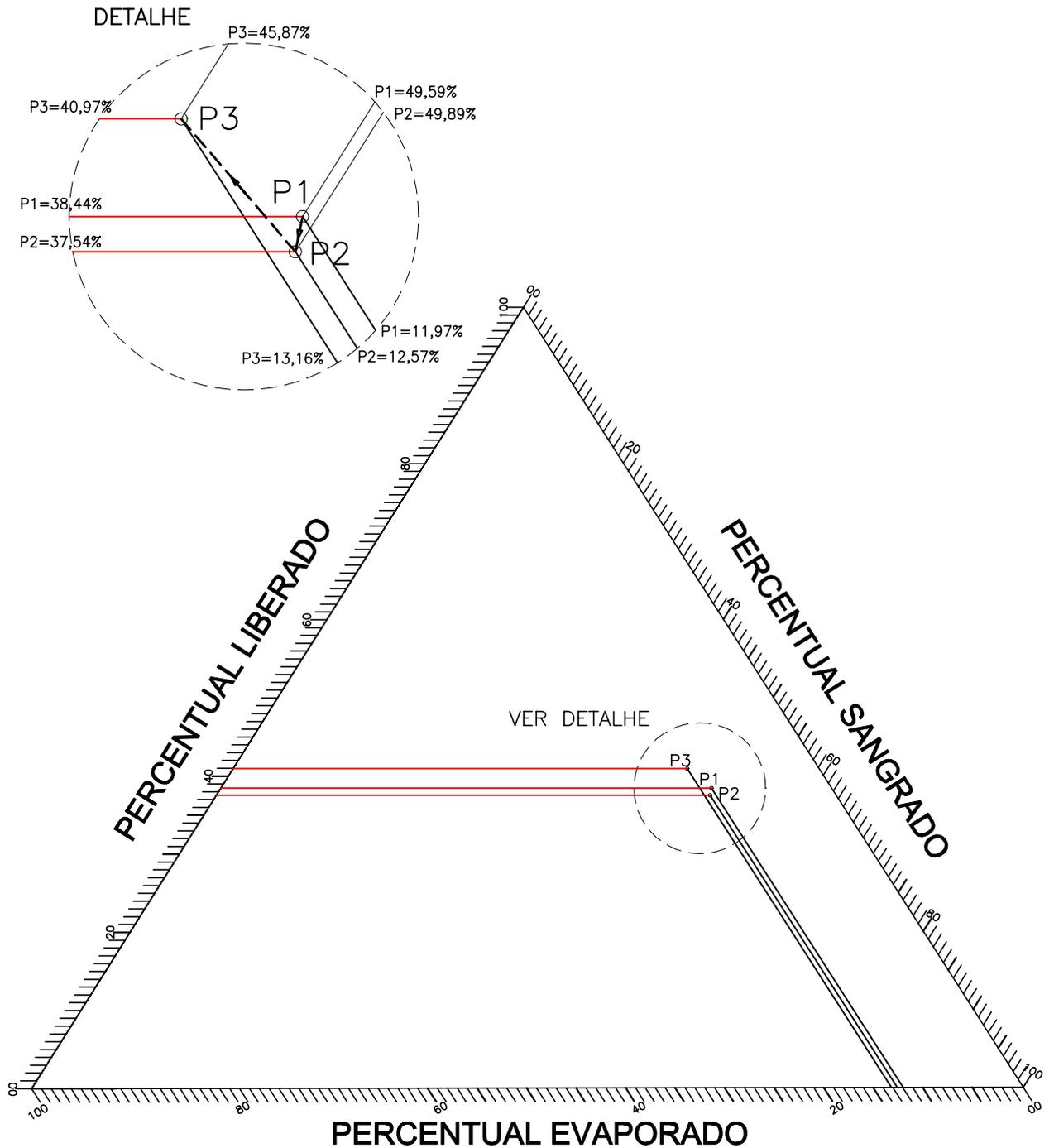


Figura 1.5.2.1.

RESERVATÓRIO TRUSSU

1.5.3. Açude Favelas

O açude Favelas possui uma capacidade de acumulação de 30,10 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 656,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 42 pequenos reservatórios com capacidade variando 0,07hm³ a 1,639 hm³.

Tabela 1.5.3.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Favelas. Bacia contribuinte de 656 km² e deflúvio afluente médio anual de 27,91 hm³. Número de reservatórios = 42.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	1,078	0,082		0,692		0,231	656,00
2	1,516	0,053	-0,352	0,612	-0,116	0,339	15,26
3	1,448	0,055	0,028	0,612	0,000	0,326	36,44

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

O açude Favelas na topologia “2” regulariza 1,15 hm³/ano e na “3” 1,48 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 42 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 35,2 %. Com a retirada dos 25 reservatórios detectados como ineficientes o acréscimo na capacidade de regularização da bacia em relação a topologia atual é muito pequeno, apenas 2,8 %. O nível de sangria da bacia é bastante elevado, nas três topologias aproximando-se de 60 %. Do ponto de vista de saturação quanto ao número de reservatórios a bacia, na topologia atual a bacia esta saturada pois apresenta um açude a cada 15,26 km².

A seguir apresenta-se a figura 1.5.3.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

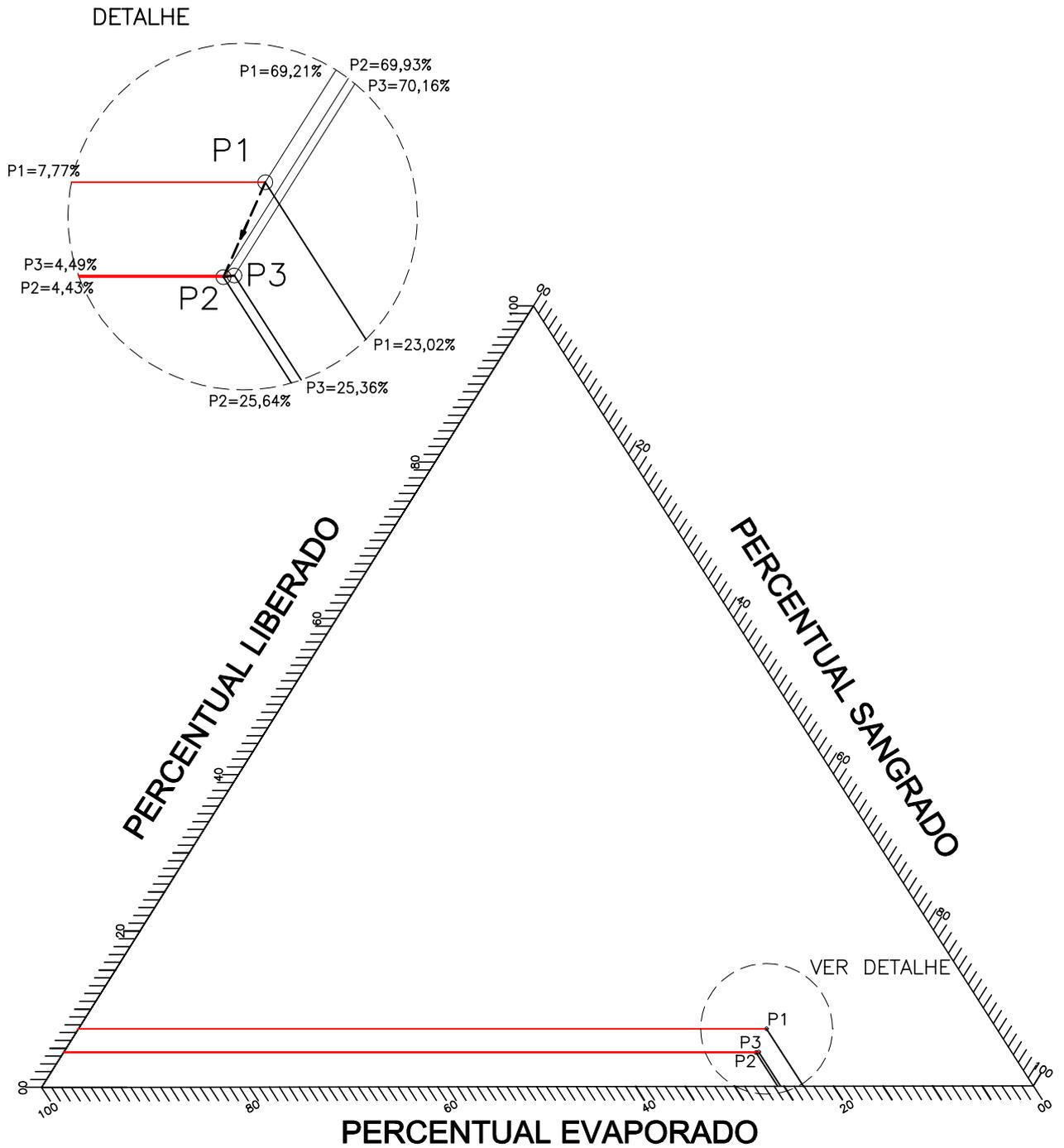


Figura 1.5.3.1.

RESERVATÓRIO FAVELAS

1.5.4. Açude Várzea do Boi

O açude Várzea do Boi possui uma capacidade de acumulação de 51,80 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 1256,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 39 pequenos reservatórios com capacidade variando 0,06hm³ a 8,512 hm³.

Tabela 1.5.4.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Várzea do Boi. Bacia contribuinte de 1.256,0 km² e deflúvio afluyente médio anual de 43,46 hm³. Número de reservatórios = 39.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/ μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	A/ Σn
1	1,192	0,135		0,620		0,253	1256,00
2	1,700	0,089	-0,340	0,521	-0,159	0,405	31,40
3	1,535	0,098	0,106	0,548	0,052	0,366	89,71

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

O açude Várzea do Boi na topologia “2” regulariza 2,69 hm³/ano e na “3” 3,86 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 39 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 34,0 %. Com a retirada dos 26 reservatórios detectados como ineficientes o acréscimo na capacidade de regularização da bacia em relação a topologia atual é muito pequeno, apenas 10,6 %. O nível de sangria da bacia é bastante elevado, nas três topologias superior a 50 %. A densidade de reservatórios na bacia é baixa e não há indícios de saturação na bacia.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.4.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

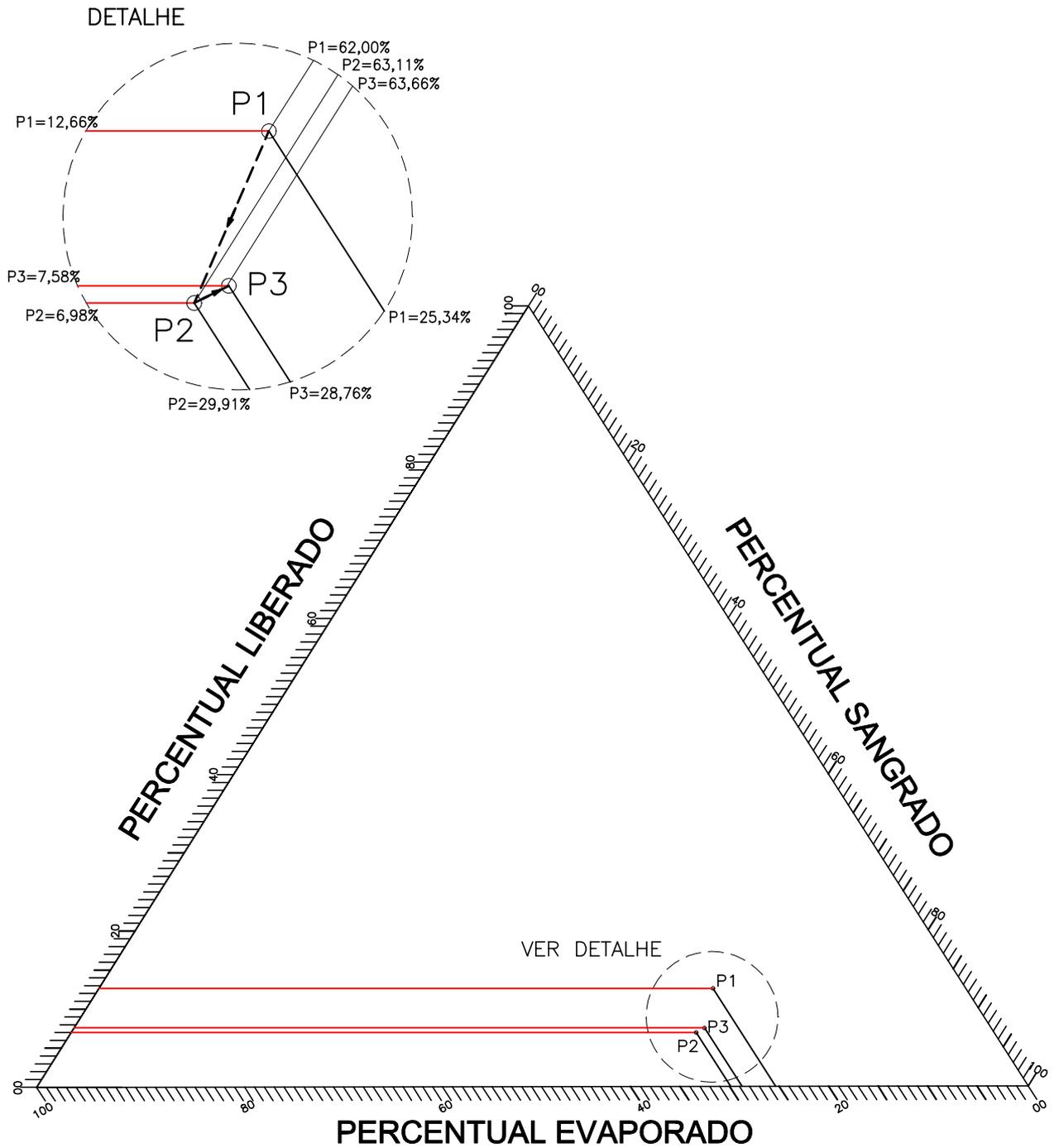


Figura 1.5.4.1.

RESERVATÓRIO VÁRZEA DO BOI

1.5.5. Açude Poço da Pedra

O açude Poço da Pedra possui uma capacidade de acumulação de 50,00 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 841,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 18 pequenos reservatórios com capacidade variando 0,031hm³ a 1,257 hm³.

Tabela 1.5.5.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Poço da Pedra. Bacia contribuinte de 841,0 km² e deflúvio afluente médio anual de 64,0 hm³. Número de reservatórios = 18.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/ μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	A/ Σn
1	0,781	0,188		0,694		0,127	841,00
2	0,836	0,179	-0,048	0,682	-0,018	0,148	44,26
3	0,822	0,179	0,000	0,685	0,005	0,145	64,69

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i +1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

O açude Poço da Pedra nas topologias “2” e “3” regulariza 10,98 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 18 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica do açude Poço da Redra isoladamente em 4,8 %. Com a retirada dos 6 reservatórios detectados como ineficientes não houve acréscimo na capacidade de regularização da bacia . O nível de sangria da bacia é bastante elevado, nas três topologias superior a 60 %. A densidade de reservatórios na bacia é baixa e não há indícios de saturação na bacia.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.5.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

Figura 1.5.5.1
Reservatório Poço da Pedra

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

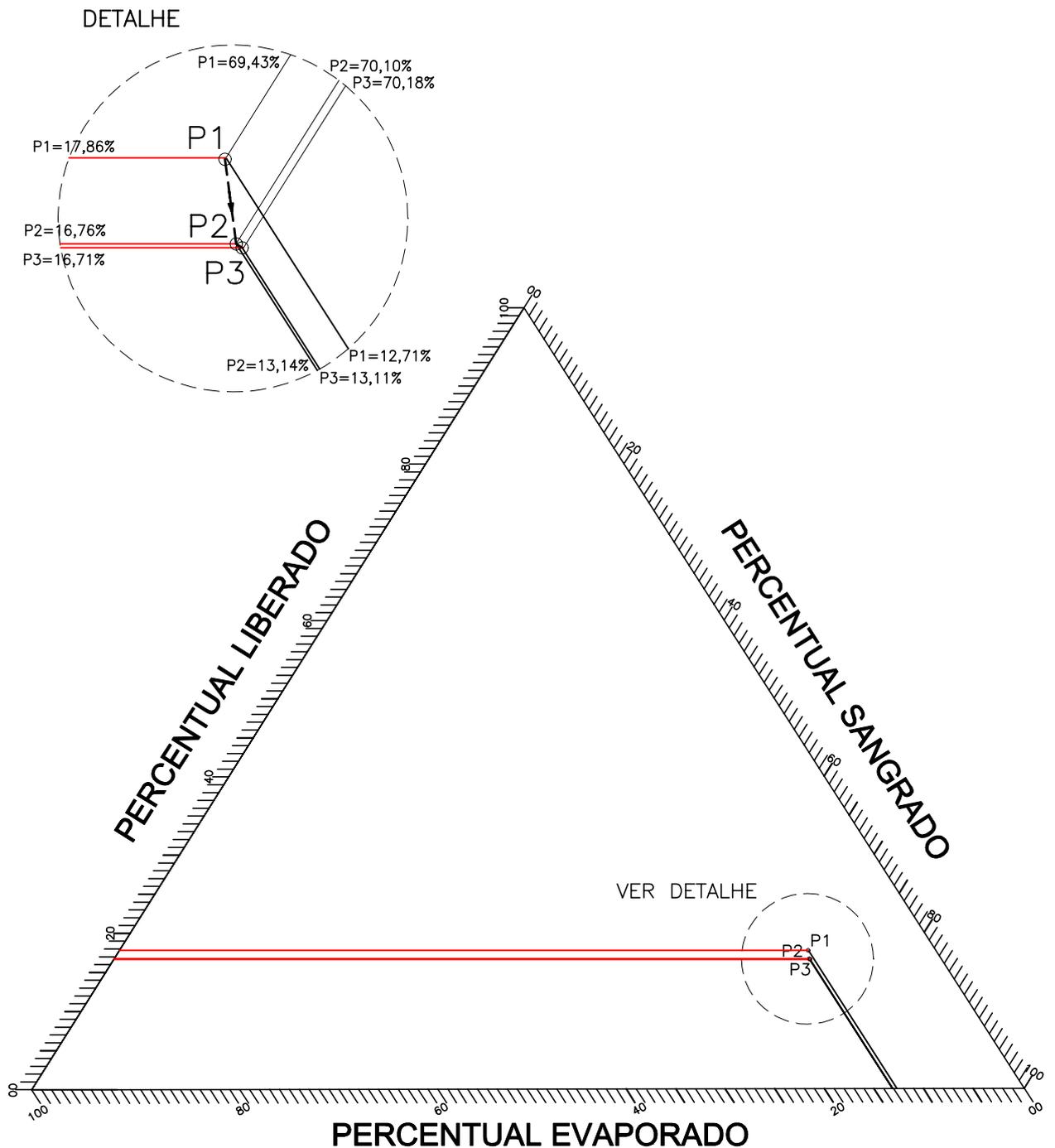


Figura 1.5.5.1.

RESERVATÓRIO POÇO DA PEDRA

1.5.6. Açude Trici

O açude Trici possui uma capacidade de acumulação de 16,50 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 545,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 26 pequenos reservatórios com capacidade variando 0,071 hm³ a 0,536 hm³.

Tabela 1.5.6.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Trici. Bacia contribuinte de 545,0 km² e deflúvio afluyente médio anual de 17,93 hm³. Número de reservatórios = 26.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/ μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	A/ Σn
1	0,920	0,161		0,692		0,159	545,00
2	1,267	0,133	-0,173	0,616	-0,109	0,260	20,19
3	1,082	0,146	0,095	0,650	0,054	0,219	32,06

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

O açude Trici na topologia “2” regulariza 22,48 hm³/ano e na “3” 23,83 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 26 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 17,3 %. Com a retirada dos 14 reservatórios detectados como ineficientes o acréscimo na capacidade de regularização da bacia em relação a topologia atual seria de 9,5 %. O nível de sangria da bacia é bastante elevado, nas três topologias superior a 60 %. Não há indícios de saturação na bacia pois a densidade de reservatórios na bacia é baixa.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.6.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

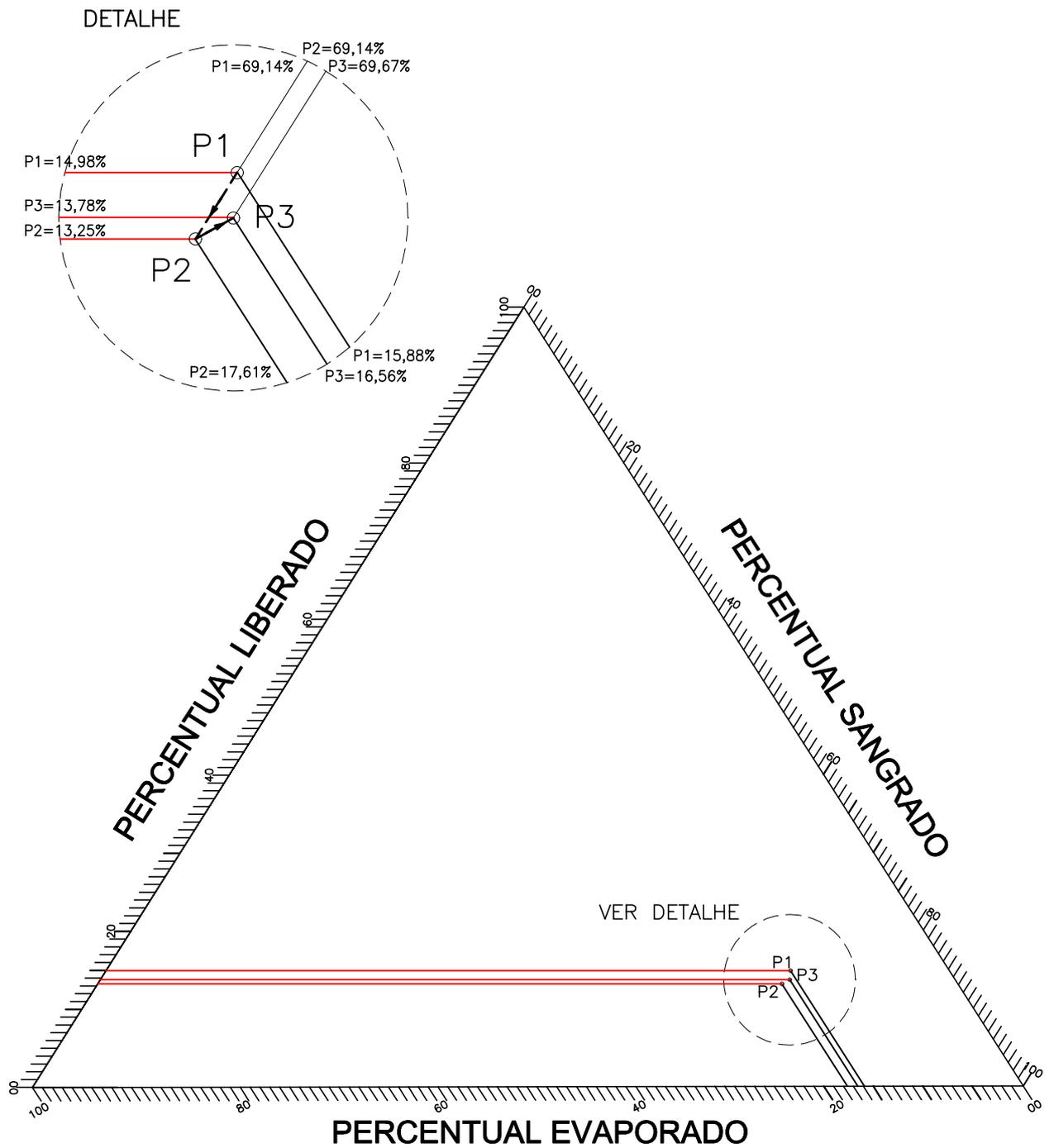


Figura 1.5.6.1.

RESERVATÓRIO TRICI

1.5.7. Açude Riacho do Sangue

O açude Riacho do Sangue possui uma capacidade de acumulação de 61,42 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 1334,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 46 pequenos reservatórios com capacidade variando 0,011 hm³ a 2,137 hm³.

Tabela 1.5.7.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Riacho do Sangue. Bacia contribuinte de 1334,0 km² e deflúvio afluente médio anual de 95,91 hm³. Número de reservatórios = 46.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/ μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	A/ Σn
1	0,640	0,152		0,757		0,098	1334,00
2	0,815	0,149	-0,022	0,711	-0,061	0,148	28,38
3	0,761	0,150	0,009	0,722	0,016	0,135	46,00

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

O açude Riacho do Sangue na topologia “2” regulariza 13,03 hm³/ano e na “3” 14,29 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 46 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 2,2 %. Com a retirada dos 18 reservatórios detectados como ineficientes o acréscimo na capacidade de regularização da bacia em relação a topologia atual seria de 0,9 %. O nível de sangria da bacia é bastante elevado nas três topologias sempre superior a 70 %. Não há indícios de saturação na bacia pois a densidade de reservatórios na bacia é baixa.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.7.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

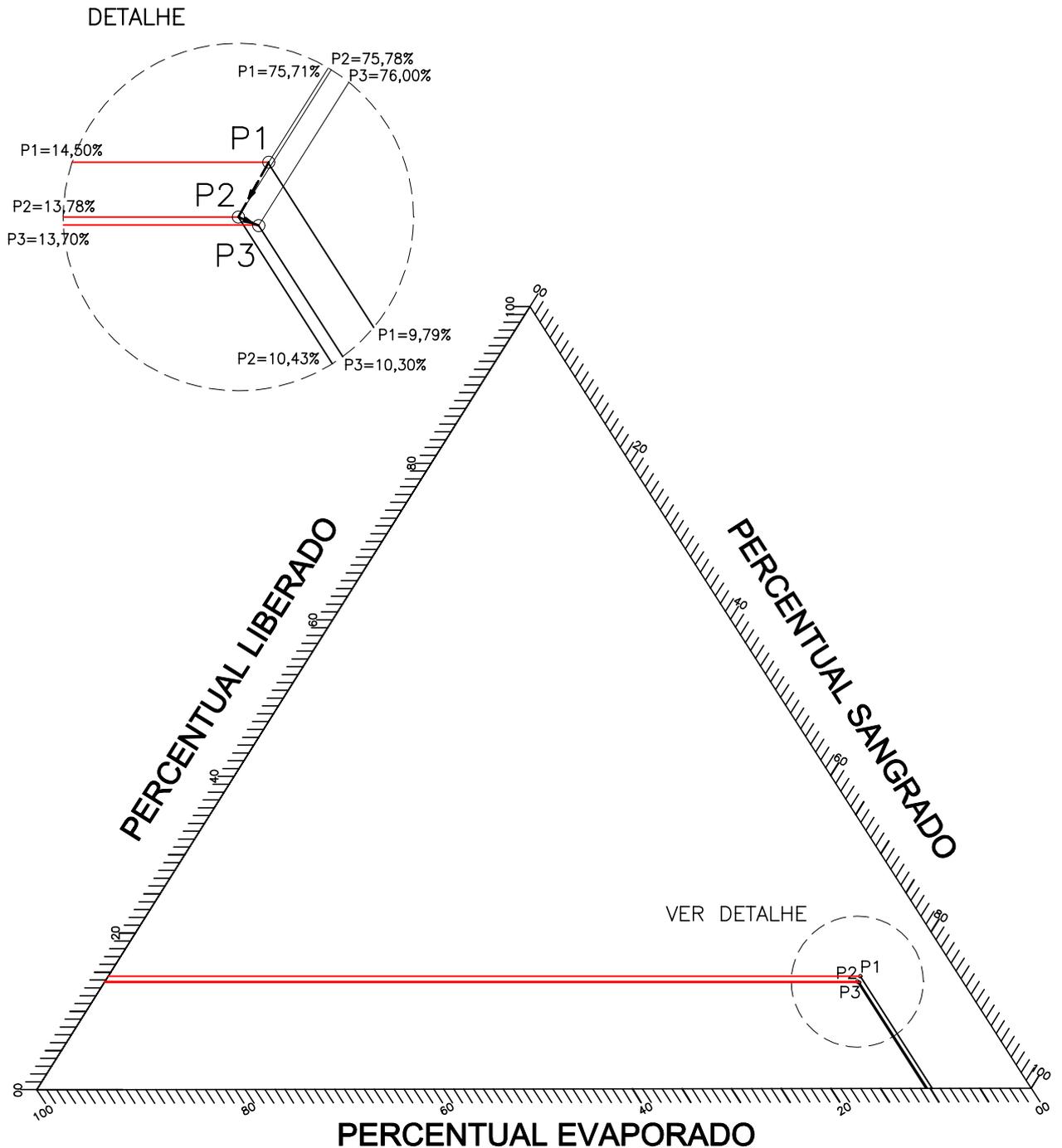


Figura 1.5.7.1.

RESERVATÓRIO RIACHO DO SANGUE

1.5.8. Açude Ema

O açude Ema possui uma capacidade de acumulação de 17,25 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 342,0 km². Na área de montante do açude foi identificado apenas um pequeno reservatório com capacidade de 0,135 hm³.

Tabela 1.5.8.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Ema. Bacia contribuinte de 342,0 km² e deflúvio afluente médio anual de 36,98 hm³. Número de reservatórios = 1.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M90/\mu$	Δ	San/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	0.466	0.239		0.692		0.078	342.00
2	0.470	0.239	0.000	0.691	-0.002	0.079	171.00
3*	0.470	0.239	0.000	0.691	0.000	0.079	171.00

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

* Situação 2 = 3

O açude Ema na topologia “2” e “3” regulariza 8,82 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados: O efeito de apenas um reservatório eficiente a montante do açude Ema não diminui a capacidade de regularização da bacia hidrográfica. O nível de sangria da bacia é bastante elevado nas duas topologias (superior a 65%). A densidade de reservatórios é bastante baixa indicando uma bacia não saturada quanto ao número de reservatórios.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.8.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

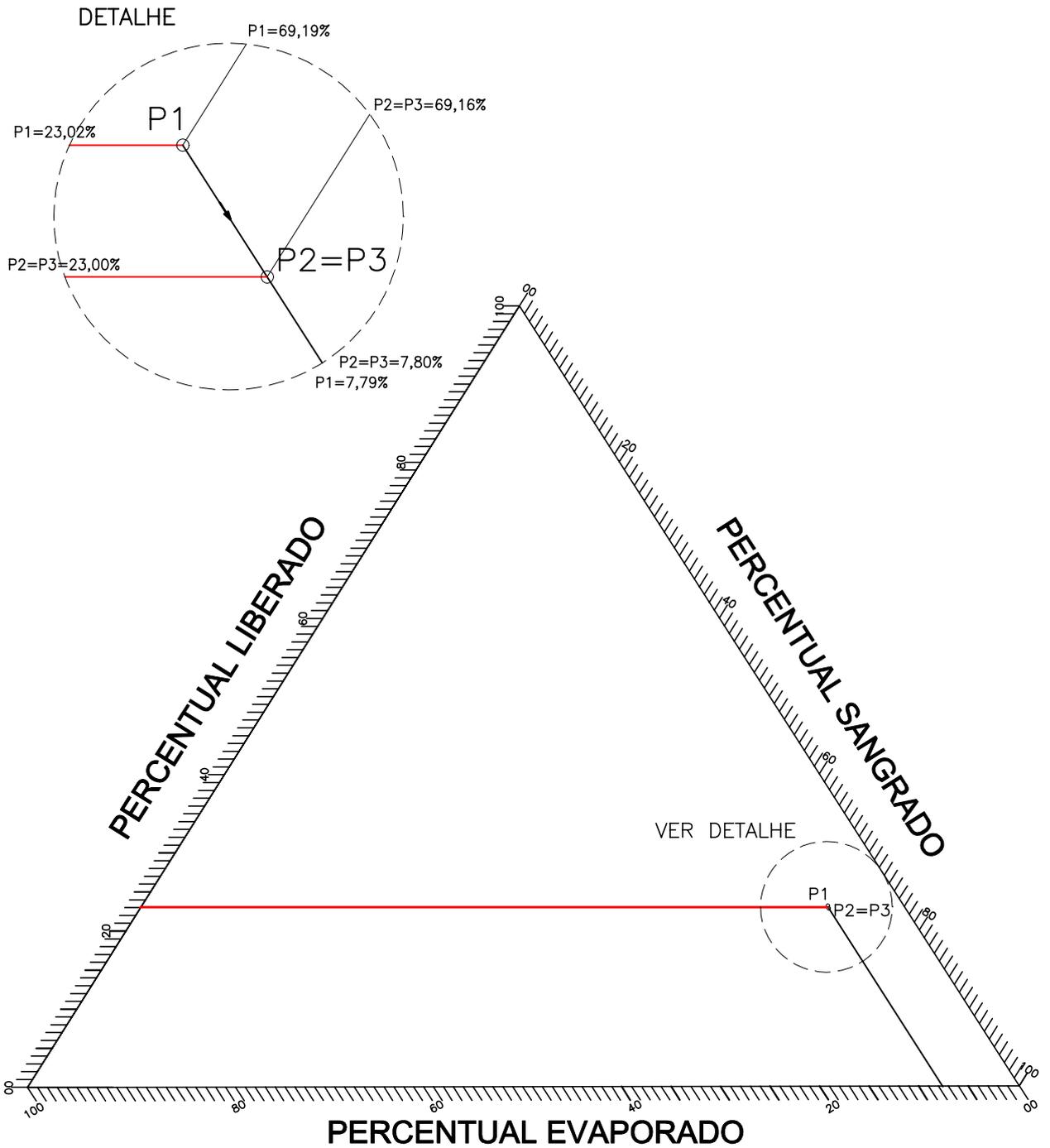


Figura 1.5.8.1.
RESERVATÓRIO EMA

1.5.9. Açude Joaquim Távora

O açude Joaquim Távora possui uma capacidade de acumulação de 23,66 hm³ e controla ma bacia hidrográfica de 124,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 23 pequenos reservatórios com capacidade variando 0.09 hm³ a 0.307 hm³.

Tabela 1.5.9.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Joaquim Távora .Bacia contribuinte de 124,0 km² e deflúvio afluente médio anual de 7,60 hm³ . Número de reservatórios = 23.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	3.113	0.234		0.288		0.491	124.00
2	3.398	0.181	-0.224	0.250	-0.132	0.580	5.17
3	3.308	0.194	0.072	0.263	0.049	0.556	11.27

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i +1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

O açude Joaquim Távora na topologia “2” regulariza 1,32 hm³/ano e na “3” 1,37 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 23 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 22.4 %. Com a retirada dos 13 reservatórios detectados como ineficientes o acréscimo na capacidade de regularização da bacia em relação a topologia atual seria de 7.2 %. O nível de evaporação na bacia é bastante elevado nas três topologias sempre superior a 45 %. Não há indícios de saturação na bacia pois a densidade de reservatórios na bacia é baixa. Como o indicador de Capacidade de Acumulação na Bacia esta em todas as situações sempre acima de 3.0 isto significa indícios de saturação quanto a capacidade de acumulação.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.9.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

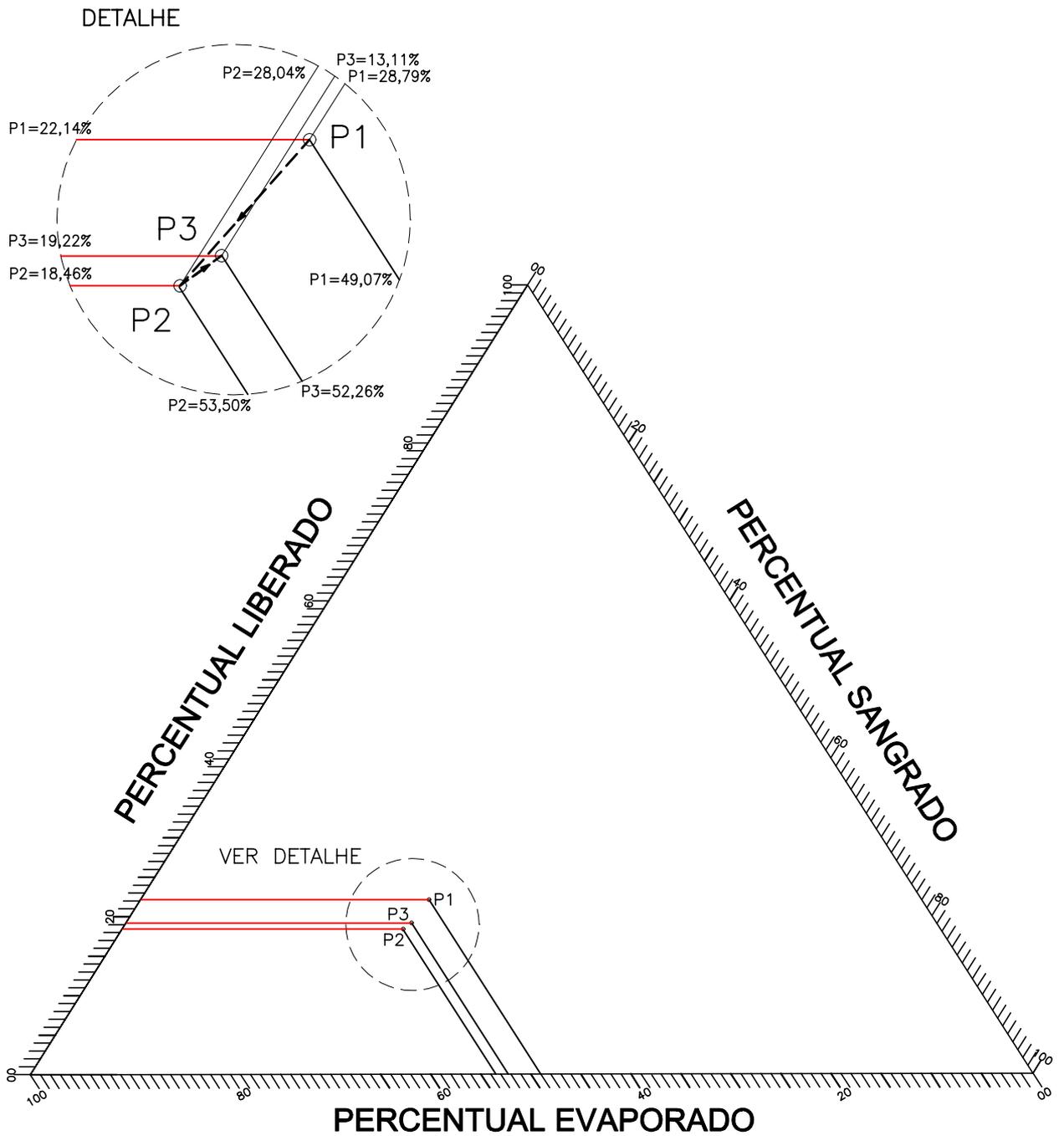


Figura 1.5.9.1.

RESERVATÓRIO JOAQUIM TÁVORA

1.5.10. Santo Antônio de Russas

O açude Santo Antônio de Russas possui uma capacidade de acumulação de 29,70 hm³ e controla ma bacia hidrográfica de 635,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 15 pequenos reservatórios com capacidade variando 0.51 hm³ a 1.809 hm³.

Tabela 1.5.10.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Santo Antônio de Russas .Bacia contribuinte de 635,0 km² e deflúvio afluente médio anual de 48,14 hm³ . Número de reservatórios = 15.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/ μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	A/ Σn
1	0.617	0.192		0.686		0.130	635.00
2	0.851	0.200	0.042	0.606	-0.116	0.203	39.68
3	0.824	0.201	0.002	0.610	0.006	0.199	48.84

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i +1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

O açude Santo Antônio de Russas na topologia “2” regulariza 7,76 hm³/ano e na “3” 9,64 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 15 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 4.2 %. Com a retirada dos 15 reservatórios detectados como ineficientes o acréscimo na capacidade de regularização da bacia em relação a topologia atual é quase insignificante aproximadamente 0.2 %. O nível de sangria na bacia é bastante elevado nas três topologias sempre superior a 60 %. Não há indícios de saturação na bacia pois a densidade de reservatórios na bacia é baixa.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.10.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

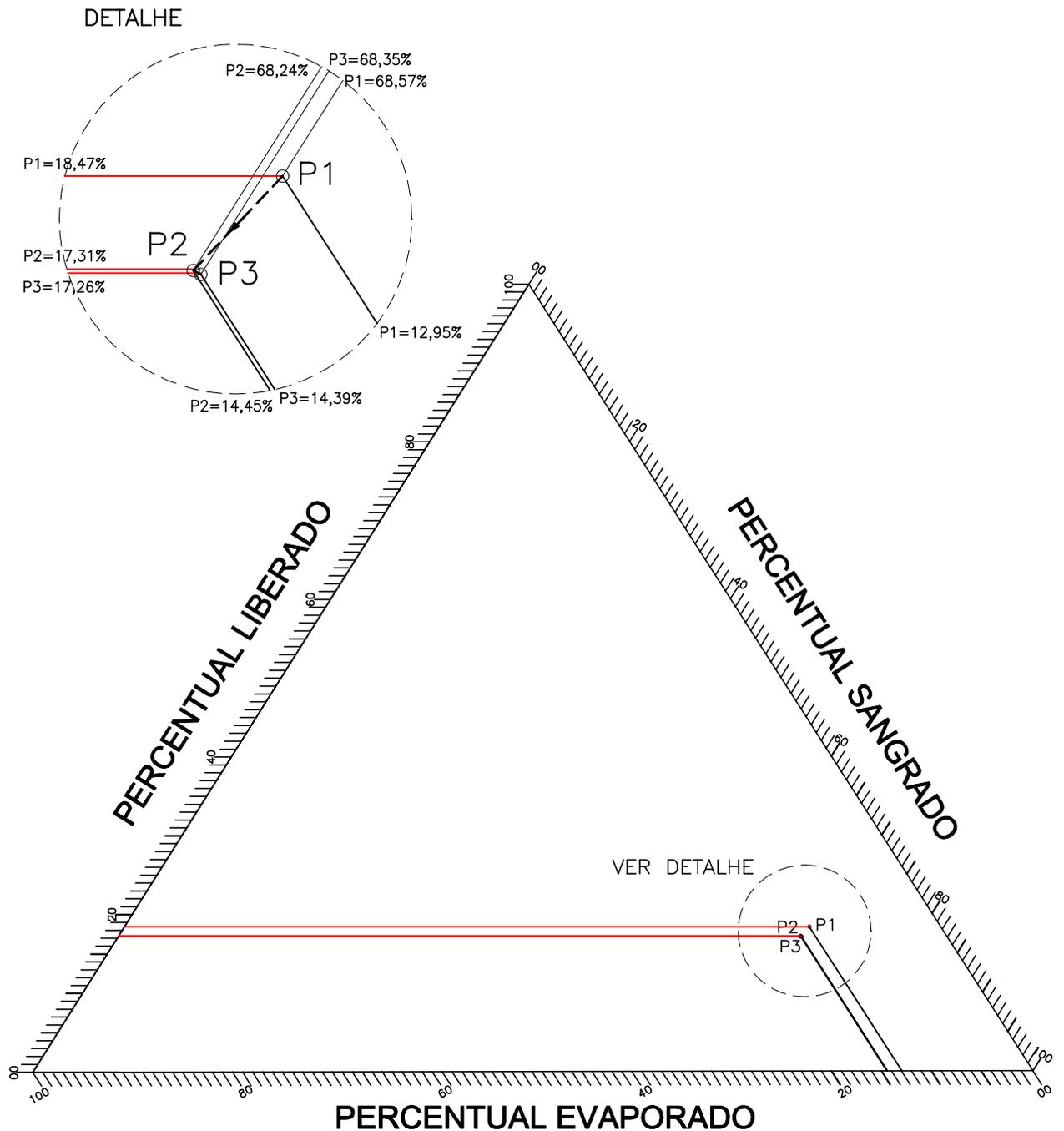


Figura 1.5.10.1.

RESERVATÓRIO SANTO ANTONIO DE RUSSAS

1.5.11. Serafim Dias

O açude Serafim Dias possui uma capacidade de acumulação de 43,00 hm³ e controla ma bacia hidrográfica de 1533,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 101 pequenos reservatórios com capacidade variando 0,03 hm³ a 1,658 hm³.

Tabela 1.5.11.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Serafim Dias. Bacia contribuinte de 1533,0 km² e deflúvio afluyente médio anual de 80,63 hm³. Número de reservatórios = 101.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	0,533	0,113		0,780		0,112	1533,00
2	0,893	0,116	0,025	0,704	-0,097	0,183	15,029
3	0,779	0,115	-0,010	0,719	0,021	0,172	18,926

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

O açude Serafim Dias na topologia “2” regulariza 7,56 hm³/ano e na “3” 9,37 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 101 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 2,5 %. Com a retirada dos 32 reservatórios detectados como ineficientes o que se registrou foi um decréscimo de 1% na capacidade de regularização da bacia em relação a topologia atual. O nível de sangria na bacia é bastante elevado nas três topologias sempre superior a 70 %. Não há indícios de saturação na bacia pois a densidade de reservatórios na bacia é baixa.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.11.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

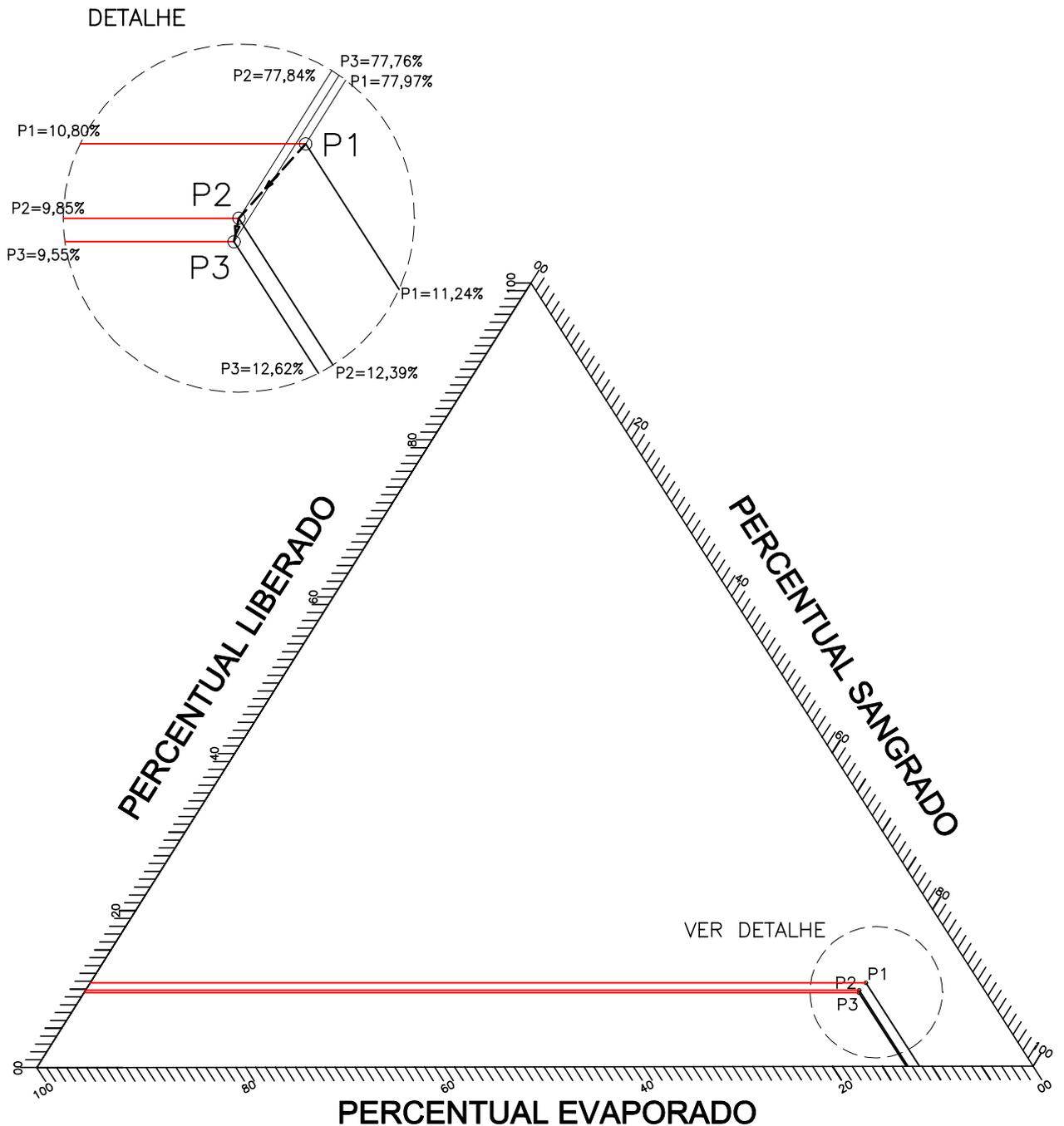


Figura 1.5.11.1.

RESERVATÓRIO SERAFIM DIAS

1.5.12. Riacho dos Tanques

O açude Riacho dos Tanques possui uma capacidade de acumulação de 11,32 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 101,9 km². Na área de montante do açude foram identificados 4 pequenos reservatórios com capacidade variando 0,041 hm³ a 0,715 hm³.

Tabela 1.5.12.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Riacho dos Tanques. Bacia contribuinte de 101,90 km² e deflúvio afluente médio anual de 8,24 hm³. Número de reservatórios = 4.

Topologia	$\sum k/\mu$	$\sum M 90/\mu$	Δ	San/ μ	Δ	$\sum ev/\mu$	A/ $\sum n$
1	1,374	0,301		0,488		0,225	80,10
2	1,529	0,290	-0,036	0,453	-0,071	0,271	16,02
3*	1,529	0,290	0,000	0,453	0,000	0,271	16,02

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

* Situação 2 = 3

O açude Riacho dos Tanques nas topologias “2” e “3” regulariza 2,15 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 4 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 3,6 %. Como os quatros reservatórios segundo o modelo são eficientes não ocorreu ganho nem perda na capacidade de regularização da bacia em relação. O nível de sangria na bacia não supera 50% enquanto o %liberado e sangrado ficam bem aproximados 25%. A densidade de reservatórios na bacia esta no limite de saturação, ou seja 1 reservatório a cada 16 km².

A seguir apresenta-se a figura 1.5.12.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

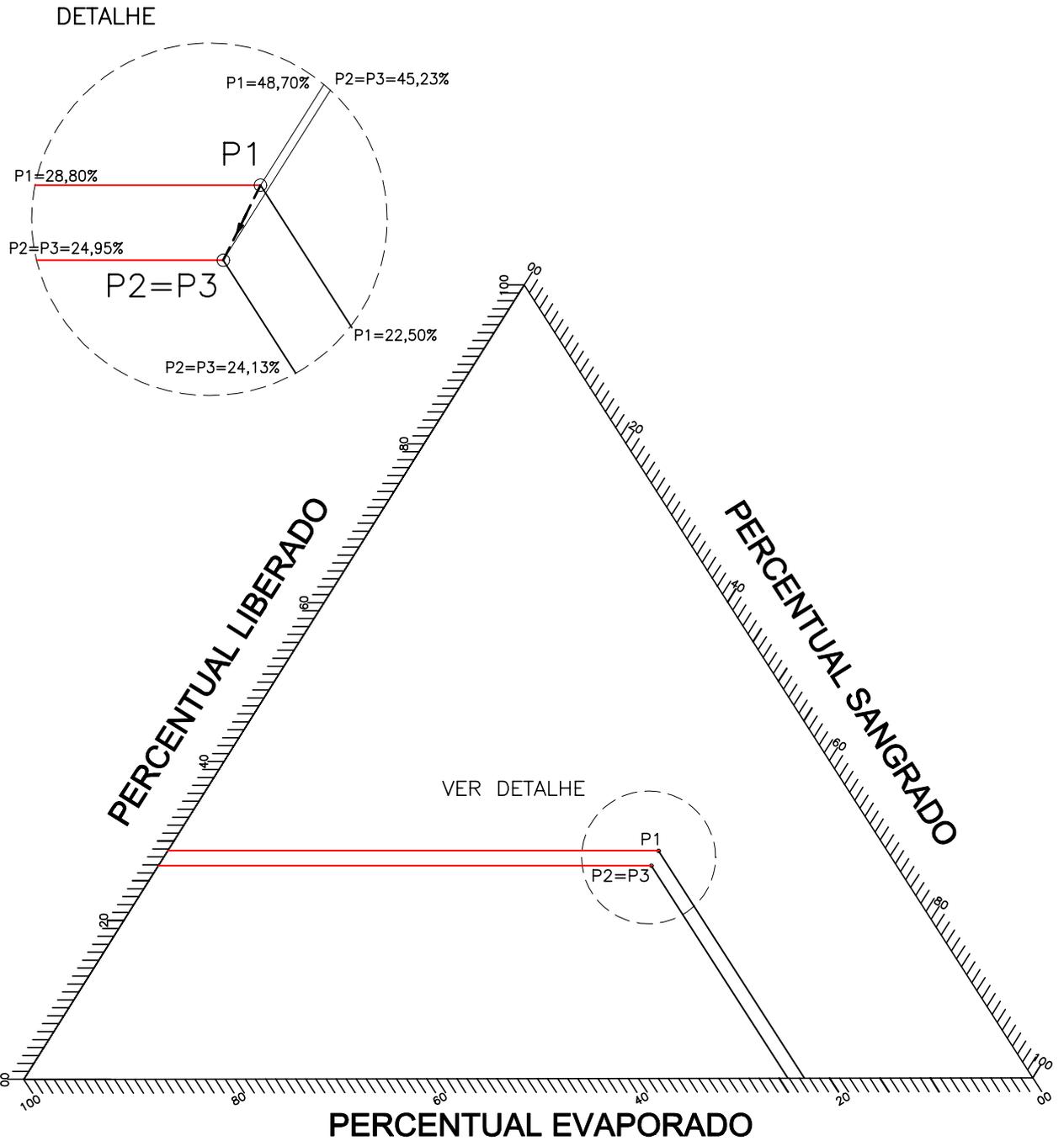


Figura 1.5.12.1.

RESERVATÓRIO RIACHO DOS TANQUES

1.5.13. Cedro

O açude Cedro possui uma capacidade de acumulação de 126,0 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 213,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 17 pequenos reservatórios com capacidade variando 0,01 hm³ a 0,312 hm³.

Tabela 1.5.13.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Cedro. Bacia contribuinte de 213,0 km² e deflúvio afluente médio anual de 26,34 hm³. Número de reservatórios = 17.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	4,784	0,365		0,143		0,513	213,00
2	4,854	0,351	-0,037	0,140	-0,025	0,529	11,83
3*	4,854	0,351	0,000	0,140	0,000	0,529	11,83

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

* Situação 2 = 3

O açude Cedro nas topologias “2” e “3” regulariza 87,85 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 17 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 3,7 %. Como os quatros reservatórios segundo o modelo são eficientes não ocorreu ganho nem perda na capacidade de regularização da bacia em relação. O nível de evaporação na bacia não supera 50% enquanto o % liberado e sangrado ficam bem aproximados 25%. Como o Indicador da capacidade de Acumulação na Bacia encontra-se acima de 4,0 significa que a bacia hidrográfica esta saturada quanto a capacidade de acumulação. Quanto a densidade de reservatórios na bacia não há indícios de saturação.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.13.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

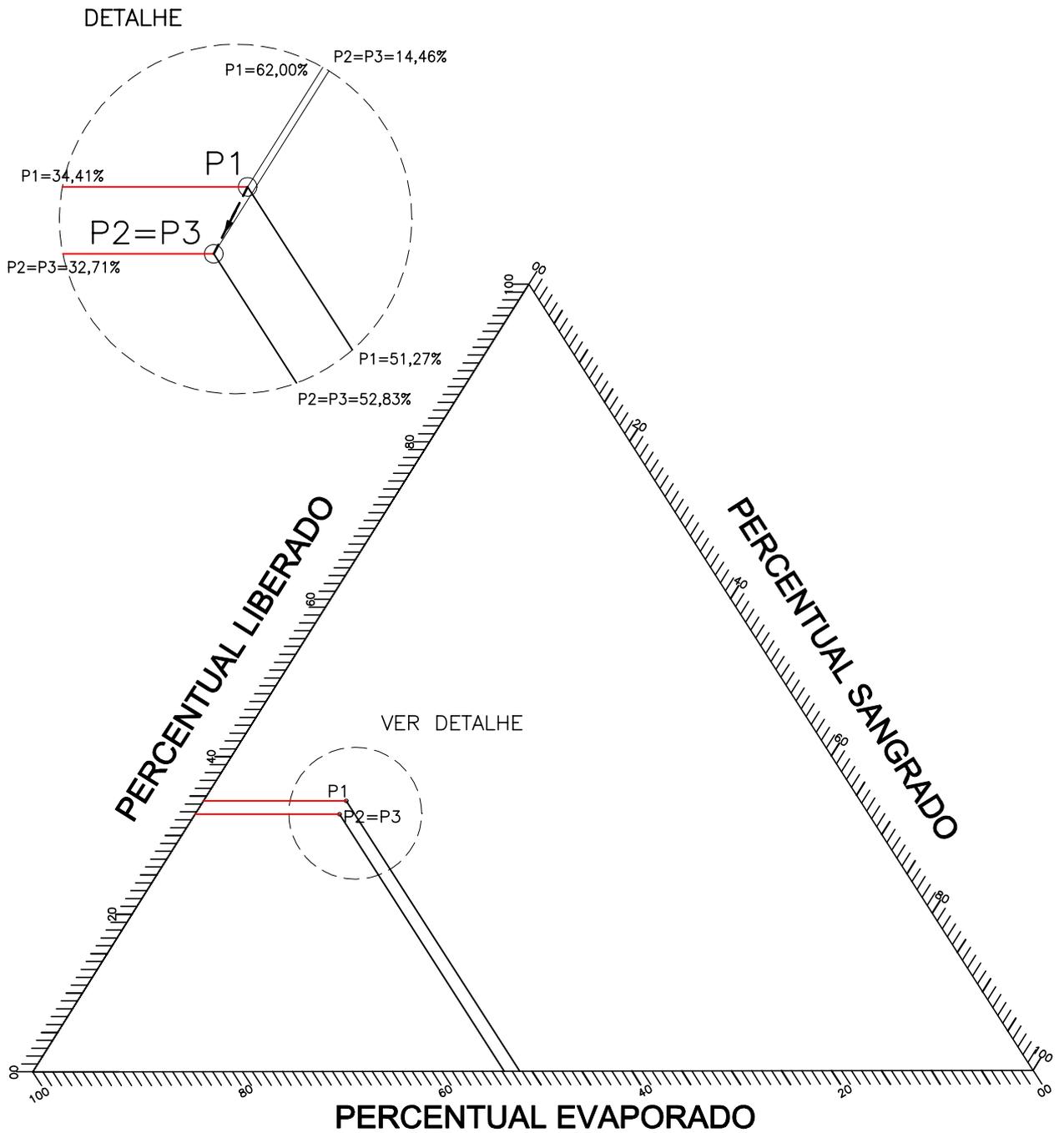


Figura 1.5.13.1.

RESERVATÓRIO CEDRO

1.5.14. Cipoada

O açude Cipoada possui uma capacidade de acumulação de 17,25 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 342,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 57 reservatórios com capacidade variando 0,05 hm³ a 1,526 hm³.

Tabela 1.5.14.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Cipoada. Bacia contribuinte de 342,0 km² e deflúvio afluente médio anual de 25,76 hm³. Número de reservatórios = 57.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	0,670	0,195		0,666		0,152	342,00
2	1,055	0,179	-0,086	0,551	-0,173	0,283	5,89
3	0,833	0,185	0,037	0,607	0,101	0,217	7,77

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

O açude Cipoada na topologia “2” regulariza 4,23 hm³/ano e na “3” 4,59 hm³/ano hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 57 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 8,6 %. Com a retirada dos 37 reservatórios detectados como ineficientes o acréscimo na capacidade de regularização da bacia em relação a topologia atual é de 3,7 %. A bacia do Cipoada mostra uma característica própria possui 64% dos seus reservatórios ineficientes. O nível de sangria na bacia é bastante elevado nas três topologias sempre superior a 60 %. Não há indícios de saturação na bacia pois a densidade de reservatórios na bacia é baixa.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.14.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

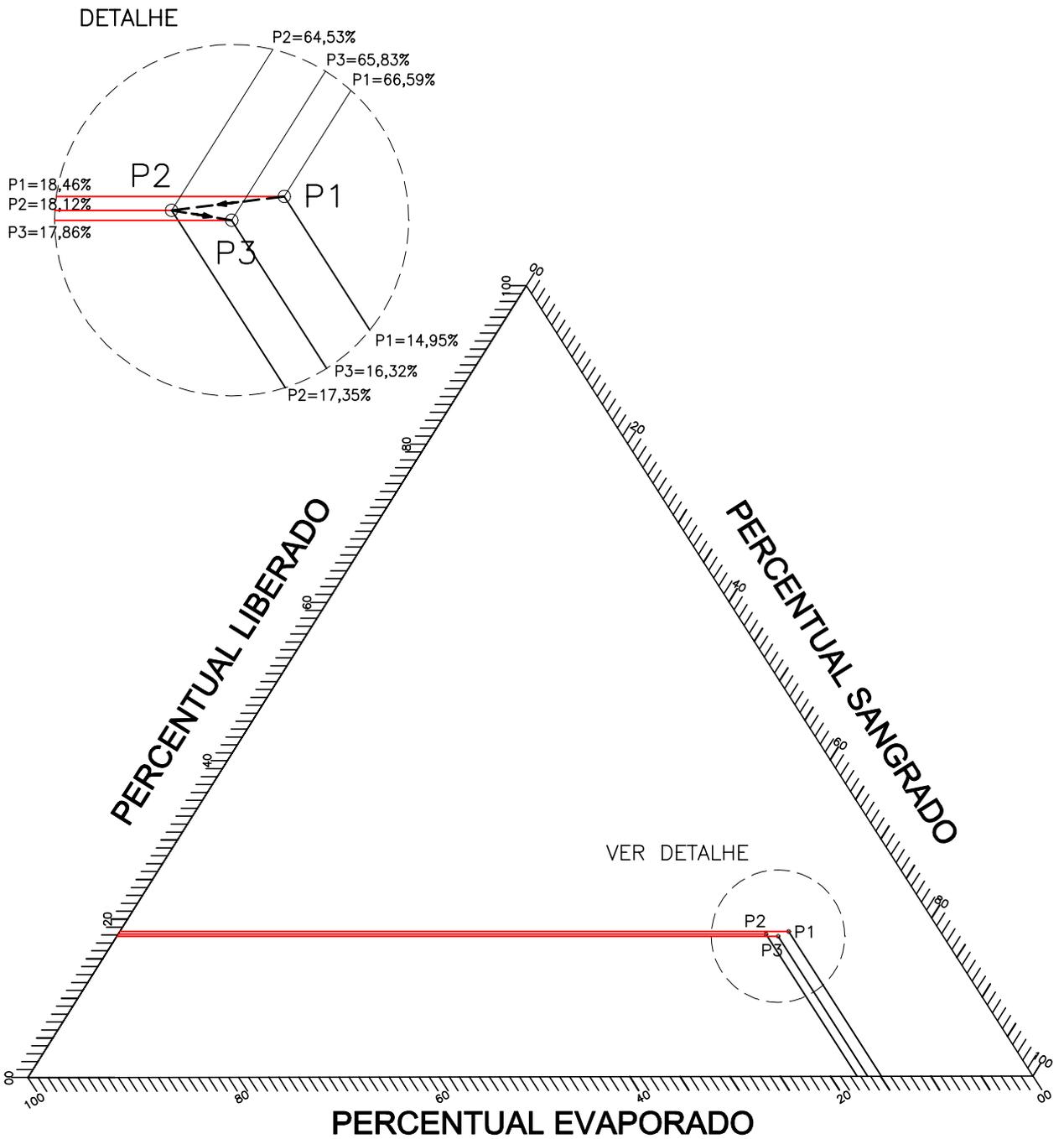


Figura 1.5.14.1.

RESERVATÓRIO CIPOADA

1.5.15. Boa Viagem

O açude Boa Viagem possui uma capacidade de acumulação de 47,0 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 394,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 4 reservatórios com capacidade variando 0,193 hm³ a 0,453 hm³.

Tabela 1.5.15.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Boa Viagem. Bacia contribuinte de 394,0 km² e deflúvio afluente médio anual de 23,94 hm³. Número de reservatórios = 4.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	S_{an}/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	1,963	0,429		0,430		0,163	394,00
2	2,012	0,426	-0,008	0,421	-0,022	0,175	78,80
3*	2,012	0,426	0,000	0,421	0,000	0,175	78,80

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

* Situação 2 = 3

O açude Boa Viagem nas topologias “2” e “3” regulariza 10,19 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 4 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 0,8 %. Como os quatros reservatórios segundo o modelo são eficientes não ocorreu ganho nem perda na capacidade de regularização da bacia. Não há indícios de saturação quanto a densidade de reservatórios na bacia.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.15.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

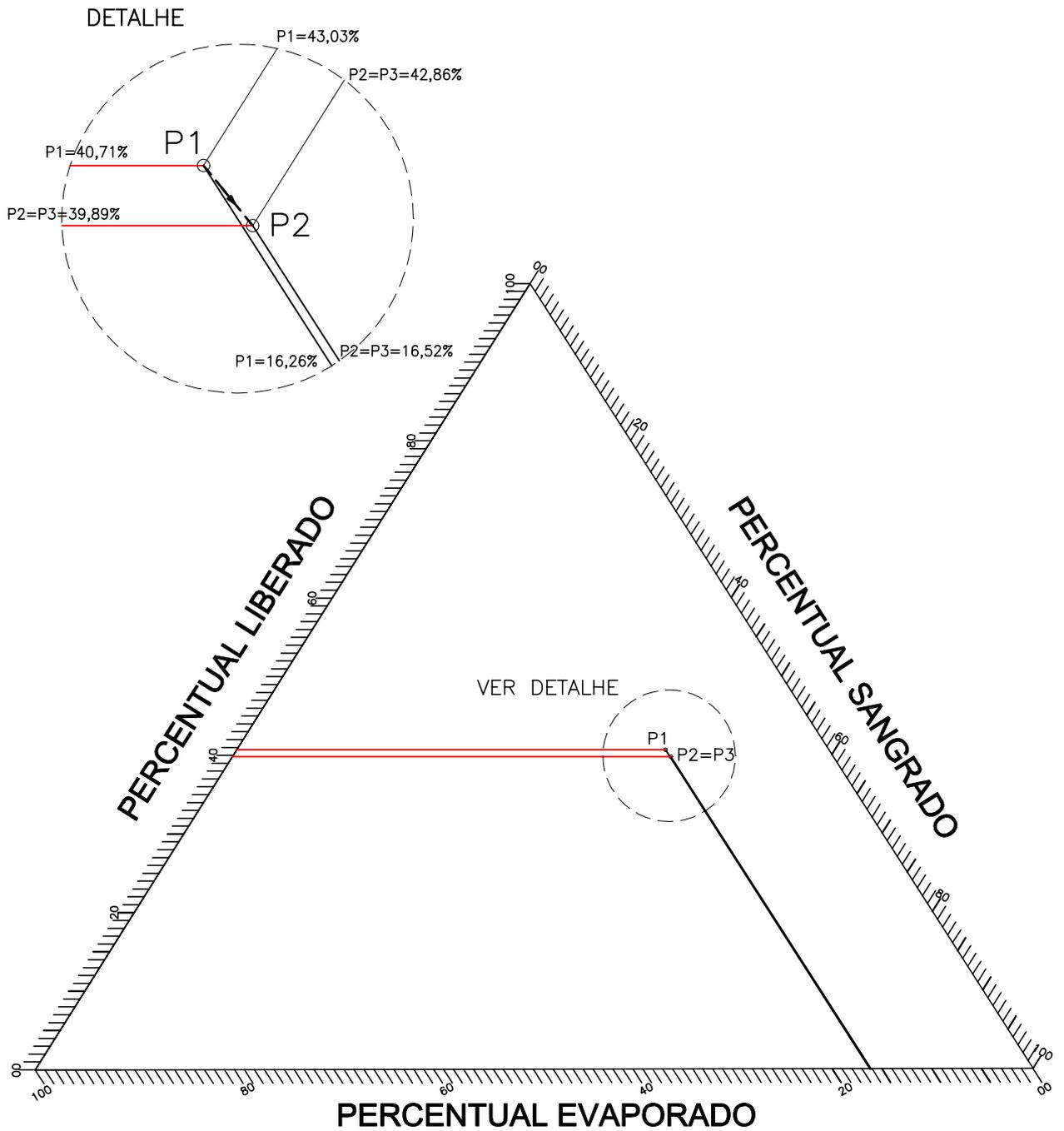


Figura 1.5.15.1.

RESERVATÓRIO BOA VIAGEM

1.5.16. Poço do Barro

O açude Poço do Barro possui uma capacidade de acumulação de 52,0 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 369,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 57 reservatórios com capacidade variando 0,013 hm³ a 0,761 hm³.

Tabela 1.5.16.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Poço do Barro. Bacia contribuinte de 394,0 km² e deflúvio afluyente médio anual de 31,63 hm³. Número de reservatórios = 46.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	1,644	0,353		0,346		0,316	369,00
2	1,823	0,320	-0,094	0,306	-0,115	0,388	7,85
3	1,802	0,322	0,006	0,311	0,017	0,381	10,25

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

O açude Poço do Barro na topologia “2” regulariza 9,27 hm³/ano e na “3” 10,11 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 46 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 9,4 %. Com a retirada dos 11 reservatórios detectados como ineficientes o acréscimo na capacidade de regularização da bacia em relação a topologia atual é de 0,6 %. Não há indícios de saturação na bacia pois a densidade de reservatórios na bacia é baixa.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.16.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

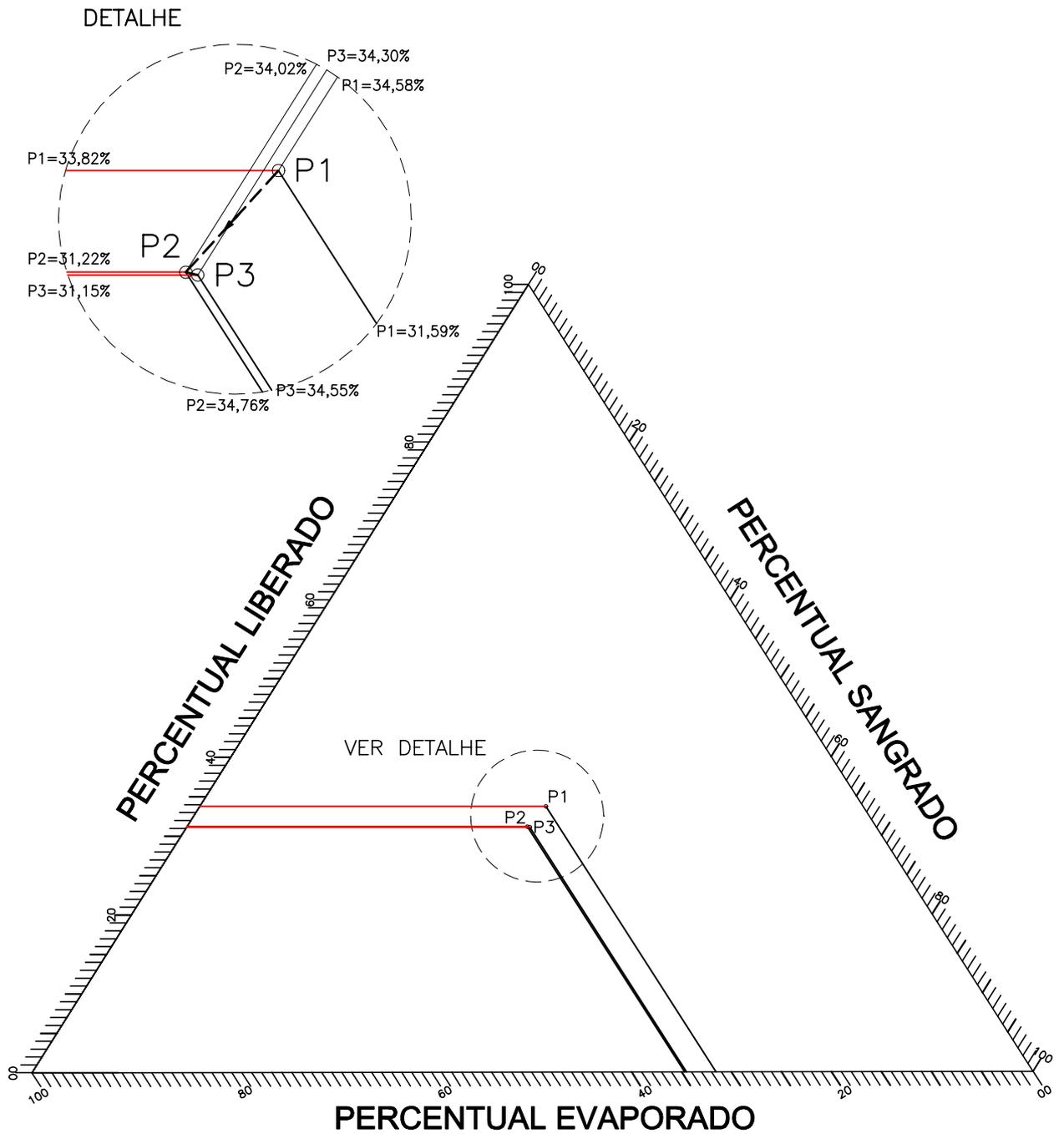


Figura 1.5.16.1.

RESERVATÓRIO POÇO DO BARRO

1.5.17. Patu

O açude Patu possui uma capacidade de acumulação de 71,83 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 1012,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 82 reservatórios com capacidade variando 0,02 hm³ a 1,025 hm³.

Tabela 1.5.17.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Patu. Bacia contribuinte de 1012,0 km² e deflúvio afluente médio anual de 80,92 hm³. Número de reservatórios = 82.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	0,888	0,289		0,663		0,058	1012,00
2	1,091	0,287	-0,004	0,612	-0,077	0,106	12,19
3	1,063	0,296	0,031	0,617	0,008	0,102	14,056

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

O açude Patu na topologia “2” regulariza 21,48 hm³/ano e na “3” 23,98 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 82 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 0,4 %. Com a retirada dos 10 reservatórios detectados como ineficientes o acréscimo na capacidade de regularização da bacia em relação a topologia atual é de 3,1 %. O nível de sangria na bacia é elevado nas três topologias superior a 50 %. Há indícios de saturação na bacia pois a densidade de reservatórios na bacia é relativamente alta.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.17.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

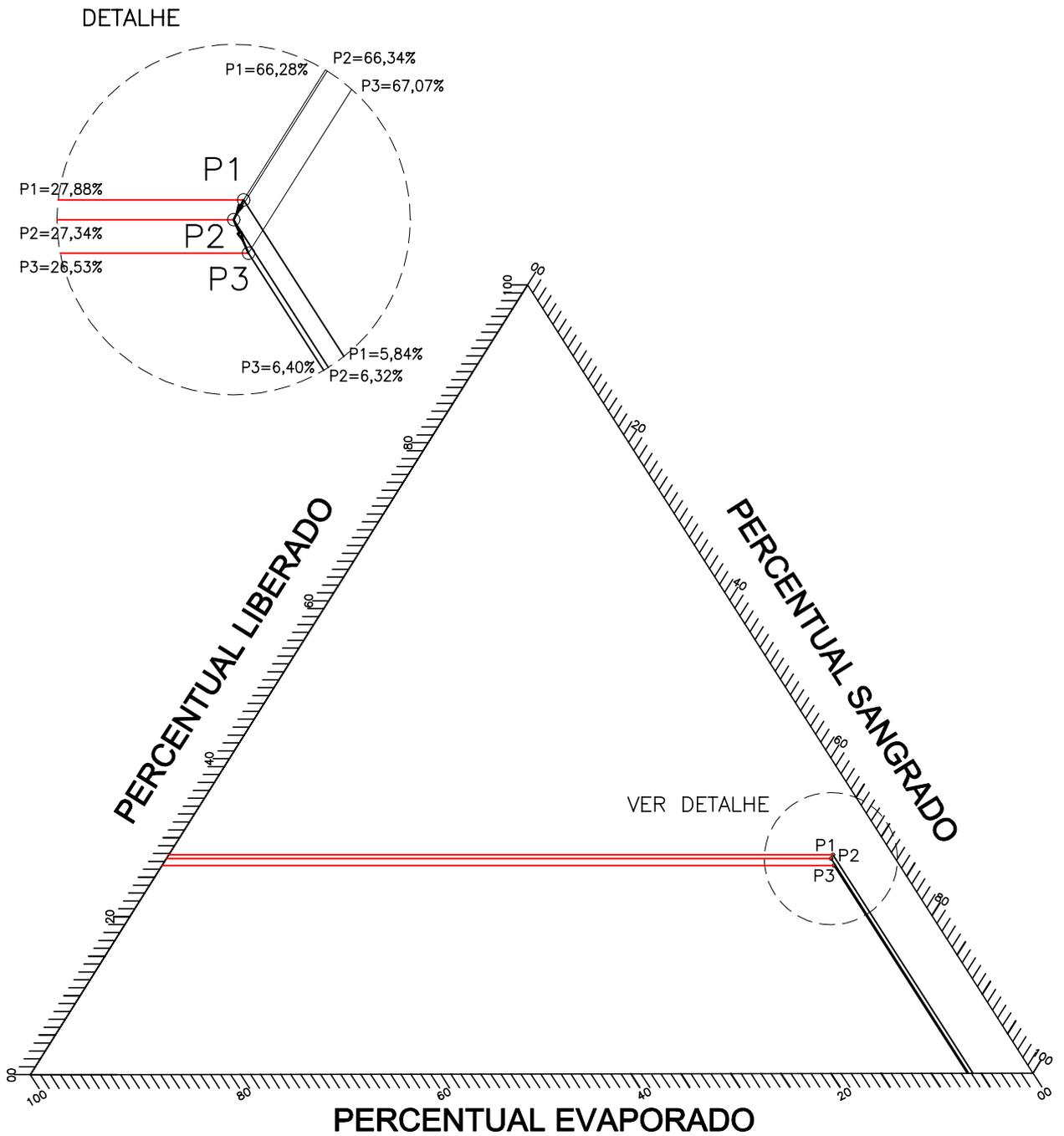


Figura 1.5.17.1.
RESERVATÓRIO PATU

1.5.18. Thomas Osterne

O açude Thomas Osterne possui uma capacidade de acumulação de 28,79 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 91,60 km². Na área de montante do açude foram identificados apenas 2 pequenos reservatórios com capacidades de 0,054 hm³ e 0,218 hm³.

Tabela 1.5.18.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Thomas Osterne. Bacia contribuinte de 91,60 km² e deflúvio afluente médio anual de 9,01 hm³. Número de reservatórios = 2.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	S_{an}/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	3,195	0,478		0,249		0,300	95,00
2	3,226	0,474	-0,007	0,246	-0,012	0,303	31,67
3	3,290	0,464	-0,021	0,246	0,000	0,313	95,00

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

Ingazeiro O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos dois reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 0,7 %. Mesmo com a retirada dos dois reservatórios detectados como ineficientes não houve acréscimo na capacidade de regularização da bacia e sim um decréscimo 2,1 %. Não há indícios de saturação na bacia pois a densidade de reservatórios na bacia é baixa.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.18.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

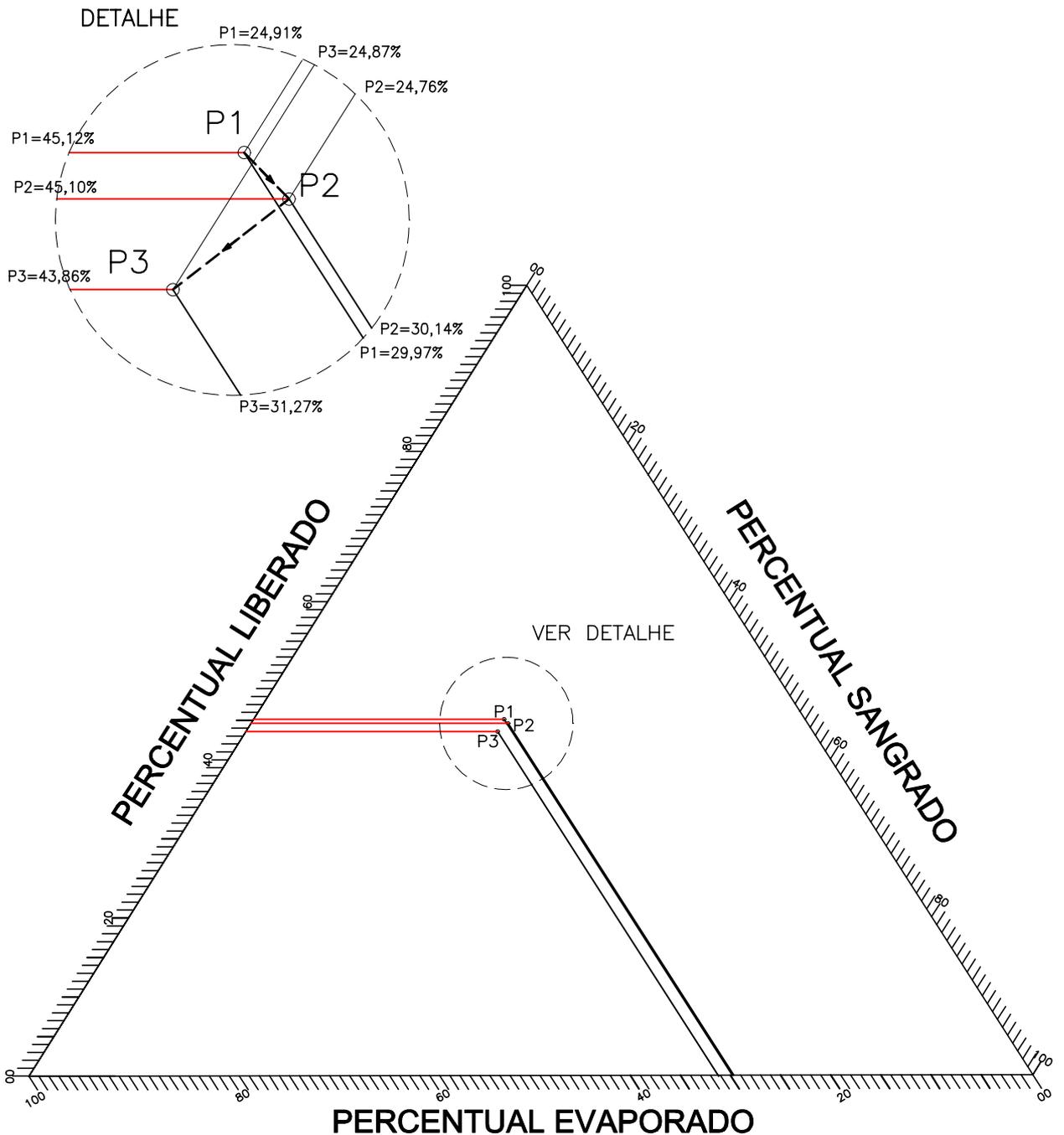


Figura 1.5.18.1.

RESERVATÓRIO TOMÁS OSTERNE

1.5.19. Riacho dos Carneiros

O açude Riacho dos Carneiros possui uma capacidade de acumulação de 37,18 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 39,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 4 reservatórios com capacidade variando 0,05 hm³ a 0,10 hm³.

Tabela 1.5.19.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Riacho dos Carneiros. Bacia contribuinte de 39,0 km² e deflúvio afluente médio anual de 49,25 hm³. Número de reservatórios = 3.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	0,778	0,292		0,665		0,117	39,00
2	0,782	0,290	-0,006	0,664	-0,001	0,118	9,75
3*	0,782	0,290	0,000	0,664	0,000	0,118	9,75

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

* Situação 2 = 3

O açude Riacho dos Carneiros nas topologias “2” e “3” regulariza 14,33 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 3 reservatórios é quase insignificante na bacia pois a redução na capacidade de regularização da bacia hidrográfica é de apenas 0,60 %. Como os 3 reservatórios segundo o modelo são eficientes não ocorreu ganho nem perda na capacidade de regularização da bacia. Há indícios de saturação quanto a densidade de reservatórios na bacia.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.19.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

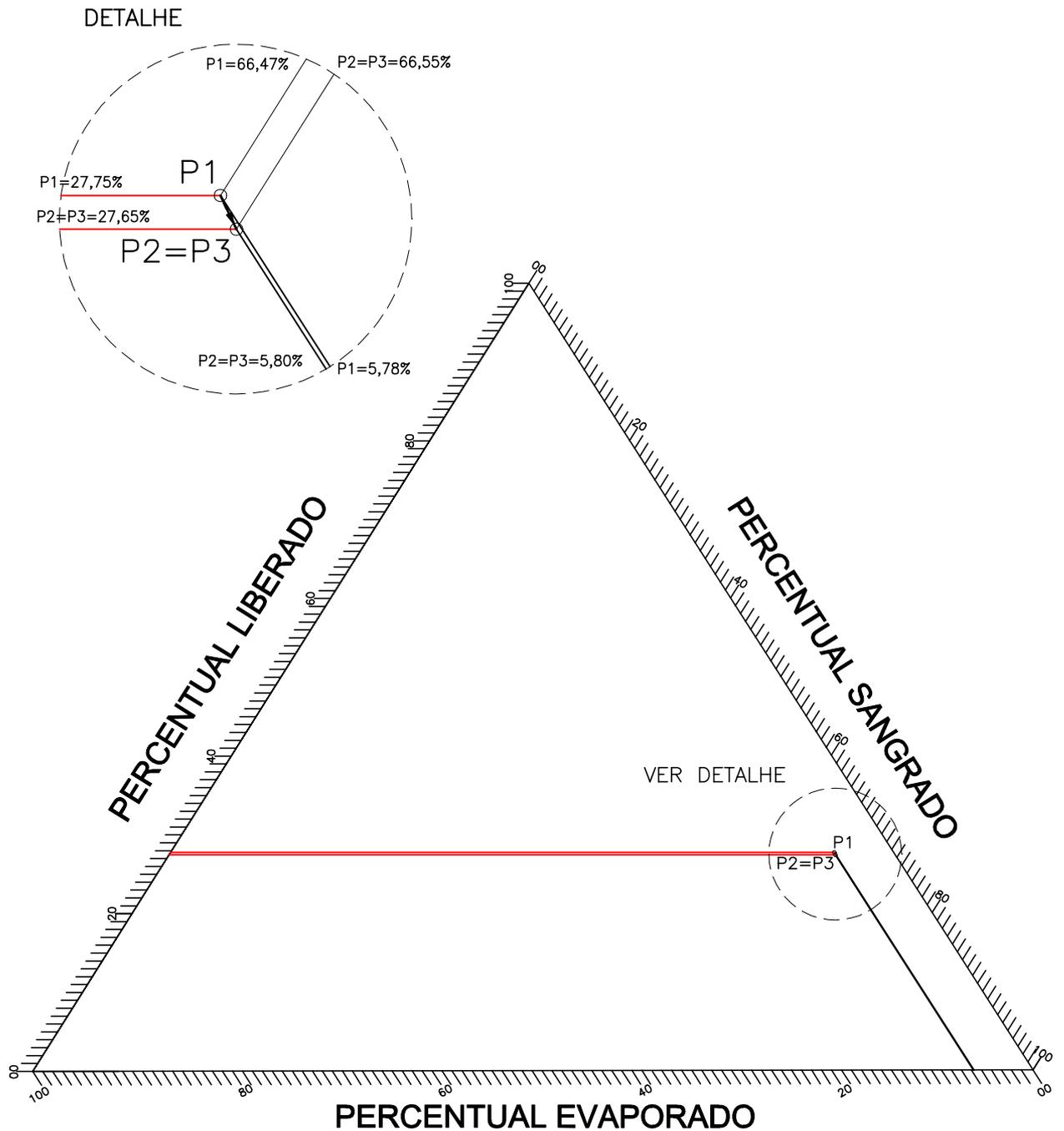


Figura 1.5.19.1.

RESERVATÓRIO RIACHO DOS CARNEIROS

1.5.20. Prazeres

O açude Prazeres possui uma capacidade de acumulação de 17,64 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 141,60 km². Na área de montante do açude foi identificado apenas 1 reservatório com capacidades de 0,227 hm³.

Tabela 1.5.20.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Prazeres. Bacia contribuinte de 141,60 km² e deflúvio afluente médio anual de 17,64 hm³. Número de reservatórios = 1.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	1,842	0,536		0,396		0,094	141,00
2	1,855	0,536	0,000	0,394	-0,006	0,096	70,50
3*	1,855	0,536	0,000	0,394	0,000	0,096	70,50

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

* Situação 2 = 3

O açude Prazeres nas topologias “2” e “3” regulariza 9,45 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito do reservatório a montante do Prazeres é insignificante. A capacidade de regularização da bacia hidrográfica não sofreu influência alguma do reservatório existente na bacia. O percentual liberado na bacia aproxima-se de 50%. Não há indícios de saturação na bacia pois a densidade de reservatórios na bacia é baixa.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.20.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

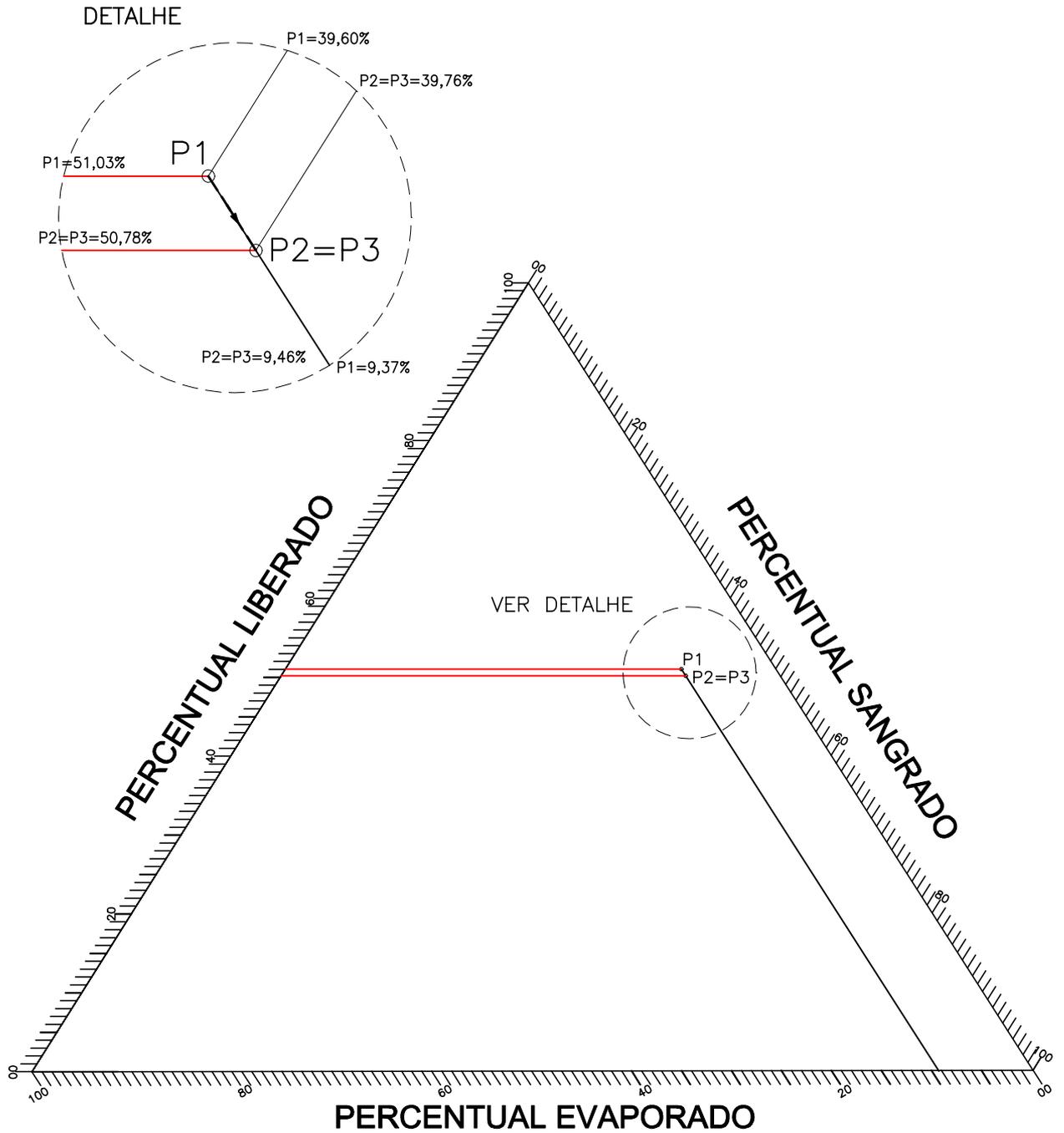


Figura 1.5.20.1.

RESERVATÓRIO PRAZERES

1.5.21. Ingazeiro

O açude Ingazeiro possui uma capacidade de acumulação de 11,32 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 274,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 2 reservatório com capacidades de 0,127 hm³ e 0,435 hm³

Tabela 1.5.21.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Ingazeiro. Bacia contribuinte de 274,0 km² e deflúvio afluente médio anual de 63,52 hm³. Número de reservatórios = 2.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	S_{an}/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	0,178	0,064		0,909		0,029	274,00
2	0,187	0,066	0,027	0,905	-0,005	0,047	91,33
3*	0,187	0,066	0,000	0,905	0,000	0,047	91,33

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i + 1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

* Situação 2 = 3

O açude Ingazeiro nas topologias “2” e “3” regulariza 4,00 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 2 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 2,7 %. Como os 2 reservatórios segundo o modelo são eficientes não ocorreu ganho nem perda na capacidade de regularização da bacia. Não há indícios de saturação quanto a densidade de reservatórios na bacia.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.21.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

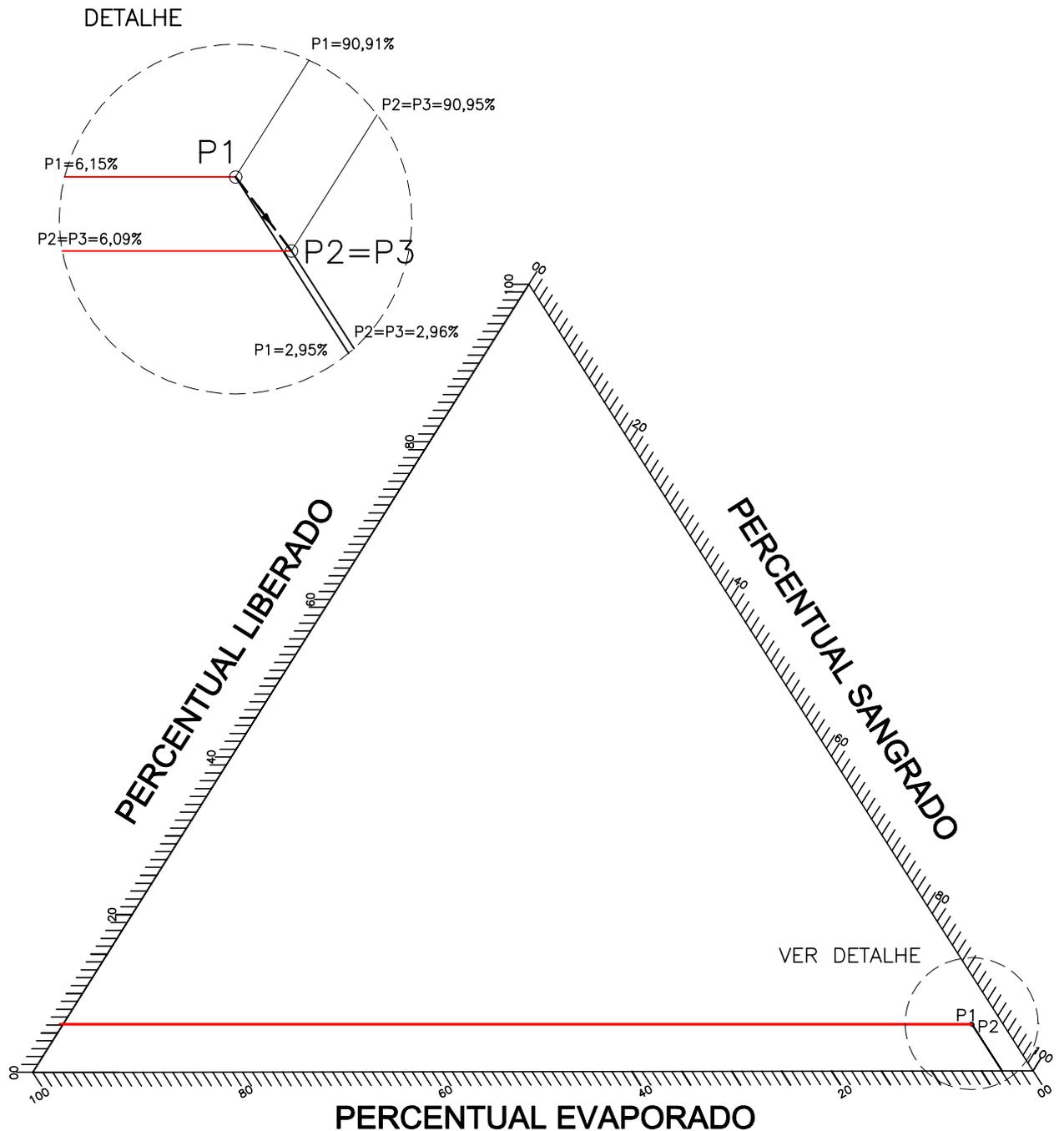


Figura 1.5.21.1.

RESERVATÓRIO INGAZEIRO

1.5.22. Lima Campos

O açude Lima Campos possui uma capacidade de acumulação de 66,37 hm³ e controla uma bacia hidrográfica de 371,0 km². Na área de montante do açude foram identificados 10 reservatórios com capacidade variando de 0,122 hm³ a 0,481 hm³.

Tabela 1.5.22.1 - Indicadores do grau de saturação da pequena açudagem na bacia contribuinte do Açude Lima Campos. Bacia contribuinte de 371,0 km² e deflúvio afluyente médio anual de 37,61 hm³. Número de reservatórios = 10.

Topologia	$\Sigma k/\mu$	$\Sigma M 90/\mu$	Δ	San/μ	Δ	$\Sigma ev/\mu$	$A/\Sigma n$
1	1,765	0,184		0,506		0,321	371,00
2	1,833	0,174	-0,055	0,495	-0,022	0,342	33,73
3*	1,833	0,174	0,000	0,495	0,000	0,342	33,73

Δ representa o ganho/perda relativo estimado pela relação (valor da linha (i +1) - valor da linha i)/(valor da linha i)

* Situação 2 = 3

O Açude Lima Campos na topologia “2” e “3” regulariza 6,53 hm³/ano.

O modelo aplicado mostrou os seguintes resultados. O efeito dos 10 reservatórios foi diminuir a capacidade de regularização da bacia hidrográfica em 5,5 %. Como os 10 reservatórios segundo o modelo são eficientes não ocorreu ganho nem perda na capacidade de regularização da bacia. Não há indícios de saturação quanto a densidade de reservatórios na bacia.

A seguir apresenta-se a figura 1.5.22.1 - O Diagrama Triangular de Regularização com o desempenho dos reservatórios nas situações existentes.

LEGENDA:

TOPOLOGIA 1 – SUPONDO-SE QUE SÓ EXISTE NA BACIA O RESERVATÓRIO PRINCIPAL SITUADO NO EXUTÓRIO;

TOPOLOGIA 2 – COM TODOS OS RESERVATÓRIOS IDENTIFICADOS NO DIAGNÓSTICO;

TOPOLOGIA 3 – EXCLUINDO-SE DA TOPOLOGIA 2 TODOS OS RESERVATÓRIOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES NO DIAGNÓSTICO.

P1, P2 E P3 – PONTOS DE FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS NAS TOPOLOGIAS 1, 2 E 3.

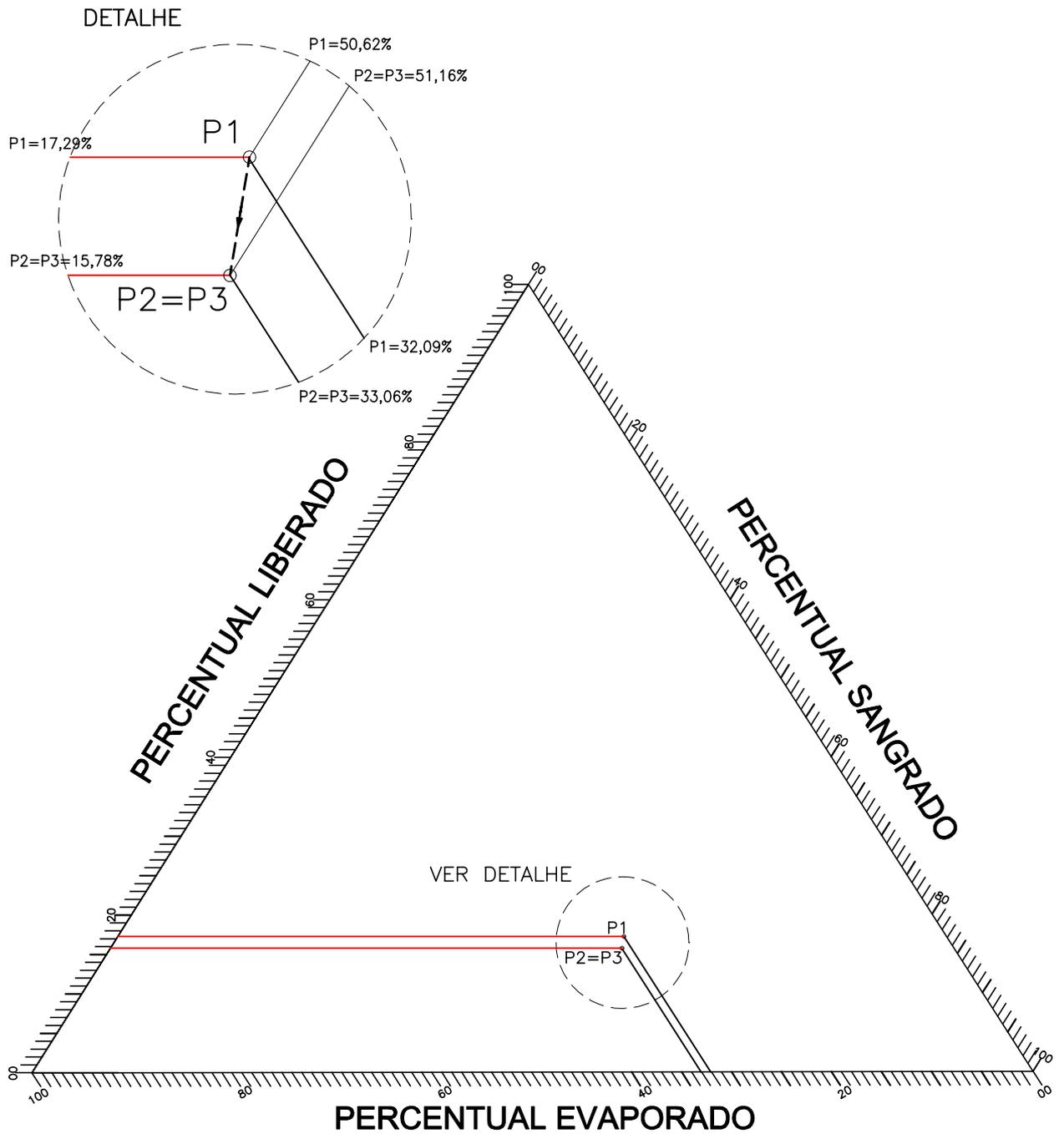


Figura 1.5.22.1.

RESERVATÓRIO LIMA CAMPOS

Figura 1.3.3.1: Bacias Hidrográficas Analisadas

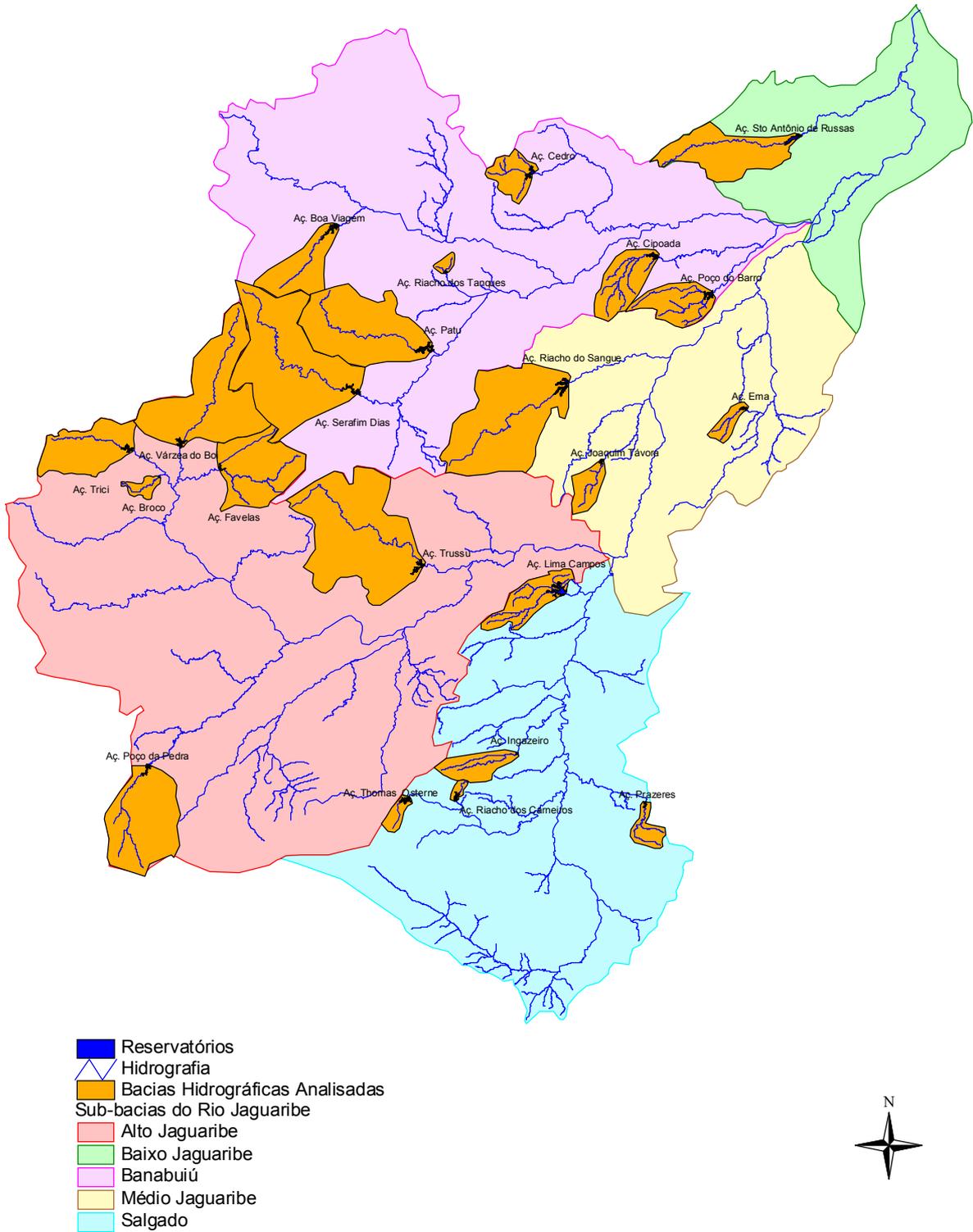
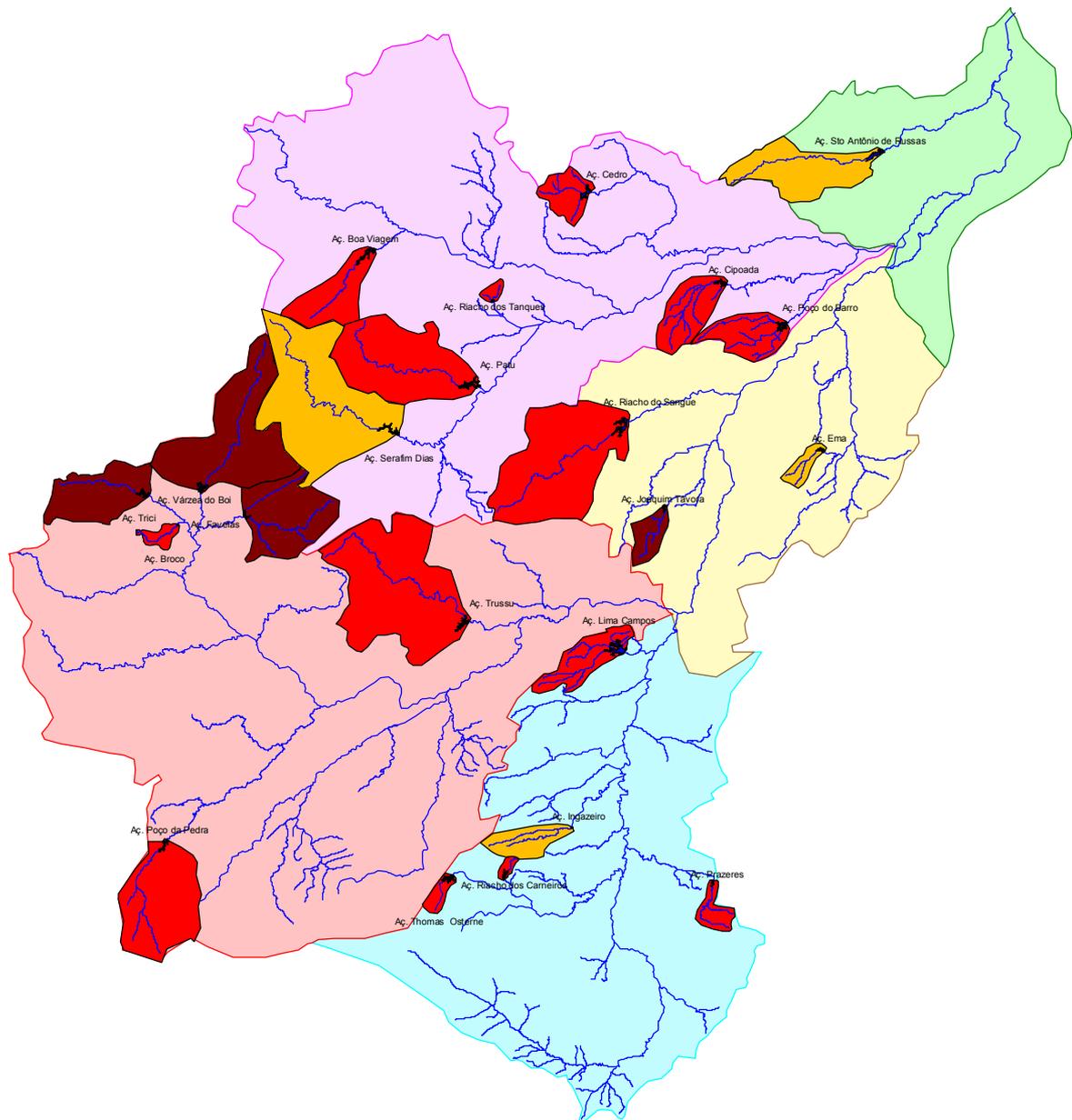


Figura 1.3.3.2: Ganhos/Perdas com a regularização dos açudes de montante



- Reservatórios
- ▬ Hidrografia
- Var = Ganho/Perda em regularização com açudes de montante
- -35 < Var < -15
- -15 < Var < 0
- 0 < Var < 5
- Sub-bacias do Rio Jaguaribe
- Alto Jaguaribe
- Baixo Jaguaribe
- Banabuiú
- Médio Jaguaribe
- Salgado



Figura 1.3.3.3 : Ganhos com a retirada dos reservatórios ineficientes

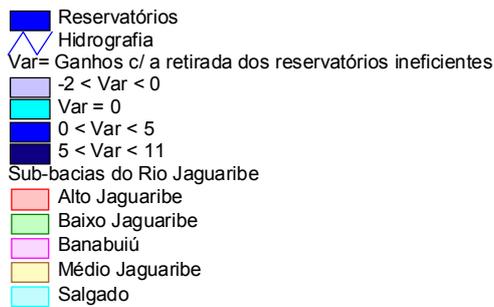
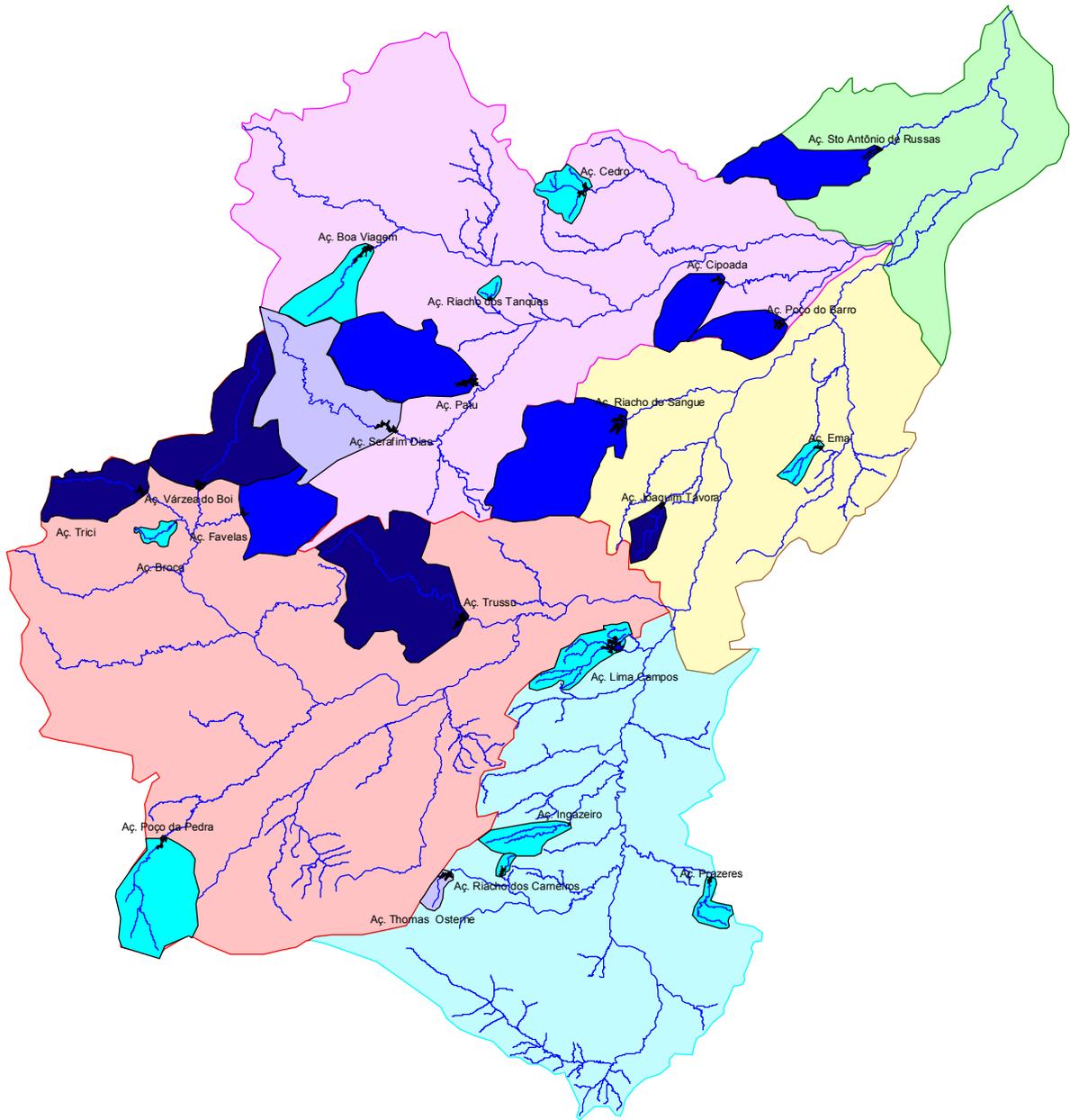


Figura 1.3.3.4 : Indicador de Acumulação

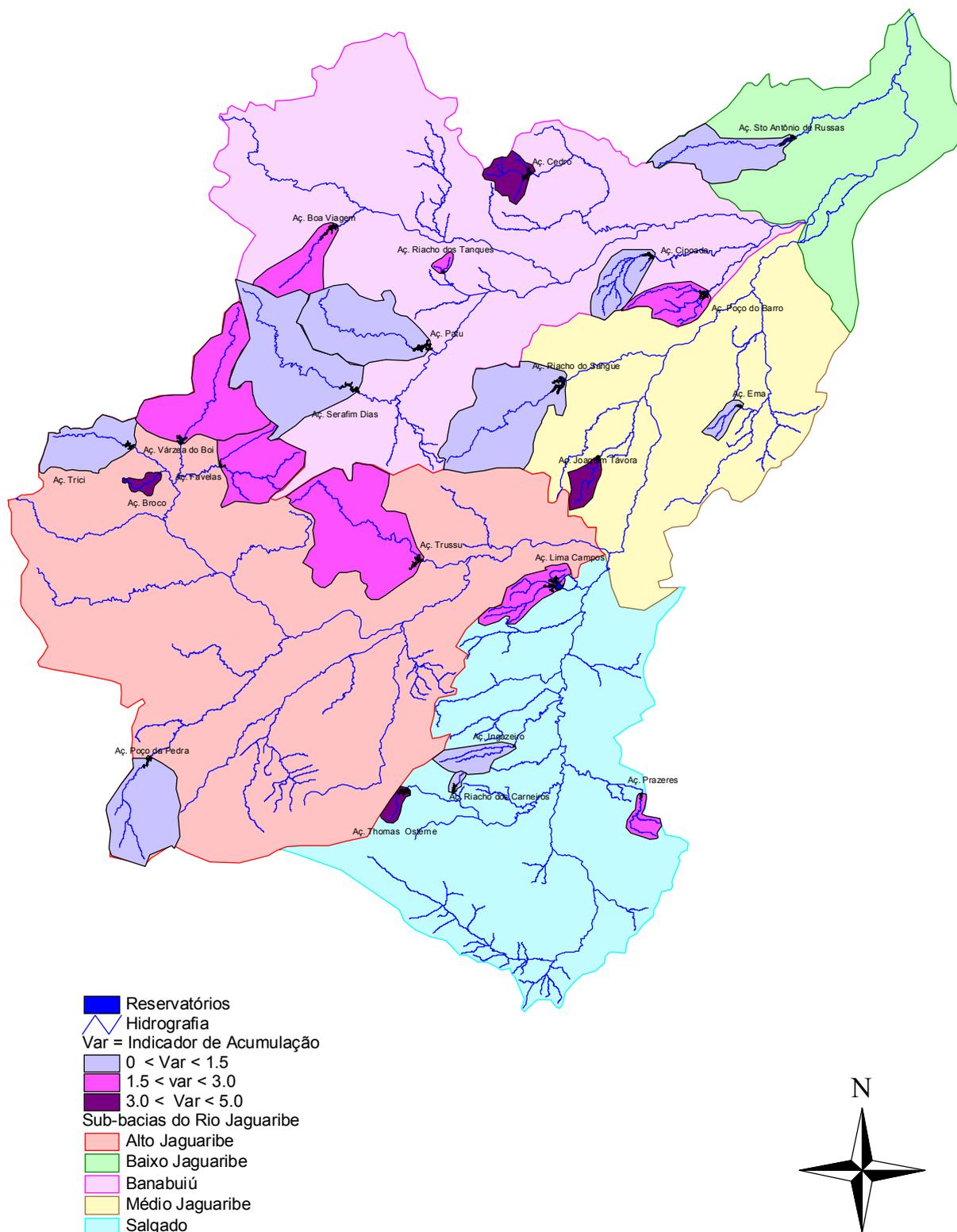
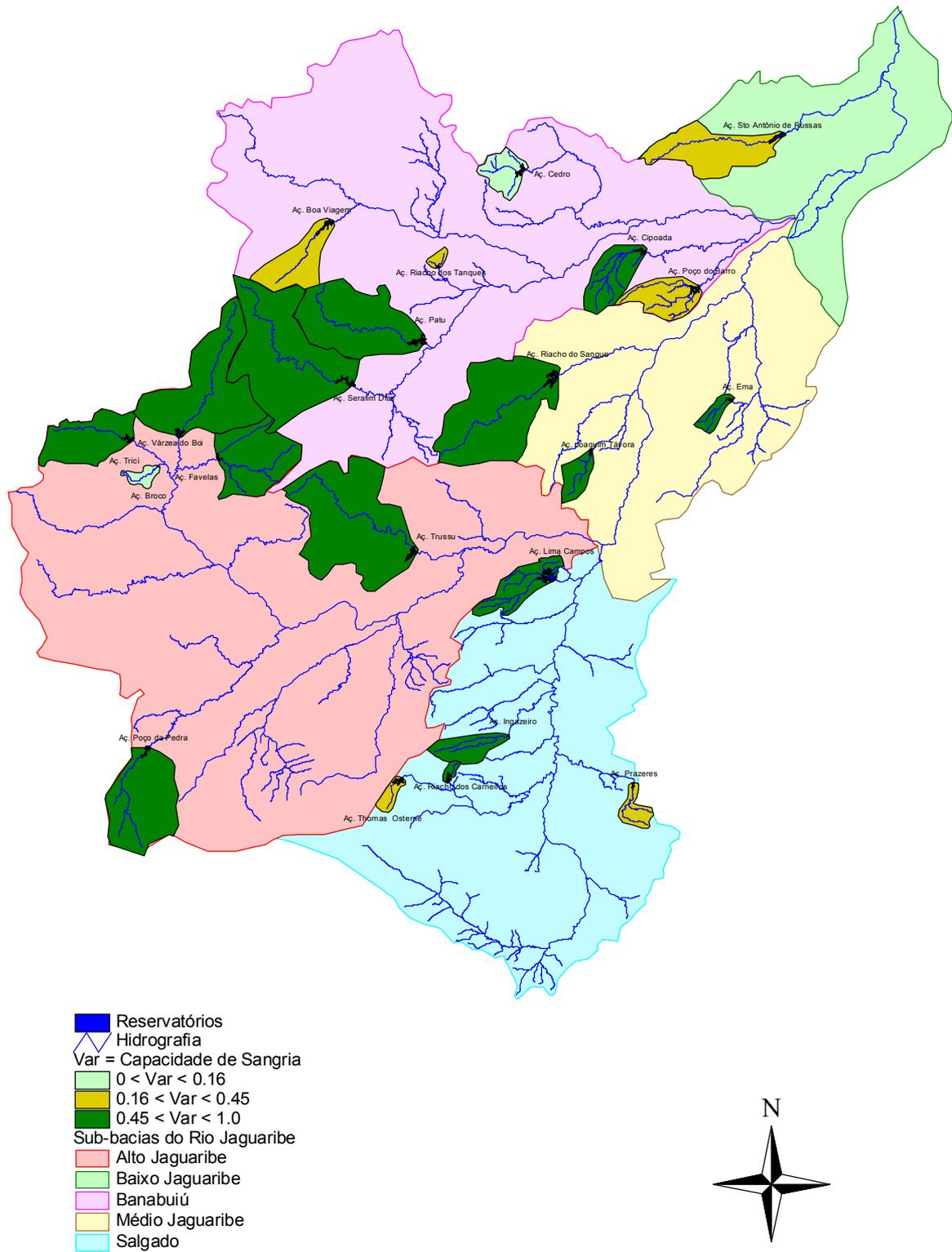


Figura 1.3.3.5 : Indicador de Capacidade de Sangria



2. ESTUDO DE CHEIAS NO VALE DO JAGUARIBE

2. ESTUDO DE CHEIAS NO VALE DO JAGUARIBE

2.1. INTRODUÇÃO

As cheias na Bacia do Rio Jaguaribe tem, historicamente, se notabilizado pela sua magnitude em relação às cheias verificadas nas demais bacias hidrográficas do Estado do Ceará, em decorrência de fatores tais como: a extensão das áreas inundadas e afetadas diretamente ou indiretamente por tais eventos; pelo número e porte das cidades e zonas urbanas atingidas pelas inundações; pela aflição da população e prejuízos resultantes de sua extensão espacial e temporal, com ampla divulgação na mídia; pelo impacto negativo provocado na economia estadual e, finalmente, pelos traumas e efeitos sociais adversos marcados na lembrança daquelas populações afetadas.

As cheias hidrológicas, tal como a sua antítese representada pelo fenômeno das secas no Nordeste Brasileiro, são um fenômeno cíclico da natureza, sem que o homem tenha controle sobre sua deflagração, muito embora as pesquisas meteorológicas tenham obtido notáveis avanços nos últimos anos quanto à previsão da futura quadra chuvosa para a região nordeste e, atualmente, seja possível inferir qualitativamente, a partir de parâmetros meteorológicos e oceanográficos globais obtidos com certa antecedência, qual será a magnitude da estação chuvosa vindoura, que é classificada dentro de cinco categorias possíveis, em muito pouco chuvosa; pouco chuvosa; normal; chuvosa e muito chuvosa, segundo a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME.

A previsão de uma estação úmida classificada como *muito chuvosa* embora não implique necessariamente na certeza da ocorrência de grandes inundações ao longo dos vales, pelo menos indica uma forte propensão a ocorrência de cheia para aquele ano hidrológico, merecendo uma atenção especial dos organismos governamentais, principalmente os órgãos ligados à defesa civil.

O vale do Rio Jaguaribe, bem como seus principais afluentes como os rios Salgado, Banabuiú, Quixeré, Figueiredo e Palhano, sofrem periodicamente com a alternância entre ciclos de severas secas e cheias de grande porte, com destaque especial na história recente para as cheias de 1960, 1974 e 1985.

A cheia de 1960 marcou especialmente pelo colapso do Açude Orós, quando ainda se encontrava em processo de construção, promovendo uma rápida enchente que causou enormes prejuízos, inclusive com a perda de vidas humanas nas cidades e zonas urbanas situadas a jusante do reservatório. Esta enchente de caráter especial ficou marcada na memória dos mais “velhos cidadãos” daquelas urbes, pelo susto maior provocado pela rapidez da sua ocorrência e volume de água envolvido do que propriamente a cheia de 1974, considerada a maior do ponto de vista hidrológico já registrada no Ceará.

A cheia de 1974 notabilizou-se pela generalização das enchentes em todos os vales do estado, com grande magnitude e prolongada duração compreendendo os meses de março, abril e maio daquele ano, sendo que no vale do Jaguaribe, em especial, a situação se apresentou de maneira particular catastrófica, requerendo um grande esforço governamental e humanitário por parte da população para salvar vidas humanas ilhadas nas regiões mais atingidas, principalmente no baixo vale do Jaguaribe. Cenas de multidões aglomeradas em colinas e morros empunhando uma bandeira branca para receber alimentos, cobertores e remédios a serem jogados pelos helicópteros de socorro, estão gravadas na memória e foram citadas no relato das pessoas mais velhas que viveram aquele drama, tal como foi aqui levantado na pesquisa de diagnóstico.

O presente estudo de cheias tem por objetivo fornecer um diagnóstico detalhado das situações reais vivenciadas pelas populações das maiores zonas urbanas situadas ao longo do vale do Rio Jaguaribe e seus afluentes principais, para as maiores cheias registradas; fornecer um mapeamento detalhado das áreas críticas, desenvolvido na escala 1:100.000; prover uma avaliação da origem das enchentes em termos de áreas controladas e não controladas por reservatórios estratégicos; e, propor o estabelecimento de um sistema de alerta contra as enchentes, de forma a evitar que se repitam as tragédias do passado, quando milhares de pessoas na bacia do Jaguaribe ficaram ilhadas sem possibilidade de evacuação ou socorro por via terrestre, desabrigadas e passando privações de toda ordem, por conta do elevado nível das águas alcançados naquelas cheias.

2 .2. DIAGNÓSTICO DAS ENCHENTES NA BACIA DO JAGUARIBE

O diagnóstico das enchentes visou proceder um levantamento detalhado do alcance máximo das principais cheias nas zonas urbanas de maior importância ao longo dos vales dos rios Jaguaribe, Banabuiú, Salgado e Palhano, com o objetivo de avaliar o atual grau de proteção existente contra as cheias, identificar e mapear as áreas críticas observadas, e fornecer a base de dados e informações que subsidiarão o planejamento dos sistemas de alerta contra as cheias futuras.

Para conseguir tal objetivo, a Consultora planejou e realizou uma extensa pesquisa de campo, visitando todas as zonas urbanas de maior expressão situadas ao longo daqueles vales, fotografando os locais mais relevantes para o estudo das enchentes e entrevistando moradores mais idosos e de melhor nível de conhecimento quanto ao alcance do nível das águas nas maiores cheias ocorridas naquelas localidades.

O diagnóstico é apresentado de forma descritiva valendo-se de mapas na escala 1:100.000 para mapeamento das zonas críticas, e da vasta documentação fotográfica que, dada sua importância nos aspectos descritivos do problema, são apresentadas preferencialmente junto ao próprio texto relativo a cada zona urbana pesquisada, ao invés de simplesmente reportadas em anexo, o que viria a dificultar uma compreensão mais objetiva da análise.

Foi utilizado um GPS portátil para determinação das coordenadas UTM de cada foto com vistas a facilitar a localização dos pontos visitados nas cartas 1:100.000 da SUDENE/DSG. Entretanto verificou-se que ao se lançar aquelas coordenadas nas referidas cartas, observou-se para alguns pontos de referência inequívocos, algumas diferenças consideráveis, da ordem de algumas centenas de metros. A explicação mais plausível para este fato é que a pesquisa de campo foi desenvolvida durante uma fase de forte tensão política e militar internacional envolvendo os Estados Unidos, país que administra o sinal civil do sistema de posicionamento global que, conforme se indica nos próprios manuais de usuários do sistema, pode ter sua precisão intencionalmente afetada por razões de segurança durante esse tipo de crise.

Em seguida, são apresentadas as descrições dos problemas diagnosticados para cada zona urbana estudada na campanha de campo.

2.2.1. Cidade de Iguatu

A cidade de Iguatu localiza-se na bacia do Alto Jaguaribe, situada a montante do Açude Orós, correspondendo ao maior centro urbano regional e assumindo o caráter de metrópole na região centro-sul do estado, possuindo uma população estimada em 50.000 habitantes na sua zona urbana em 1996.

A cidade constitui-se em importante entroncamento rodo-ferroviário para se alcançar as regiões mais distantes ao sul, vindo-se do centro do estado, decorrendo daí a sua importância estratégica que lhe permitiu um crescimento urbano e econômico da maior expressão regional.

Iguatu situa-se à margem esquerda do Rio Jaguaribe, possuindo um posto fluviométrico (código do posto = 36160000) que controla uma bacia de drenagem de aproximadamente 21.000 km², cerca de 1/3 de toda a área da bacia hidrográfica do Jaguaribe. O fato de Iguatu estar localizada numa área com poucos reservatórios de montante controlando pelo menos parte da bacia, é fator determinante para que as cheias alcancem o nível mais elevado dentre as cidades situadas na sub-bacia do Alto Jaguaribe.

Dois fatos narrados por um senhor de 70 anos, residente a vida inteira em Iguatu, merecem atenção para análise e posterior discussão do fenômeno das enchentes na região:

segundo o Entrevistado, bom observador da problemática das cheias em Iguatu, até 1955 as águas do Rio Jaguaribe só “entram” na cidade quando o nível da régua do posto fluviométrico atingia a “marca” 33,00. Entretanto, segundo o mesmo, hoje em dia as águas já penetram na cidade quando o nível da régua atinge a “marca” 28,00;

outra informação relevante prestada, foi de que a largura do Rio Jaguaribe a montante da cidade, entre Iguatu e a localidade de Cajazeiras, ao sul da cidade, teve sua calha principal ampliada em mais de 400 metros desde a cheia de 1974 até a presente época.

A cidade de Iguatu sofreu uma expansão considerável desde a data em que foram tiradas as fotografias aéreas de 1969 que serviram de base para o serviço de restituição fotogramétrica que originaram as cartas em escala 1:100.000. Assim é que na respectiva carta de Iguatu, a cidade aparece com zona urbana somente à margem esquerda do Rio Jaguaribe, enquanto que atualmente várias vilas já se formaram na margem direita do rio.

Apresenta-se em seguida uma resenha fotográfica descritiva dos pontos críticos da cidade cuja localização e direção de visão pode ser identificada na figura 2.2.1.1 carta topográfica da cidade, em anexo, juntamente com o mapeamento das áreas críticas.

A foto nº 2.2.1.1 (N-9.296.341;E-467.851) foi tirada na Rua Santos Dumont, localizada à margem esquerda do rio, com vista na direção do Rio Jaguaribe, numa posição próxima à igreja. Este representa um dos primeiros pontos de “entrada” do rio nas grandes cheias. Segundo os moradores, as águas entram por esta rua e cruzam o centro da cidade indo desaguar na Lagoa da Bastiana, localizada à oeste do mesmo. Observe-se que ao fundo da foto se pode ver as águas do Rio Jaguaribe em cota já bastante próxima do greide da rua Santos Dumont. A escada vista na foto, mostra a preocupação da população com o nível das águas do rio, aparentemente até mesmo para situações de “invernos normais”, e não apenas nos períodos de cheia.

A foto nº 2.2.1.2 (N-9.296.341;E-467.851) mostra um detalhe da esquina da rua Santos Dumont na confluência com o rio, anteriormente vista na foto nº 2.2.1.1. Observe-se a construção da fundação da edificação em muro de arrimo para proteção contra a correnteza das águas do Rio Jaguaribe na época de cheia.

A foto nº 2.2.1.3 (N-9.295.567;E-467.826) foi tirada na margem esquerda do Rio Jaguaribe a jusante da ponte rodoviária de acesso a Iguatu vindo-se da cidade de Icó. No centro ao fundo da foto, junto à ponte rodoviária que pode ser identificada após a ponte ferroviária em formato de arco construída pelos ingleses no início do século, vê-se a churrascaria da qual se tem uma vista panorâmica da cidade. As casas observadas na foto constituem a área crítica primeiramente afetada pelas cheias do Rio Jaguaribe, compreendendo as ruas dos Inocentes e Manoel Alexandre. Segundo os moradores, durante as cheias de 1974 e 1985 a lâmina d'água chegou a atingir mais de 3,00 metros em relação ao nível da rua. Segundo os mesmos, a casa junto ao primeiro poste visto na foto ficou somente com a cumeeira de fora d'água durante aquelas cheias. As águas após atingirem a cota de enchente desta vila, cruzam o centro da cidade indo desaguar na Lagoa da Bastiana. Observe-se que não há nenhuma obra de proteção contra as enchentes nesta região. Do lado oposto ao rio (margem direita) fica localizada a Vila Moura, outra região bastante afetada pelas cheias.

A foto nº 2.2.1.4 (N-9.295.189;E-468.006) foi tirada da ponte rodoviária de acesso a Iguatu, vendo-se em primeiro plano a ponte ferroviária construída pelos ingleses, com visão para o sentido de jusante do rio. Em segundo plano é vista a área onde se situam as vilas Moura, Neuma e Cobra Coral, localizadas na margem direita do rio. As informações dão conta de que estas vilas, que constituem a expansão da cidade de Iguatu para a margem direita do Rio Jaguaribe, ficam inteiramente alagadas durante os períodos de cheia. Existem talvegues afluentes ao Rio Jaguaribe proveniente da região em que se encontram localizadas estas vilas, os quais são afetados pelo remanso das águas das cheias do rio, sofrendo refluxo que literalmente submerge parte das casas da Vila Moura.

A foto nº 2.2.1.5 (N-9.296.310;E-468.520) mostra uma das ruas da Vila Moura que fica inteiramente inundada. Observe-se a grande diferença de nível existente entre a rodovia de acesso a Iguatu e as casas da vila. O próprio sistema de drenagem da rodovia conduz as águas drenadas da pista para as ruas da vila, denotando que a mesma foi urbanizada após a construção da rodovia, ficando em zona baixa e inundável.

A foto nº 2.2.1.6 (N-9.295.189;E-468.006) é uma vista do Rio Jaguaribe tirada da ponte da BR-404 com vista para montante em direção ao povoado de Cajazeiras. Note-se a largura da calha do rio nesta área, corroborando com a informação prestada pelo cidadão anteriormente citado, de que a calha do rio sofreu grande ampliação desde a cheia de 1974. Outro detalhe importante visto na foto é o muro de arrimo servindo de dique de proteção contra as cheias, construído por um particular para defender sua propriedade, enquanto que o setor público nada investiu para proteção das comunidades aqui citadas localizadas às margens esquerda e direita do rio. Observe-se que o muro de arrimo tem altura superior a 3,00 metros com base na estatura do transeunte visto sobre o mesmo.

Em função das informações conseguidas neste diagnóstico, foi traçado o mapa de áreas críticas da cidade de Iguatu, mostrado na Figura 1 – Carta Topográfica de Iguatu, na escala 1:5000, apresentado em anexo, que permitiu definir o planejamento do sistema de alerta contra as cheias e sugerir medidas estruturais e não estruturais para solução do problema.

Segundo as informações levantadas em campo e comparadas com os registros do posto fluviométrico de Iguatu, as maiores cheias observadas alcançaram a cota 216,00 conforme a carta topográfica anexa, que promove a inundação das seguintes áreas:

- na margem direita do Rio Jaguaribe: inunda completamente as vilas Neuma, Moura e Cobra Coral;
- na margem esquerda do Rio Jaguaribe: inunda parte do Bairro Alto do Jucá, ao sul da cidade; todo o bairro do Prado; o bairro São Sebastião e o Centro da Cidade de leste a oeste, alcançando a Lagoa da Bastiana e parte do Conjunto da COHAB e loteamento Jardim Oásis, excetuando-se uma pequena área no Centro em torno da Igreja da Matriz que se situa em cota superior a 216,00 m; toda região norte do Centro da Cidade, compreendendo os bairros de Areias e Jardim Iguatu, excetuando-se a área de entorno ao aeroporto Tomé da Frota.

Observa-se na carta topográfica atualizada de Iguatu, a existência de loteamentos para futura expansão localizados em áreas consideradas críticas, tais como os loteamentos Alfredo Alves e Planalto das Araras situados ao norte da cidade; o loteamento Jardim Oásis, adjacente à área de preservação ambiental da Lagoa da Bastiana, além de outros loteamentos localizados na região ao sul da cidade, próximos à Lagoa do Cocobó, tais como os loteamentos Coqueiros, Altiplano e Aldeota.

2.2.1.1. Conclusões e Medidas Possíveis:

Conclui-se que a vulnerabilidade da cidade de Iguatu às cheias decorre principalmente por conta da expansão urbana às zonas de inundação do rio Jaguaribe. Nessas condições o zoneamento urbano, de competência do governo municipal, constitui-se na medida mais favorável e eficaz para evitar o agravamento do problema das cheias.

No que se refere a áreas das margens do Jaguaribe, já densamente ocupadas, à desocupação pode se mostrar demasiadamente onerosa.

A definição de uma ação estrutural para solução do problema deve ser tomada através de um projeto, o qual deve considerar:

- Com a construção de reservatório Arneiroz, no Alto Jaguaribe, a intensidade das cheias deve diminuir;
- A construção de dique de proteção implica em colocar uma marca definitiva separando áreas alagadas das áreas eventualmente alagadas.



Foto 2.2.1.1 - Vista do Rio Jaguaribe a partir da Rua Santos Dumont. Coordenadas (E=467.851; N=9.296.341)



Foto 2.2.1.2 - Detalhe da confluência do Rio Jaguaribe com a Rua Santos Dumont. Coordenadas (E=467.851; N=9.296.341)



Foto 2.2.1.3 - Vista da área crítica a jusante da ponte de acesso a Iguatu. Coordenadas (E=467.8261; N=9.295.567)



Foto 2.2.1.4 - Margem direita do Rio Jaguaribe. Vilas Neuma e Moura todas completamente inundadas nos períodos de grandes cheias. Coordenadas (E= 468.006; N=9.295.189)



Foto 2.2.1.5 - Aspecto da vila Moura situada em terreno com cota abaixo do greide rodoviário. Coordenadas (E=468.520;N=9.296.310)



Foto 2.2.1.6 - Vista do Rio Jaguaribe em direção ao povoado de Cajazeiras. Coordenadas (E=468.006; N=9.295.189)

2.2.2. Cidade de Icó

A cidade de Icó fica localizada na bacia do Rio Salgado, situando-se à margem direita deste, a cerca de 16 km antes da sua confluência com as águas do Rio Jaguaribe, à altura do povoado de Forquilha. Icó possui uma população de 19.122 habitantes em sua zona urbana de acordo com dados populacionais do IBGE estimados para 1996. Constitui-se num importante centro econômico da bacia do Salgado, porém sofrendo forte influência de sua proximidade da cidade de Iguatu. Sua principal base econômica é a agricultura, alavancada pelo Perímetro de Irrigação Icó-Lima Campos construído pelo DNOCS na década de 60.

A cidade sofre inundação quando da ocorrência das cheias no Rio Salgado, ficando com sua zona central inteiramente alagada, muito embora algumas obras de proteção já tenham sido executadas. Existe um posto fluviométrico na cidade de Icó (posto 36290000) que controla uma bacia de drenagem de 12.000 km² aproximadamente.

A fotomontagem n° 2.2.2.1 (N-9.291.552; E-514.963) foi tirada da ponte rodoviária de ligação com a cidade de Lima Campos, vendo-se o rio no sentido de jusante e aparecendo a cidade de Icó em sua margem direita. Observe-se na foto o pequeno muro de arrimo servindo de dique de proteção das casas localizadas à beira-rio. Entretanto a proteção oferecida por este pequeno dique é praticamente nula durante as grandes cheias devido sua baixa cota de coroamento. As casas vistas na foto são inteiramente alagadas em cheias maiores do Rio Salgado.

A fotomontagem n° 2.2.2.2 mostra de outro ângulo o dique de proteção da cidade de Icó na margem direita do rio e o dique em terra localizado à margem esquerda para proteção do projeto de irrigação do DNOCS, porém nenhum dos dois ofereceu proteção adequada durante as cheias de 1974 e 1985, sendo inteiramente sobrepostos pelas águas do Rio Salgado. As torres de transmissão de energia em alta tensão (69 kV) ficam inacessíveis por via terrestre, e as lavouras do projeto de irrigação são prejudicadas com a inundação.

A foto n° 2.2.2.3 (N-9.291.552;E-514.963) mostra outro detalhe do dique de proteção do perímetro irrigado feito pelo DNOCS. Observe-se a baixa cota de coroamento em relação ao nível d'água normal do Rio Salgado cujo espelho pode ser visto ao fundo à direita da foto.

A foto n° 2.2.2.4 (N-9.292.548;E-515.916) foi tirada na margem direita do Rio Salgado à altura do Beco do Zacarias, que vai dar na rua Dr. Inácio Dias, ponto estratégico para qualquer sistema de alerta contra inundações, uma vez que o comércio central local está em cota mais baixa do que esta rua, e caso as águas ultrapassem a cota do greide desta rua, toda a zona central de Icó ficará alagada. Este fato aconteceu durante a cheia de 1974, não tendo sido verificado após aquele evento.

O Mapa de Áreas Críticas da cidade de Icó Figura 2.2.2.1 esta apresentado no anexo A. Vale destacar que a localidade de Cruzeirinho situada a jusante da confluência dos rios Salgado e Jaguaribe é uma das regiões mais afetadas pelas cheias nestes dois rios, ficando inteiramente alagada e ilhando sua população, que é um dos maiores distritos do município de Icó.

2.2.2.1. Conclusões e Medidas Possíveis:

As cheias ocorridas em Icó são principalmente causadas pelas águas do rio Salgado. Este rio encontra-se com um baixo nível de controle por reservatórios e não há previsões, para um futuro próximo, de construção de grandes reservatórios na bacia.

A expectativa é que o risco de cheias do rio Salgado continue com a mesma intensidade. Dessa forma, o agravamento do problema só se dará por ocupação das áreas de inundação do rio Salgado ou outros rios do município.

As medidas possíveis para uma melhor convivência com as cheias são:

Proceder um zoneamento da ocupação dos solos do município utilizando-se os dados do presente diagnóstico ;

Reavaliar os níveis dos diques existentes e projetar, se viável uma complementação para uma maior proteção.

Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe



VOLUME 3 - Estudos Complementares



Foto 2.2.2.1 - Muro de arrimo na margem direita do Rio Salgado e residências que são sempre inundadas nas maiores cheias.
Coordenadas (E=514.963; N=9.291.552)



Foto 2.2.2.2 - Vista do Rio Salgado. Na margem direita muro de arrimo e na margem esquerda dique de proteção do Projeto de Irrigação do DNOCS.

Documentação Fotográfica
Icô

VOLUME 3 - Estudos Complementares



Foto 2.2.2.3 - Dique de Proteção na margem esquerda do Rio Salgado. Coordenadas (E=514.963; N=9.291.552)



Foto 2.2.2.4 - margem direita do Rio Salgado, ponto onde na cheia de 1974 atingiu a rua Dr. Inácio Dias
Coordenadas (E=515.916; N=9.292.548)

2.2.3. Cidade de Jaguaribe

A cidade de Jaguaribe fica localizada na Sub-bacia do Médio Jaguaribe possuindo uma população de 14.958 habitantes segundo as estimativas da Fundação IBGE para 1996. Constitui-se num importante pólo econômico da região do médio Jaguaribe só perdendo em importância para Limoeiro do Norte. A economia é baseada na agropecuária, porém dispõe de várias indústrias destacando-se as de beneficiamento de produtos lácteos e pre-moldados para construção civil.

A cidade é cortada pelo rio que lhe empresta o nome, existindo na mesma um posto fluviométrico (posto 36320000) que controla uma bacia de drenagem de 38.998 km², cerca de 54% da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe.

O mapa de áreas críticas da cidade de Jaguaribe é apresentado na figura 2.2.3.1. Podemos observar que a marca da cheia de 1985 não alcançou grandes proporções inundando uma pequena área. A seguir apresentamos uma resenha fotográfica descritiva dos pontos críticos da cidade onde são diagnosticadas as marcas das cheias.

A fotomontagem n° 2.2.3.1 (N-9.347.578;E-540.850) foi tirada sobre a ponte na estrada que liga a cidade de Jaguaribe à Feiticeiro. Neste foto encontramos o rio Jaguaribe e ao fundo a cidade de Jaguaribe.

Na fotomontagem n° 2.2.3.2 (N-9.348.517;E-541.903) avista-se a avenida Beira Rio e o rio Jaguaribe mostrando a proteção existente, entretanto mesmo com a proteção ela inunda, na cheia de 1985 o nível chegou a atingir 3,0 m.

A foto n° 2.2.3.3 (N-9.348.517;E-541.903) mostra as residências na avenida Beira Rio, podendo ser observado os degraus na frente das casas, que são utilizados como proteção contra as cheias do rio Jaguaribe.

A foto n° No 2.2.3.4 (N-9.349.474;E-542.192) mostra o final da avenida Beira Rio onde pode-se ver ao fundo o Rio Jaguaribe. Podemos observar que a cota do rio Jaguaribe neste ponto é praticamente a mesma do pavimento da avenida, donde se conclui que nas cheias do Jaguaribe esta área é inundada por ele.

A foto n° 2.2.3.5 (N-9.349.371;E-542.370) mostra o rio Cará afluente do rio Jaguaribe que cruza a cidade entre esta vila e a rodoviária. As águas do rio Jaguaribe sobem inundando toda essa área e as ruas compreendidas entre a avenida principal e a BR-116. Podemos observar que a marca da cheia de 1985 não alcançou grandes proporções inundando uma pequena área.

2.2.3.1. Conclusões e Medidas Possíveis;

A cidade de Jaguaribe não apresenta acentuados problemas de convivência com as cheias. Somente em anos extremamente chuvosos como 1974 e 1985 é que o problema apresentou alguma gravidade.

De qualquer maneira, para evitar que as cheias venham a se tornar um real problema, um zoneamento urbano, executado pelo poder municipal, seria uma ação relativamente barata e eficiente.



Foto 2.2.3.1 - Vista do Rio e da cidade de Jaguaribe. Foto tirada sobre a Ponte na estrada que liga a cidade de Jaguaribe a Feiticeiro. Coordenadas (E=540.850; N=9.347.578)



Foto 2.2.3.2 - Vista da Avenida Beira Rio e do Rio Jaguaribe. Coordenadas (E=541.903; N=9.347.517)



Foto 2.2.3.3 - Residências na Avenida Beira Rio. Detalhe dos degraus na frente das casas. Proteção contra as cheias do Rio. Coordenadas (E=541.903; N=9.348.517)



Foto 2.2.3.4 - Final da Avenida Beira Rio. Ao fundo o Rio Jaguaribe praticamente na mesma cota do pavimento da Avenida. Coordenadas (E=542.192; N=9.349.474)



Foto 2.2.3.5 - Riacho Cará a jusante do Rio Jaguaribe. Coordenadas (E=542.370; N=9.349.371)

2.2.4. Cidade de Morada Nova

A cidade de Morada Nova localiza-se na bacia do Banabuiú, situada a jusante do açude Banabuiú. Morada Nova possui uma população de 30.232 habitantes em sua zona urbana de acordo com dados populacionais do censo demográfico 1996 (FIBGE).

Morada Nova situa-se à margem direita do rio Banabuiú possuindo um posto fluviométrico Mora Nova II (36580000) que controla uma bacia de drenagem de aproximadamente 5200km².

Morada Nova possui à jusante da cidade um dique de proteção na margem esquerda do rio Banabuiú. Este dique sai da ponte em direção a Limoeiro do Norte até o distrito de pedras e segue bem além da cidade de Morada Nova.

O dique foi construído no período de 70 à 71. Na cheia de 1974 ele protegeu eficientemente a cidade da cheia, antes da construção do dique as águas das cheias chegavam a alcançar as proximidades da rodoviária com uma profundidade de 2,0 m.

Apesar da presença do dique de proteção para que a cheia de 1985 atingisse Morada Nova faltou muito pouco. Antes da construção do dique a inundação alcançava a igreja no centro da cidade.

É preocupação da população de Morada Nova a manutenção do dique de proteção da cidade, pois atualmente ele encontra-se necessitando de alguns reparos.

A figura 2.2.4.1 apresenta o mapa de áreas críticas de Morada Nova onde observa-se o que já foi relatado o dique de proteção nestas duas cheias estudadas protegeu a contento a cidade.

Um dos problemas de Morada Nova é a lagoa do Sabino. Nesta lagoa ocorre um bombeamento para que ela seja esgotada e não venha a ocasionar o rompimento do dique.

Podemos concluir que a cidade de Morada Nova está protegida das cheias do Banabuiú devendo-se ser adotada a medida estrutural de conservação do dique que protege a cidade.

A foto n° 2.2.4.1 (N-9.433.940;E-570.502) mostra o dique de proteção de terra da cidade de Morada Nova, na margem esquerda do rio Banabuiú a montante da cidade.

A foto n° 2.2.4.2 (N-9.433.940;E-570.502) mostra uma vista do rio Banabuiú.

Na fotomontagem n° 2.2.4.3 (N-9.433.940;E-570.502) podemos observar os diques de proteção da cidade na margem esquerda do rio Banabuiú além de podermos visualizar a esquerda da foto o canal do projeto de irrigação do Tabuleiro de Russas.

2.2.4.1. Conclusões e Medidas Possíveis:

Os diques de proteção construídos pelo DNOCS, tem fornecido uma boa proteção da cidade contra as cheias do Banabuiú. A conservação do dique se constitui na principal ação contra as cheias.

Deve ser considerado que os diques de proteção equipados com comportas de maré, requerem um volume de acumulação das águas da chuva que precipitam nas áreas protegidas, durante os períodos de águas altas no Banabuiú. É necessário que o município impeça que áreas sejam ocupadas por equipamentos urbanos.

Há a considerar que o DNOCS implantou recentemente um sistema de comportas de setor no açude Banabuiú. O estabelecimento de regras para a operação dessas comportas devem significar um aumento considerável na proteção da cidade.



Foto 2.2.4.1 - Dique de Proteção da Cidade de Morada Nova. Coordenadas (E=570.502; N=9.433.940)



Foto 2.2.4.2 - Vista do Rio Banabuiú. Coordenadas (E=570.502; N=9.433.940)



Foto 2.2.4.3 - Dique de Proteção da Cidade na margem esquerda do Rio Banabuiú a jusante da cidade. Coordenadas (E=570.502; N=9.433.940)

2.2.5. Cidade de Limoeiro do Norte

A cidade de Limoeiro do Norte localiza-se na bacia do baixo Jaguaribe situada numa ilha formada pelos rios Jaguaribe e Quixeré. Possui uma população de 26.308 habitantes segundo informações da Fundação IBGE, 1996.

Limoeiro está situada numa região de grande potencial agrícola, destacando-se o projeto público de irrigação da Chapada do Apodi - DIJA, localizado na Chapada do Apodi. A cidade é abastecida por poços tubulares às margens do rio Jaguaribe, o qual passa por um tratamento simplificado de filtragem e desinfecção. A cidade também possui lagoa de estabilização para tratamento de esgoto, cujo efluente é lançado no rio Jaguaribe. As principais atividades industriais estão relacionadas a agro-indústria.

Como Limoeiro do Norte é uma ilha em tempos de cheia ela é inundada pelos rios Quixeré e Jaguaribe chegando a atingir 40% da cidade baixa.

Na cheia de 1985 os dois rios Quixeré e Jaguaribe encontraram-se chegando a atingir o nível de dois metros de altura. No centro próximo a igreja o nível da água atingiu níveis bastante elevados, neste trecho só se passava nadando.

A figura 2.2.5.1 apresenta o Mapa de Áreas Críticas da cidade de Limoeiro do Norte, com a cheia de 1985 destacada além da localização das fotos tiradas. Pode-se observar que uma boa parte dos bairros que se localizam a margem direita do rio Jaguaribe a montante do encontro do mesmo com o rio Banabuiú foram atingidas na cheia de 1985.

A foto nº 2.2.5.1 (N-9.430.665;E-599.836) mostra o rio Jaguaribe ao fundo e a área que menos inunda nas cheias. Nesta foto podemos observar a curva do rio Jaguaribe.

A foto nº 2.2.5.2 (N-9.426.757;E-602.938) mostra a rio Jaguaribe na passagem molhada nas Pedrinhas. Nesta foto também podemos ver a estação elevatória do projeto de irrigação da Chapada do Apodi.

A fotomontagem nº 2.2.5.3 (N-9.430.665;E-599.836) mostra o rio Jaguaribe a jusante da área que menos inunda nas cheias máximas. A partir desta ponto o rio entra nas cidades inundando e ilhando por completo a cidade de Limoeiro do Norte.

A fotomontagem nº 2.2.5.4 (N-9.431.200;E-593.220) mostra a vista do rio Jaguaribe a jusante da ponte na estrada que liga a cidade à BR 116. Ponte da cidade alta de Limoeiro, onde não existe problema com inundação.

A foto nº 2.2.5.5 (N-9.434.846;E-601.906) mostra o povoado de São Raimundo e Arraial de Cima, áreas estas que inundam completamente e expulsando todos os seus moradores.

A foto nº 2.2.5.6 (N-9.434.984;E-604.917) mostra a povoado de Pedras Brancas, um outro povoado que também inunda nas grandes cheias.

A cidade de Limoeiro do Norte possui dois bairros chamados de cidade alta e cidade baixa, nos períodos de cheia no Jaguaribe, apenas 40% da cidade baixa inunda, embora que dentro destes 40% de área inundada uma população inteira sofre devendo propor medidas estruturais que controlem e amenizem as cheias do Jaguaribe trazendo conseqüentemente melhoria na qualidade de vida da população atingida.

2.2.5.1. Conclusões e Medidas Possíveis:

A situação geográfica de Limoeiro do Norte é crítica no que diz respeito às grandes cheias. Deve-se todavia considerar que com a construção do açude Castanhão, dotado de uma excelente estrutura de comportas, o nível de proteção da cidade crescerá substancialmente.

Deve-se considerar também a existência de comportas no Banabuiú como equipamento de controle favorável à proteção contra as cheias de todas as cidades do Baixo Jaguaribe.



Foto 2.2.5.1 - Curva do Rio Jaguaribe.
(Coordenadas - E=599.836; N=9430.665)



Foto 2.2.5.2 - Rio Jaguaribe - Passagem Molhada.
(Coordenadas - E=602.938; N=9.426.457)



Foto 2.2.5.3 - Rio Jaguaribe a jusante da área que menos inunda nas cheias máxima. (Coordenadas - E=599.936; N=9430.665)



Foto 2.2.5.4 - Vista do Rio Jaguaribe a jusante da Ponte da estrada que liga a cidade a Br-116. (Coordenadas - E=593.220; N=9.431.200)



Foto 2.2.5.5 - Povoado da pedra Branca - Inunda nas grandes cheias. (Coordenadas - E=604.917; N=9.343.984)



Foto 2.2.5.6 - Povoado de São Raimundo e Arraial de Cima. Também inunda expulsando todos da região.
(Coordenadas - E=601.906; N=9.434.846)

2.2.6. Cidade de Quixeré

A cidade de Quixeré localiza-se na bacia do baixo Jaguaribe, situada às margens do rio Jaguaribe. Possui uma população de 9.614 habitantes segundo informações da Fundação IBGE, 1996.

A cidade de Quixeré possui uma taxa de crescimento da população urbana elevada para os padrões da bacia algo em torno de 7% . Tomo 2 - Estudos de Demanda - Diagnóstico.

Quixeré não possui muitos problemas com as cheias do Jaguaribe , pois as inundações só ocorrem nas primeiras ruas próximas ao rio . Porém uma lagoa localizada na periferia de Quixeré é responsável pela inundação de ruas próximas a sua margem causando muitos prejuízos e danos a população alojada nesta área.

A foto nº 2.2.6.1 (N-9.437.614;E-611.316) mostra a rio Jaguaribe a jusante da ponte na estrada que liga Limoeiro do Norte à Quixeré. (próximo a Quixeré)

A foto nº 2.2.6.2 (N-9.437.614;E-611.316) mostra o rio Jaguaribe a montante da ponte na estrada que liga Limoeiro do Norte à Quixeré.

A foto nº 2.2.6.3 (N-9.438.908;E-612.078) mostra a única rua que alaga nos períodos de cheia nas cidade de Quixeré com águas do rio Jaguaribe.

A foto nº 2.2.6.4 (N-9.438.395;E-612.125) mostra uma lagoa na periferia de Quixeré que inunda nos períodos de cheia, as ruas próximas as suas margens.

2.2.6.1. Conclusões e Medidas Possíveis:

O problema das cheias não é dos mais críticos em Quixeré. A cidade de Quixeré não está entre as mais vulneráveis às cheias no Baixo Jaguaribe. Deve-se considerar com a construção do açude Castanhão a cidade ficará bem mais protegida.

O cuidado a tomar é com o zoneamento urbano para que não se desloque para áreas sujeitas a alagamentos mais freqüentes.



Foto 2.2.6.1 - Rio Jaguaribe, a jusante da ponte na estrada que liga Limoeiro do Norte a Quixeré . Coordenadas (E=611.316;N=9.437.614)



Foto 2.2.6.2 - Rio Jaguaribe, a montante da ponte na estrada que liga Limoeiro do Norte a Quixeré. Coordenadas (E=611.316; N=9.437.614)



Foto 2.2.6.3 - Rua que alaga no período de cheias. Coordenadas (E=612.078; N=9.438.908).



Foto 2.2.6.4 - Lagoa na periferia de Quixeré. Coordenadas (E=612.125; N=9.438.395)

2.2.7. Cidade de Itaiçaba

Localiza-se na bacia do Baixo Jaguaribe. Itaiçaba possui uma população em torno de 3.565 habitantes segundo informações da Fundação IBGE, 1996. Itaiçaba apresenta os menores índices de crescimento da população urbana, algo em torno de 1,1%.

A cidade de Itaiçaba é atingida severamente pelas cheias do rio Jaguaribe, chegando a inundar completamente a cidade, ficando a salvo da cheia apenas o bairro Alto do Brito.

A fotomontagem nº 2.2.7.1 (N-9.482.947;E-631.260) mostra a passagem molhada do rio Jaguaribe e o início do Canal do Trabalhador.

A foto nº 2.2.7.2 (N-9.482.544;E-630.961) mostra a avenida principal de Itaiçaba. A cidade fica inundada por completo. Nesta foto podemos ver o ponto onde se inicia a inundação. No final desta rua esta localizado o Canal do Trabalhador. Na cheia só fica de fora da inundação o bairro Alto do Brito. As águas do rio Arahibu e do rio Palhano afluem à cidade.

2.2.7.1. Conclusões e Medidas Possíveis:

Trata-se da cidade mais vulnerável às cheias do Jaguaribe. A população convive com as cheias através de um sistema de alerta obtido empiricamente pelos moradores mais antigos e comandados pelo poder municipal e a defesa civil.

A grande proteção da cidade será obtida com a construção do açude Castanhão e a manobra de suas comportas. Adicionalmente, um projeto de zoneamento urbano, pelo poder municipal seria muito importante.



Foto 2.2.7.1 - Rio Jaguaribe . Passagem Molhada e Barragem do Canal do Trabalhador
Coordenadas (E=631.260; N=9.482.947)



Foto 2.2.7.2 - Avenida principal inunda toda a cidade
por completo. Coordenadas (E=630.961; N=9.482.544)

2.2.8. Cidade de Aracati

A cidade de Aracati localiza-se na bacia do Baixo Jaguaribe, situada nas margens do rio Jaguaribe. Possui uma população de aproximadamente 34.713 habitantes segundo fonte da Fundação IBGE, 1996.

Aracati é contornada por um dique de proteção que inicia-se na Br-304 antes da cidade e termina logo após a cidade.

Como a cidade de Aracati é contornada pelo dique as águas de chuvas acabam ficando confinadas na cidade. Para resolver este problema, esgotamento das águas confinadas na cidade, foi implementado uma série de bombeamentos num total de três, para que essas águas sejam esgotadas.

Na foto nº 2.2.8.1 (N-9.493.505;E-635.274) podemos identificar o início do dique de proteção que contorna toda a cidade de Aracati. Inicia-se na BR-304 antes da cidade e termina logo após a cidade. Podemos identificar também na foto uma das três estações de bombeamento utilizadas para retirar as águas de chuva confinadas na cidade de Aracati.

A foto nº 2.2.8.2 (N-9.493.213;E-636.171) mostra as vilas não protegidas pelo dique, situadas a margem da Br304. Elas são inundadas pelas águas que transbordam pela margem direita do rio Jaguaribe.

Na foto nº 2.2.8.3 (N-9.493.863;E-637.258) podemos ver uma outra vila que localiza-se a margem da Br 304 que também é inundada pelas águas que transbordam pela margem direita do Jaguaribe.

A foto nº 2.2.8.4 (N-9.493.505;E-635.274) mostra a margem direita do rio Jaguaribe a montante da ponte que inunda nos períodos de cheia. Do lado direito da BR-304 em direção a Recife no sentido Fortaleza-Recife fica tudo inundado, a água entra pelo lado direito do rio e vai inundar as vilas.

2.2.8.1. Conclusões e Possíveis Medidas:

Aracati já foi uma das cidades do Baixo Jaguaribe mais vulneráveis às secas. Após a construção do dique de proteção, a cidade ficou bem protegida dos anos de cheias normais. Algumas vilas da margem direita do rio Jaguaribe não se encontram protegidas pelos diques e estão vulneráveis.

Com o término do açude Castanhão e a operação do sistemas de comportas, as vilas ficarão mais protegidas para as cheias inferiores à centenária.

Adicionalmente, um zoneamento das áreas, ainda não protegidas, as margens do Jaguaribe resultará em uma melhor convivência com o problema.



Foto 2.2.8.1 - Dique de Proteção da cidade de Aracati.
(Coordenadas - E=635.274; N=9.493.505)



Foto 2.2.8.2 - Vila não protegida pelo Dique.
(Coordenadas - E=636.171;N=9.493.213)



Foto 2.2.8.3 - Vila que também inunda na mesma situação anterior. (Coordenadas - E=637.258; E=9.493.863)



Foto 2.2.8.4 - Área que inunda nos períodos de cheia.
(Coordenadas - E=634.274;N=9.493.505)

2.2.9. Cidade de Russas

A cidade de Russas localiza-se na bacia do Baixo Jaguaribe, situada a margem direita do rio Jaguaribe. Possui uma população de 31.454 habitantes segundo a Fundação IBGE, 1996. A cidade de Russas possui um alto índice de densidade demográfica acima de 100 hab/km² (Tomo 2 - Estudo de Demandas Diagnóstico).

O distrito de Flores que pertence ao município de Russas inunda todo. As águas chegam a atingir um nível acima de 1,0 m chegando a passar um período de quinze a vinte dias inundada.

A cheia de Russas não é ocasionada diretamente pelo rio Jaguaribe e sim pelo rio Arahibu que corta a cidade inundando as ruas localizadas próximas as suas margens.

A figura 2.2.9.1 apresenta o Mapa de Áreas Críticas da cidade de Russas, com a cheia de 1985 destacada além da localização das fotos tiradas. Pode-se observar que poucas áreas foram atingidas.

A foto n° 2.2.9.1 (N-9.440.208;E-603.625) mostra a passagem molhada no rio Jaguaribe no distrito de Flores – Russas. Ao fundo podemos ver o morro que na cheia de 1974 serviu de refugio para a população tendo esta recebido assistência através de helicópteros. A inundação se dá de forma muito rápida sem que a população tenha tempo suficiente para evacuar a cidade. Os desabrigados na cheia de 1974 usavam bandeiras brancas para pedir comida.

A foto n° 2.2.9.2 (N-9.440.208;E-603.625) mostra o rio Jaguaribe a montante da passagem molhada de Flores. Esta região no período de cheias inunda toda.

A foto n° 2.2.9.3 está um pouco a jusante do cruzamento do riacho Arahibu atrás do fórum. O riacho Arahibu cruza a cidade inundando até a rua Perdigão subindo três quarteirões acima da margem esquerda nos períodos de cheias. Atualmente este riacho está perenizado através de um bombeamento no rio Jaguaribe. Já na margem direita apenas uma rua somente a primeira chega a inundar.

A foto n° 2.2.9.4 (N-9.453.341;E-641.260) esta um pouco a montante do cruzamento do riacho Arahibu atrás do fórum. Nesta região só inunda as ruas as margens do riacho.

2.2.9.1. Conclusões e Medidas Possíveis:

A cidade de Russas é pouco vulnerável aos episódios de cheias. O distrito de Flores, pertencente ao município, é o mais vulnerável e pode passar por situações críticas durante as grandes cheias.

Com a conclusão do açude Castanhão e a operação das comportas o problema deve ser minimizado. Todavia para a localidade de Flores, estudos específicos poderão determinar a necessidade de construir, ou não, um dique de proteção para a cidade após o início da operação das comportas do Castanhão.

VOLUME 3 - Estudos Complementares



Foto 2.2.9.1 - Passagem Molhada no Rio Jaguaribe no Distrito de Flores - Russas.
Coordenadas (E=603.625; N=9.440.208)



Foto 2.2.9.2 - Rio Jaguaribe a montante da Passagem Molhada em Flores - Russas.
Coordenadas (E=603.625; N=9.440.208)



Foto 2.2.9.3 - Riacho Arahibu cruza a cidade de Russas.



Foto 2.2.9.4 - Ponto a montante do cruzamento do Riacho Arahibu atrás do Forum. Nessa região só inunda as ruas das margens do Riacho. Coordenadas (641.260,9.453.341).

2.2.10. Cidade de São João do Jaguaribe

A cidade de São João do Jaguaribe localiza-se na bacia do Médio Jaguaribe, situada a margem direita do rio Jaguaribe. Possui uma população de 2.642 habitantes segundo a Fundação IBGE, 1996.

A cidade de São João do Jaguaribe chega a inundar algo em torno de 50% da área considerada baixa da cidade.

A fotomontagem nº 2.2.10.1 (N-9.417.236;E-582.047) mostra a entrada da cidade, início da zona urbana, avistando-se ao fundo no lado esquerdo da foto o rio Jaguaribe. Toda a área entre as margens do rio Jaguaribe e o início da pista asfaltada fica inundado.

A fotomontagem nº 2.2.10.2 (N-9.416.892;E-581.181) mostra a cidade de São João do Jaguaribe, onde observa-se que ela possui uma área bastante alta podemos ver pela torre da igreja. O rio Jaguaribe encontra-se do outro lado da cidade e nas maiores cheias atravessa a cidade e inundando toda esta área. Na cheia de cheia de 1974 partindo da torre da igreja descendo para a parte baixa da cidade inundou tudo até bem próximo do galpão que aparece na no lado esquerdo da foto.

A fotomontagem nº 2.2.10.3 (N-9.417.060;E-580.702) mostra o rio Jaguaribe a montante do início da parte alta da cidade, pode-se observar que a largura do rio neste trecho chega a mais ou menos 1 km de largura. É neste ponto que a água começa a entrar na cidade.

A fotomontagem nº 2.2.10.4 (N-9.417.060;E-580.702) mostra a mesma foto só que uma vista de jusante marcando o início da parte alta da cidade. Podemos observar que neste ponto o rio vai afunilando ou seja diminuindo de largura.

A foto nº 2.2.10.5 (N-9.417.060;E-580.702) mostra o início da parte alta da cidade. Soubemos através de relatos dos moradores mais idosos que nunca uma cheia ultrapassou este ponto. Este ponto pode ser tomado como referência para o limite das cheias máximas.

A foto nº 2.2.10.6 (N-9.422.108;E-589.002) mostra o rio Jaguaribe a jusante da ponte na BR-116 - Peixe Gordo.

2.2.10.1. Conclusões e Medidas Possíveis :

São João do Jaguaribe é uma cidade altamente vulnerável às cheias. Cerca de 50% da cidade pode ser atingida. Após o inicio da operação das comportas do Castanhão o problema deve ser reduzido substancialmente. Todavia, somente estudos específicos podem determinar a necessidade de construir, ou não, obras adicionais tipo dique de proteção. O zoneamento urbano da competência do governo municipal, mostra-se necessário.



Foto 2.2.10.1 - Entrada da cidade de Jaguaribe ao fundo o Rio Jaguaribe. Coordenadas (E=582.047;N=9.417.236)



Foto 2.2.10.2 - O Rio Jaguaribe encontra-se do outro lado da cidade e nas maiores cheias atravessa a cidade inundando por completo essa área. Coordenadas (E=581.181;N=9.416.892)



Foto 2.2.10.3 - Rio Jaguaribe a montante do início da parte alta da cidade. Coordenadas (E=580.702; N=9.417.060)



Foto 2.2.10.4 - Rio Jaguaribe a jusante do início da parte alta da cidade. Coordenadas (E=580.702; N=9.417.060)



Foto 2.2.10.5 - Início da parte alta da cidade.
Coordenadas (E=580.702; N=9.417.060)



Foto 2.2.10.6 - Rio Jaguaribe a jusante da ponte
na BR-116 - Peixe Gordo.
Coordenadas (E=589.002; N=9.422.108)

2.2.11. Cidade de Jaguaruana

A cidade de Jaguaruana localiza-se na bacia do Baixo Jaguaribe, situada a margem do rio Jaguaribe. Possui uma população de 12.666 habitantes segundo a Fundação IBGE, 1996.

Em caso de cheia a cidade de Jaguaruana inunda toda, inclusive o cemitério chegando as águas alcançarem a lâmina de 1,0 m a 1,5 m no centro da cidade, ficando a salvo o sino da igreja que é utilizado para alertar a população .

Na cheia de 1974 a praça principal da cidade se transformou em um ponto de parada de canoas. A enchente na cidade pode prolongar-se por até 90 dias.

A fotomontagem n° 2.2.11.1 (N-9.464.475;E-637.862) mostra o rio Jaguaribe a montante da passagem molhada na estrada que liga Jaguaruana a Fazenda Cancela do Pacheco.

A fotomontagem n° 2.2.11.2 (N-9.464.974;E-635.572) mostra o ponto onde se inicia as inundações. Jaguaruana possui uma lagoa perene que em toda cheia transborda neste ponto se inicia o alagamento da cidade.

2.2.11.1. Conclusões e Medidas Possíveis:

Cidade altamente vulnerável às cheias. Espera-se que com o início da operação das comportas do Castanhão o nível de vulnerabilidade seja bastante reduzido. Devido à grande vulnerabilidade, estudos específicos são necessários para determinar a necessidade ou não de obras adicionais.

Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe



VOLUME 3 - Estudos Complementares



Foto 2.2.11.1 - Rio Jaguaribe a montante da Passagem Molhada na estrada que liga Jaguaruana a Fazenda Cancela do Pacheco. Coordenadas (E=637.962;N=9.464.475)



Foto 2.2.11.2 - Inicia-se as inundações por essa área. Coordenadas (E=635.572; N=9.464.974).

**Documentação Fotográfica
Jaguaruana**

2.2.12. Cidade de Jaguaribara

A cidade de Jaguaribara localiza-se na bacia do Médio Jaguaribe, as margens do rio Jaguaribe. Possui uma população de 2.642 habitantes segundo a Fundação IBGE, 1996.

Em situação de cheia na cidade de Jaguaribara só inunda uma área periférica até próximo ao cemitério incluindo todas as ruas próximas as margens do rio. Não sendo configurado portanto numa cidade muito problemática quanto a cheias.

A foto nº 2.2.12.1 (N-9.374.053;E-542.255) mostra um talvegue através do qual as águas sobem passando por boa parte da cidade.

A foto nº 2.2.12.2 (N-9.374.053;E-542.255) mostra uma área inundável pelas águas do rio Jaguaribe através do talvegue apresentado na foto 2.2.12.1.

A fotomontagem nº 2.2.12.3 (N-9.373.850;E-542.084) mostra o rio Jaguaribe podendo ser observado na margem direita as construções construídas dentro da calha do rio e que inundam nos períodos de cheia. O nível das águas atinge apenas a calha do rio não chegando sequer a atingir as casas do lado direito da rua apresentada na foto.

Na foto nº 2.2.12.4 (N-9.374.308;E-542.328) podemos avistar a passagem molhada no final da Travessa Peixoto. Em caso de cheias a área que inunda só alcança até a altura que este rapaz encontra-se ou seja até a quinta construção a partir do rio.

Na foto nº 2.2.12.5 (N-9.374.308;E-542.328) mostra o mesmo ponta da foto No 2.12.4 só que uma vista a partir do rio. Um senhor de bicicleta está posicionado no ponto máximo que a água atinge.

A foto nº 2.2.12.6 (N-9.374.308;E-542.328) mostra uma vista do rio Jaguaribe. Podemos observar que na margem esquerda do rio o barranco esta sendo violentamente destruído devido a ausência de mata ciliar nativa.

2.2.12.1. Conclusões e Medidas Possíveis:

Devido a estar incluída na bacia hidráulica do Castanhão, está sendo construída uma nova Jaguaribara em local livre das cheias do Jaguaribe.



Foto 2.2.12.1 - Talvegue no qual as águas do Rio Jaguaribe sobem. Coordenadas (E=542.255; N=9.374.053).



Foto 2.2.12.2 - Área inundável pelas águas do Rio Jaguaribe. Coordenadas (E=542.255; N=9.374.053).



Foto 2.2.12.3 - Rio Jaguaribe - Margem direita - Detalhe das construções dentro da calha do Rio (Todas inundam). Coordenadas (E=542.084; N=9.373.850).



Foto 2.2.12.4 - Vista da passagem molhada no final da Travessa Peixoto. (Coordenadas -E=542.328; N=9.374.308)



Foto 2.2.12.5 - Vista da travessa Peixoto. Coordenadas (E=542.328; N=9.374.308)



Foto 2.2.12.6 - Vista do Rio Jaguaribe. Coordenadas (E=542.328; N=9.374.308)

2.3. RESUMO DAS CONCLUSÕES

De uma maneira o agravamento do problema das cheias no vale do Jaguaribe tem se agravado pela expansão urbana em direção as áreas vizinhas aos cursos de água. O disciplinamento da ocupação do solo urbano pelos municípios é uma medida não estrutural de baixo custo que pode impedir que o problema se agrave cada vez mais.

As cidades de Aracati e Morada Nova ficaram bem protegidas com a construção de diques de proteção e passaram a conviver melhor com as cheias. As cidades do Baixo Vale terão os problemas de cheias fortemente atenuados após a conclusão do açude Castanhão e a operação do seu sistema de comportas. Recomenda-se também o estabelecimento de regras de operação para as comportas do Banabuiú.

As áreas críticas da cidade de Iguatu terão algum benefício com a construção do açude Arneiroz. Não se espera todavia que somente o Arneiroz seja suficiente para solução definitiva das cheias. Para Iguatu, algumas medidas estruturais como dique de proteção são necessárias. A cidade de Icó também necessita de medidas estruturais, porém de pequeno porte.

3. MEDIDAS DE GESTÃO DA DEMANDA

3. MEDIDAS DE GESTÃO DA DEMANDA

3.1. COLOCAÇÃO DO PROBLEMA

Apesar de intensos esforços nos últimos dez anos no sentido de tornar mais eficiente o uso e o gerenciamento dos recursos hídricos no Estado do Ceará, a relação demanda/oferta de água continua em desequilíbrio. O crescimento populacional e a urbanização são fatores relevantes na demanda por água; à oferta, por outro lado, estão associadas inúmeras incertezas presentes no processo hidrológico, causadas pela aleatoriedade das vazões naturais de seus rios, o que torna a determinação da quantidade de água efetivamente disponível uma incógnita.

Na Bacia do Rio Jaguaribe, a qual ocupa uma área equivalente a 55% do Estado do Ceará e na qual habitam 29,7% de sua população, a situação não é diferente. Embora o crescimento populacional venha experimentando valores abaixo do estadual (0,5% e 1,6%, respectivamente), a crescente urbanização é uma realidade. Em 1996, a população urbana representava 53,6% da população total, contra os 38,1% observados em 1980 (Quadro 3.1.1).

Quadro 3.1.1 – Percentual da População Urbana em relação à população total na Bacia do Jaguaribe

1980	1991	1996
38,1%	48,4%	53,6%

Atualmente, demandas municipais e industriais estão competindo diretamente com a agricultura, uma vez que na bacia, assim como em todo o Nordeste, os arranjos institucionais para alocação da água têm encorajado o uso de grandes volumes de água para a agricultura, principalmente através dos perímetros públicos de irrigação. Este uso consome cerca de 83% (342 hm³) de toda a água demandada no interior da bacia, sendo 37% correspondentes à irrigação privada e 46% à pública. Os conflitos certamente se agravarão com a implantação de 12 novos perímetros públicos, em fase de planejamento, os quais agregarão uma área correspondente ao triplo da atual (Figura 3.1.1).

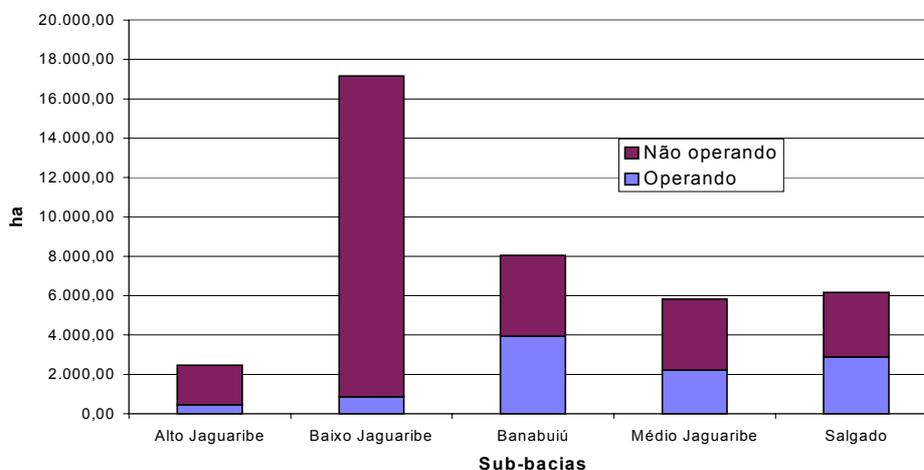


Figura 3.1.1. Área irrigada nos perímetros públicos na bacia em estudo, por sub-bacias, 1997.

Há que se ater ainda para o fato da Bacia do Jaguaribe ser uma bacia exportadora de águas para a Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, notadamente durante os períodos de seca prolongada, uma vez os recursos hídricos da Bacia Metropolitana não são suficientes para suprir demandas anuais atuais da ordem de 184 e 135 hm³, apresentadas no Volume 2 _ Estudos de demanda da Fase 1_Diagnóstico, para abastecimento humano e industrial, respectivamente. Caso toda essa demanda fosse atendida somente pela Bacia do Jaguaribe, a RMF, isoladamente, consumiria 43% do total demandado, sendo 25% para abastecimento humano e 18,4% para uso industrial (Quadro 3.1.2 e Figura 3.1.2) Rever dados do relatório do Eduardo

Quadro 3.1.2 – Demandas Potenciais na Bacia do Jaguaribe

Uso	%	Σ%
Irrigação	46,5	46,5
Abast. Urbano (interior da Bacia)	7,0	10,1
Indústria (interior da Bacia)	3,1	
Abastecimento Urbano (RMF)	25,0	43,4
Indústria (RMF)	18,4	

Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe



VOLUME 3 - Estudos Complementares

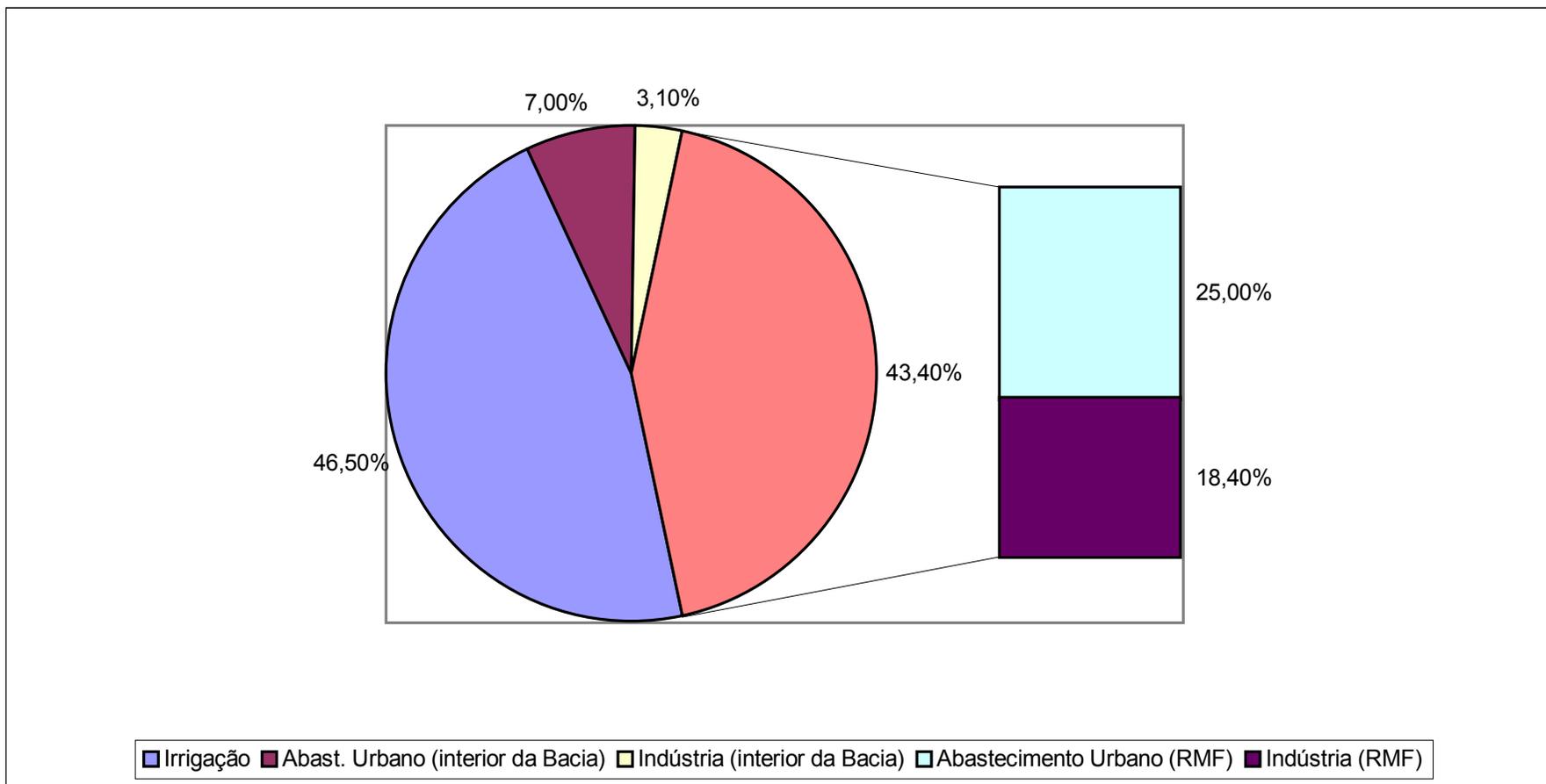


Figura 3.1.2. Demanda anual Potencial na Bacia do Jaguaribe

3.2. GESTÃO DA OFERTA X GESTÃO DA DEMANDA

A água tem sido gradativamente reconhecida como um recurso escasso em escala mundial, seja devido às suas limitações relacionadas à qualidade, seja devido às suas limitações relacionadas à quantidade Kemper, (1996)⁽¹⁾. A nível de Brasil, a escassez qualitativa, ligada a poluição dos corpos hídricos, tem sido associada, principalmente, às regiões sul e sudeste do país. No nordeste semi-árido, a poluição constitui-se não no foco principal, mas em um problema adicional. Mesmo com este problema resolvido, a escassez permaneceria, uma vez que é fruto da alta variabilidade temporal (intra e interanual) e espacial das precipitações, altas taxas de evaporação e solos predominantemente cristalinos, condições estas agravadas pelas demandas urbanas e industriais crescentes e uso ineficiente.

Historicamente, o equacionamento do problema relativo ao desequilíbrio entre demanda e oferta de água, a nível mundial, tem passado invariavelmente pelo aumento do suprimento de água, através da exploração de novos recursos, ações as quais denominaremos neste texto de **Gestão da Oferta**. Entretanto, o aumento da capacidade do sistema também pode, e deve, passar pela conservação e realocação da água, principalmente quando os recursos financeiros e a água, em si, são ambos escassos, e com a construção de obras de grande porte se tornando cada vez menos aceitável sob o ponto de vista ambiental.

Segundo Grigg (1996)⁽²⁾, o significado de “conservação” sofreu alterações nos últimos anos. O que antes significava armazenar água e guardá-la para futuros usos produtivos significa, hoje, reduzir ao máximo o uso da água para uma dada finalidade. Assim, no abastecimento urbano, conservar água significa usar o mínimo necessário para lavagem, higiene pessoal e outros usos domésticos; na indústria, significa usar o mínimo possível para produzir um bem e, na agricultura, aplicar o mínimo necessário para uma dada cultura.

A famosa máxima “*cada centavo poupado é um centavo ganho*”, de Benjamim Franklin, parece se aplicar bem à conservação dos recursos hídricos, já que a economia da água, juntamente com o seu reuso, reduzem significativamente os custos de tratamento e da infra-estrutura envolvida Grigg, (1996)⁽²⁾.

⁽¹⁾ KEMPER, K. E. – **The Cost of Free Water- Water Resources Allocation and Use in the Curu Valley, Northeast Brazil**. -- Linkoping, 1996

⁽²⁾ GRIGG, N.S. – **Water Resources Management – Principles, Regulations and Cases**- McGraw-Hill, New York, 1996.

Entretanto, a necessidade de conservar a água nem sempre foi evidente. Na maioria dos países, a água vinha sendo tratada como se estivesse disponível em quantidades ilimitadas e sendo fornecida a um preço muito baixo, o qual não refletia o seu valor econômico. As alocações nos vários setores foram feitas ignorando as implicações econômicas e os investimentos, sempre guiados pela necessidade, ignorando o papel do preço da água e seus efeitos potenciais na quantidade consumida Bhatia, Cestti e Winpenny, (1993)⁽³⁾.

Uma nova percepção da água veio a se firmar no início desta década, com a Informal Copenhagen Consultation (1991) pedindo que a água fosse reconhecida não apenas como um bem social, mas também como um bem econômico, ou seja, um recurso escasso com valor econômico distinto em cada um de seus usos. Esta mudança de paradigma também viria a ser refletida na Declaração de Dublin e na Agenda 21, ambas de 1992, as quais pedem a busca e a implantação de novos mecanismos que aumentem a eficiência na alocação e no usos dos Recursos Hídricos Bhatia, Cestti e Winpenny, (1993)⁽³⁾; Kemper, (1996)⁽¹⁾.

Aceitar a água como um bem econômico tem algumas implicações; a principal delas é tornar os usuários da água suscetíveis aos incentivos dados, ou seja, caso recebam grandes quantidades de água a um custo muito baixo, tenderão a usá-la em abundância; caso recebam a água irregularmente, tenderão retirar mais do que o necessário a fim de armazená-la para uso futuro; se a água for cara, tenderão a usá-la de forma mais eficiente Kemper, (1996)⁽¹⁾.

Os incentivos podem ser dos mais variados tipos, desde cobrança pelo uso da água, taxação da poluição e realocação para usos de maior valor a campanhas educativas. A este conjunto de medidas, que influenciam o comportamento do usuário, induzindo-o a redução do volume consumido, mas conservando o mesmo nível de serviço, dá-se a denominação de **Gestão da Demanda**.

⁽³⁾ BHATIA, R.; CESTTI, R.; WINPENNY, J.-- **Water Conservation and Reallocation: “Best Practice” Cases in Improving Economic Efficiency and Environmental Quality**.-- A World Bank, 1993.

A gestão da demanda foi relegada a segundo plano por muitos anos, uma vez que se acreditava que sua análise consistia, basicamente, em se traçar curvas do consumo ao longo do tempo, como função de algumas variáveis independentes, tais como o crescimento populacional. Hoje se têm consciência de que o processo é muito mais complexo, uma vez que envolve o comportamento humano e suas necessidades, os quais podem mudar ao longo do tempo e do espaço Brooks, (1997)⁽⁴⁾.

A terminologia também é confusa. Frequentemente são encontrados na literatura termos como “**exigência**”, “**necessidade**” e “**demanda**”. Neste texto, exigência refere-se à quantidade mínima necessária para um determinado fim; necessidade é a *percepção* da exigência Grigg, (1996)⁽²⁾, não coincidindo normalmente com o mínimo exigido e, demanda, por outro lado, é uma *solicitação*.

3.2.1 A Gestão da Demanda Sob Diferentes Perspectivas

A gestão da demanda há que ser compreendida sob perspectivas diversas, que vão desde a visão individual, na ótica do consumidor doméstico e de uma indústria em particular até uma visão mais ampla, em que se leva em conta os interesses da coletividade como um todo.

1) **Industrial e doméstico** – a utilidade da água nos usos industrial e doméstico pode ser analisada da mesma forma, uma vez os usuários de ambos são unidades econômicas individuais e que, de uma maneira geral, tendem a minimizar seus custos. Para cada um deles, a gestão da demanda de água é simplesmente uma questão de efetividade de custo, ou seja, o retorno (sob qualquer forma) compensará os investimentos (de tempo, dinheiro ou esforço) empregados na economia água? É importante observar ainda se os incentivos não estão mal alocados (sob o ponto de vista econômico). Dois exemplos clássicos: a divisão equitativa da conta de água de um edifício pelo número de apartamentos, não considerando o consumo de cada unidade; a mulher é quem carrega a água, mas a decisão é do homem.

⁽⁴⁾ BROOKS, D.B. – **Water Demand Management: Conceptual Framework and Policy Implementation** – Planning Workshop: Water Demand Management Research Networking in Africa and Middle East, Cairo, Egypt, 1997

- 2) **Sociedade** – Uma gama muito maior de variáveis aparecem quando o gerenciamento da demanda é vista sob a perspectiva da sociedade como um todo. As preocupações aqui aparecem porque a água, a qual é parcialmente renovável e parcialmente não renovável, é dinâmica, transpõe fronteiras e tem uma enorme capacidade de absorção. Entretanto, o uso da água por uma pessoa/comunidade/indústria “A” afeta a capacidade (ou mesmo a possibilidade) da pessoa/comunidade/indústria “B” de usar essa mesma água. Sendo assim precisamos de regras, a nível de sociedade, que definam **quem** pode usar a água, **quanto** e **quando**.

3.2.2. Algumas Considerações Adicionais Sobre a Gestão da Demanda

- 1) **Horizonte de Planejamento** – não projetar para um horizonte muito longo, se assim o proceder, parecerá que a água doce se extinguirá do planeta Raskin et al, (1996)⁽⁵⁾ ; o horizonte de tempo adequado para o planejamento de recursos hídricos se situa entre 2 e 20 anos.
- 2) **Soluções de alto-custo** - soluções caras, tais como usina de dessalinização e construção de grandes aquedutos, ainda não são acessíveis para a maior parte dos países do mundo (Brooks, 1997)⁽⁴⁾
- 3) **valor da água *in situ*** - os analistas do setor energético costumam dizer ninguém deseja a energia *per se*, mas pelos serviços que ela presta. Isto não se aplica à água. Se por um lado a água proporciona muitos usos, tais como abastecimento, diluição, habitat para plantas e animais, por outro, a sua simples presença, seja em forma de lagos ou rios, faz bem ao homem. Isto quer dizer que a água tem um valor *intrínseco* (Brooks, 1997)⁽⁴⁾.
- 4) **Bacia hidrográfica x Bacia Social** – é comum na literatura especializada se adotar a bacia hidrográfica como unidade de gestão, entretanto a experiência recente no estado do Ceará sugere que esta pode ser uma escolha equivocada. Nas áreas mais distantes dos vales úmidos os usuários têm uma preocupação maior com os arredores de seu açude, cuja água é usada localmente e não levada a outro lugar na mesma bacia. Segundo Kemper (1996)⁽¹⁾ esta característica ficou evidente para a COGERH, desde o primeiro encontro de usuários organizado na Bacia do Curu; enquanto os usuários situados ao longo do Rio Curu estavam preocupados com as questões das alocações entre os diferentes setores, os usuários de áreas distantes

⁽⁵⁾ RASKIN, P.D., HANSEN, E. e MARGOLIS, R.M. – **Water and Sustainability: Global Patterns and Long-Range Problems**, Natural Resources Forum, 20:1, february, 1996.

- 5) estavam preocupados em discutir as possibilidades de aproveitamento e as questões de qualidade de água em seus açudes locais.

3.3. INSTRUMENTOS PARA A GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA

Os instrumentos para a gestão da demanda podem ser classificadas em três grandes grupos adaptado de Brooks (1997)⁽⁴⁾ e de Bhatia, Cestti e Winpenny (1993)⁽³⁾. Os instrumentos não são excludentes, pelo contrário, eles reforçam um ao outro.

3.3.1. Medidas Conjunturais

São as regras básicas para o suprimento e uso da água, tais como direitos de uso da água, propriedade de terra, instituições sociais e civis, e legislações formais e informais. É nesta ambiência que o usuário é motivado, ou não, a agir de forma mais racional quanto ao uso da água. Elas envolvem elementos variados, como mudanças institucionais e legais, privatização e medidas macroeconômicas.

3.3.1.1. Arranjos Legais e Institucionais

As legislações que controlam o uso da água e as instituições que surgiram ao longo do tempo para gerencia-la são, freqüentemente, os maiores obstáculos para o seu uso racional. Há, no entanto, muitos casos em que os arranjos legais e institucionais têm sido bem sucedidos; todavia, não há um modelo único que possa se ajustar universalmente. As instituições são produtos da história, cultura e economia de cada país (Okun, 1991)⁽⁶⁾. A **dependência da trajetória** (“path dependence”), como este fenômeno é conhecido, é um dos pilares da Economia Institucional (Kemper, 1996)⁽¹⁾ e sugere que as estruturas institucionais atuais e históricas condicionam as futuras possibilidades de mudança.

Um exemplo clássico de dependência de trajetória é do teclado QWERTY, cujo layout permanece até hoje, embora alternativas mais eficientes tenham sido desenvolvidas ao longo dos anos. David (1985)⁽⁷⁾ explica que, quando os condicionantes que forçaram a configuração deste teclado deixaram de existir, o sistema já havia se adaptado ao layout existente e os **custos de transação** se tornaram tão altos, que mesmo hoje, com a substituição da máquina de escrever por computadores potentes,

⁽⁶⁾ OKUN, D. – **A Water and Sanitation Strategy for Developing World** - Environment, 33/8, October, 1991.

⁽⁷⁾ DAVID, P.A. – **Clio and the Economics of Qwerty** – American Economic Review, Papers and Proceedings, Vol. 75, May, pp 332-337., 1985.

o teclado usado é o mesmo de 100 anos atrás.. Desta forma, o teclado QWERTY se perpetuou e os avanços posteriores tiveram que levar em consideração o caminho já trilhado.

A **dependência da trajetória** ajuda a explicar por que o mesmo tipo de mudanças institucionais pode dar em resultados bastante distintos se aplicados a cenários diferentes, frutos de raízes históricas, culturais, econômicas e sociais próprias. Essas raízes, segundo Putnam (in Kemper, 1996)⁽¹⁾, constituem o **capital social** de uma sociedade, e juntamente com o conceito de dependência da trajetória, demonstra a necessidade de se analisar a evolução e a situação atual das estruturas institucionais, tanto para explicá-las quanto para analisar as possibilidades de mudança.

Kemper (1996)⁽¹⁾ classifica em 3 as categorias dos arranjos institucionais e legais - os arranjos **formais** direcionados ao setor de recursos hídricos, os arranjos **informais** no setor de recursos hídricos (intimamente ligados ao capital social) e os arranjos **direcionados a outros setores**, que afetam indiretamente o setor de recursos hídricos.

Quadro 3.3.1.1. Arranjos legais e Institucionais que afetam o setor de recursos hídricos no Estado do Ceará (adaptado de Kemper (1996)⁽¹⁾)

ARRANJOS INSTITUCIONAIS E LEGAIS	Formais (ligados aos recursos hídricos)	Constituição Federal Código de Águas Lei Federal 8.433/97 Lei de Irrigação Constituição Estadual Lei Estadual que instituiu a outorga Lei Estadual que instituiu a cobrança
	Informais (ligados aos recursos hídricos)	Costumes Normas sociais Códigos de comportamento Percepção do direito à água Relação perímetro público/DNOCS
	Outros setores	Tarifas de energia Preço do óleo diesel Crédito Bancário

3.3.1.2. Privatização

A forte atuação do setor público no desenvolvimento e gerenciamento dos recursos hídricos é justificado pelas características das atividades de um setor que lida com um bem público: a água. Entretanto sabe-se que grande parte das agências governamentais responsáveis pela sua gestão apresenta sérias deficiências institucionais. Assim sendo, um grande número de países notadamente aqueles ditos desenvolvidos tem resolvido envolver a iniciativa privada neste setor. Na França, companhias privadas de abastecimento de água atendem cerca de 40% da população e coletam e tratam cerca de 40% do esgoto; nos Estados Unidos esta participação chega a 56% ; na Inglaterra, mesmo antes da ampla privatização do setor, 25% da água já era fornecida pela iniciativa privada. Na Argentina, dois consórcios privados prestam serviços de abastecimento e saneamento básico na Grande Buenos Aires e na província de Corrientes.

Segundo Bhatia, Winpenny e Cestti (1993)⁽³⁾, existem diversas opções para a participação do setor privado. A primeira opção é manter a água sob propriedade do estado mas deixar o setor privado participar através contratos de gestão, leasing e concessões; uma segunda opção é privatizar completamente esta atividade e uma terceira, seria transferir a propriedade da água e a responsabilidade operacional para a comunidade.

3.3.1.3. Políticas Macroeconômicas

O estabelecimento de uma política econômica apropriada é condição necessária, mas não suficiente para se tratar a água como um bem econômico. Partindo-se de uma situação de desequilíbrio, sob o ponto de vista macro, a restauração da estabilidade econômica acarreta um sem número de benefícios no setor de recursos hídricos, uma vez que reduz a incerteza, a qual por sua vez beneficia o planejamento a longo prazo.

Num nível mais micro, as barreiras alfandegárias, os subsídios às exportações, os preços de insumos, taxas de juros e a fixação de preços mínimos para alguns produtos são os fatores determinantes que incentivam a produção e consumo de bens e serviços, os quais variam quanto ao seu consumo de água e potencial poluidor. Estas políticas econômicas setoriais podem influenciar de modo positivo, ou não, o alcance de um uso mais racional da água a níveis intra e inter-setoriais (Winpenny, 1994)⁽⁸⁾.

⁽⁸⁾ WINPENNY, J.T. – **Managing Water as na Economic Resource** - London:routledge, 1994.

As medidas direcionadas ao setor de recursos hídricos, portanto, serão inócuas se vierem apartadas das diretrizes macroeconômicas do país; o incentivo a práticas de irrigação mais eficientes não surtirá o resultado esperado caso os preços de mercado ou subsídios favoreçam culturas de alta demanda hídrica. O mesmo ocorre no setor industrial, onde qualquer política de preços para o uso da água perderá força caso medidas protecionistas favoreçam setores que demandem mais água, como as indústrias de papel e celulose e petroquímica, prática comum em países em desenvolvimento.

Winpenny (1994)⁽⁸⁾ cita o exemplo da Jordânia, onde a expansão da fronteira agrícola tem sido incentivada desde o início da década de 50. A expansão da agricultura irrigada levou o país, através dos anos, a uma produção crescente de culturas de baixo valor e de alta demanda hídrica. A superprodução destes produtos levou à exportação do excedente, a condições pouco competitivas, devido à política de câmbio do país, exemplificando assim como uma política setorial pode afetar o setor de recursos hídricos em um país carente deste bem.

3.3.2. Incentivos

Os incentivos à conservação e realocação da água para usos de maior valor, objetivos básicos da gestão da demanda, podem ser classificados em incentivos econômicos, os quais envolvem o estabelecimento de tarifas de água, cobrança pela poluição, incentivos fiscais e diversas modalidades de transferência do direito de uso da água ou da propriedade da água; os incentivos não-econômicos abrangem restrições e sanções, o estabelecimento de quotas de consumo e normas de utilização da água, além de campanhas educativas.

3.3.2.1. Incentivos Econômicos

Os incentivos econômicos estão fundamentados em um dos princípios básicos da teoria econômica, a qual supõe o indivíduo um *homo oeconomicus*, ou seja, um ser racional que procura maximizar a utilidade ou satisfação que pode obter do bem ou serviço adquirido.

A realidade mostra, no entanto, que o homem age freqüentemente de modo diferente do ideal, ou seja, suas ações nem sempre parecem baseadas na razão. Segundo Simon (1982)⁽⁹⁾, que introduziu o conceito de **racionalidade limitada**, isto ocorre porque o homem realmente tenta ser racional e maximizar sua utilidade, mas é incapaz de fazê-lo porque (1) no mundo real ele nunca tem informações completas e (2) mesmo que as tivesse, não estaria capaz intelectualmente de processá-las, tornando assim sua racionalidade restrita (Kemper, 1996)⁽¹⁾.

Embora reconhecendo as limitações do homem, este conceito admite a sua tentativa de racionalidade no sentido econômico. Isto é de fundamental importância, pois implica que o homem reage a certos incentivos econômicos de forma previsível.

Embora a cobrança seja amplamente defendida, especialistas alertam que a mesma é condição necessária, mas não suficiente, para se atingir a eficiência, a equidade e a sustentabilidade. Defende-se ainda que os subsídios sejam explicitamente justificados e que as tarifas sejam calculadas no sentido de se encorajar a conservação da água e não apenas para recuperação dos custos, o que implica que a tarifa deve ser alta o suficiente para se mover dentro da porção elástica da curva da demanda. Entretanto há que existir uma forma de prover água para necessidades básicas de populações carentes. Obviamente, é pressuposto básico que haja um sistema eficiente de medição dos volumes de água consumidos.

1 - Tarifa de Água

Um meio viável de se alcançar a eficiência na alocação de um recurso é a utilização do custo social marginal. Nestas bases, o usuário irá consumir a água até que o seu valor marginal seja igual ao custo marginal do seu suprimento, ou seja o benefício de se consumir a última unidade de água equivale ao custo de provê-la. A aplicação deste princípio requer que o consumo de água seja medido, que a cobrança seja proporcional à quantidade consumida e que o cálculo dos custos marginais do suprimento de água seja razoavelmente preciso. É necessário ainda que sejam incluídos os custos de tratamento, de transporte e de oportunidade da água, além dos custos ambientais (Bhatia, Cestti e Winpenny, 1993)⁽³⁾.

⁽⁹⁾ SIMON, H. A. – **Models of Bounded Rationality** - vol 2, Cambridge:MIT Press, 1982.

Winpenny (1994)⁽⁶⁾ observa que embora as tarifas de água sejam amplamente utilizadas em países dos mais variados graus de desenvolvimento, elas usualmente são percebidas pelo gestor apenas como um meio de recuperação dos investimentos e não um instrumento de gestão da demanda.

A tarifa de água pode ser um meio eficiente de conservação da água e o seu impacto da redução do volume consumido depende de como o consumidor responde ao seu aumento. De uma maneira geral, o comprador tem interesse em adquirir determinado produto em quantidades maiores quando o preço baixa, assim como é levado a restringir ou reduzir seu consumo quando o preço se eleva. Sendo assim pode-se afirmar que a quantidade de água demandada tende a variar inversamente com o preço, tendo a curva da demanda uma inclinação negativa.

Estudos efetuados em países desenvolvidos – Austrália, Canadá, Inglaterra, Israel e Estados Unidos – mostram que a elasticidade da demanda no setor de abastecimento doméstico tende a cair na taxa de $-0,03$ a $-0,07$, ou seja a demanda decresce entre 3 e 7 % a um aumento de 10% no preço da tarifa (Winpenny, 1994)⁽⁶⁾.

Estudos empíricos mostram que o setor industrial responde melhor às variações de preços da tarifa que o doméstico (Quadro 1.1). A elasticidade da demanda relativamente alta na indústria reflete um leque maior de alternativas de suprimento e de medidas de conservação e reuso de água, como opção ao aumento da tarifa.

Nos países em desenvolvimento, uma vez que o setor industrial conta com baixas tarifas de água e facilidade de obtê-la, é comum o uso de tanques de resfriamento e de processos “once-through”, ou seja, processos em que a água é usada uma única vez e jogada fora, em detrimento de processos de resfriamento que utilizem a água de modo mais eficiente. Além do mais, não há incentivos para que o setor trate os seus efluentes e façam o reuso destas águas, seja devido à inexistência de legislação ou à fiscalização ineficaz.

No setor de irrigação a elasticidade da demanda é função da existência de alternativas quanto ao tipo de cultura e ao método de irrigação.

Quadro 1.1. Estimativas empíricas da elasticidade da demanda de água por setor

SETOR	ELASTICIDADE DA DEMANDA
Residencial	- 0,02 a – 0,06
Industrial	- 0,045 a –0,137
Irrigação	- 0,037 a –0,15

Fonte: Bhatia, Cestti e Winpenny (1993) ⁽³⁾

2 - Cobrança Pela Poluição

Existem duas abordagens para a cobrança pela poluição – a do “consumidor pagador” na qual o poder público cobra uma taxa do usuário para que o mesmo possa usufruir de água de boa qualidade e a do “poluidor pagador”, na qual o poder público cobra uma compensação financeira pela poluição causada pelo usuário. Esta última, de larga aceitação, facilitou sobremaneira a introdução das cobranças sobre a descarga efluente a nível mundial.

Teoricamente, a cobrança pela poluição deveria estar diretamente relacionada aos danos ambientais causados pelos efluentes e/ou aos custos de prevenção, tratamento e recuperação do corpo d’água. Na prática, entretanto, as taxas tendem a ser estabelecidas em um patamar mais baixo que os valores gastos no monitoramento, administração e tratamento Bernstein, (1991)⁽¹⁰⁾.

A cobrança pela poluição produzida pelo usuário é importante no contexto deste trabalho pela influência que exerce na quantidade de água demandada. Caso, por exemplo, o poluidor seja cobrado pelo volume dos efluentes lançados nos corpos d’água, terá incentivos para reduzir o seu consumo, assim como a reciclar suas águas servidas. Esta ferramenta é particularmente útil no caso de indústrias que utilizam água subterrânea, e cuja quantidade de água efetivamente consumida é de difícil quantificação.

⁽¹⁰⁾ BERNSTEIN, J.D. – **Alternative Approaches to Pollution Control and Waste Management: Regulatory and Economic Instruments** – UNDP – World Bank – UNCHS Urban Management Program Discussion Paper Series, No 3, Washington, D.C., April, 1991.

Os impactos ambientais dos efluentes industriais dependem de sua qualidade, da presença de substância tóxicas, do local de lançamento e do volume lançado. A experiência brasileira no uso da cobrança pela poluição como um instrumento de gestão da demanda de água é abordada por OECD (1987)⁽¹¹⁾. Neste estudo, realizado entre 1980 e 1982, em 3 indústrias no estado de São Paulo, a redução entre 40 e 60% no consumo de água em apenas 2 anos aparece como um “efeito colateral” positivo da medida adotada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, a qual, na realidade, via na cobrança pela poluição apenas um instrumento para a minimização dos custos de tratamento dos efluentes industriais e a otimização de suas estações de tratamento de esgoto. O estudo da OECED relata ainda reduções de consumo da mesma ordem – 30% - nos 6 anos que se seguiram à implantação da cobrança pela poluição na Holanda, em 1969.

A cobrança pela poluição, entretanto, não pode ser vista de maneira isolada. Há que se encontrar uma perfeita sintonia entre a mesma e a tarifa de água, por exemplo. Quando o preço da água é estipulado a níveis muito baixos, a conservação e reuso não se tornam atraentes para o usuário sob o ponto de vista financeiro. Na cidade de Jamshedpur, no leste da Índia, a cobrança pela poluição dos efluentes industriais, associada a um baixo custo da água, incentivaram a um consumo maior, vez que a opção mais economicamente viável seria usar água bruta para diluição dos efluentes

3 - Incentivos fiscais

Existem casos em que os incentivos fiscais constituem-se no modo mais rápido de encorajar a conservação de água e a diminuição da poluição nos corpos hídricos. Algumas vezes, artifícios simples, como aquele utilizado em algumas cidades do estado da Califórnia Bhatia, Cestti e Winpenny,(1993)⁽³⁾ - o qual consistia na redução do valor cobrado pela taxa de ligação de água de novas edificações as quais utilizassem válvulas de descarga sanitárias com jatos de menor vazão - são mais eficientes que tentar mudar o hábito de consumo dos habitantes de uma cidade.

Na China, onde o setor secundário responde por aproximadamente 75% da demanda urbana, consumindo de 3 a 10 vezes o volume de água necessário para a produção do bem (comparando com indústrias similares em países desenvolvidos) uma das medidas adotadas foi a estipulação de cotas de água por indústria, em função das características da indústria e do bem produzido. Recentemente foi introduzida uma **recompensa**, sob a forma de desconto na conta de água, para

⁽¹¹⁾ OECD - **Pricing of Water Services**, Paris, 1987

aqueles usuários que consumissem um volume inferior àquele estipulado em sua cota Bhatia, Cestti e Winpenny, (1993)⁽³⁾.

Subsídios e empréstimos bancários para o setor industrial a juros abaixo de mercado para projetos de conservação da água também são freqüentemente encontrados na literatura especializada. Há, entretanto, que se analisar a viabilidade do projeto sob duas perspectivas distintas: a da **sociedade como um todo** e a da **empresa**. Sob o ponto de vista público, projeto é justificável quando seu custo total for igual ou inferior ao custo marginal do suprimento de água; sob o ponto de vista individual, o investimento somente será interessante se o valor economizado com a tarifa de água for igual ou superior ao valor gasto para a melhoria da eficiência no uso da água. Bhatia, Cestti e Winpenny (1993)⁽³⁾ citam o exemplo de Israel, no qual, juntamente com outras medidas importantes, financiava até 80% do valor do projeto a juros subsidiados.

4 - Realocação de Água

Um recurso é alocado eficientemente quando for usado para maximizar o seu valor. Pode-se prever, para a água, um grande número de usos diferentes e parcialmente concorrentes – agricultura, abastecimento humano, abastecimento industrial, turismo, lazer, piscicultura, etc. Alcançar a eficiência significa, muitas vezes, a mudança do uso da água, ou **realocação**, intra ou intersetorial, como por exemplo, entre culturas de baixo e alto valor e da agricultura para a indústria, respectivamente (Kemper, 1996)⁽¹⁾.

Realocação de recursos hídricos é um item que vem rapidamente ganhando importância, pois a medida que a população e as atividades econômicas se expandem, demandas maiores são geradas para um suprimento de água relativamente limitado

Atualmente demandas municipais e industriais estão competindo diretamente com outros usos, especialmente a agricultura, sendo assim, a realocação da água deste setor para usos municipais vem se tornando uma opção para os tomadores de decisão no sentido de reduzir a distância entre a demanda e a oferta no setor urbano. Muitas vezes, entretanto, este uso é garantido por alocações anteriores ou costumes, os quais não levam em conta o valor econômico da escassez da água (Bhatia, Cestti e Winpenny, 1993)⁽³⁾.

A despeito das inúmeras vantagens da realocação da água, a possibilidade de que estas transferências possam afetar terceiros, não diretamente envolvidos no processo, tem causado certa preocupação, talvez decorrente das conseqüências das primeiras transferências de água ocorridas no oeste americano, sem qualquer consideração no que diz respeito à equidade social, economia regional e ao meio ambiente. Estas transferências são muitas vezes denominadas de “apropriação da água” uma vez que, freqüentemente, os ganhos obtidos pelos usuários receptores da água se deram às expensas dos usuários de água do local de origem, no que diz respeito à confiabilidade no fornecimento e na oportunidade de seu uso. Um exemplo clássico é o de Owens Valley, na Califórnia, onde, no início do século, representantes da cidade de Los Angeles compraram grandes extensões de terras, apenas com intenção de se apropriar da água associada a elas. Os impactos ambientais e econômicos no Owens Valley foram devastadores e a região nunca se recuperou (U.S. Office of Technology Assessment, 1993)⁽¹²⁾.

A literatura aponta basicamente 4 modalidades para a realocação intra e intersetorial : mercado de água, leilões de água, banco de água e transferência da outorga pelo direito de seu uso.

a . Mercado de Água

O objetivo principal da realocação da água é promover o seu uso mais eficiente. De um modo geral, a realocação é facilitada quando se permite a *comercialização* da água, ou seja, transferir os direitos de uso de usuários dispostos vender a usuários dispostos a comprar.

A água tem custos diferentes para diferentes usos e, freqüentemente tem seu menor valor exatamente nos setores que mais a consomem. A disparidade entre os preços relativamente altos pagos pelo abastecimento urbano e os baixos preços pagos pelo setor agrícola sugere que existem oportunidades para usar mercados ou outro instrumento de transferência de direitos para permitir a distribuição mais eficiente da água.

A experiência dos mercados de água existentes no Chile e no Colorado, mostram que eles não funcionam sozinhos, ficando longe do modelo de *mercado perfeito*, onde se pressupõe, entre outras coisas, a existência de um grande número de atores, entrada e saída livres, informações completas, homogeneidade e divisibilidade do produto, ou seja, não existem custos de transação. Segundo Kemper (1996)⁽¹⁾ algumas possíveis dificuldades para a implantação dos mercados de água estão relacionados a característica da água como bem público, a dificuldade de definir e medir um bem em

⁽¹²⁾ U.S. OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESMENT – **Preparing for na Uncertain Climate**, Washington, DC, 1993.

fluxo, externalidades e monopólios. Nos locais onde existe mercado de água – Chile, Colorado e Espanha – vários arranjos institucionais foram criados para lidar com estes complicadores.

Segundo Simpson (1994)⁽¹³⁾, existe uma série de condições indispensáveis para o funcionamento satisfatório de mercados de água:

- Direitos de propriedade de água bem definidos no que diz respeito à quantidade de água
- Demandas competindo por um bem escasso
- Um nível razoável de confiabilidade do recurso hídrico
- Aceitabilidade por parte da sociedade do conceito de transferência de direitos de água
- Uma boa estrutura administrativa e reguladora
- Uma adequada infra-estrutura para assegurar a mobilidade da água
- Uma alocação inicial dos direitos de água adequada e justa
- Um sistema justo para realocação dos direitos de água a medida que a mesma se torne necessária

b . Leilões de Água

Leilões de água são raros, embora existam no estado de Victoria, Austrália (Simon and Anderson, 1990)⁽¹⁴⁾, e tenham uma longa e bem sucedida história em Alicante, na Espanha (Winpenny, 1994)⁽⁸⁾.

A condição básica para a existência do leilão é que o governo seja livre para vender a água pelo maior lance, o que significa que os usuários não possuem quaisquer direitos sobre a água, sejam eles de caráter legal ou pelo uso histórico de uma certa quantidade de água (customary rights). Os leilões permitem que a percepção do valor econômico da água, por parte dos usuários, seja revelada através dos lances, e que o setor público tenha lucro com a venda.

c . Bancos de Água

Os bancos de água são instituições que têm como finalidade permitir e facilitar as transferências de água nos estados do oeste americano. Os bancos de água estabelecem uma conta única para o total de água vendida e comprada, intermediando as transações entre potenciais vendedores e compradores de água.

⁽¹³⁾ SIMPSON, L.D. – **Are Water Markets a Viable Option?** - Finance and Development, pp. 30-32 , volume 31, number 2, June, 1994.

⁽¹⁴⁾ SIMON, B. and ANDERSON, D. – **Water Auction as an Allocation mechanism in Victoria, Austrália** – Water Resources Bulletin 26(3), June, 1990.

Alguns bancos de água funcionam em caráter permanente, como o Idaho Water Bank Supply, enquanto outros são temporários, atuando apenas em períodos críticos, como os criados na Califórnia durante as secas de 1976-77 e 1987-1991.

Segundo Bhatia, Cestti e Winpenny (1993)⁽³⁾ pode-se tirar algumas lições valiosas da experiência californiana, especialmente no que diz respeito ao banco de águas como um meio de transferência de água a longo prazo e como um mecanismo eficiente de realocação de água para usos de maior valor. Durante a seca de 1991, o preço oferecido aos potenciais vendedores de água era alto o suficiente para compensar o lucro que teriam ao cultivar culturas de menor valor como arroz, milho e tomate. Como resultado desta ação, 80% do total da água vendida foi realocada para o setor urbano, enquanto que os 20% restantes foram realocados para culturas permanentes e vinícolas, as quais embutiam um alto capital investido.

d . Transferência de Outorgas de Direito de Uso

A transferência da outorga do direito de uso da água existe na bacia do rio Murray, em New South Wales (Austrália) desde 1984. Desde então as quantidades de água alocada para fins de irrigação, industrial, lazer e para fins ambientais podem ser transferidas, estando, entretanto, sujeitas a veto pelo governo estadual, caso a transferência não seja interessante sob o ponto de vista da sociedade.

Este instrumento é também utilizado no oeste americano no sentido de persuadir irrigantes com contratos de longo prazo com o Federal Bureau of Reclamation, a conservar e vender parte ou a totalidade da água conferida a eles pela outorga, para que seja realocada de modo mais eficiente sob o ponto de vista econômico (Winpenny, 1994)⁽⁸⁾.

3.3.2.2. Incentivos Não-Econômicos

Uma variedade enorme de medidas não econômicas podem ser consideradas no sentido de promover um gerenciamento eficiente da demanda de água, tais como campanhas educativas, normas para controle do tempo e da quantidade do fornecimento, restrições e sanções, entre outras. Basicamente, os incentivos não-econômicos podem ser agrupados em 2 classes: os voluntários e os compulsórios.

1. Restrições e sanções

Os usuários podem ser forçados a conservarem água de vários modos. Em sistemas autoritários, onde o usuário tem pouco ou nenhum poder, a água pode ser ligada e desligada e mesmo realocada ao bel-prazer dos administradores do sistema. O fornecimento de água pode ser cortado em tempos de escassez, acarretando a conservação do recurso, de modo involuntário. Algumas medidas podem ser eficazes, mas não garantem a eficiência e a equidade.

Sanções legais podem ser aplicadas a usuários que não obedecem as regras estabelecidas por lei. **Restrições** são usualmente aplicadas a atividades não essenciais, em tempos de escassez temporária, como por exemplo, a proibição de lavar calçadas e carros e regar gramados, entre outras.

2. Quotas e Normas

Quotas de água e normas podem ser impostas aos usuários no intuito de alocar um suprimento escasso da maneira mais equitativa possível. O **racionamento** pode ser efetuado através do estabelecimento de quotas de consumo por usuário ou de tarifas punitivas para aqueles que consumirem mais que a quantidade pré-estabelecida. Esta última modalidade pode ser considerada de caráter híbrido, uma vez que envolve também um instrumento econômico, tendo um efeito semelhante ao de uma multa, sendo, no entanto, mais eficiente, por cobrar em função do volume que excedente àquele estipulado previamente.

Bhatia, Winpenny e Cestti (1993)⁽³⁾ citam o exemplo do East Bay Municipal Utility District, na Califórnia, que usa uma estrutura tarifária progressiva; aqueles que consomem 140% do seu valor alocado pela sua quota, por exemplo, pagam uma tarifa 6 vezes superior à tarifa normal.

Penalidades pelo uso da água em quantidades superiores àquelas estabelecidas em normas também são utilizadas em Tianjin, China, onde o setor industrial paga de 3 a 50 vezes o valor da tarifa normal, dependendo da transgressão: usuários que consomem quantidades de 1 - 10% superiores à quota não são sobretaxados; de 11-20% , pagam 20 vezes o valor da tarifa normal; de 21 - 30% , 30 vezes; de 31 – 40% , 40 vezes e acima de 40% , 50 vezes (Winpenny, 1994)⁽⁸⁾.

3. Campanhas Educativas

Segundo Bhatia, Winpenny e Cestti (1993)⁽³⁾, campanhas educativas e de apelo ao espírito público do usuário são freqüentemente utilizadas, *com sucesso*, como um instrumento de conscientização do usuário quanto à necessidade da conservação de água durante períodos de escassez temporária; segundo os autores, durante uma seca severa na Califórnia, a cidade de San Diego conseguiu reduzir em 30% a demanda de água, apenas com esta medida.

Na maioria das vezes, entretanto, o conjunto de medidas para a gestão da demanda incluem também, além de campanhas educativas e de conscientização, instrumentos de caráter econômico, sendo desta forma, de difícil quantificação o impacto individual das campanhas na redução da demanda .

Apesar de não se dispor de números que traduzam a eficácia desta medida no que diz respeito à redução efetiva da demanda de água a longo prazo, é patente a importância das campanhas educativas na redução dos impactos negativos de medidas mais duras, como racionamento e a cobrança pelo uso da água.

3.3.3. Intervenção Direta

A gestão da demanda também inclui intervenções diretas do poder público no sentido de melhorar a eficiência da rede de distribuição de água ou de criar programas para o incentivo da eficiência, da reciclagem, do reuso e da diminuição da poluição, entre outros.

3.4. CONDIÇÕES MÍNIMAS PARA A ALOCAÇÃO E USO EFICIENTES DA ÁGUA

- **Direitos bem definidos** – Direitos de propriedade da água ou direitos ao seu uso bem definidos garantem ao usuário o direito a uma determinada quantidade de água durante um determinado período de tempo. Segundo Kemper (1996)⁽¹⁾, sem uma definição clara do detentor do direito e da quantidade de água a que ele faz jus, o órgão gestor não será incentivado a liberar a quantidade correta, no tempo certo para o usuário correto, uma vez que ninguém poderá responsabilizá-lo pelo não cumprimento do serviço. Do ponto de vista do usuário, somente com o estabelecimento formal do direito, ele terá a garantia do fornecimento da água no tempo e na quantidade necessária e poderá exigir compensações quanto ao não cumprimento do acordo. Direitos bem definidos são também condição básica para que se possa realocar a água para usos de maior valor, através de mecanismos de transferência de água – mercados, leilões ou transferência de outorgas.

- **Cobrança** – A cobrança pela água deve ser muito mais que um instrumento para recuperação de custos. Deve ser vista, sim, como um modo de transmitir ao usuário o valor econômico da água e incentivá-lo a conservá-la. Entretanto existem sérias dificuldades em se estipular o “preço correto” da água. Do ponto de vista ideal, o preço de um bem corresponde ao seu valor de mercado. Outra forma de se calcular o valor da água é através do custo de oportunidade, ou seja, o valor da água em usos distintos. Naturalmente, outros aspectos devem ser levados em consideração
- **Hidrometração da água consumida** – Não há como cobrar pela água sem que se conheça a quantidade de água efetivamente consumida. É através dela, também, que se pode avaliar os efeitos dos instrumentos de gestão sobre a quantidade de água demandada.
- **Informação** – As informações são fundamentais para uma gestão eficiente dos recursos hídricos. Sob o ponto de vista do órgão gestor, as informações sobre a vazão regularizada por um reservatório para um dado horizonte de planejamento são fundamentais para que se estipule o total de água a ser outorgado e com que garantia. Quanto maiores as incertezas envolvidas, menores quantidades deverão ser alocadas e menores deverão ser os prazos dos contratos. Há que se saber ainda que tipo de culturas estão sendo irrigadas e qual o método utilizado. Desta forma o órgão gestor poderá fundamentar mais solidamente as alocações de água. Sob o ponto de vista do agricultor, é imprescindível que ele saiba a quantidade de água a ser fornecida, e em qual período, para que possa decidir quanto ao tipo de cultura a ser plantada e ao método de irrigação a ser empregado.
- **Flexibilidade** – Kemper (1996)⁽¹⁾ aponta a flexibilidade no processo de alocação como uma condição importante para o uso eficiente da água. É certo que o é; entretanto, há que se estudar com mais profundidade a questão das transferências de direito de uso em regiões pobres e socialmente injustas como o Nordeste Brasileiro.

3.5. A QUESTÃO DA QUANTIDADE MÁXIMA OUTORGÁVEL

A gestão dos recursos hídricos há que passar, a priori, pela determinação das reais disponibilidades hídricas da bacia, o que não é uma tarefa das mais fáceis, notadamente em regiões semi-áridas como a Bacia do Jaguaribe, onde as irregularidades nas precipitações, a nível mensal e principalmente, a nível anual, são enormes.

A quantidade máxima de água outorgável nestas regiões é uma questão delicada: caso sejam seguidos critérios técnicos, pequenos volumes serão adotados como referência; caso o critério seja político, a tendência será a de se aumentar a quantidade de água passível de outorga, o que, logicamente, acarretará decréscimo nos níveis de garantia (Studart, Campos e Costa, 1997)⁽¹⁵⁾.

Este grande desafio do tomador de decisão foi aparentemente solucionado com a publicação do Decreto Estadual nº 23.067/94, o qual estipula que o valor máximo outorgável nos rios cearenses deverá ser de 9/10 da vazão regularizada com garantia de 90% - Q_{90} , ou seja, a vazão regularizada com 10% de probabilidade de falha.

Entretanto, a determinação do Q_{90} não é tarefa fácil. Muitas são as incertezas inerentes ao seu cálculo, sejam aquelas ocasionadas pelo desconhecimento do modelo matemático utilizado na avaliação; ou aquelas geradas na avaliação dos parâmetros dos modelos matemáticos ou, ainda, aquelas inerentes aos processos naturais.

As primeiras são de difícil avaliação, uma vez que todo modelo é, inevitavelmente, uma simplificação da realidade. Os fenômenos hidrológicos apresentam comportamento tão complexo que, mesmo modelos matemáticos detalhados não conseguem reproduzir, com exatidão, os processos naturais.

Entretanto, mesmo que a complexidade dos fenômenos hidrológicos pudesse ser fielmente reproduzida por um modelo, restaria ainda estimar os parâmetros média (μ) e variância (σ^2) da população a partir da única informação disponível - a série histórica - e não se pode esperar que, sendo as estimativas dos parâmetros populacionais feitos a partir de amostras relativamente pequenas, não contenham uma grande dose de incerteza.

O erro na estimativa destes parâmetros foi estudado por Campos (1997)⁽¹⁶⁾. Partindo do pressuposto que séries de 30 anos de dados permitem a obtenção de resultados com a precisão aceitável em estudos hidrológicos, o autor adverte que a validade desta assertiva depende da variabilidade do fenômeno em análise e mostra que, considerando que se 30 anos de dados sejam suficientes para um estudo de vazões no Nordeste dos Estados Unidos, o qual apresenta, em termos médios, um CV da ordem de 0,25, para que se cometa o mesmo erro em um rio do Nordeste Brasileiro, que apresenta CV's próximos a 1,2, seria necessária uma série de medições de 690 anos.

⁽¹⁵⁾ STUDART, T.M.C.; CAMPOS, J.N.B. e COSTA, A. M. – **A Alocação e o Uso dos Recursos Hídricos no Ceará**, Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória, Espírito Santo, novembro de 1997.

⁽¹⁶⁾ CAMPOS, J.N.B.; SOUZA Fº, F.A.; ARAÚJO, J.C. – **Errors and Variability of Reservoir Yield Estimation as a Function of the Coefficient of Variation of Annual Inflows**. IN: 27º Congresso da IARH, São Francisco, EUA, 1997.

O Quadro 3.5.1 apresenta vários exemplos de rios com diferentes coeficientes de variação das afluições anuais, variando de 0,17 no rio Mekong, no Laos, a 1,76 no rio Banabuiú, na Bacia do Jaguaribe.

Quadro 3.5.1. Coeficiente de variação de afluições anuais em vários rios do mundo

Rio	Local	Cv	Fonte
Mekong	Laos	0,17	Mc Mahon
King	Austrália	0,19	Mc Mahon
Sieber/ Herzberg	Alemanha	0,25	Billib
Barr. Camargos	MG/Brasil	0,25	Eletróbrás
Barr. Emborcação	MG/Brasil	0,27	Eletróbrás
Barr. Nova Ponte	MG/Brasil	0,29	Eletróbrás
São Francisco/Três Marias	MG/Brasil	0,34	Eletróbrás
Lava Tudo	Brasil	0,36	IPH
Pelotas/P. Socorro	RS/Brasil	0,37	IPH
Warrangaba	Austrália	1,11	Mc Mahon
Diamantina	Austrália	1,19	Mc Mahon
Jaguaribe/Orós	CE/Brasil	1,24	SRH - Ce
Banabuiú/Sen. Pompeu	CE/Brasil	1,76	SRH - Ce

Fonte: CAMPOS (1997) ⁽¹⁶⁾

Por fim, existem ainda as incertezas inerentes aos processos naturais, as quais não podem ser reduzidas pelo uso de um modelo mais sofisticado ou pela coleta de mais informações. Elas não podem mudar e, assim, deve-se conhecê-las e incorporá-las ao planejamento.

3.5.1. A Determinação do Q_{90} Hoje

É prática corrente no planejamento de recursos hídricos a simulação do sistema utilizando os dados históricos disponíveis como sendo a melhor estimativa para as vazões futuras. A inconveniência desta análise é que a série histórica é apenas *uma* das possíveis seqüências do processo estocástico “sorteada” pela Natureza, sendo assim, o valor obtido é resultado de apenas uma das inúmeras seqüências possíveis. Devido aos elevados valores dos coeficientes de variação dos deflúvios anuais, este número não se constitui em um estimador eficiente das disponibilidades hídricas, uma vez que acarretaria uma imensa variabilidade nos valores de Q_{90} caso estes fossem

calculados a partir de séries de vazões afluentes distintas, induzindo o planejador a uma falsa sensação de certeza.

Há que se considerar ainda que, a vazão regularizada para ser univocamente determinada, é necessário que se especifique os parâmetros usados na simulação. Sabe-se que a mesma é função da média e do desvio padrão dos deflúvios anuais afluentes ao reservatório, da capacidade de acumulação e da geometria do reservatório, da evaporação média anual no lago, da garantia (ou probabilidade de falha do sistema), do horizonte de tempo usado na simulação e no volume inicial assumido para o reservatório. Uma vez que as cinco primeiras características são inerentes do reservatório e das condições hidro-climatológicas locais, e portanto constantes, a vazão regularizada passa a depender unicamente dos três últimos parâmetros. Sendo assim, para todo Q_r resultante da simulação deverão ser associadas e especificadas a garantia (que pode ser 90%, ou não), o horizonte de tempo escolhido e as condições iniciais assumidas para o reservatório.

3.5.2. Uma Alternativa Para a Determinação de Q_r

Uma alternativa para a determinação da vazão regularizada por um reservatório para uma determinada garantia Q_r está sendo desenvolvida na Universidade Federal do Ceará, em uma tese de doutorado do Curso de Doutorado em Recursos Hídricos. Ela se baseia na simulação estocástica do sistema, a qual proporciona meios para a geração de inúmeras seqüências independentes de vazões afluentes. Cada sorteio gera uma nova série, diferente da histórica, mas com as mesmas propriedades estatísticas e igualmente provável. Como as séries são distintas entre si, serão obtidos diversos resultados provenientes das simulações, ao invés de um único resultado, caso apenas a série histórica estivesse disponível, permitindo o planejador tomar sua decisão, baseado não em um evento isolado, mas na análise probabilística do fenômeno estudado e no risco que deseja assumir.

Sabe-se que:

$$Q_r = f (\mu, \sigma, V_0, H, K, G, E, \alpha)$$

Onde:

Q_r – vazão a ser regularizada pelo reservatório em questão;

μ - média dos deflúvios anuais afluentes ao reservatório;

σ - desvio padrão dos deflúvios afluentes;

V_0 - volume inicial assumido para o reservatório;

H – horizonte de planejamento (em anos);

K – capacidade do reservatório;

G – garantia (em %);

E – evaporação no reservatório e

α - fator de forma do reservatório.

Considerando que:

$CV = \sigma/\mu$ - coeficiente de variação

$f_k = K/\mu$ - fator adimensional de capacidade (Campos, 1987)⁽¹⁶⁾

$f_E = (3\alpha^{1/3}E_L) / \mu^{1/\#}$ - fator adimensional de evaporação, onde α é o fator de forma do reservatório e E_L a lâmina evaporada do reservatório durante a estação seca (Campos, 1987)⁽¹⁷⁾.

Se terá que:

$$Q_r = f (CV, f_k, f_E, V_0, H, G)$$

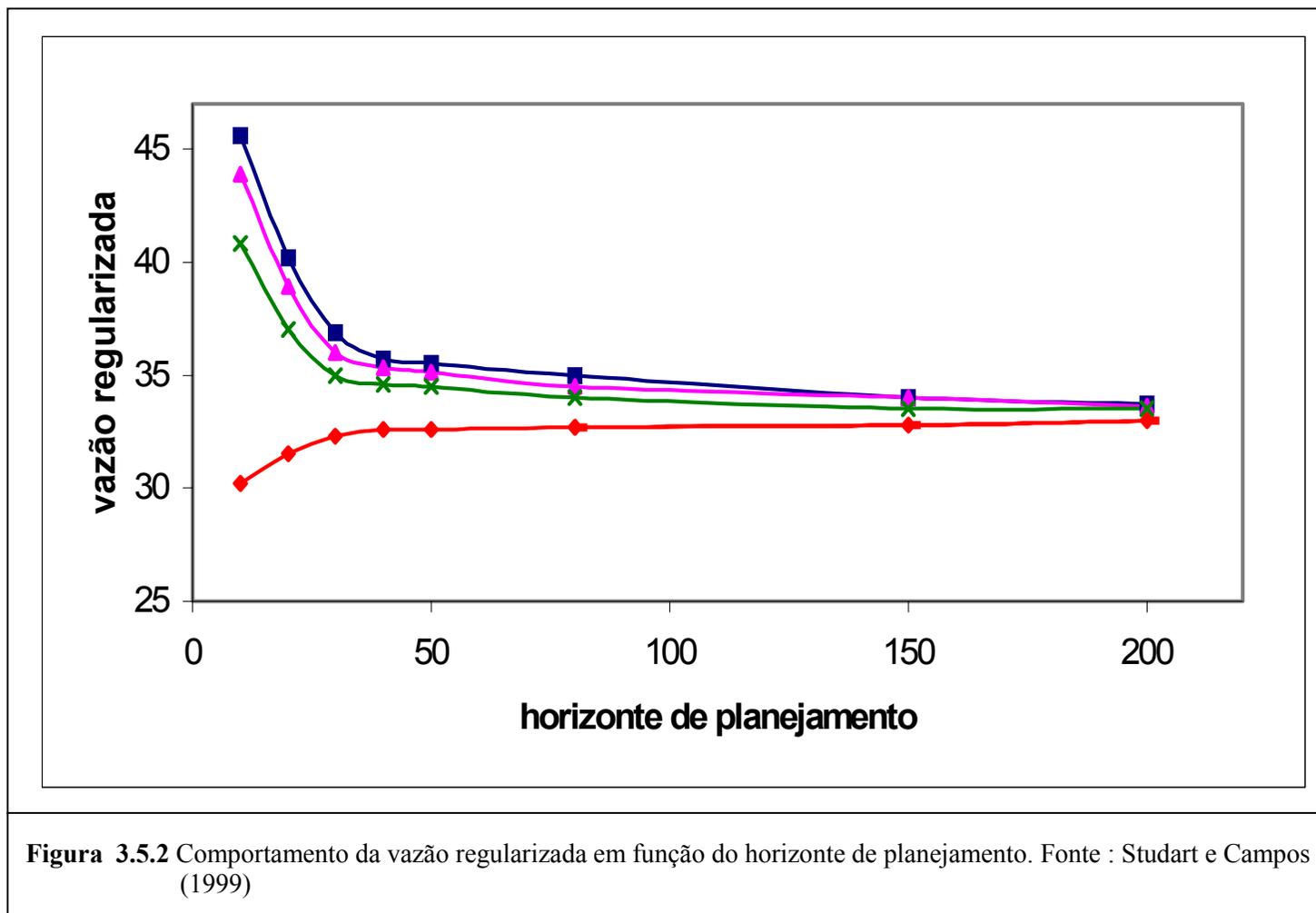
Considerando que os parâmetros CV, f_k e f_E são constantes para um dado reservatório, e fixando a Garantia (G) em 90%, Studart e Campos (1999)⁽¹⁸⁾ simularam o reservatório para vários valores de volume inicial e de horizonte de planejamento, e observaram que, embora inicialmente as condições iniciais tenham grande influência nos valores da vazão regularizada, com o passar do tempo esta influência vai se tornando cada vez mais tênue e, após um longo período o processo se estabiliza em uma condição de equilíbrio na qual a vazão regularizada independe do volume V_0 assumido inicialmente e do horizonte de planejamento H (Figura 3.5.2).

⁽¹⁷⁾ CAMPOS, J.N.B – **A Procedure for Reservoir Sizing on Intermittent Rivers Under High Evaporation Rate** – Fort Collins, Colorado State University (tese de doutorado), 1987.

⁽¹⁸⁾ STUDART, T.M.C. e CAMPOS, J.N.B. - **A Tomada De Decisão Sob Incerteza Na Gestão Dos Recursos Hídricos : O Caso Da Bacia Do Curu – Ceará** – Tese de Doutorado em recursos Hídricos em Desenvolvimento na Universidade Federal do Ceará, 1999)

Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe

VOLUME 3 - Estudos Complementares



Pode-se, então, considerar que o processo de armazenamento de um dado reservatório (cujos parâmetros CV , f_E e f_K são conhecidos e constantes) passa por dois estados distintos:

- **Estado transiente** - onde $Q_r = f(CV, f_E, f_K, V_0, H, G)$
- **Estado de equilíbrio** – onde $Q_r = f(CV, f_E, f_K, G)$

Sabe-se que, teoricamente, o processo só chegará ao estado de equilíbrio quando o horizonte de planejamento tender ao infinito. Studart e Campos (1999)⁽¹⁸⁾ simulando um reservatório no Ceará, com características hidro-climatológicas semelhantes às da bacia do Jaguaribe, para quatro condições de volume inicial – cheio, com metade de sua capacidade, com a metade do volume afluente médio anual e vazio – e seis horizontes de tempo - 10, 20, 30, 40, 50 e 5000 anos (este último simulando as condições de equilíbrio) e Garantia de 90% mostram as variações entre encontradas nos valores de Q_{90} ao se assumir diferentes V_0 e H . Os Q_{90} constantes no (Quadro 3.5.2.1), referem-se ao valor esperado das 100 simulações efetuadas para cada par (V_0, H) .

Quadro 3.5.2.1. Vazão regularizada média com 90% de Garantia – Q_{90} - em função do horizonte de planejamento e do volume inicial assumido para o reservatório (em hm^3/ano)

Volume Inicial	Horizonte de Planejamento (em anos)					
	10	20	30	40	50	5000
Cheio	45,6	40,2	36,9	35,7	35,5	33,3
Metade da capacidade	43,9	38,9	36,6	35,3	35,1	33,3
Vol. afluente médio/2	40,8	37,0	35,6	34,6	34,5	33,3
Vol. mínimo	30,2	32,1	32,3	31,9	32,6	33,3

Fonte: Studart e Campos, 1999⁽¹⁸⁾

O Quadro 3.5.2.1 mostra que no estado transiente as vazões regularizadas são bastante influenciadas pelo volume inicial e horizonte de planejamento assumido; para o horizonte igual a 10 anos e considerando o reservatório inicialmente cheio, por exemplo, chega-se a um Q_{90} igual a 45,6 hm^3/ano , 37% superior, portanto, àquele determinado na condição de equilíbrio (33,3 hm^3/ano). O trabalho desenvolvido na UFC procura encontrar em que condições se pode simular o reservatório para pequenos horizontes de planejamento como se o mesmo estivesse em condição de equilíbrio.

A função primordial de um reservatório é transformar influxos muito variáveis no tempo em vazões constantes (ou não muito variáveis). O exemplo em questão, como pode ser visto no (Quadro 3.5.2.2) transformou os deflúvios afluentes, altamente variáveis, com CV's da ordem de 1,2 em vazões regularizadas com menor variabilidade (para o horizonte de planejamento de 50 anos, os CV's se situaram entre 0,17 e 0,20).

Quadro 3.5.2.2. Coeficiente de variação das vazões regularizadas médias com garantia de 90% (Q_{90}) em função do horizonte de planejamento e do volume inicial assumido para o reservatório.

Volume Inicial	Horizonte de Planejamento (em anos)				
	10	20	30	40	50
Cheio	0,29	0,23	0,20	0,20	0,17
Metade da capacidade	0,28	0,24	0,20	0,20	0,17
Vol. afluente médio/2	0,29	0,25	0,21	0,21	0,18
Vol. mínimo	0,52	0,35	0,28	0,25	0,20

Fonte: Studart e Campos (1999)⁽¹⁸⁾

Embora a variabilidade tenha sido sensivelmente reduzida, há que se considerar que coeficientes de variação desta ordem (0,17 – 0,20), pequenos quando comparados ao valor anterior (1,2), são comparáveis a coeficientes de variação de precipitações em climas temperados (Quadro 3.5.2.3), ou seja, o erro na estimativa das vazões regularizadas para um horizonte de planejamento de 50 anos é comparável ao erro na estimativa das precipitações utilizando uma série de 30 anos de extensão em climas temperados (Quadro 3.5.2.4) e este risco deve ser incorporado no processo de planejamento.

Quadro 3.5.2.3. Coeficiente de variação das vazões regularizadas médias (Q_r) em função do horizonte de planejamento e do volume inicial assumido para o reservatório, considerando $CV=1,2$ e $f_k=1,6$

Volume Inicial	Horizonte de Planejamento (em anos)				
	10	20	30	40	50
Cheio	0,29	0,23	0,20	0,20	0,17
Metade da capacidade	0,28	0,24	0,20	0,20	0,17
Vol. afluente médio/2	0,29	0,25	0,21	0,21	0,18
Vol. mínimo	0,52	0,35	0,28	0,25	0,20

Fonte: Studart e Campos (1999)⁽¹⁸⁾

Quadro 3.5.2.4. Coeficientes de variação de precipitações anuais em algumas localidades do Brasil

Localidade	CV	Fonte
São Carlos – SP	0,21	VILLELA E MATOS (1975)
Porto Alegre – RS	0,22	ABRH (1993)
Cariús -CE	0,38	SRH
França - BA	0,41	ABRH,(1993)

Fonte: Studart e Campos (1999)⁽¹⁸⁾

3.6. A GESTÃO DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO JAGUARIBE

Existe um número infinito de modelos de gestão dos recursos hídricos. Eles podem variar nas características daqueles que tomam decisões - o governo, os usuários de água, um órgão independente ou todos os atores; na definição dos direitos à água - personalizado, ligado à terra, transferível, intransferível, quantificação absoluta ou proporcional à vazão atual e na alocação inicial baseada em ordem de prioridade de chegada, critérios administrativos e técnicos, ou leilões. As combinações possíveis são infinitas Kemper, (1996)⁽¹⁾; Studart, Campos e Costa, (1997)⁽¹⁹⁾.

Independentemente da adoção de um sistema de gestão bem estruturado, o Ceará já definiu alguns parâmetros para a outorga do direito de uso, ou seja, direito **personalizado e intransferível e quantificação absoluta** da quantidade outorgada, e vêm efetuando, desde 1995, através da Secretaria de Recursos Hídricos - SRH, a alocação inicial dos direitos de uso Studart, Campos e Costa, (1997)⁽¹⁹⁾.

3.6.1. Alocação Inicial dos Direitos de Uso na Bacia do Jaguaribe

Ciente do seu desconhecimento em torno das vazões regularizáveis de seus rios, o Ceará está efetuando, desde 1995, a outorga somente através de autorizações - modalidade de outorga passada unilateralmente ao particular, seja ela pessoa física ou jurídica; os prazos diminutos das validades, em geral em torno de 6 meses a 1 ano, e principalmente, o caráter precário das outorgas refletem esta preocupação.

Nos 5 anos que sucederam a publicação do Decreto Estadual nº 23.067/94, que instituiu a outorga de direito de uso no Ceará, 179 pedidos de outorga foram deferidos pela SRH na Bacia do Rio Jaguaribe, distribuídos espacial e temporalmente conforme Figura 3.6.1.

⁽¹⁹⁾ STUDART, T.M.C.; CAMPOS, J.N.B. e COSTA, A. M. – **A Alocação e o Uso dos Recursos Hídricos no Ceará**, Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória, Espírito Santo, novembro de 1997.

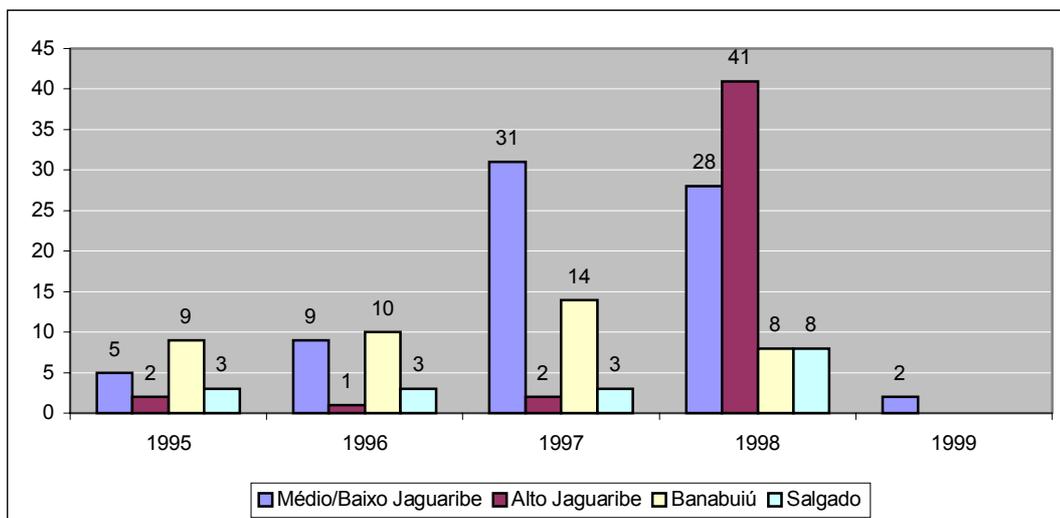


Figura 3.6.1. Distribuição das outorgas concedidas, por sub-bacia, nos anos de 1995, 1996, 1997, 1998 e 1999 (até fev/99 - Fonte: SRH)

Observa-se que as outorgas concedidas não se distribuem de uma maneira equitativa entre as sub-bacias; o Médio/Baixo Jaguaribe responde por 41,9%, seguido pelo Alto Jaguaribe (25,7%), Banabuiú (22,9%) e Salgado (3%). O número de outorgas vem crescendo continuamente: em 1995 foram concedidas 19 outorgas, em 1996, 23, em 1997, 50 e em 1998, 85; até fevereiro de 1999, duas outorgas foram concedidas.

Praticamente todas as outorgas se destinam à irrigação, sendo os usuários predominantemente pequenos irrigantes; as culturas irrigadas são, de uma maneira geral, culturas de subsistência como milho e feijão e culturas de baixo valor, como a cana-de-açúcar, capim para o gado e arroz. As chamadas “culturas de alto valor” como as frutas e os legumes aparecem com um percentual reduzido.

3.6.1.1. Motivação Para a Solicitação da Outorga

O nível de conscientização da importância da solicitação da outorga como instrumento de formalização de seu direito ainda é muito variado, indo de extremos como, garantir o fornecimento de água para empreendimentos futuros, através de uma outorga “pré-datada”, o chamado compromisso de outorga, ao completo desinteresse pelo assunto Studart, Campos e Costa, (1997)⁽¹⁹⁾. Entretanto, nota-se que, independentemente do nível de conscientização do solicitante, a principal motivação das solicitações de outorga, se constitui, sem dúvida, na exigência da outorga pelas instituições

bancárias - Banco do Brasil, Banco do Estado do Ceará-BEC e Banco do Nordeste do Brasil -BNB - para liberação das linhas de crédito solicitadas pelos irrigantes.

Segundo técnicos da SRH, durante o programa Frente de Produção, em 1998, financiado pelo Banco do Nordeste do Brasil, foram solicitadas cerca de 1.500 outorgas para todo o Estado do Ceará, sendo atendidas em torno de 2/3 do total. Estes pedidos, em virtude da especificidade, não estão computadas nos números divulgados por aquela Secretaria.

3.6.2. As Ações no Vale do Jaguaribe Hoje

A atual política de gestão dos recursos do Ceará enfatiza a gestão da demanda, englobando formalização do direito de uso, cobrança de água, campanhas educativas e a descentralização das decisões através do incentivo da participação dos usuários nos comitês de bacias. Entretanto, a internalização, por parte dos usuários, desta nova forma de ver a água - um bem econômico - não acontece de forma imediata. Isto é evidenciado pelo ainda pequeno número de pedidos de outorga, decorrente, de certo, do decreto estadual que implantou a cobrança pelo uso da água no Estado Studart, Campos e Martins, (1997).

Medidas vêm sendo tomadas no sentido de incluir os atores sociais nas instâncias onde as decisões são tomadas. As atividades de apoio à organização dos usuários na Bacia do Jaguaribe se iniciaram em julho de 1994, com a realização do *I Seminário dos Usuários das Águas dos Vales Perenizados do Jaguaribe e Banabuiú*, o qual teve como objetivo incutir o conceito de democratização da gestão das águas, através do envolvimento dos usuários da água, da sociedade civil e dos poderes públicos da região nas decisões sobre a operação dos reservatórios Orós e Banabuiú (COGERH, 1999)⁽²⁰⁾. Desde então vêm sendo realizados mensalmente, nos vários municípios integrantes da bacia do Jaguaribe, os chamados Encontros Municipais de Gerenciamento de Recursos Hídricos, onde são discutidos o papel da COGERH na nova política de gerenciamento de bacias hidrográficas no Estado, a problemáticas da água naquele município e definidos os representantes municipais para a Comissão de Usuários da sub- bacia correspondente.

⁽²⁰⁾ COGERH – **Relatório de Atividades nas Bacias do Baixo, médio Jaguaribe e Banabuiú** – relatório interno, Ceará, 1999.

Em junho de 1998 foi realizado o Congresso de Constituição do Comitê da Sub Bacia do Baixo Jaguaribe, composto por 46 membros, sendo 30% de representantes dos usuários, 30% da sociedade civil, 20% do poder público municipal e 20% do poder público estadual e federal. Em dezembro de 1998 foi realizado o Congresso de Constituição do Comitê da Sub-Bacia do Médio Jaguaribe, composto por 30 membros, com a mesma proporcionalidade do Comitê anterior (COGERH, 1999)⁽²⁰⁾.

Segundo o Estatuto de cada comitê, o mesmo deverá reunir-se ordinariamente 02 vezes ao ano; no início do primeiro semestre deverá ser avaliada a operação do(s) reservatório(s) no ano anterior e no início do segundo semestre, será definida a operação do(s) reservatórios para aquele período. O comitê poderá ser reunido, extraordinariamente, sempre que necessário.

3.6.3. Obstáculos e Desafios à Nova Gestão

Os arranjos institucionais formais para a nova gestão das águas na Bacia parecem estar muito claros, e lógicos, na percepção dos técnicos das várias instituições. Entretanto é preciso observar os arranjos informais e culturais predominantes na população local, ou seja o seu *capital social*. Eis alguns obstáculos :

- **Falta de conhecimento detalhado sobre o usuário de água** – O órgão gestor não dispõe de informações detalhadas quanto à área irrigada, às culturas e ao métodos de irrigação utilizados. O cadastramento dos usuários da bacia é condição indispensável para a nova gestão das águas.
- **Desconhecimento da quantidade de água consumida** - Os consumidores desconhecem o volume de água que utilizam. A falta de informação, tanto por parte do consumidor como do fornecedor constitui, sem dúvida, um sério obstáculo para a gestão da demanda. Há que se promover a hidrometração da quantidade de água efetivamente utilizada por cada usuário.
- **Percepção do usuário quanto às secas** - A seca é vista como uma situação emergencial; contudo, estudos técnicos deixam claro que a água hoje só será suficiente se for bem administrada. Uma gestão inadequada poderá trazer problemas de escassez de água, mesmo em anos normais.

- **Percepção do usuário quanto aos seus direitos de uso da água** – De uma maneira geral, os usuários acreditam que a posse da água está baseada no seu consumo histórico e não nos direitos definidos por lei. Segundo os contratos, os colonos dos projetos de irrigação públicos têm direito à terra e à água, e até hoje foram considerados prioridade pelo DNOCS. Embora os contratos não estipulem a quantidade, asseguram seu direito de receber a água. Neste caso se situam, além dos colonos, as agroindústrias eventualmente convidadas pelo DNOCS para arrendar terra em seus projetos.

A participação dos usuários no processo de decisão se constitui em um dos fundamentos à nova política de gestão de águas. Todavia, a vontade de participar pelos usuários e a aceitação da participação dos usuários por parte das lideranças políticas da região se constituem no real desafio.

A participação do público pode se dar em dois principais aspectos: primeiro na definição de novas estruturas hidráulicas que venham a ser construídas na bacia; segundo, no manejo dos estoques de águas dos reservatórios.

Por outro lado, no que diz respeito ao manejo dos estoques de água dos reservatórios, o público já começa a participar de seminários anuais que acontecem ao final do período chuvoso. Esse ponto tem se constituído o principal diferencial entre a nova e a velha política de águas. A participação torna-se mais importante nos anos deficitários em termos hidrológicos. Esse mecanismo de participação localizada deve ser entendido como o caminho para uma participação pública mais abrangente.

Nesses aspectos, há grandes desafios para a Agência de Bacia (COGERH) e ao comitê de sub-bacia. O primeiro para agir como indutor da participação e como braço técnico e o segundo como agente catalisador desta nova cultura, fazendo as vezes de ponte entre os usuários e a agência de água e entre o modelo teórico e a realidade.

A ênfase na demanda , água como bem econômico e novos arranjos institucionais apontam na direção de uma nova fase na gestão das águas, onde a teoria econômica e os instrumentos de gestão interagem.

Outra questão importante, além da busca por uma gestão mais eficiente, é onde a água economizada será alocada. Se esta água for usada inteiramente para satisfazer as necessidades ilimitadas de crescimento urbano, por exemplo, estará claro que os problemas relacionados a sua escassez serão recorrentes a qual envolve mecanismos que induzem a níveis e padrões mais desejáveis do uso da água.



LEGENDA

- ÁREA INUNDADA NA CHEIA DE 1985
- FOTO 2.3.4. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FOTOGRAFADOS

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH	
PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO JAGUARIBE	
Projeto : Voto : Verificado : Aprovado :	Título : Arquivo : Data de Elaboração : Escala : Nº do Desenho :
MAPA DE ÁREA CRÍTICA CIDADE DE IÇÓ	
Arquivo : Figura_2-2-1.dwg Data de Elaboração : Abril/00 Escala : 1 : 4000 Nº do Desenho : Figura 2.2.1	



LEGENDA

ÁREA INUNDADA NA CHEIA DE 1985

FOTO 2.3.4 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FOTOGRAFADOS

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO JAGUARIBE

Projeto :	Título :	Arquivo :
Auto :		Figura_2.2.3.1.dwg
Verificado :		Data de Criação :
Apovado :		Abri/00
		Escala :
		1 : 7500
		Nº do Desenho :
		Figura 2.2.3.1

MAPA DE ÁREA CRÍTICA
CIDADE DE JAGUARIBE

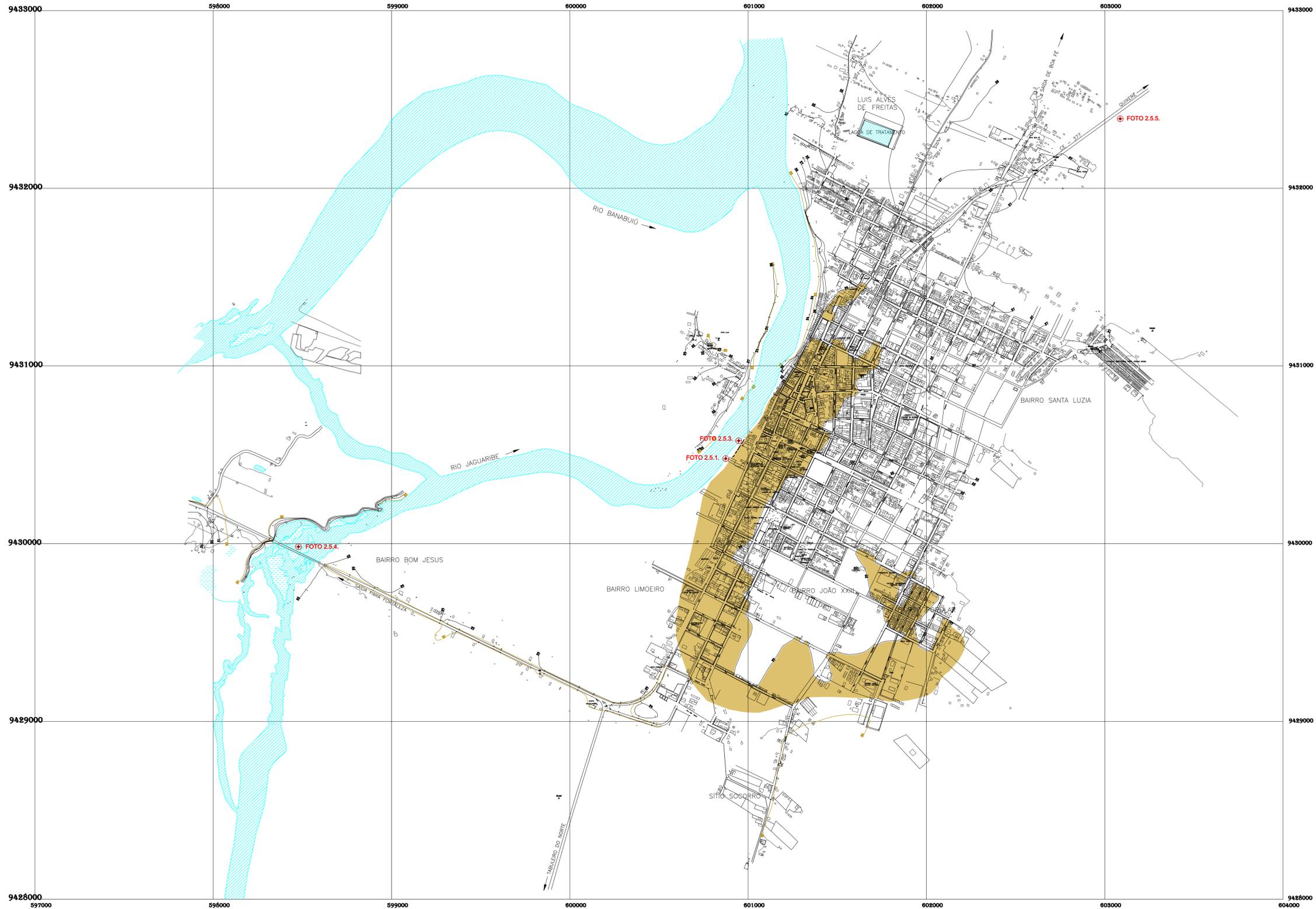


LEGENDA

- ÁREA INUNDADA NA CHEIA DE 1985
- LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FOTOGRAFADOS

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH			
PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO JAGUARIBE			
<small>Projeto :</small>	<small>Título :</small>	<small>Arquivo :</small>	<small>Figura_2-24-1.dwg</small>
<small>Voto :</small>		<small>Data de Emissão :</small>	<small>Abril/00</small>
<small>Verificado :</small>		<small>Escala :</small>	<small>1 : 12.500</small>
<small>Aprova :</small>		<small>Nº do Desenho :</small>	<small>Figura 2.2.4.1</small>

**MAPA DE ÁREA CRÍTICA
CIDADE DE MORADA NOVA**



LEGENDA

ÁREA INUNDADA NA CHEIA DE 1985

FOTO 2.3.4 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FOTOGRAFADOS

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO JAGUARIBE

Projeto :	Título :	Figura : 2-2.5-1.dwg
Visto :	Data de Emissão :	Abri/00
Verificado :	Escala :	1 : 10.000
Aprovado :	Nº de Desenho :	Figura 2.2.5.1

MAPA DE ÁREA CRÍTICA
CIDADE DE LIMOEIRO DO NORTE

SUMÁRIO

DIAGNÓSTICO

VOLUME - 1 ESTUDOS DE BASE DE HIDROLOGIA

TOMO I - Atualização e Análise de Dados Hidrometeorológicos

Capítulo 1 – Atualização de Dados Hidrometeorológicos

Capítulo 2 – Análise de Consistência de Dados Pluviométricos e Fluviométricos

TOMO II - Estudos de Oferta Hídrica

Capítulo 1 – Estudos de Oferta Hídrica Superficial

Capítulo 2 – Estudos de Oferta Hídrica Subterrânea

TOMO III - Estudo do Impacto Cumulativo da Pequena Açudagem

Capítulo 1 – Estudo do Impacto Cumulativo da Pequena Açudagem

VOLUME - 2 ESTUDOS DE DEMANDA

Capítulo 1 – Introdução

Capítulo 2 – Demanda Hídrica para Abastecimento Humano

Capítulo 3 – Demanda Hídrica para Abastecimento Industrial

Capítulo 4 – Demanda Hídrica para Irrigação

Capítulo 5 – Demanda Hídrica Agregada

VOLUME – 3 ESTUDOS DE BALANÇO OFERTA x DEMANDA

Capítulo 1 – Consolidação da Oferta Hídrica na Bacia

Capítulo 2 – Consolidação da Demanda Hídrica na Bacia

Capítulo 3 – Balanço Oferta x Demanda

VOLUME – 4 ESTUDOS AMBIENTAIS

Capítulo 1 – Análise de Estudos de Impacto Ambiental

Capítulo 2 – Análise do Uso e Ocupação do Solo na Bacia

Capítulo 3 – Análise da Situação das Matas Ciliares

Capítulo 4 – Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais

Capítulo 5 – Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas

VOLUME – 5 ESTUDOS COMPLEMENTARES

Capítulo 1 – Resenha de Estudos Anteriores

Capítulo 2 – Metodologia de Avaliação do Custo da Água

Capítulo 3 – Avaliação do Custo pelo Uso da Água Bruta na Bacia do Jaguaribe

VOLUME - 6 ANEXOS

PLANEJAMENTO

VOLUME 1 - PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

- Capítulo 1 – Elaboração das Projeções de Demanda
- Capítulo 2 – Consolidação da Oferta Hídrica na Bacia
- Capítulo 3 – Balanço Oferta x Demanda

VOLUME 2 - ESTUDOS AMBIENTAIS

- Capítulo 1 – Medidas de Proteção de Mananciais
- Capítulo 2 – Avaliação das Possibilidades de Reuso das Águas

VOLUME 3 - ESTUDOS COMPLEMENTARES

- Capítulo 1 – Avaliação do Grau de Saturação da Açudagem na Bacia
 - Capítulo 2 – Estudo de Cheias no Vale do Jaguaribe
 - Capítulo 3 – Medidas de Gestão da Demanda
-

PROGRAMAS DE AÇÕES

VOLUME 1 – PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

- Capítulo 1 – Considerações Iniciais
- Capítulo 2 – Síntese dos Estudos Ambientais
- Capítulo 3 – Propostas de Conservação Ambiental
- Capítulo 4 – Aspectos Legais e Institucionais
- Capítulo 5 – Programas a Serem Desenvolvidos

VOLUME 2 – PROGRAMA DE ABASTECIMENTO DOS NÚCLEOS URBANOS

- Capítulo 1 – Introdução
- Capítulo 2 – Programação de Investimentos
- Capítulo 3 – Estimativa de Custo por Adutora

VOLUME 3 – PROGRAMA DE MONITORAMENTO

- Capítulo 1 – Introdução
- Capítulo 2 – Bases Conceituais do Monitoramento Proposto
- Capítulo 3 – Tratamento da Informação, Equipes, Recursos Materiais e Financeiros para o Monitoramento das Águas da Bacia
- Capítulo 4 – Programa de Monitoramento Quantitativo das Águas da Bacia
- Capítulo 5 – Programa de Monitoramento Qualitativo das Águas da Bacia

VOLUME 4 – PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

- Capítulo 1 – Introdução
- Capítulo 2 – Programa de Cobrança
- Capítulo 3 – Sub-Programa de Hidrometração

VOLUME 5 – PROGRAMA DE ESTUDOS E PROJETOS

- Capítulo 1 – Introdução
- Capítulo 2 – Estudos Ambientais
- Capítulo 3 – Recursos Para o Monitoramento das Águas da Bacia
- Capítulo 4 – Estudos e Projetos Específicos

VOLUME 6 – ANEXO : EIXO DE INTEGRAÇÃO JAGUARIBE - ICAPUÍ

