

MINISTÉRIO DO EQUIPAMENTO SOCIAL
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

CONFIDENCIAL

DÉPARTAMENTO DE HIDRÁULICA
Núcleo de Hidráulica de Estruturas

Proc. 605/1/11926

**PLANO PARA
A UTILIZAÇÃO INTEGRADA
DOS RECURSOS HÍDRICOS
DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO CUNENE
SÍNTESE**

RELATÓRIO 202/01 — NHE

Lisboa, Julho de 2001

Estudo realizado para o Instituto da Cooperação Portuguesa

I&D
HIDRÁULICA

PLANO PARA A UTILIZAÇÃO INTEGRADA
DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO CUNENE
SÍNTESE

PLAN FOR INTEGRATED USE OF CUNENE RIVER
BASIN WATER RESOURCES
SYNTHESIS

PLAN POUR L'UTILISATION INTEGRÉE DES RESSOURCES
HYDRIQUES DE LA BASSIN CUNENE
SYNTHÈSE

PLANO PARA A UTILIZAÇÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUNENE

NOTA INTRODUTÓRIA

O presente Relatório faz é uma síntese de um conjunto de documentos elaborados para o Instituto da Cooperação Portuguesa. Constitui objectivo geral do trabalho a elaboração do Plano para a Utilização Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cunene.

Sendo a elaboração do Plano uma tarefa multidisciplinar foi considerado desejável dar independência ao relato do trabalho de cada equipa, que contribui para o objectivo final. Por consequência, cada relatório foi constituído por uma colecção de volumes.

1º RELATÓRIO

- VOLUME 1 - SÍNTESE (abandonado)
- VOLUME 2 - CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DAS DISPONIBILIDADES DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
- VOLUME 3 - CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO PRELIMINAR DAS DISPONIBILIDADES EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
- VOLUME 4 - INVENTARIAÇÃO DOS RECURSOS EM TERRAS COM POTENCIALIDADES PARA O REGADIO
- VOLUME 5 - CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE REFERÊNCIA AMBIENTAL
- VOLUME 6 - A ECOLOGIA SOCIAL DA BÁCIA - CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR
- VOLUME 7 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS
- VOLUME 8 - INVENTARIAÇÃO DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

2º RELATÓRIO

- VOLUME 1 - SÍNTESE (abandonado)
- VOLUME 2 - CARACTERIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
- VOLUME 3 - CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
- VOLUME 4 - AVALIAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ÁGUA
- VOLUME 5 - FORMULAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE APROVEITAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

3º RELATÓRIO

VOLUME 1 - OPTIMIZAÇÃO E SIMULAÇÃO DO SISTEMA HIDROELÉCTRICO
DO ALTO CUNENE

VOLUME 2 - SIMULAÇÕES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUNENE

O trabalho foi executado em articulação com técnicos angolanos. Espera-se que os elementos incluídos no conjunto destes documentos possam trazer contributos pertinentes para a implementação do Plano Geral do Rio Cunene.

Julho de 2001

O Coordenador do Projecto

João Soromenho Rocha

PLANO PARA A UTILIZAÇÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUNENE

SÍNTESE

Resumo

Com o objectivo de ser feito um Plano para a Utilização Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cunene, foram desenvolvidos estudos por uma equipa multidisciplinar. Além de uma introdução, a síntese contém uma descrição dos estudos antecedentes, a caracterização das infraestruturas existentes, refere os acordos internacionais, indica os documentos de base, caracteriza sumariamente a bacia hidrográfica, faz a avaliação das disponibilidades hídricas, das águas superficiais e subterrâneas, a avaliação das necessidades de água e a caracterização do estado de referência ambiental. De seguida, após a formulação das estratégias de aproveitamento de recursos hídricos, apresenta as simulações efectuadas e conclui com a definição do Plano para a Utilização Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cunene.

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1 - Comparação dos vários esquemas gerais da bacia do rio Cunene	3
Figura 2 - Localização da bacia do rio Cunene	4
Figura 3 - Bacia e rede hidrográfica do rio Cunene	4
Figura 4 - Perfil longitudinal do rio Cunene	43
Figura 5 - Carta geológica da bacia do rio Cunene	40
Figura 6 - Zonas climáticas na bacia do rio Cunene	49
Figura 7 - Temperatura anual média na bacia do rio Cunene	51
Figura 8 - Precipitação anual média na bacia do rio Cunene	53
Figura 9 - Solos dominantes na bacia do rio Cunene	59
Figura 10 - Zonas fitogeográficas na bacia do rio Cunene	60
Figura 11 - Recursos de pastagem natural na bacia do rio Cunene	62
Figura 12 - Zonas agro-económicas na bacia do rio Cunene	66
Figura 13 - Contribuição das Províncias para o total da população da bacia do Cunene	68
Figura 14 - Delimitação geográfica da bacia do Cunene por Municípios	71
Figura 15 - Estruturas demográficas das províncias de Huambo, Huíla e Cunene em 1990	75
Figura 16 - Postos udométricos e estações climatológicas e meteorológicas	79
Figura 17 - Estações hidrométricas	80
Figura 18 - Esquematização do processo para completar os dados de cada uma das estações hidrométricas	81
Figura 19 - Diferença das médias e dos desvios padrões de valores gerados e históricos	83
Figura 20 - Variação da média ponderada sobre a bacia do Cunene definida em Quiteve	83
Figura 21 - Evolução da precipitação do Huambo	84
Figura 22 - Evolução da precipitação na Huíla	85
Figura 23 - Sincronização e modulação entre a precipitação na Huíla e o escoamento em Ruacaná	87
Figura 24 - Sincronização e regressão entre os escoamentos em Namukulungo e Ruacaná	87
Figura 25 - Relação anual entre a precipitação na Huíla e o escoamento em Ruacaná	87
Figura 26 - Validação do modelo com as anteriores estimativas em Calueque	87
Figura 27 - Curva de duração de escoamentos mensais em Ruacaná	87

Figura 28 - Escoamento anual em Ruacaná	87
Figura 29 - Mapa de aquíferos da bacia do rio Cunene	89
Figura 30 - Áreas para irrigação na bacia do Cunene	109
Figura 31 - Esquema inicial do rio Cunene para simulação do programa IRAS	147
Figura 32 - Segundo sistema do rio Cunene para simulação do programa IRAS	152
Figura 33 - Terceiro sistema do rio Cunene para simulação do programa IRAS	155
Figura 34 - Sistema CuneneB2 para simulação do programa IRAS	156
Figura 35 - Sistema CuneneB3 para simulação do programa IRAS	157
Figura 36 - Sistema CuneneB4 para simulação do programa IRAS	158
Figura 37 - Sistema CuneneB5 para simulação do programa IRAS	159
Figura 38 - Exemplo de conjuntos de gráficos com os resultados das simulações	172
Figura 39 - Exemplo das distribuições de probabilidade dos resultados das simulações	174

ÍNDICE DOS ANEXOS

Anexo 1 – Acordo entre o Governo de Portugal e o Governo da República da África do Sul
sobre a 1ª fase do Aproveitamento dos Recursos Hídricos da bacia do Cunene

Anexo 2 – Referências documentais

Anexo 3 – Ficheiros de caudais

PLANO PARA A UTILIZAÇÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUNENE

SÍNTESE

1. INTRODUÇÃO

O conceito de plano, para a utilização dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica de um rio, pode ter numerosos significados, e ser definido de diferentes modos, por diferentes grupos ou indivíduos. Tal diversidade é causada principalmente pelos diferentes problemas existentes nessa bacia. Por sua vez, os problemas são uma função directa das características físicas dessa bacia e da sociedade que utiliza os recursos hídricos.

Entre outras diversidades possíveis de ocorrer, o plano pode ser de nível nacional, regional, ou local; pode querer atingir objectivos a longo prazo ou a curto prazo; pode dizer respeito a regiões húmidas ou a regiões áridas ou semi-áridas; englobar apenas as águas superficiais, ou as águas subterrâneas, ou ambas em conjunto; ser respeitante a países industrializados ou a países em desenvolvimento; a bacias inteiramente de um país ou a bacias internacionais envolvendo vários países, etc.

A tentativa de extrapolação dos métodos, dos parâmetros mais significativos, das estratégias e dos conceitos económicos àquelas ligados, de uma bacia para outra, pode conduzir a planos desajustados da realidade e, por consequência, a difícil implementação posterior, se não atender às especificidades inerentes à bacia hidrográfica em análise.

Esta tentativa de extrapolação de planeamento será obviamente tanto mais desadequada à realidade, quanto maiores forem as diferenças entre as bacias em causa, a que serviu de modelo e aquela em que vai ser tentada a extrapolação.

Isto é particularmente importante quando está em causa o plano para a utilização dos recursos hídricos em países em desenvolvimento. Nesta situação devem ser tidos em conta, com particular atenção, três objectivos gerais.

Um deles é a simples melhoria da qualidade de vida e de bem estar das populações, fornecendo bens e serviços, com programas de treino e de educação. Deve ser garantido um abastecimento de água seguro, uma melhoria da saúde pública, e sempre que necessário água para irrigação.

Outro objectivo geral envolve a melhoria da qualidade de vida e do bem estar social pela modificação do estilo de vida. São exemplos, a sedentarização de povos nómadas, a mudança de métodos de agricultura e o estabelecimento de novos centros populacionais.

Um terceiro objectivo, dir-se-á indirecto, está associado ao facto de haver investimentos para a construção das infra-estruturas necessárias ao aproveitamento dos recursos hídricos. Esses investimentos darão origem a mais emprego e estimularão a economia e farão aumentar a taxa de desenvolvimento económico.

Atendendo ao referido, o Plano para a Utilização Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cunene, teve em atenção a Metodologia prevista no Relatório Inicial de Outubro de 1989, mas com as alterações resultantes, quer da adequação dos objectivos específicos, que resultarem de uma pormenorização só possível de atingir ao longo do próprio trabalho, quer da evolução dos conceitos internacionalmente aceites sobre planeamento dos recursos hídricos, que têm evoluído ao longo dos últimos anos.

Com efeito, a iniciativa de elaboração de um Plano foi inicialmente tomada em Junho de 1989, no âmbito da SADCC - *Southern African Development Coordination Conference*, tendo sido promovido pelo Governo Português, através do Secretário de Estado dos Negócios Estrangeiros e Cooperação, sendo incluído no "Projecto Energético 3.0.5". Com o decorrer do tempo, verificou-se ser também muito importante o apoio a Angola nas negociações de partilha de água com a Namíbia. Por outro lado, devido à situação de guerra, dando origem a deslocações das populações, nem sempre fácil de seguir, as variações da ocupação da bacia vão impõem dificuldades acrescidas, a todos os níveis, na previsão das necessidades de água.

Por várias razões, nomeadamente, a vantagem de interligar temporalmente a elaboração do Plano com o estudo de viabilidade do aproveitamento de Epupa, a dificuldade de realizar deslocações na bacia do rio Cunene, limitando drasticamente os trabalhos de campo, e atendendo à intenção inicial de concentração dos trabalhos em pouco mais de um ano, conduziu à admissão de que o pleno desenvolvimento do Plano deveria contemplar o posterior aprofundamento de alguns temas. Mas o essencial seria atingido no Plano apresentado.

De acordo com a Organização e Programação dos Estudos a 1ª fase do trabalho incluiu os elementos respeitantes à:

- i) recolha adicional de dados hidro-meteorológicos;
- ii) caracterização sumária da bacia hidrográfica;
- iii) avaliação das disponibilidades hídricas;
- iv) avaliação das necessidades de água;
- v) caracterização ambiental preliminar;
- vi) caracterização preliminar das infra-estruturas existentes.

Nas restantes fases do trabalho foram apresentados os outros elementos, tais como a formulação de estratégias de aproveitamento dos recursos hídricos, a sua análise e a selecção das mesmas.

Os Relatórios elaborados foram divididos em vários volumes, sendo cada volume, além desta Síntese, respeitante aos temas com significativa importância de trabalho desenvolvido por cada equipa de trabalho.

2. ANTECEDENTES

2.1 Introdução

No final de elaboração do estudo que conduziu à elaboração do presente Plano foi publicado, em 1999, pelo LNEC um livro da série Testemunhos, intitulado "O Aproveitamento do Rio Cunene. Sua importância internacional e para o Sul de Angola", da autoria do Sr. Eng.º Rui Sanches. Entre outros muitos cargos técnicos e políticos este

Engenheiro foi um dos responsáveis pelo Plano Geral do Aproveitamento Hidroeléctrico da Bacia do Cunene a montante de Matala e pelo Projecto do Aproveitamento Hidroeléctrico do Gôve, também no rio Cunene.

Devido à sua intensa actividade no rio Cunene o seu testemunho é muito rico e pormenorizado. Por isso, a consulta deste livro é aconselhável para complementar a informação desenvolvida neste capítulo. Com efeito, naquela publicação é feita uma análise histórica do rio Cunene que recua até ao século XVII. Neste Relatório de Síntese, elaborado anteriormente à edição do referido livro, apenas são contempladas as referências técnicas do século XX.

2.2 Estudos da Comissão Técnica Mista, 1926

A primeira referência encontrada com esta data diz respeito aos Acordos de 1 e de 22 de Junho de 1926 (este na Cidade do Cabo), tendo sido o primeiro publicado no Boletim Oficial - I Série de 8 de Janeiro de 1927. No segundo Acordo foi estabelecida a linha de fronteira.

Depois de celebrado os acordos entre Portugal e a União Sul-Africana, foram escritos no Boletim da Agência Geral das Colónias, pelo Engenheiro Carlos Roma Machado, três artigos referentes ao aproveitamento hidráulico do Cunene. Foram eles respectivamente "O rio Cunene na fronteira Sul de Angola" (n.º 18, Dezembro de 1926), "A região Cuamato-Cuanhama celeiro do planalto. Sua questão indígena e relação com a fronteira Sul de Angola. Repovoação e cultura" (n.º 19, Janeiro de 1927) e "Missão de estudo e derivação das águas do rio Cunene" (n.º 42, Dezembro de 1928).

Nesses artigos são referidas as medições dos caudais mínimos de estiagem nos anos de 1914, 1916 e 1920, respectivamente 3 m³/s e 7 m³/s nas duas últimas datas. Apresentava-se também um esboço do aproveitamento hidroeléctrico de Naulila às quedas do Ruacanã.

Quando se procedeu à delimitação de fronteiras, foram ainda tidas em consideração as carências hídricas do Sudoeste Africano, tendo-se, então, comprometido Portugal a fornecer-lhe água para fins humanitários e a estudar a possibilidade duma derivação do rio, por

gravidade, mediante a construção duma barragem no Calueque. No acordo de 1 de Junho foi previsto "regular o uso da água do rio Cunene, produzir energia eléctrica, inundação e irrigação no território mandatado do Sudoeste Africano". Por este Acordo, permitia-se construir e o direito de utilizar determinadas obras no Cunene, dentro do território de Angola. A produção de energia aparecia no Acordo em dispositivos localizados e definidos, o mesmo não acontecendo quanto à captação e transporte de água para o Sudoeste, que ficava pendente de estudos ulteriores.

No mesmo Acordo foi criada uma Comissão Técnica Mista para estudar e reunir elementos sobre o regime de águas do rio Cunene, na fronteira sul de Angola, e analisar as potencialidades da região. Nas principais conclusões dos trabalhos da Comissão Técnica Mista (reunida em 1927), destaca-se a escassez de elementos e as grandes dificuldades existentes no prosseguimento dos estudos. Houve o desacordo sobre a altura do açude a construir no Calueque e as enormes áreas que seriam inundadas nos territórios de Angola, o que obrigaria a grande inundação. Por último, foi verificado que o caudal, que iria passar pela queda do Ruacaná, nunca poderia vir a ter um regime permanente suficiente, sem grandes despesas de açudes, e que tal estudo implicaria o estabelecimento de um novo Convénio entre os dois países.

2.3 Estudos da Missão ao Sul de Angola, 1946

Em 9 de Junho de 1943 foi publicado o decreto n.º 32840, cuja doutrina estabeleceu que o "estudo de aproveitamentos hidroagrícolas apresenta o maior interesse para o fomento e prosperidade de Angola". Em seguimento da doutrina foi criada a Brigada Autónoma Hidroagrícola de Angola, à qual se fixou que "os seus trabalhos deveriam ser iniciados na região da Humpata, nomeadamente na bacia das Neves e no rio Tchimpumpunhime". Nessa região encontrava-se um importante núcleo de colonização da Chibia, fundado em 1885, a mais de 1500 m de altitude e clima tipo metropolitano. Em 1944 havia um problema de natureza económico-social que carecia de solução urgente.

Nessa altura foi prevista a albufeira de Palanca, para beneficiar uma área de 1600 hectares, repartidos pelos blocos da Chibia e da Mupaca, no planalto do Huíla. Esta albufeira

com o NPA à cota 1870 m, era criada por uma barragem com 16 m de altura, e tinha um volume de 14,3 Hm³, subindo este para 22,3 Hm³ à cota do NMC de 1871,5 m, para uma bacia afluyente de 323 km².

Na estiagem de 1946 foi efectuada uma "Missão ao Sul de Angola", chefiada pelo Engenheiro Trigo de Moraes, com a finalidade de inspeccionar os trabalhos da Brigada Autónoma e para promover que os estudos da mesma se ultimassem sem mais delonga sob solução mais conveniente na técnica, na economia e fim social. Daí resultou a possibilidade de aumentar a área de regadio para 2335 hectares no planalto do Huíla, derivado somente da adopção de uma alternativa para o descarregador de cheias.

O relatório da "Missão ao Sul de Angola" reúne os estudos existentes sobre a bacia hidrográfica a sul da Matala, realizadas quer por Portugal quer pela África do Sul, e apresenta um esquema do aproveitamento hidroeléctrico, hidroagrícola e pecuário, Figura 1. Esta Missão enquadrava-se na Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola do Ministério das Obras Públicas e Comunicações.

O esquema elaborado por esta Missão incluía treze aproveitamentos e uma derivação de águas para o Sudoeste Africano, a montante de Calueque. Foram propostos seis aproveitamentos hidroeléctricos, com uma energia produtível de 309 GWh no total, dos quais quatro no rio Cunene, Matala, Iacavala, Ruacanã e Santa Maria, e dois no rio Caculavar, afluyente da margem direita, NPombo e Cahama; uma exploração pecuária com 420 000 hectares na zona da Mulola Mucope, entre a Matala e a confluência com o rio Cului; e sete áreas de beneficiação hidroagrícola, Capelongo, Quiteve-Humbe, Quihita, Cahama-Humb Dongoena, Calueque e Chitado, num total de 42 500 hectares, desde o Capelongo (imediatamente a jusante da Matala), ao aproveitamento do médio Cunene e junto aos dois aproveitamentos do Caculavar. Também tinha um apêndice com a análise do ferro do monte Mucalécánamanga (Chitado).

O documento disponível é apenas o tomo 3, com a parte gráfica, respeitante às Obras N.º 1 - Aproveitamento Hidroeléctrico do Cunene, em Matala, um açude galgável com a cristallo à cota 1304 m, isto é, com uma altura de cerca de 7 m, e restituição à cota 1285 m, originando uma queda de cerca 19 m; Obra N.º 3 - Beneficiação Hidroagrícola da Mulola Mucope, com

Estação de Bombagem de Mulondo, com cerca 30 m de desnível, a partir da cota aproximada de 1250 m no rio Cunene; Obra N.º 5 - Beneficiação Hidroagrícola e Aproveitamento Hidroeléctrico da Quihita (N'Pombo), no Rio Caculavar, com NPA à cota 1402 m, e barragem com altura máxima de 20 m; Obra N.º 6 - Beneficiação Hidroagrícola do vale do Caculavar ao Humbe, com três alternativas de NPA às cotas respectivas de 1187 m, 1190 m e 1194 m, e barragem com alturas máximas de respectivamente 17, 20 e 23 m; e, finalmente, Obra N.º 11 - Aproveitamento Hidroeléctrico do Ruacaná, com um açude à cota 844 m, com altura máxima de 6 m, e restituição à cota 725 m, isto é, uma queda com cerca de 119 m.

Destes Aproveitamentos, os respeitantes à Matala e ao Ruacaná apresentavam maior grau de pormenor, o primeiro já com desenhos das estruturas, sendo os restantes apenas esboçados.

Em 1951 foi apresentado o Projecto do Aproveitamento Hidroeléctrico do Rio Cunene em Matala, para o Ministério do Ultramar, Província de Angola. A cota de retenção normal adoptada foi de 1306 m, sendo a restituição a jusante dos rápidos feita à cota 1284 m, dando origem a uma queda geométrica de 22 m. Do estudo hidrológico efectuado pela "Missão ao Sul de Angola" em 1946, verificou-se que se podiam considerar muito prudentemente, os seguintes caudais contínuos: 65 m³/s durante 8 meses e 23,3 m³/s durante 4 meses. Partindo do princípio de que este aproveitamento em Matala constituiria o primeiro escalão do rio Cunene, em cujas cabeceiras se poderiam vir a fazer obras de regularização, e dado o tipo de geradora adoptado, que não permitia ampliações futuras, julgou-se prudente prever logo equipamento da geradora baseado num caudal futuro permanente de 65 m³/s. Contando com um factor de carga de 40 % obteve-se um caudal de ponta de 162,5 m³/s, para uma queda útil de 19,80 m. Previu-se a instalação de três turbinas Kaplan de 19 300 CV, numa primeira fase com apenas duas. A produção anual prevista era de 92 GWh. Esta energia destinava-se a abastecer a zona agro-pecuária e industrial do médio Cunene (Matala-Capelongo-Mulongo) e a cidade de Sá da Bandeira (actual Lubango), servidas por linhas de alta tensão a 60 KV com os comprimentos, respectivamente, de 110 e 180 km.

O Aproveitamento de Matala incluía uma ponte-açude, comportas metálicas e açude de ligação à central, uma tomada de água, uma central, a restituição, a casa de comando, posto

de transformação e acessos, e o equipamento electro-mecânico, aparelhagem eléctrica e linha de transmissão.

A ponte-açude sobre o rio Cunene, logo a montante dos rápidos de Matala, em betão armado (ou formigão armado como se dizia na altura), estava prevista com um comprimento total entre eixos dos apoios nos encontros de 929 m, correspondentes a 45 tramos de 20 m e a mais dois, os extremos, de 14,5 m. Esta ponte daria passagem à estrada de Capelongo para Vila da Ponte e ao caminho de ferro de Moçamedes na sua penetração para Leste. O açude ficaria localizado entre os pilares da ponte, a jusante, porque assim seria menor a probabilidade de ser atingida a ponte por corpos flutuantes durante as cheias, e para não se dar a descarga dos caudais de cheia entre os pilares, evitando as escavações. Sobre a crista do açude, à cota 1303,3 m ficariam articuladas as comportas metálicas, com 2,7 m de altura e 18,5 m de comprimento, cujo funcionamento seria automático pelo sistema de balanceiro metálico e contrapeso de betão armado. Em número de 39 as portadas permitiriam a passagem através do açude de um caudal máximo de $5455 \text{ m}^3/\text{s}$ com a cota de retenção normal de 1306 m.

A "Missão ao Sul de Angola", estimou em Matala o valor de $4129 \text{ m}^3/\text{s}$ para o caudal de máxima cheia. Por outro lado, o Coronel Roma Machado tinha estimado, em *Erickson's Drift*, o caudal de máxima cheia de $5500 \text{ m}^3/\text{s}$. Deste modo, foi considerado aceitável o valor de projecto para aproveitamento da Matala. Tanto mais que as estruturas superiores às comportas permitiam a passagem da lâmina de água até ao nível 1307 m, superior em 1 m à parte superior das comportas. Se ocorresse cheia que atingisse um tal nível nenhum prejuízo resultaria para as estruturas pois o açude, ficando praticamente afogado, continuaria em boas condições de estabilidade.

Estavam previstas também 12 galerias de descarga de fundo, com as dimensões de 1,5 m de altura por 1 m de largura, com a cota inferior a 1296 m.

No parecer emitido em 1952, foi referido entre outros que deveria ser executada, se verificasse a sua necessidade, uma escada de peixes. Nesse mesmo parecer é referido o facto de que, para ser prosseguida a análise deste esquema, era reconhecida a falta de registos

hidrológicos para definição do regime do rio (registos pluviométricos interrompidos e medições hidrométricas pontuais).

Observações efectuadas em três anos hidrológicos permitiram verificar que os valores admitidos no projecto seriam optimistas. Com efeito, em lugar dos previstos 69 GWh para os dois grupos instalados, entre 1955/56 e 1957/58, foram apenas garantidas energias entre 18 e 38 GWh. Por exemplo, no ano hidrológico de 1954/55, na Matala, o caudal mínimo de estiagem foi apenas de 4 m³/s, muito inferior ao valor estimado de cerca de 24 m³/s. O caudal médio desse ano foi avaliado em 28 m³/s, muito inferior ao admitido no projecto.

2.4 Plano Geral de Aproveitamento Hidroeléctrico a Montante da Matala, 1962

O Plano Geral do Aproveitamento Hidroeléctrico a montante da Matala, datado de 1962, Figura 1, elaborado pelo Engenheiro Rui Sanches, foi objecto do parecer n.º 9/63 do Conselho Superior do Fomento Ultramarino. De entre as conclusões desse Parecer é de salientar a intenção de promover a continuação dos estudos da bacia hidrográfica do rio Cunene, com o objectivo de construir aproveitamentos de fins múltiplos.

Este plano surgiu na sequência da entrada em serviço da Central do Aproveitamento Hidroeléctrico da Matala, o primeiro escalão do rio Cunene. No seguimento da sugestão formulada no II Plano de Fomento, surgem "os estudos das cabeceiras do rio Cunene para regularização da albufeira da Matala".

Foi na altura considerado ser de maior interesse o estudo da regularização de caudais afluentes ao aproveitamento da Matala através de outros aproveitamentos situados a montante, uma vez que este aproveitamento apresentava uma produtividade garantida limitada pelos caudais disponíveis nas estiagens dos anos secos, e pela pequena capacidade de regularização.

No âmbito deste plano foram obtidos os perfis longitudinais do rio Cunene e dos afluentes, Cuando e Calai, que se revelaram então, com maiores possibilidades de aproveitamento. O estudo das potencialidades hidroeléctricas levou à fixação de um sistema de aproveitamentos constituídos por dez escalões.

Oito dos aproveitamentos foram previstos a montante da Matala, no rio Cunene e nos seus afluentes Calai e Cuando, dos quais três com albufeira de regularização que conjuntamente com a albufeira da Matala, proporcionariam o armazenamento de 2 100 hm³. Previa-se que este sistema de aproveitamentos garantisse uma produção de energia de 36 GWh. No Cunene foram previstos os de Gove, um sem nome, e os de Jamba-ia-Oma Chivondua. Nos afluentes da margem direita foram previstos os de Caringo, Gungue, outro sem nome e o de Lucunde.

No ano de 1963 foi admitida a hipótese de uma eventual comparticipação do Governo da África do Sul, como mandatário do Sudoeste Africano, nas obras de regularização previstas nas cabeceiras do Cunene, mediante acordo a estabelecer para a utilização dos caudais regularizados junto à fronteira. Foi ainda aventada a hipótese de a África do Sul participar no capital de uma sociedade portuguesa, a constituir, com o objectivo de explorar os recursos hídricos do Cunene.

Na sequência deste estudo, deu-se início à elaboração do projecto da barragem de Gove, por ter sido considerado que este aproveitamento merecia prioridade de execução. Foi definido como primeira prioridade a adição ao aproveitamento de Matala do aproveitamento designado por Gove sem central.

Em Dezembro de 1965 foi elaborado o Projecto do Aproveitamento Hidroeléctrico de Gove, para o Ministério do Ultramar, Província de Angola. Foram avaliadas as energias que seriam possíveis garantir em Matala, criando a albufeira de Gove até às cotas dos níveis de pleno armazenamento 1580 m, 1585 m e 1590 m. O estudo elaborado para estas três cotas permitiria definir, uma vez conhecido o custo aproximado para cada volume de obra correspondente, a solução mais económica do aproveitamento.

Verificou-se no projecto que a média de 14 anos de precipitações ponderadas anuais era de 1307 mm sobre a bacia do Gove e de 1162 mm sobre a bacia de Matala.

Os elementos hidrométricos de que se dispunha para o projecto do Gove eram escassos. Além dos já acima referidos elementos havia adicionalmente medições esporádicas realizadas pela Brigada Técnica de Fomento e Povoamento do Cunene desde a estiagem de 1954/55. O local das medições situava-se numa secção pouco a montante de Vila Folgares,

jusante do aproveitamento de Matala, a seguir à confluência do rio Calonga com o Cunene. Também foi verificado que o caudal afluído ao rio Calonga seria nulo durante os meses de Maio a Outubro, podendo ser avaliado em um quinto do total nos meses de Novembro a Abril.

Para limitação das possibilidades energéticas do aproveitamento de Matala, compensado pela albufeira do Gove, admitiu-se como produção garantida a correspondente ao ano seco, ou ao biénio seco, conforme fosse mais desfavorável, de probabilidade de ocorrência de 5 vezes em 100 anos, por analogia com o critério estabelecido pelo Repartidor Nacional de Cargas para a Metrópole. Consideraram-se, assim, os armazenamentos necessários para suprir o défice de estiagem dum ano médio seguido de um ano seco com probabilidade de ocorrência em 5 % dos casos e dum biénio seco com a mesma probabilidade, adoptando-se o caso mais desfavorável.

Para obter o volume morto mínimo da albufeira arbitrou-se um valor específico, para o caudal sólido, de $200 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, e avaliou-se o assoreamento durante um período de 75 anos. A este volume correspondeu a cota 1556 m. Fixando-se o NME na cota 1563 m, que conduziu a um volume morto de 210 hm^3 , aos volumes totais de armazenamento de 1198 hm^3 , 1786 hm^3 e 2574 hm^3 , relativos às cotas dos NPA 1580 m, 1585 m e 1590 m, correspondem, conseqüentemente, os volumes úteis de 988 hm^3 , 1576 hm^3 e 2364 hm^3 .

O estudo no projecto concluiu que para as três alternativas estudadas os caudais garantidos em Matala eram respectivamente $44,5 \text{ m}^3/\text{s}$, $56,6 \text{ m}^3/\text{s}$ e $72,5 \text{ m}^3/\text{s}$. A estes valores correspondiam os valores anuais turbinados na central da Matala, de 140 hm^3 , 178 hm^3 e 229 hm^3 , ou ainda, tendo em conta o equivalente energético da central de Matala igual a $0,044 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$, as seguintes produções garantidas, 62 GWh, 78 GWh e 101 GWh.

Foi ainda averiguado se o volume turbinável garantido em Matala não seria condicionado pelo volume disponível em ano médio, isto é, se a limitação não seria fixada pelo volume afluente a Gove em ano médio.

Para poder escolher a cota do NPA da albufeira de Gove foram calculados os volumes de escavações e aterros da barragem para as três alternativas, os respectivos preços de construção, e a variação marginal do custo e do respectivo ganho na produção de energia em Matala. Concluiu-se que, dentro dos limites do estudo, quanto mais alta a barragem de Gove

mais económica a produção em Matala. Escolheu-se para nível de pleno armazenamento cota de 1590 m, condicionada por uma portela lateral existente para cotas superiores a estas, ainda porque dum alteamento maior resultaria uma regularização específica superior a 1,5 que dificultaria o reenchimento da albufeira, no seguimento dum período seco crítico, quando esvaziada totalmente, ou quase.

O caudal de cheia a considerar no rio Cunene, no local de Gove, com probabilidade de ocorrência de uma vez em 500 anos, foi de 2000 m³/s.

2.5 Esquema de Aproveitamento Hidráulico a Montante de Calueque, 1966

Com a finalidade de cumprir o compromisso assumido pelo Governo Português nos acordos de Pretória, relativamente ao esquema de utilização hidráulica da bacia do Cunene a montante de Calueque, foi constituído em Agosto de 1964 um Grupo de Trabalho do Cunene e Cuvelai.

Esse Grupo, chefiado pelo engenheiro Bettencourt Fernandes Moreno, que trabalhou em Angola durante cerca de dez meses na recolha de elementos de campo, era multidisciplinar e foi dividido em quatro sectores: hidráulico, agrónomico, veterinário e geológico. Colaboraram além de técnicos de hidráulica da Direcção-Geral de Obras Públicas e Comunicações, Junta Provincial de Electrificação e Brigada dos Rios de Angola, orientado pelo engenheiro Carlos Góis, os engenheiros agrónomos Alberto Castanheira Diniz do Instituto de Investigação Agronómica e João Heitor Mirrado da Direcção dos Serviços de Agricultura e Florestas, os doutores em veterinária Gardette Correia da Direcção dos Serviços de Veterinária e Braz Pereira do Instituto de Investigação Agronómica, além do doutor em ciências geológicas Motta Marques da Direcção dos Serviços de Geologia e Minas.

A orientação geral para os estudos hidráulicos realizados na bacia do Cunene teve como elementos de base o estudo do Eng.º Rui Sanches da bacia do Cunene acima da Matala e as críticas que lhe foram formuladas, nomeadamente pelo Eng.º Oliveira e Castro, o esquema de aproveitamento da bacia a jusante da Matala da autoria do Eng.º Trigo de Morais, o

elementos fornecidos pela carta 1/100000 e a ocupação hidrológica que foi sendo feita pela Brigada dos Rios.

Em 1966 foi apresentado um esquema, em que se dividia a bacia do Cunene em três partes. Uma a montante da Matala, outra entre a Matala e Calueque, e a última até à foz, Figura 1.

A montante da Matala o esquema proposto não diferia muito do apresentado em 1962. Além de aumentar a capacidade de armazenamento de Jamba-ia-Oma, previa mais dois aproveitamentos, o de Chissola, a montante do local previsto para o antigo aproveitamento 9, e nas quedas de Jamba-ia-Mina, a jusante do que era designado por Chivondua. Neste esquema, o aproveitamento da bacia a montante da Matala continuava a ter uma forte componente de aproveitamento hidroeléctrico, devido às melhores condições de armazenamento, com vista a obter a regularização anual ou interanual de caudais, originados na parte superior da bacia. Com efeito, na zona do médio Cunene, as perdas de caudais são muito acentuadas.

Relativamente ao esquema anterior, e resultante de um maior conhecimento hidrológico, havia a salientar o aumento do armazenamento previsto. Assim, o número de albufeiras aumentava de quatro para seis, o volume de armazenamento aumentava de 2000 hm³ para 5000 hm³, e a produção de energia garantida aumentava também de 300 GWh para 1000 GWh e a produtível de 3000 GWh para 9000 GWh.

Na parte a jusante da Matala foram considerados três aproveitamentos hidroagrícolas e hidropecuários de grande regularização específica, nomeadamente, um no Caculavar, Cova do Leão, próximo de Caharna, outro no curso principal do Cunene, Matunto, um pouco a montante de Mulondo, e o terceiro no rio Colui, afluente da margem esquerda, Catembulo, a jusante de Cassinga.

Em face da insuficiência dos recursos hídricos, de um total de 292 000 hectares de áreas com aptidão para o regadio, situadas ao longo dos vales do Cunene, a partir do Mulondo e até ao Calueque, do Colui e do Caculavar, foi previsto a rega intensiva de somente 150 000 hectares. Destes, 120 000 hectares localizavam-se na margem direita do Cunene, sendo apenas 92 800 hectares regados por gravidade.

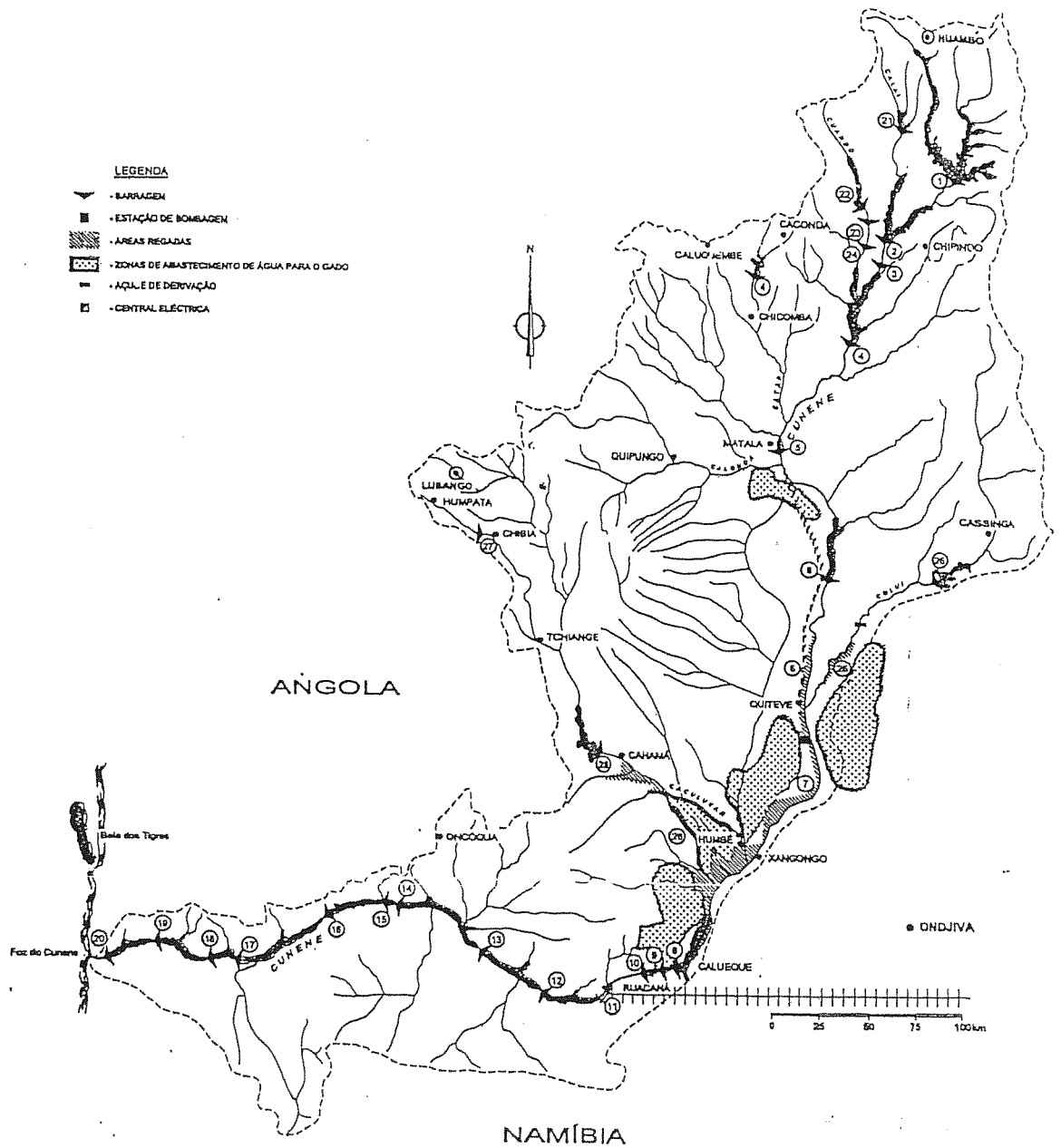


Figura 1 - Comparação dos vários esquemas gerais da bacia do rio Cunene

Foi também considerada a possibilidade de bombagem das águas do Cunene para a Mulola Mucupe e das águas a armazenar na albufeira do Colui para as Mulolas do Mui e do Cuvelai. Assim, pretendia-se garantir o fornecimento de água durante todo o ano, evitando que o gado das Mulolas se viesse a concentrar em anos secos ao longo das margens do Cunene.

Com o aproveitamento previsto poderia ser garantido, em Matunto, com 365 hm^3 de volume total, um caudal de $111,4 \text{ m}^3/\text{s}$, destinado à rega por gravidade, em período de ponta de estiagem, e a garantia dum caudal mínimo de $66 \text{ m}^3/\text{s}$ a escoar-se pelo leito do rio. No Catembulo, o caudal de ponta necessário à rega, em período de estiagem, seria de $16,5 \text{ m}^3/\text{s}$ e, estando calculado o escoamento médio útil da bacia em $11,3 \text{ m}^3/\text{s}$, a albufeira a criar, com 1230 hm^3 de volume total, seria suficiente para assegurar aquela regularização.

Na Cova do Leão, o caudal de ponta necessário à rega, em período de estiagem, era de $21,5 \text{ m}^3/\text{s}$, e o caudal médio estimado era de $7 \text{ m}^3/\text{s}$. Seria necessário verificar se a albufeira prevista, com 776 hm^3 de volume total, daria a possibilidade de regularizar o caudal de 7 para $21,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

O troço a jusante do Calueque ficou para ser considerado depois de se obter o levantamento que os sul-africanos fizeram com a autorização portuguesa.

Nos estudos conducentes a este esquema geral houve a maior ponderação e bom senso, visto que eram ainda muito escassos os elementos disponíveis e porque a região é particularmente difícil e de características muito dissemelhantes. Não houve a pretensão de prever todos os pequenos aproveitamentos hidráulicos que se poderiam vir a realizar na bacia, principalmente aqueles que poderiam ter lugar nas pequenas linhas de água, mas sim os grandes aproveitamentos que definiriam os grandes armazenamentos e as principais utilizações.

Ficaram, pois, excluídos um sem número de pequenos aproveitamentos, dos quais se ocupava a Brigada de Aproveitamento de Águas Superficiais, e cujo estudo e execução deveriam continuar, porque através deles se poderiam desenvolver outras áreas que naquele esquema não puderam ser contempladas.

De facto, um esquema hidráulico que abrange uma área sensivelmente igual a Portugal, teria necessariamente de se preocupar pelos grandes aproveitamentos e abster-se de poder considerar os de menor dimensão, que poderiam ser em grande número.

2.6 Acordos Internacionais Relativos à Repartição da Utilização dos Recursos Hídricos do Rio Cunene, 1926, 1964 e 1969

O Cunene constituiu fronteira entre Angola e o Sudoeste Africano desde as quedas de Ruacaná até à foz. Era pois um rio internacional nos seus últimos 300 km. Pelo Acordo de 2 de Junho de 1926 foi estabelecida a linha de fronteira.

Quando em 1926 se procedeu à delimitação de fronteiras, foram tidas em consideração as carências hídricas do Sudoeste Africano, tendo-se, então, comprometido Portugal fornecer-lhe água para fins humanitários e a estudar a possibilidade duma derivação do rio por gravidade, mediante a construção duma barragem no Calueque. Nessa altura é apresentada o esquema do aproveitamento hidroeléctrico do rio Cunene entre Naulila e as quedas de Ruacaná. Assim a produção de energia aparecia no Acordo em dispositivos localizados e definidos, o mesmo não acontecendo quanto à captação e transporte de água para o Sudoeste que ficou pendente de estudos ulteriores.

Em 1962, a República da África do Sul, invocando o acordo de 1926, solicitou que retomassem as negociações, com vista ao abastecimento de água e energia do Sudoeste Africano. Foi previsto então o desvio, por bombagem, de 6 m³/s, caudal considerado necessário para a alimentação de pessoas e animais na área interessada do Sudoeste independentemente da possibilidade de se chegar a acordo em termos mais vastos, superando os de 1926.

Iniciadas as negociações em 1962, Portugal levantou a questão de, nas relações entre os dois países no que dizia respeito a rios internacionais não haver só a considerar o Cunene mas todos os rios do Sul de Angola que corriam para o território do Sudoeste Africano e também os rios que, da República da África do Sul corriam para Moçambique. Portugal defendeu a necessidade de estabelecer um acordo de princípios aplicáveis aos acordos

específicos para cada bacia que constituísse uma salvaguarda para os países de jusante sempre afectados pelo que a montante se realiza.

Em tal “acordo de princípios” que acabou por ser aceite pela África do Sul, estabeleceu-se que o conjunto de uma bacia dum rio internacional dever ser tratado, no aspecto de planeamento global de utilização, tal como se de um único país se tratasse.

Assim, seria com base num plano ou esquema geral visando a optimização do aproveitamento conjunto que deveriam discutir-se os aspectos específicos dos vários aproveitamentos podendo levar um país de jusante a participar nos investimentos dum empreendimento, a grande distância das fronteiras, desde que do mesmo venha a retirar vantagens.

Veio a firmar-se um acordo, relativamente ao esquema do rio Cunene, em 13 de Outubro de 1964, em Pretória, no qual, entre outras coisas, se dispunha que: o estudo do esquema ao aproveitamento da bacia do rio seria feito por Portugal até à secção do Calueque, sendo daí para jusante feito pela África do Sul; Angola exportaria energia eléctrica, produzida na Matala, para a cidade de Tsumeb, no Sudoeste; a África do Sul declarava-se interessada no aproveitamento hidroeléctrico do Ruacaná; definia-se a necessidade dum aproveitamento de regularização, adicional ao do Gove, uma vez estudada a bacia e estabelecia-se a obrigatoriedade de comunicação mútua das “principais obras hidráulicas” a executar na bacia.

Por parte de Portugal foi então criado o “Grupo de Trabalho para os estudos e execução de obras nas bacias do Cunene e Cuvelai”, referido em 2.5.

Concluídos os estudos por parte de Portugal - até ao Calueque - e pela África do Sul - do Calueque à Foz - houve que compatibilizar os dois trabalhos o que apresentou certas dificuldades, dada a diferença de critérios e interesses, quanto ao dimensionamento da albufeira do Calueque. Enquanto os sul-africanos desejavam uma grande albufeira interanual que regularizasse os caudais vindos de montante, os portugueses defenderam que ali só se justificava uma pequena albufeira de regularização, uma vez que no território de Angola a se previa o estabelecimento das albufeiras do Gove, Jamba-ia-Oma, Jamba-ia-Mina e Matunto, no Cunene, complementadas com as de Cova do Leão, no Caculavar, e Catumbelo, no Colui.

De facto, foi sugerido pela África do Sul uma barragem em Calueque com 15 ficando metade da água regularizada para cada país vizinho, incluindo a possibilidade de derivar metade das cheias. Portugal sugeriu uma altura de 4 m. A África do Sul pediu o direito de derivar 12 m³/s. Foi também estimado que para se obter um escoamento regularizado de 160 m³/s, ou 420 hm³ por mês, seria necessária uma capacidade de armazenamento no Cunene de 2000 hm³.

O ponto de vista de Portugal acabou por prevalecer.

No seguimento do acordo de 1964 foi assinado, em Lisboa, novo acordo em 21 Janeiro de 1969, designado "Acordo entre o Governo de Portugal e o Governo da República da África do Sul sobre a 1ª fase do Aproveitamento dos Recursos Hídricos da Bacia Cunene", Anexo 1.

Neste acordo sobre a utilização óptima conjunta dos recursos hídricos da bacia do Cunene foram definidos os seguintes objectivos: a) regularização do escoamento do Cunene; b) melhoria da produção de energia eléctrica em Matala; c) início de rega e abastecimento de água a pessoas e animais no médio Cunene; d) abastecimento de água a pessoas e animais no Sudoeste Africano e início de rega na Ovambolândia; e) produção de energia hidroeléctrica em Ruacaná.

Também foi acordado que os estudos parciais efectuados pelos grupos de trabalho sul-africano e português, considerados em conjunto, servissem de base ao aproveitamento dos recursos hídricos da bacia do Cunene e que a localização óptima, características, dimensões e objectivos de cada componente, assim como o programa e prioridades a respeitar na sua execução, fossem definidos a partir de considerações técnicas, económicas, sociológicas e outras relevantes que se mostrassem pertinentes na altura em que fosse tomada a decisão.

Foi criada então a Comissão Técnica Conjunta Permanente, unicamente com carácter consultivo, para estudo e informação dos assuntos relacionados com o acordo, constituída por igual número de membros de cada país.

A 1ª fase do aproveitamento dos recursos hídricos da bacia do Cunene foi constituída por: 1) uma barragem em Gove, construída com o nível de pleno armazenamento à cota 1590

m acima do nível médio do mar (nível de referência português), para fins de regularização do Cunene; 2) uma barragem em Calueque, construída com o nível de pleno armazenamento à cotã 1098 m acima do nível médio do mar (nível de referência sul-africano), para fins de regularização adicional do escoamento do Cunene, de acordo com as necessidades da central a construir em Ruacanã; 3) um esquema para bombear água do Cunene, em Calueque, destinada ao abastecimento de pessoas e animais no Sudoeste Africano e início de rega na Ovambolândia; 4) uma central hidroeléctrica em Ruacanã e respectivas obras de derivação para fornecimento de energia, principalmente ao Sudoeste Africano.

A obra mais importante pelas suas consequências, em todo o vale, seria a barragem do Gove que aumentaria os caudais de estiagem do rio, da ordem dos 5 a 10 m³/s, para 80 m³/s. Este caudal estava sujeito a ajustamento quando se dispusesse da análise hidrológica comum a realizar no início da exploração das obras e, posteriormente, a intervalos que fossem acordados na Comissão Técnica Conjunta Permanente.

Como a barragem de Gove seria financiada pela República da África do Sul, constituindo 50 % do montante global investimento não reembolsável, Portugal concordou em não retirar mais de 50 % do escoamento regularizado, para fins não conservativos, isto é, para rega, ou seja o caudal de 40 m³/s.

A construção das obras do Calueque e do Ruacanã foram suportadas na totalidade do seu custo pela República da África do Sul.

A quantidade de água a retirar por meio do esquema de bombagem do Calueque, durante qualquer semana, seria limitada a metade do escoamento natural do rio, no local da tomada, durante essa semana, sujeito a um caudal máximo de 6 m³/s.

Segundo o acordo, as autoridades sul-africanas teriam, para a produção da energia em Ruacanã, perpétuo uso exclusivo do escoamento do rio regularizado pelas barragens da 1ª fase, desde o limite superior da albufeira do açude de derivação de Ruacanã até à parte inferior da queda de Ruacanã. A República da África do Sul pagaria um *royalty* a Portugal pela energia produzida em Ruacanã. A taxa respectiva seria baseada na previsão da produção de energia, estimada pelas autoridades sul-africanas, e calculada para proporcionar um rendimento total, num período de vinte anos, igual à soma das vinte prestações anuais iguais,

para amortização e juro, a pagar por Portugal relativamente ao empréstimo feito para a barragem do Gove. Este cálculo seria baseado em metade do escoamento em Ruacaná regularizado por Gove, admitindo que não seria retirada água a montante de Ruacaná, sendo revisto de cinco em cinco anos. Nos primeiros cinco anos a taxa seria de 0,11 cêntimos de rand por kWh produzido. Depois da amortização a taxa do royalty seria fixada em 0,4 cêntimos do rand.

Em princípios de 1973, a África do Sul propõe a abertura de novas negociações com vista ao aumento do caudal a desviar do rio no Calueque. Tais negociações ter-se-iam realizado, em Lisboa, em Julho de 1973, desconhecendo-se a sua sequência, sendo de admitir que, com o 25 de Abril de 1974, não se tenham chegado a formalizar quaisquer resultados.

Houve indicações de que a África do Sul pretendia conduzir as discussões com base nas "Regras de Helsínquia" relativas aos rios internacionais redigidas, em 1966, pela *International Law Association*.

2.7 Estudos e Projectos Elaborados depois de 1969

Em 25 de Agosto de 1969 foi criado o Gabinete do Plano do Cunene (GPC). Nessa data já havia uma outra variante do esquema do Cunene, de Carlos Oliveira e Castro. Foi referido que este devia assentar em fins múltiplos, para aproveitamento hidroeléctrico, hidroagrícola, abastecimento de água (para pessoas e animais) e navegação.

Este Gabinete foi dividido em três Serviços, Agronómicos, Sociológicos e Engenharia Civil. Os Serviços Agronómicos elaboravam os estudos agro-económicos e identificavam as culturas praticáveis, analisavam o seu mercado e identificavam o tipo de exploração. Montaram um Centro de Estudos do Cunene em Vila Roçadas para experimentação de culturas e havia um posto de extensão agrícola em Camba. Os Serviços Sociológicos, utilizando inquéritos, analisavam as populações nos locais dos futuros aproveitamentos hidroagrícolas. Os Serviços de Engenharia Civil tinham a seu cargo o desenvolvimento de projectos dos aproveitamentos, incluindo trabalhos de cartografia, topografia e a geologia.

Em Setembro de 1970 já havia um esquema da bombagem do Calueque, elaborado pela África do Sul, e em Novembro do mesmo ano, na 1ª reunião do Conselho Coordenador do GPC foi dada prioridade ao aproveitamento de Jamba-ia-Mina. Também prosseguiam estudos respeitantes aos esquemas de regadio do Quiteve-Humbe, com 20 000 hectares, e de abeberamento do gado em Quiteve, paralelo ao de regadio, com 90 000 hectares; da rede de abeberamento do Cafu e o abastecimento rural do Colonato de Capelongo, tendo sido iniciados os trabalhos preparatórios para a construção do aproveitamento do Gove.

Durante 1971 e 1972 continuaram os estudos anteriores e ainda os de Jamba-ia-Oma, Matunto, Calueque (na parte sociológica), Chibia (Gandjelas) no rio Tchimpumpunhime, Cova do Leão, Luandege (entre Calueque e Ruacaná) e de outros pequenos aproveitamentos do Quipungo, Humpata, Cacondo e Naulila. A obra do Gove prosseguia.

Em 1972 referia-se o problema da poluição da água dos rios Cunene e Colui, derivado da actividade mineira em Cassinga.

Em 1973 prosseguiam os estudos sócio-económicos com inquéritos na Cassanja-Quiteve-Mulondo, com a colaboração da Missão do Chiulo, e foi feito um Plano de Promoção Social.

Os estudos prévios dos aproveitamentos de Jamba-ia-Mina e Jamba-ia-Oma foram apresentados respectivamente em Dezembro de 1973 e Junho de 1975. O projecto do primeiro foi elaborado em Outubro de 1974.

O projecto do aproveitamento de Jamba-ia-Mina definia-o como constituído por uma barragem mista de betão e terra, com altura máxima de 23,5 m, um evacuador de cheias para 3200 m³/s, uma tomada de água e uma descarga de fundo, localizados na parte em betão da barragem, condutas forçadas, central subterrânea, chaminé de equilíbrio e galeria de fuga. O NPA era definido à cota 1420 m, criando uma albufeira com capacidade total de 568 hm³, para um escoamento anual médio de 3482 hm³ proveniente de uma bacia com 12 336 km².

O caudal médio afluente no período 1933-1972 foi estimado em 110 m³/s, sendo o mínimo mensal registado de 5 m³/s. A regularização com Gove era de 92 m³/s, dando o conjunto Gove mais Jamba-ia-Mina 98 m³/s. Com uma potência disponível de 126 MW a

energia média produtível era de 622 GWh. O objectivo era conduzir a um caudal mínimo permanente a jusante da Matala de 80 m³/s. No projecto também foi analisada a introdução do aproveitamento de Jamba-ia-Oma regularizando 78 m³/s.

O estudo prévio do aproveitamento de Jamba-ia-Oma definia-o como constituído por uma barragem mista de betão e terra, com altura máxima de 47 m, um evacuador de cheias para 2155 m³/s, uma tomada de água e uma descarga de fundo, localizados na parte em betão da barragem, condutas forçadas, central de pé da barragem e canal de restituição a céu aberto. O NPA era definido à cota 1520 m, criando uma albufeira com capacidade total de 1088 hm³ para um escoamento anual médio de 2719 hm³ proveniente de uma bacia com 8620 km².

Pelo Decreto-Lei n.º 602/75, de 29 de Outubro, o Gabinete do Plano do Cunene foi transferido para Angola.

Em Abril de 1976 ficaram algumas obras paralisadas, nomeadamente a barragem de Gandjelas, o ordenamento do Quiteve-Humbe, o ordenamento e abastecimento rural de água do Calueque (margem direita) e açude do rio Cué.

A barragem do Gove tinha sido recebida provisoriamente.

3. DOCUMENTOS DE BASE

Em 1990, quando foi elaborado o Relatório Inicial, o LNEC recebeu um conjunto de documentos. Na altura foi referido o facto de esses documentos serem preciosos por se pensar que seria o único material remanescente da documentação relativa ao Cunene.

As referências desta documentação estão listadas no Anexo 2.

Estes documentos foram agrupados pelos seguintes assuntos:

- Aproveitamento da Matala, Ministério do Ultramar, 1951;
- Precipitação e escoamento;
- Caudais, alturas limnimétricas e bacias hidrográficas;
- Relatórios do Decénio Hidrológico Internacional;
- Plantas do rio Cunene;
- Projectos do rio Cunene;

- Programas de reconstrução;
- Propostas do rio Cunene;
- Financiamentos e gestão orçamental;
- Observações meteorológicas 1957/67;
- Informação meteorológica 1968/75;
- Informação climatológica 1959/72;
- Esquema de aproveitamento hidráulico, 1966/67;
- Projecto do aproveitamento hidroeléctrico do Cunene, 1965/67;
- Aproveitamento de Jamba-ia-Mina, Cova, 1973 e 1974;
- Aproveitamento de Jamba-ia-Oma, Cova, 1975;
- Concurso para execução da ligação Matala-Jamba-Tchamutete.

Durante a realização dos estudos foram sendo encontrados nas várias bibliotecas existentes em Lisboa outros documentos, nomeadamente na do Instituto de Investigação Científica Tropical.

Entre os documentos utilizados merece referência os constantes na "Bibliografia analítica sobre o meio físico, potencialidades e utilização da terra na bacia do Cunene" elaborada pelo Eng.º Castanheira Diniz, Anexo do volume 4 do 1º Relatório. Destes são de destacar os que foram encontrados em Luanda, na Direcção Nacional de Águas da Secretaria da Energia e Águas e no Departamento da Planificação Física do Ministério do Plano, e ainda no Instituto de Investigação Agronómica no Huambo.

Faz-se notar ainda que a biblioteca da Direcção Nacional de Águas da Secretaria da Energia e Águas em Luanda possui aparentemente o conjunto mais completo dos documentos referentes ao Cunene. Para a sua manutenção é de louvar o cuidado e dedicação do Sr. Paulo Emílio, sem o qual não teria sido possível conservar este importante conjunto.

4. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

4.1 Localização

O rio Cunene tem a sua nascente no planalto central de Angola, próximo de Huambo. A sua foz situa-se a 60 km a Sul da Baía dos Tigres, no Oceano Atlântico (Fig. 2 e 3). O rio percorre quatro províncias: Huambo, Huíla, Cunene e Namibe.

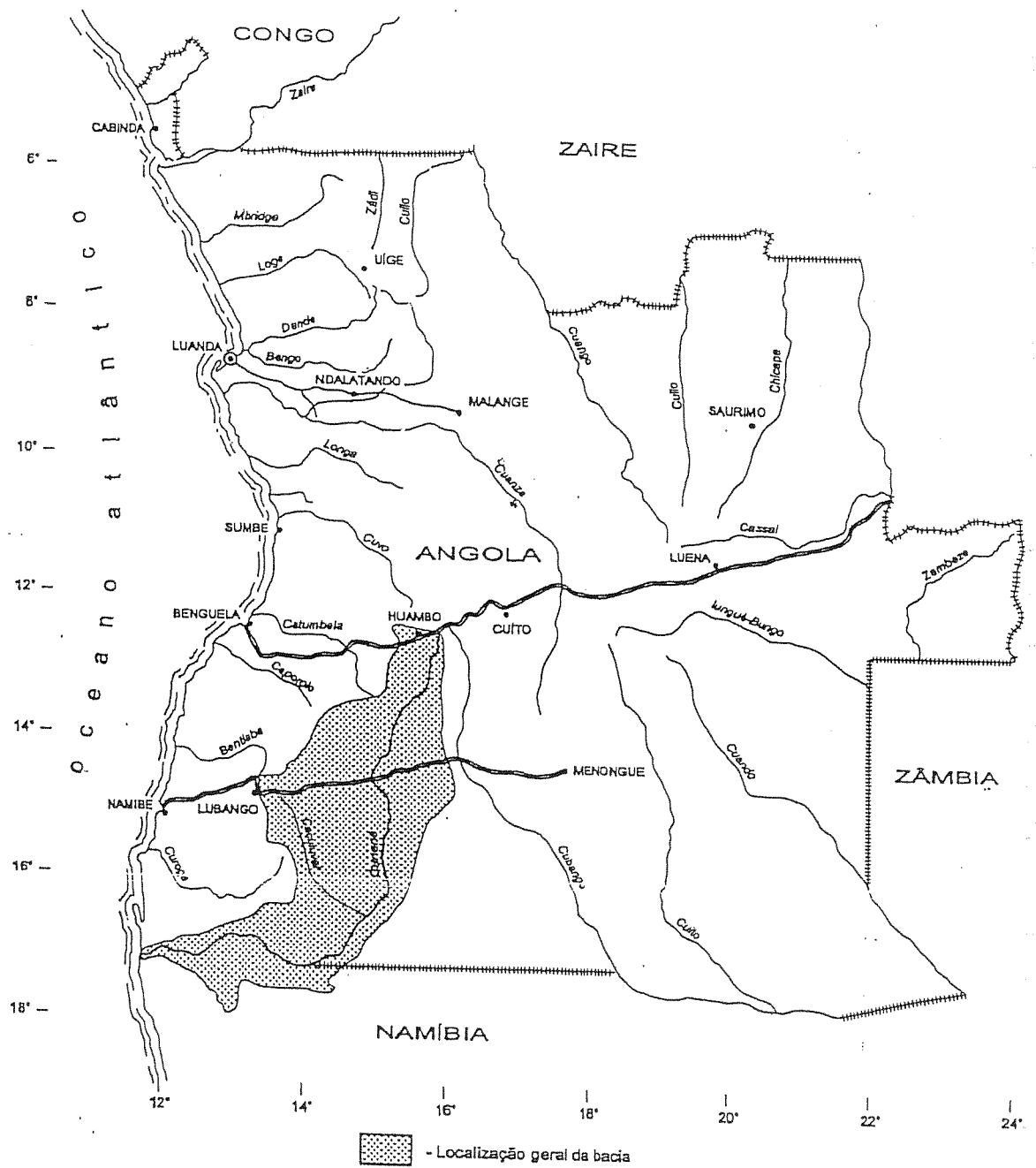


Figura 2 - Localização da bacia do rio Cunene

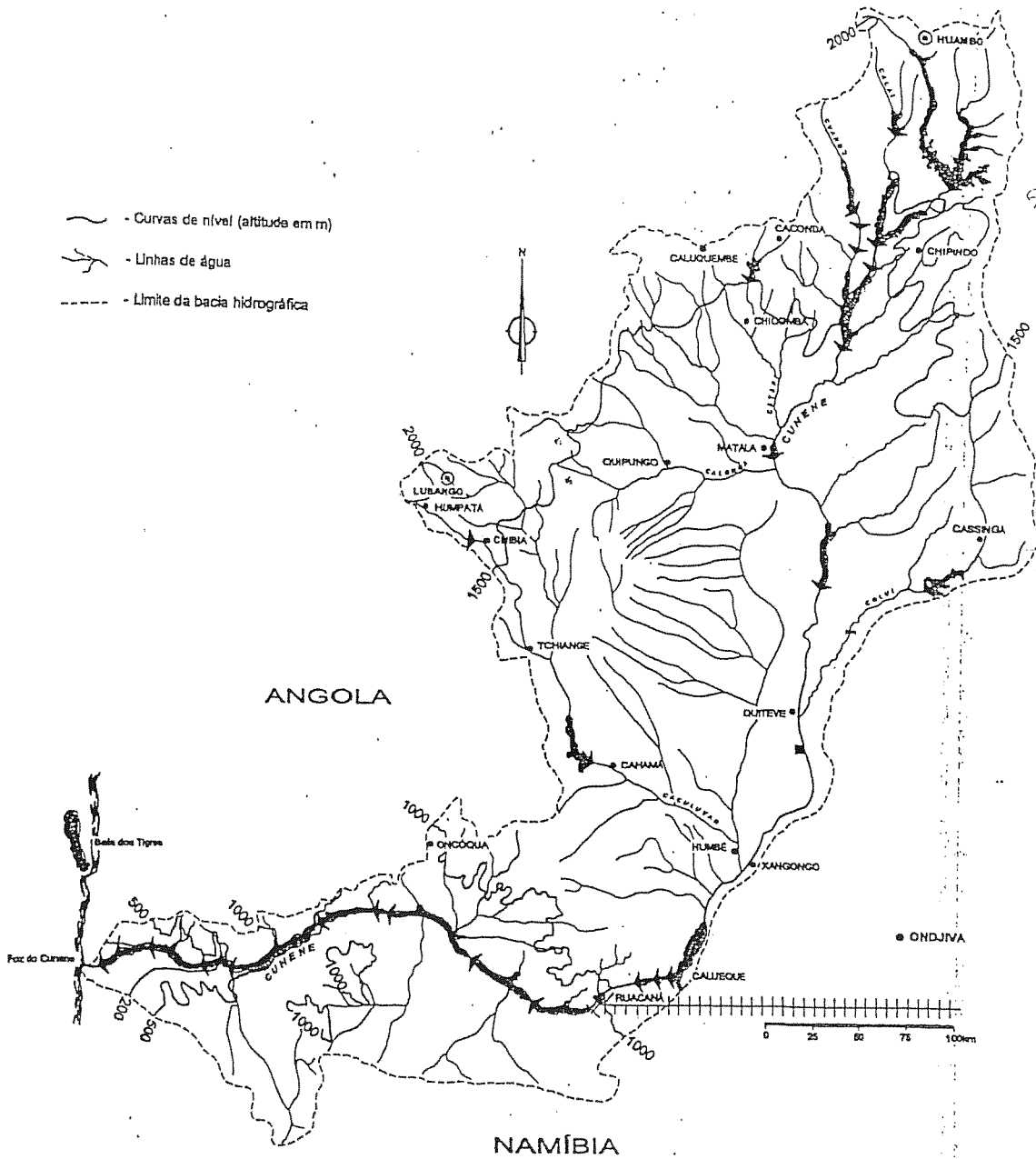


Figura 3 - Bacia e rede hidrográfica do rio Cunene

A bacia hidrográfica do Rio Cunene, uma das principais de Angola, em conjunto com os dos rios Zaire, Zambeze, Cubango e Cuando, apresenta uma forma alongada, desenvolvendo-se entre os paralelos $13^{\circ} 30' S$ e $18^{\circ} 02' S$ e os meridianos $11^{\circ} 48' W$ e $16^{\circ} 20' W$.

As bacias hidrográficas adjacentes da bacia hidrográfica do rio Cunene são: a Norte do Queve e do Cuanza; a Oeste, as do Catumbela, Caporolo, Bentiaba, Giraul, Bero e Curo; a Sul, a do Hoarusib e a Leste as do Cubango e do Cuvelai.

4.2 Topografia

A cartografia disponível que cobre a zona da bacia hidrográfica do rio Cunene é a Carta de Angola, na escala 1/250000 (publicada pela antiga Missão Cartográfica de Angola, actualmente integrada no Instituto de Investigação Tropical). A zona da bacia é coberta por vinte e uma folhas. O levantamento fotogramétrico que deu origem a esta Carta foi realizado entre 1957 e 1959.

A cartografia de Angola à escala 1/100000, com curvas de nível equidistantes de 50 m, foi elaborada pela Junta das Missões Geográficas e de Investigações do Ultramar. Esta foi obtida a partir do levantamento aerofotogramétrico da região, abrangendo em 1965 toda a bacia hidrográfica do rio Cunene a montante de Matala. A bacia é coberta com 57 folhas, sendo a sua numeração compreendida entre as folhas 255 e 466. Destas, 12 folhas correspondem a território da Namíbia, sem informação cartográfica acessível até ao presente.

Para alguns estudos locais, como por exemplo, o de Gove, foram feitos levantamentos fotogramétricos à escala 1/10000, realizados em 1963 pela TECAFO, e ligados à Geodesia da província tanto em planimetria como em altimetria.

Na ausência de informação cartográfica recente esta pode ser actualizada utilizando imagens de satélite. Destas imagens poderá ser também recolhida informação temática que não consta nas cartas, tal como o tipo e distribuição de cobertura vegetal, o tipo e distribuição do uso do solo, etc.

Tendo em vista a escala de trabalho e os objectivos a atingir foi considerado mais adequado, tanto do ponto de vista técnico como económico, optar pela utilização da informação recolhida pelo sensor "Thematic Mapper" (TM), a bordo do satélite de observação da Terra, Landsat-5. As imagens numéricas recolhidas por este sistema têm uma boa resolução espectral, e a sua resolução espacial (30x30 m) é compatível com a repartição da ocupação do território pelos vários temas que se pretendem identificar.

A bacia hidrográfica é coberta por oito imagens Landsat TM. As imagens podem ser adquiridas em discos ópticos para computador.

4.2 Morfologia, Relevo e Rede Hidrográfica

Angola é predominantemente ocupada por planaltos e peneplanícies elevados com altitudes médias compreendidas entre os 1000 m e os 1500 m, encontrando-se dividida em cinco tipos de unidades morfológicas, cujas altitudes aumentam com a idade das formações geológicas que as constituem.

O mais antigo dos cinco tipos de unidades morfológicas é a **Cadeia de Montanhas Marginal** (tipo V), representado no Cunene na região montanhosa de Humpata e toda a extensão montanhosa que se estende de Lubango até ao Huambo, com altitudes acima dos 1500 m. Estas elevam-se abruptamente em cerca de 200 a 250 m dos terrenos do tipo IV.

A **Região Planáltica**, tipo IV, ou "Planalto Africano", aplanada, de relevo monótono, levemente ondulado e recortado por vales muito largos, está representada ao longo da maior parte da bacia do rio Cunene, com altitudes entre os 1200 m e os 1800 m, até às proximidades das quedas do Ruacaná.

A **Região Sub-Planáltica de Transição**, tipo III, a zona que apresenta altitudes variando entre 1000 m e os 500 m, sendo o limite com a zona anterior irregular, é caracterizada por uma área aplanada mal drenada, estendendo-se entre a região a leste do Ruacaná até à Serra da Cafema.

A Região Baixa de Transição, tipo II, é uma peneplanície, levemente inclinada para o litoral, com declive de 0,3 %, no qual se desenvolvem relevos residuais, como escarpas, plataformas e serranias até aos 1000 m.

A Região Litoral, tipo I, no sul de Angola tem uma largura entre os 35 e os 55 km, com altitudes inferiores a 300 m, e declive da ordem dos 0,8 %, onde se situa a área da foz do rio Cunene.

Das características morfológicas destes tipos resulta que a bacia hidrográfica do rio Cunene pode dividir-se em três zonas de características bem definidas:

- **Zona norte e noroeste, a montante da Matala:** região de relevos pronunciados com altitudes variando entre os 1 300 m e os 2 100 m.

O limite ocidental da bacia, especialmente na região de Humpata, é constituída por um maciço arredondado, de direcção N-S, associado à **Cadeia Marginal de Montanhas**, com declives acentuados na direcção oeste, sendo tal particularmente visível na Serra da Chela, a qual forma uma escarpa com cerca de 1 000 m de altura. Esta **Cadeia Marginal de Montanhas** estende-se em altos relevos desde a zona de Lubango até ao planalto do Huambo. Bordeja a bacia do rio Cunene ao longo da zona oeste-noroeste, estendendo-se progressivamente mais para o interior quando se caminha para norte, e ocupando progressivamente toda a área da bacia desde a Matala até ao Huambo.

- **Zona entre a Matala e Calueque, no início do trecho fronteiro:** vasta área planáltica, com altitudes entre os 1 000 m e 1 300 m.

A **Região Planáltica** desenvolve-se efectivamente em dois patamares correspondentes a litologias distintas. Uma grande parte deste planalto desenvolve-se sobre as rochas cristalinas e metassedimentares antigas (pré-câmbricas) segundo um relevo de peneplanície jurássica, retrabalhado por acções mais recentes; a parte restante desenvolve-se sobre as formações detríticas do Kalahari e quaternárias, formando uma superfície extensa e aplanada (geralmente designada por *tunda*), de idade pliocénica, com rede de drenagem incipiente onde se assinalam diversas *chanas*, *mufitos* e *ecangos*. As *chanas* são vales largos, de fundos planos, margens baixas, alagadiços e pantanosos; os *mufitos* são as zonas levemente mais altas.

que circundam e delimitam as *chanas* e os *ecangos* são depressões fechadas desenvolvidas sobre os *mufitos*. A zona planáltica das formações detríticas terciárias e quaternárias - que ocupa a região centro-sul-leste da bacia do rio Cunene - está separada da peneplanície desenvolvida nas rochas cristalinas por uma pequena escarpa de 10 m de altura.

- **Zona a jusante de Calueque:** correspondente à parte da bacia hidrográfica drenada pelo trecho internacional do rio, apresenta relevos acentuados e altitudes situadas entre os 1 000 m e o nível do mar.

Nesta região do sul os relevos de natureza granítica são no geral morros arredondados, apresentando por vezes cavidades que podem chegar a atingir grandes dimensões; os calcários geram relevos de encostas abruptas, com cornijas e degraus, recortados por muitos e pequenos vales; por seu lado as rochas xistosas e quartzíticas originam relevos muito acentuados e profundamente recortados pela rede de drenagem.

A separação do **Planalto** para a **Região Sub-Planáltica de Transição** faz-se por uma escarpa que por vezes atinge alturas acima dos 650 m. A erosão nas bordaduras ocidental e norte das **Regiões Planáltica e Sub-Planáltica** é muito intensa, fazendo com que na zona de bordadura a peneplanície esteja já bastante degradada. Ao invés da **Região Planáltica**, onde os rios são muito menos encaixados, as linhas de água apresentam-se aqui bastante encaixadas, em particular nas zonas de nascente. A zona de escarpa encontra-se sujeita a uma erosão activa, mais intensa no bordo leste que no oeste, e é afectada por grandes depósitos de vertente.

A separação entre a **Região Baixa de Transição** e a **Região Litoral** faz-se por alturas do bordo ocidental da Serra da Cafema. A **Região Litoral** tem tipicamente relevos muito pouco acentuados e uma rede de drenagem muito reduzida e de regime torrencial. A região do **Deserto Costeiro da Namíbia** influencia ligeiramente a zona terminal do percurso do rio Cunene, em particular a região da foz.

A rede hidrográfica da Bacia do Rio Cunene é de natureza predominantemente dendrítica em toda a região a montante de Osse e dominantemente rectilínea a sul dessa região. Na área onde ocorrem os afloramentos do Kalahari e quaternários as redes de drenagem são formadas por linhas de água incipientes, de traçado rectilíneo, com leitos

frequentemente mal definidos, perfis longitudinais irregulares e com alguns troços de declives inversos ao do sentido do escoamento; refira-se que esta tendência rectilínea é também de algum modo marcada na zona a montante de Osse. As orientações dominantes são NW-SE, mas podem ocorrer igualmente direcções E-W, SW-NE e N-S, supondo-se que muitas destas linhas de água se encontrem encaixadas em fracturas subjacentes que se estendem ao soco cristalino. Muitos destes cursos de água temporários - as *mulolas* - na zona de afloramento dos depósitos quaternários e do Kalahari são fortemente meandriformes ao longo das *chanas*, com frequentes lagoas resultantes de meandros abandonados. Na zona ocupada pelos depósitos detríticos é ainda comum aparecerem zonas deprimidas de acumulação de águas - as *etalas* - por vezes desenvolvidas ao longo dos incipientes leitos das linhas de água. O mesmo tipo de natureza rectilínea da rede de drenagem, com orientações idênticas às acima citadas, ocorre no soco cristalino, onde a rede é já mais definida e desenvolvida, sendo em muitos casos instalada ao longo de acidentes tectónicos; no entanto, nas zonas de afloramentos xistos pode existir uma certa tendência para drenagens dendríticas. Na zona subplanáltica a rede de drenagem é bem encaixada, em especial nas proximidades da escarpa, existindo fenómenos de captura de umas linhas de água por outras.

A região de Osse-Mucupe marca igualmente um limite entre os aspectos de simetria da bacia. Com efeito, a Bacia do Rio Cunene tem uma forte assimetria a jusante do eixo Osse-Mucupe; efectivamente, a jusante deste eixo, o sector ocidental é bastante mais importante em área e em desenvolvimento das redes de drenagem que o bordo oriental, pelo menos no que respeita ao território angolano. No troço terminal (de fronteira com a Namíbia) a rede de drenagem é bastante diminuta em extensão e densidade de cursos de água, manifestando desse modo as condições predominantes de aridez neste sector. Esta diminuição da densidade de drenagem começa a fazer-se sentir a sul de Quiteve, em especial para a margem oriental, sendo que a partir de Tocolo não existem, nesta mesma margem, cursos de água significativos dentro do território de Angola.

A bacia do rio Cunene tem uma área total entre os valores de 105 350 km² e 106 500 km², consoante as fontes, desenvolvendo-se a maior parte, 92 400 km², em território angolano, e a área restante ocupa território da Namíbia.

Na área afectada pela bacia do rio Cunene a maior parte dos cursos de água são temporários, de regime torrencial, secando durante a estação do "cacimbo" (Maio a Agosto), à excepção do próprio rio Cunene. O mesmo se passa, aliás, em todo o sul de Angola, onde os únicos rios perenes são precisamente o Cunene, o Cuando e o Cubango.

O rio Cunene nasce no planalto de Benguela, no distrito do Huambo, perto de Boas Águas. O seu nome, em linguagem local, significa rio grande.

O seu comprimento está compreendido entre 945 km e 1100 km, consoante as fontes. A sua largura chega a atingir, no Humbe e a montante desse ponto, 5 a 8 quilómetros.

A área da sua bacia hidrográfica até Matala é de 27 526 km² e de 83 382 km² até Calueque.

O percurso do rio Cunene pode ser dividido em três trechos: no primeiro, com 550 km de comprimento, o rio desenvolve-se integralmente em território angolano, tendo orientação predominante N-S, até à confluência com o rio Mui; no segundo trecho, que se estende até Ruacaná, ainda dentro de território angolano e com uma extensão de cerca de 200 km, a sua orientação passa a ser NE-SW; a partir deste local até à foz, num trecho final com cerca de 350 km, o rio estabelece fronteira entre Angola e a Namíbia e apresenta orientação predominante E-W, Figuras 3 e 4.

No primeiro, há um troço inicial do rio Cunene, com 320 km de comprimento, que se desenvolve a montante da Matala. Encontra-se encaixado na zona montanhosa norte da bacia hidrográfica, apresentando um declive acentuado, com leito rochoso e rápidos (de que se destacam os de Jamba-ia-Mina). A zona da bacia hidrográfica drenada por este trecho apresenta uma rede de drenagem bem marcada, constituída por rios de escoamento permanente, destacando-se: na margem direita, o Cunhangamua, o Calai, o Cuando, o Cunje e o Qué; na margem esquerda o Cusso.

No troço intermédio, com 380 km de comprimento, desenvolvido entre a Matala e Calueque, o leito do rio Cunene possui declives muito suaves, vencendo um desnível de apenas 130 m. Neste troço, o rio Cunene apresenta características de um rio de planície: leito aluvionar, predominantemente em areia, e uma planície inundável com 2 km de largura.

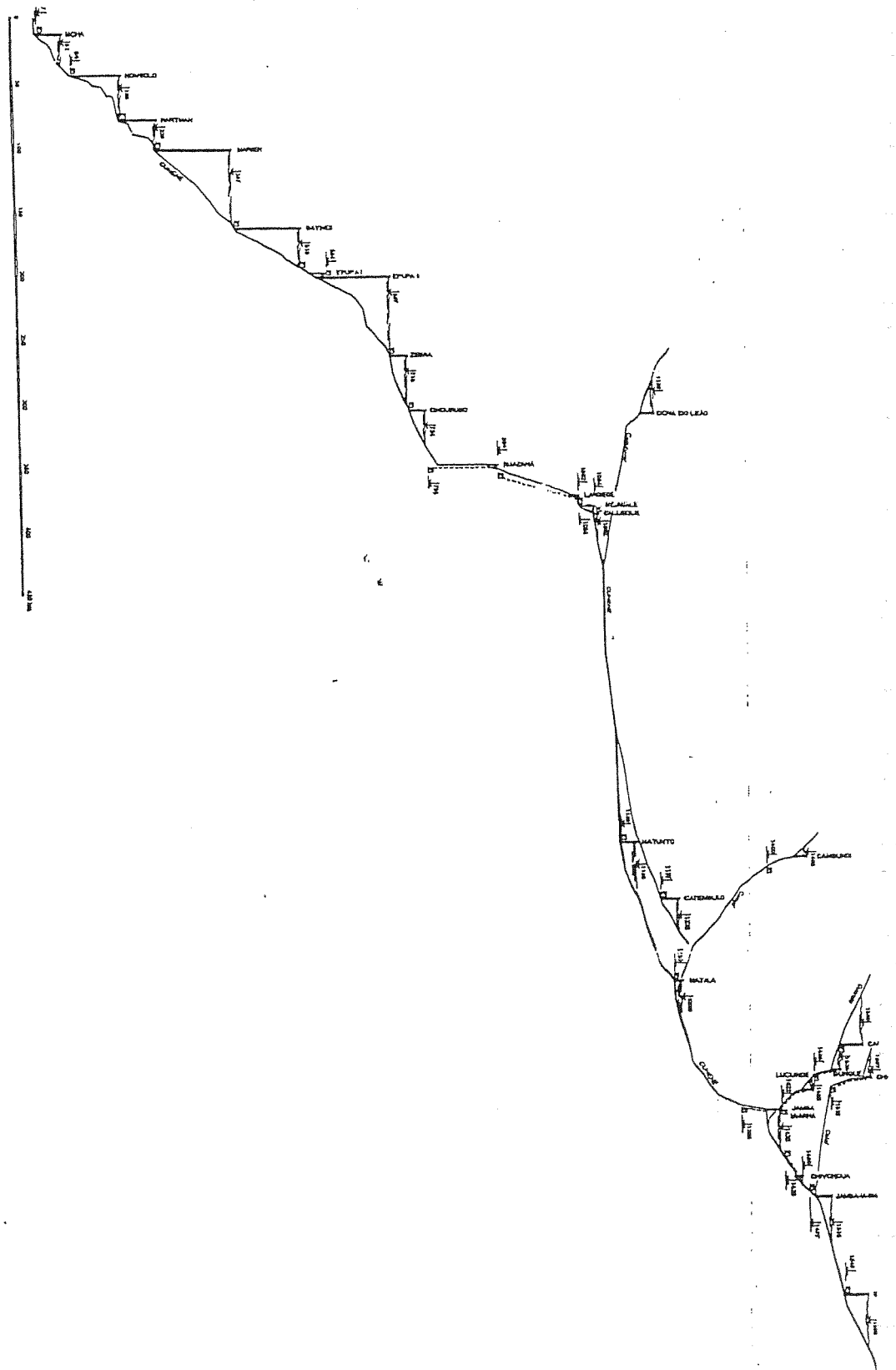


Figura 4 - Perfil longitudinal do rio Cunene

Esta planície desenvolve-se principalmente ao longo da margem direita, originando a formação de lagoas. Os afluentes da margem direita do rio Cunene neste trecho são os rios Calonga e Caculavar e os afluentes da margem esquerda são rios Osse e Colui. O rio Caculavar drena uma vasta área que se estende desde a zona de Lubango até Xangongo, englobando o Sistema de Drenagem da Mulola Mucupe, com linhas de água com direcção W-E, mais ou menos paralelas; estas linhas de água confluem com a Mulola Mucupe que corre de Norte para Sul paralelamente ao rio Cunene. Todas as linhas da água da bacia hidrográfica drenada pelo trecho intermédio do rio Cunene têm regime de escoamento temporário.

Desde as quedas da Matala às do Ruacaná, o rio é navegável, para embarcações de cerca de 0,9 m de calado, desde a parte superior das quedas de Iacavala, 45 km a montante de Ruacaná, até à queda de Matala, excepto num pequeno troço, jusante de Capelongo, que pode, porém ser economicamente adaptado à navegação.

No troço final, desenvolvido a jusante de Calueque e com uma extensão de 350 km, o rio vence um desnível de cerca de 1100 m. Neste trecho o rio é bastante encaixado, apresentando quedas de dimensão apreciável e extensos rápidos. A margem direita da deste trecho é drenada pelo rio dos Elefantes e por pequenos afluentes, até à foz, com regime de escoamento temporário de características torrenciais. A margem esquerda da bacia hidrográfica, na Namíbia, é drenada pelos rios Omubonga e Otjunjange.

A Brigada de Estudo dos Rios de Angola, sediada em Sá da Bandeira, publicou, em 1962, o Reconhecimento Hidrográfico do rio Cunene, à escala aproximada de 1/5000. Em 34 folhas, não cobrindo toda a extensão das Quedas do Ruacaná até ao Montenegro, foram levantados apenas os leitos menores, com indicação das profundidades, sem indicação do dia do levantamento, e com referência à existência de fundo rochoso, quando existente. Encontraram-se profundidades variando entre os 0,5 m e os 4 m, numa sucessão típica de rios com rápidos e fundões. Numa extensão maior do que 160 km, a largura do rio oscila entre um mínimo de 50 m até um máximo de 175 m, quando apresenta um só canal, sendo predominante a largura de 100 m. Nos troços com dois canais pode alargar até aos 500 m, havendo ilhas com largura até 300 m.

Também foi feito o reconhecimento do rio Cunene entre as quedas de Montenegro e sua Foz, indicando a posição aproximada dos rápidos nele existentes. Fazia-se notar que o nível das águas influenciaria a quantidade e intensidade desses rápidos. Foi concluído que é impossível a navegação nesse trecho.

4.3 Geologia

A caracterização das unidades geológicas da bacia do rio Cunene, dos materiais recentes para os mais antigos, é feita pelas seguintes categorias, Figura 5:

- *Quaternário e Quaternário Indiferenciado* - são depósitos de natureza continental em praticamente toda a sua área de ocorrência na bacia do rio Cunene. São representados por aluviões, eluviões e outros depósitos recentes. São depósitos essencialmente argilo-arenosos a areno-argilosos, sendo que na zona drenada pelo rio Caculavar, onde este e algumas *mulolas* correm sobre o Complexo Gabro-Anortosítico, apresentam como argilas negras resultantes da alteração das rochas cristalinas subjacentes com mais ou menos elementos rolados provenientes destas rochas. Localmente os depósitos aluviais podem ter um carácter mais arenoso. Ocorrem ainda terraços fluviais de natureza argilosa, e depósitos de vertente constituídos por cascalheiras de vertente, calhaus rolados de rochas cristalinas, rochas conglomeráticas bem consolidadas e quartzo, dependendo a natureza destes depósitos das rochas na zona do depósito de vertente. O Quaternário está ainda representado por depósitos de calcretes, ferricretes e silcretes, além de depósitos de areias lavadas e afins, que podem surgir recobrendo as formações do Sistema do Kalahari ou atapetando os leitos e margens dos rios e *etalas* que correm sobre estas mesmas formações; estes últimos são depósitos arenosos de cor clara, bem calibrados e arredondados, bem lavados e não consolidados, podendo atingir espessuras consideráveis. ocasionalmente podem ocorrer depósitos mais argilosos e diatomácicos impuros. Pode ainda estar representado por formações lateríticas.

- *Sistema do Kalahari* - são depósitos de origem continental, terciários, com idades que se estendem desde o início do Paleogénico até ao fim do Neogénico, podendo atingir até 600 m de espessura na zona a leste da bacia do rio Cunene, mas diminuindo

progressivamente de espessura para oeste - na Tunda a espessura das formações de cobertura é já da ordem dos 100 m - até ao contacto aflorante com o soco cristalino. Encontram-se depositados sobre o soco cristalino - na maior parte dos casos sobre paleosolos argilosos - recobrimdo o seu paleorelevo, formando uma vasta bacia sedimentar com inclinação geral para sul. A base destas formações é constituída por arenitos e conglomerados mais ou menos silicificados e de cimento carbonatado, cobertos por argilas arenosas parcialmente carbonatadas. Na bacia do rio Cunene caracterizam-se por depósitos areníticos e grés friáveis argilosos, por vezes com nódulos calcários e com intercalações locais de areias muito argilosas avermelhadas e ainda por crostas superficiais de calcários brancos por vezes silicificados. Os conglomerados, ou grés conglomeráticos avermelhados que constituem a base das formações areníticas e de grés apresentam elementos do Complexo Gabro-Anortosítico subjacente, podendo variar lateralmente para grés silicificados compactos, brancos a esverdugados, que adquirem uma cor vermelha por alteração; o conjunto de todas estas formações arenosas, greso-argilosas friáveis, grés silicificados e grés conglomeráticos assenta discordantemente sobre formações argilosas avermelhadas que resultam da alteração das rochas cristalinas subjacentes. Localmente podem ocorrer depósitos de dolomias ou de calcários mais ou menos puros, eventualmente carsificados, como é o caso da região de Ericksons's Drift/foz do rio. À superfície o Sistema do Kalahari é assinalado pela presença de areias finas brancas ou rosadas ou por crostas de calcários brancos por vezes silicificados e grés calcários. Na sua generalidade pode dividir-se o Sistema do Kalahari em duas séries:

1. Série do Kalahari Superior ou Série das Areias Ocráceas - de idade Neogénica, aflora geralmente em regiões elevadas, em toda a região onde o Quaternário, que lhe está sobrejacente, foi erodido. Isto é, praticamente ao longo de toda a região planáltica do troço central do rio Cunene, entre o sul de Calumbinga, Matunto, Chibemba, Cahama e entre o sul de Ediva e a fronteira com a Namíbia. São depósitos greso-areno-argilosos, de elementos finos a médios, bem calibrados, e cimento predominantemente silicioso, compactos, com cores variando entre o creme, o amarelo e o vermelho; superficialmente estes depósitos são nitidamente arenosos, desagregados e móveis - supõe-se que por infiltração das águas pluviais que vão carreando a fracção argilosa - de cores claras ou acinzentadas, por vezes com fenómenos de laterização.
























Figura 5 – Carta geológica da bacia do rio Cunene

CENOZÓICO

PRÉ-CÂMBRICO

LEGENDA

-  Quaternário Indiferenciado
-  Formações Sedimentares do Kalahari e Depósitos do Sudoeste
-  Metassedimentos da "Espinheira"
-  Noritos e Doleritos da Orogenia Pan-Africana
-  Formação da Leba-Tchamalindi
-  Grupo da Chela
-  Granitos Vermelhos do Sudoeste
-  Granitos da Chicala-Cacula
-  Granitos Porfiroblásticos, Tipo Quibala
-  Granitos Biotíticos da Região Central
-  Riolitos de Elewa-Catabola
-  Formações da Chivanda-Negola
-  Complexo Gabro-Anortosítico
-  Xistos, Grauvaques e Vulcânicas Diversas da Orogenia Limpopo-Liberiana
-  Complexo Granito-Migmatítico da Orogenia Limpopo-Liberiana
-  Granitos, Dioritos e Grano-Dioritos da Orogenia Limpopo-Liberiana
-  Gnaisses e Migmatitos da Orogenia Limpopo-Liberiana
-  Calcários Cristalinos da Orogenia Limpopo-Liberiana
-  Complexo Xisto-Quartzítico
-  ...
-  FRONTEIRA

Supergrupo de Oendolongo

2. Série do Kalahari Inferior ou Série dos Grés Polimorfos - de idade Paleogénica, aflora na bordadura do Kalahari Superior, em estreitas faixas alongadas. Na zona de Chibemba e um pouco a norte, na região de Matunto, entre Cahama e Chicusse e na região leste de Cavaláua. Aparece em ligação com os contactos entre as rochas cristalinas e as séries detríticas mais recentes, nos vales de cursos de água mais entalhados e no fundo de algumas *etalas*, estando em contacto directo com o soco cristalino, podendo formar relevos tabulares com escarpas de até 10 m de altura.

- *Unidade de Lutoa-Cassange* - formações com idade compreendida entre o Carbónico e o fim do Jurássico, de natureza continental, que ocorrem no trecho internacional do rio Cunene, numa faixa alguns quilómetros a montante da Serra da Cafema.

- *Rochas Ígneas Mesozóicas* - basaltos olivínicos, andesitos, dacitos, microdioritos, pórfiros dioríticos, doleritos, dacitos, e noéitos, na região de Dinde-Lola e no Lubango; andesitos; basaltos olivínicos, e os complexos eruptivos da Bonga e Tchivira (carbonatitos, brechas feldespático-carbonatíticas, rochas apatítico-carbonatíticas, brechas eruptivas ná-carbonatíticas, fonólitos, tinguaitos, traquitos, ijolitos, melteijeitos, urtitos, microssienitos, sienitos, sienitos nefelínicos, sieno-dioritos e diversas outras rochas alcalinas). Na zona da cabeceira do rio Mungongo ocorrem fonólitos e nas zonas de Huambo e Caála, entre outras surgem kimberlitos. Na zona da barragem da Matala são desta idade as unidades basálticas doleríticas aflorantes assim como pelo menos algumas das brechas mais ou menos associadas a falhas. Podem ainda ocorrer outros tipos filonianos como filões de quartzo, aplíticos, pegmatitos, lamprófiros, e rochas vulcânicas básicas, todos de idade mal definida. As rochas doleríticas podem ocorrer não só em filões sub-verticais mas também em estruturas de tipo "mesa" que recobrem o soco cristalino subjacente. As rochas filoneanas tendem a preencher os acidentes tectónicos que já existissem à data da sua intrusão, visto terem aproveitado a maior parte deles para a sua instalação. Importantes afloramentos de filões pegmatíticos são igualmente referenciados, havendo mesmo uma ocorrência imponente destas litologias a norte de Chiquaqueia; associados às intrusões pegmatíticas podem ocorrer intrusões aplíticas.

- *Rochas Ígneas Ante-Pérmicas* - riolitos e rochas afins, granitos vermelhos e pórfiros granitóides. A sua jazida é predominantemente filoniana. O mesmo tipo de rocha

ocorre nas áreas de Dinde-Lola e Lubango. Também podem ser diversas rochas ígneas como: espessartitos e outros lamprófios, tonalitos, peridotitos, hiperitos, aplitos, pegmatitos, dioritos, pórfiros graníticos e quartzíticos.

- *Soco Cristalino Pré-Câmbrico* - este é a terceira grande unidade aflorante na bacia do rio Cunene (as outras duas são os depósitos quaternários e a série sedimentar do Kalahari). Surge em toda a região ocidental e sul da bacia do rio Cunene, a ocidente do contacto com as formações sedimentares terciárias e quaternárias; surge ainda a leste, num largo afloramento que se estende entre a Jamba e o rio Munduma, noutro entre Monguira e Vila Flor, além de em retalhos dispersos pelo Quaternário até à região de Huambo. Abrange dos calcários, arenitos e metassedimentares diversas até às rochas ígneas e migmatíticas, com idades que vão desde 2900 milhões de anos até à base do Paleozóico. Nestes terrenos estão representados testemunhos das diversas orogenias Pré-Câmblicas que afectaram a região: Pan-Africana, Quibariana, Eburneana, Limpopo-Liberiana. Naturalmente, as rochas mais antigas encontram-se muito mais tectónizadas e apresentam as marcas das acções sobrepostas das orogenias subjacentes. É assim de prever uma fracturação muito mais intensa na rochas mais antigas que nas mais recentes. Esta fracturação foi frequentemente ocupada por filões de doleritos olivínicos, lamprófios, dioritos, aplitos e pegmatitos, entre outras. O Soco Cristalino Pré-Câmbrico pode dividir-se nas seguintes unidades, aflorantes na bacia do rio Cunene, adiante indicadas da mais recente para a mais antiga: 1) unidade dos "Metassedimentos da Espinheira" ou de Damara; 2) formação da Leba-Tchamalindi; 3) formação ou grupo da Chela; 4) rochas ígneas da orogenia Pan-Africana; 5) rochas ígneas da orogenia Quibariana; 6) granitos e gnaisses da orogenia Eburneana; 7) supergrupo do Oendolongo, rochas ígneas e metassedimentares associadas; 8) complexo Gabro-Anortosítico e rochas associadas; 9) metassedimentos e rochas vulcânicas da orogenia Limpopo-Liberiana; 10) complexo granítico-migmatítico; 11) granitos e gnaisses do Sudoeste e 12) séries metamórficas do Sudoeste.

4.4 Clima

Angola, situada na faixa de clima tropical, pode ser dividida em quatro zonas climáticas específicas:

- **Zona de Estepe e Savana Seca** - zona de clima tropical semi-árido. Na bacia do rio Cunene é representada pela região entre as Quedas do Monte Negro e Matala.
- **Zona de Savana Húmida** - zona de extensa estação húmida mas em que a estação seca pode durar até 4 ou 5 meses. Na bacia do rio Cunene é representada pela região localizada a montante de Matala.
- **Zona Desértica** - a zona do extremo sul influenciada pelos desertos do Kalahari e da Namíbia. Na bacia do rio Cunene é representada pela região entre as Quedas do Monte Negro e a região costeira.
- **Zona Costeira** - toda a faixa litoral; esta é fortemente influenciada pela corrente de Benguela. Na bacia do rio Cunene é representada pela zona da foz.

A classificação climática de Thornthwaite divide a bacia do rio Cunene em cinco zonas climáticas, Figura 6. A zona **Húmida**, no alto Cunene, desenvolve-se desde a cabeceira até às terras situadas acima dos 1300 m. A zona **Sub-húmida húmida** desenvolve-se em continuidade da anterior até ao paralelo Lubango-Menongue. Para sul a zona **Sub-húmida seca** ocupa, em grande parte, a bacia média do Cunene, em correspondência com a extensão da superfície de altitudes compreendidas entre os 1200 e 1300 m, a qual sobe gradualmente no sentido oeste até ao nível dos 1500 m. A zona **Semi-árida**, desde a confluência com o rio Namibe até Ruacaná, engloba a maior parte da bacia média do Cunene, em correspondência com as altitudes dos 1100 m a 1400 m na bordadura ocidental até aos 1000 m e 1100 m no curso do rio Cunene, o que denota a inclinação muito suave da superfície. Por sua vez, a zona **Árida**, desde Ruacaná até à foz, é praticamente coincidente com a bacia inferior do Cunene, desenvolvendo-se sensivelmente desde cotas que rondam os 1000 m até ao nível do mar.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUNENE

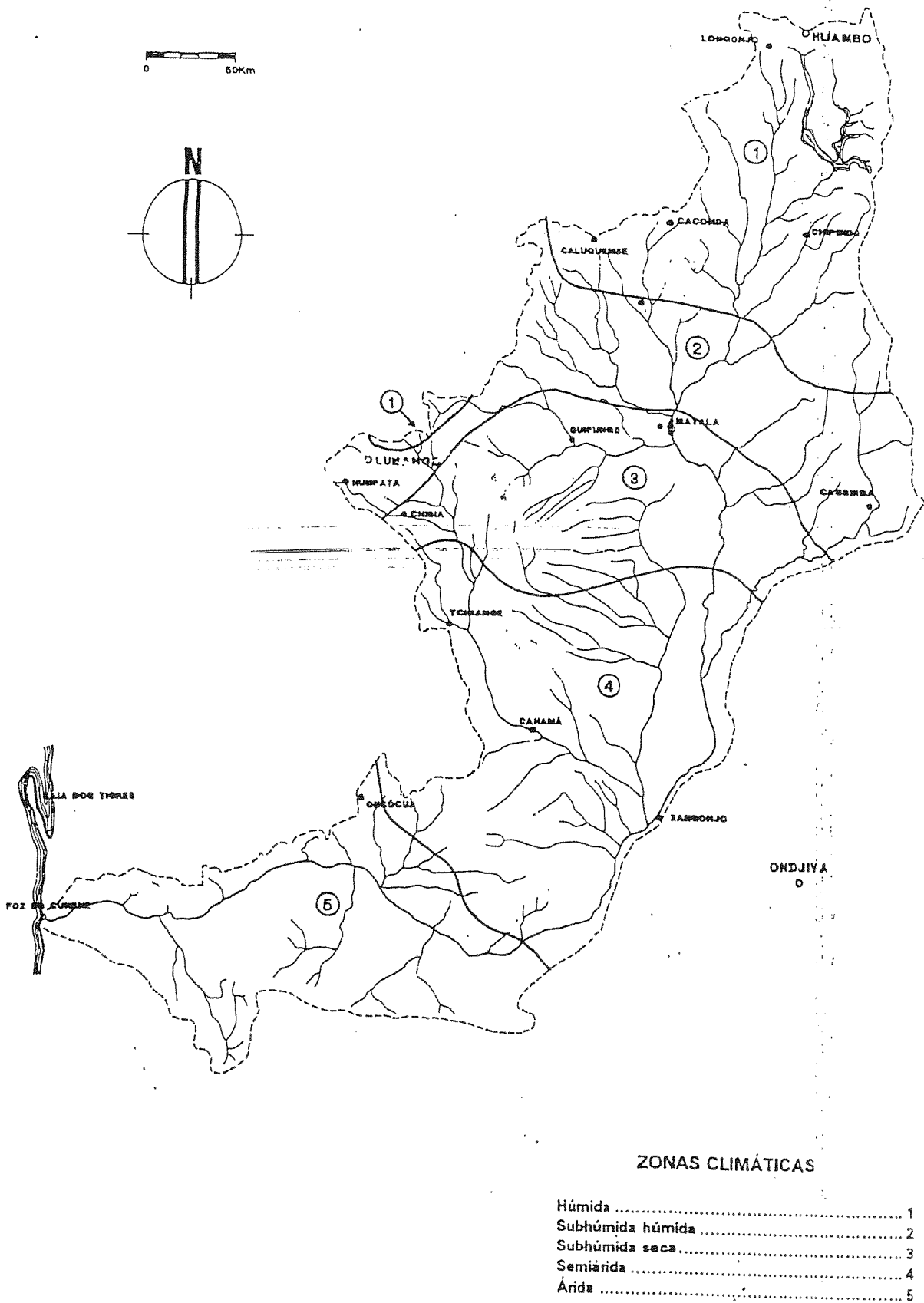


Figura 6 – Zonas climáticas na bacia do rio Cunene

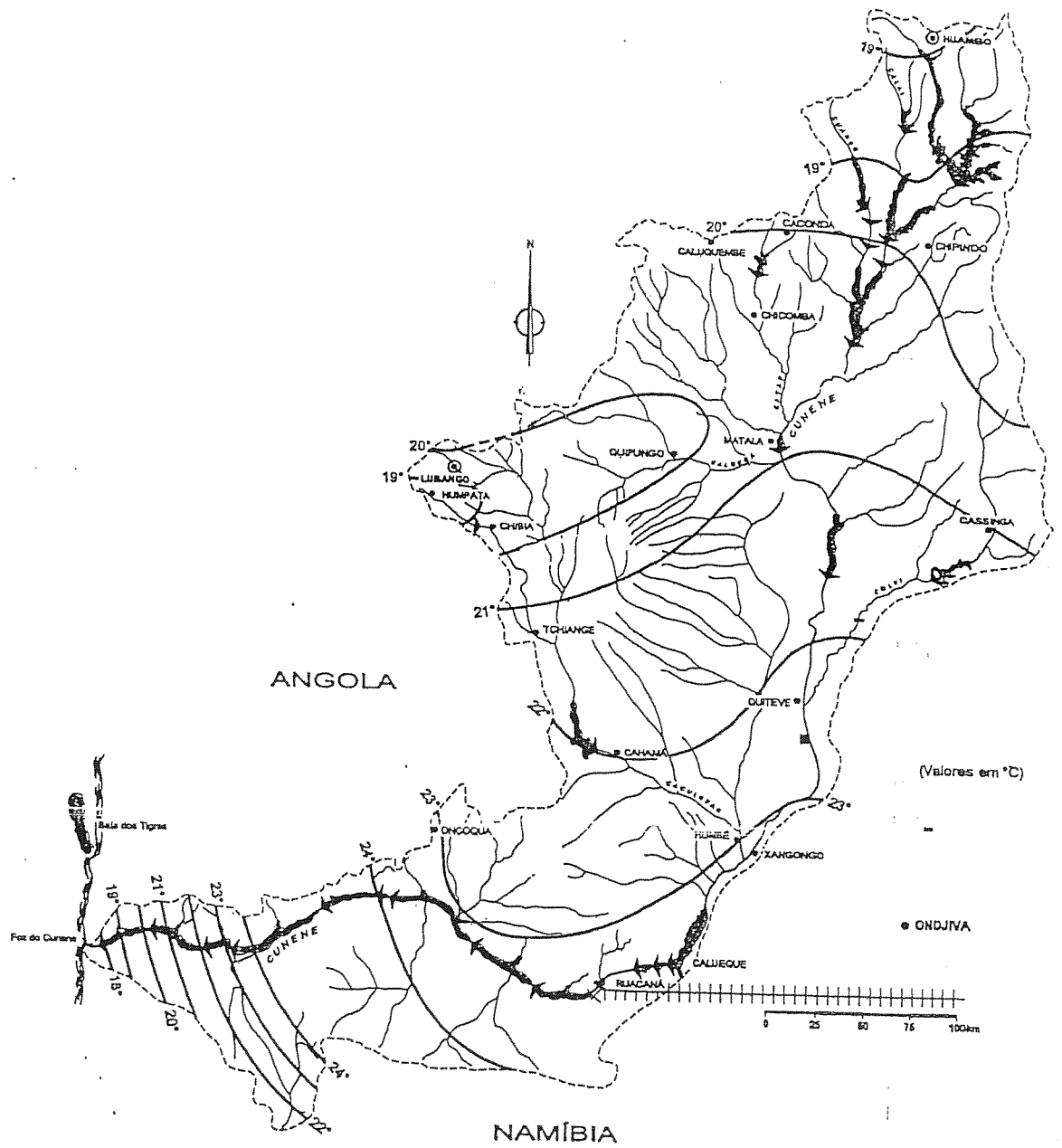


Figura 7 – Temperatura anual média na bacia do rio Cunene

O clima da bacia hidrográfica do rio Cunene, que como vimos é bastante diverso, depende de três factores fundamentais: altitude, proximidade do centro de dispersão de ventos secos que constitui o deserto do Kalahari e latitude.

O aumento de pluviosidade, da humidade do ar e a redução da temperatura são frequentemente conjugadas do acréscimo de altitude, afastamento da zona seca do Kalahari e diminuição de latitude. É por estas razões verificado um decréscimo da temperatura anual média do ar de 24 e 19 °C desde Ruacaná até à zona de Huambo, Figura 7. No Sul da bacia hidrográfica ocorre igualmente um decréscimo da temperatura anual média do ar com a aproximação à foz, observando-se uma variação desde os 24 até aos 18 °C. Esta diminuição deve-se ao efeito da corrente fria de Benguela, a qual gera ainda um aumento da humidade do ar. Na zona de Lubango a temperatura média anual varia entre os 14 e os 16 °C. Verifica-se assim que as temperaturas mais baixas ocorrem no planalto e ao longo do litoral. As temperaturas aumentam de norte para sul até quase à zona da foz, onde voltam a decrescer levemente.

As variações térmicas anuais são pouco sensíveis, com amplitude máxima de cerca de 6°C na Zona Norte da bacia mas aumentando para Sul. O período fresco ocorre em grande parte da bacia do rio Cunene de Maio a Agosto (estação do "cacimbo"), sendo os meses mais frescos Junho, Julho e Agosto; o período mais quente ocorre para a maior parte da bacia em Setembro e Abril, podendo ser um pouco mais reduzido a jusante de Ruacaná.

A precipitação anual média decresce de Norte para Sul, desde cerca de 1400 mm na região Norte da bacia, até valores inferiores a 50 mm, junto da foz. A precipitação anual apresenta uma distribuição não uniforme, tanto ao longo do ano como de uns anos para os outros, concentrando-se na estação húmida, que ocorre de Outubro a Abril; na estação seca - de Junho a Agosto - não ocorre praticamente precipitação, sendo os meses de Maio e Setembro de transição. Verifica-se ainda a tendência para a estação mais húmida ter menor duração, começando mais tarde e acabando mais cedo, à medida que a altitude aumenta. Na estação húmida ocorre normalmente um período mais seco, coincidente com o mês de Fevereiro. Os ventos são normalmente fracos, com direcção predominante de SE. A evaporação média anual - em tina de Piche - indica que na bacia do rio Cunene as mais baixas evaporações se situam na zona litoral e na zona norte e centro da bacia com valores da ordem dos 2 500 mm, havendo um aumento destes valores de norte para sul e do litoral para o interior, ocorrendo os val

mais elevados (superiores a 4 000 mm) na região de Ruacaná. São frequentes geadas nocturnas no planalto durante os meses de Junho e Julho.

4.5 Pedologia

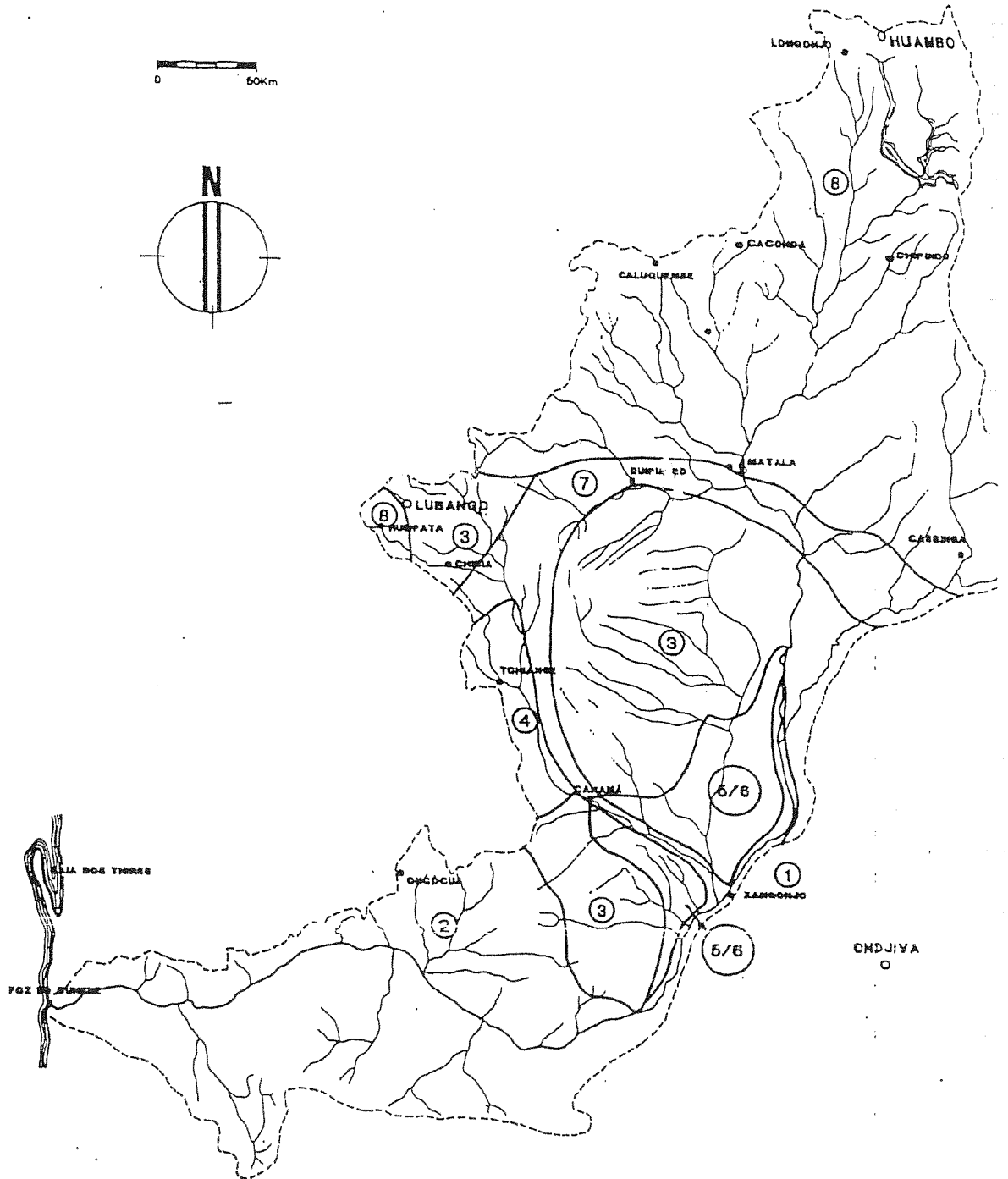
O mapa simplificado dos solos da Figura 9 dá uma panorâmica da distribuição geográfica e representatividade das grandes unidades-solo da bacia do Cunene. A classificação adoptada é a da Missão de Pedologia de Angola e Moçambique (MPAM) e do Centro de Estudos de Pedologia Tropical (CEPT), anotando-se entre parêntesis, a correspondente classificação da FAO/UNESCO. Os variados tipos de solos representados agrupam-se em oito categorias pedológicas com características afins. Deste modo e de acordo com a sequência pedológica da legenda do mapa simplificado, tem-se:

Aluviosolos - Solos de origem fluvial que identificam as baixas ao longo das principais linhas de água, tendo representação assinalável na zona semiárida da Bacia do Cunene. Trata-se de solos pouco evoluídos, texturalmente uniformes ou heterogêneos, consoante a composição e a distribuição dos materiais de sedimentação, que tendem a ser finos nas zonas húmidas e de textura grosseira ou mediana nas secas.

Litossolos - Na zona árida, em coincidência com a bacia inferior do Cunene, os litossolos estão largamente representados, e em geral com acentuada pedregosidade. Trata-se de solos pouco evoluídos, de reduzida espessura, ocorrendo a rocha contínua e dura, a profundidade inferior a 30 cm.

Solos psamíticos - Em correspondência com solos de textura grosseira, soltos, com reduzida proporção de material fino, que tem tendência a aumentar com a profundidade, permeáveis e muito espessos. Os solos psamíticos, que ocupam superfícies muito vastas na bacia média do Cunene, em correspondência com os depósitos arenosos de cobertura do Kalahari, são superficialmente pardo pálidos e coloridos no subsolo, mais frequentemente amarelados ou alaranjados.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUNENE



SOLOS DOMINANTES

- Aluviossolos (Fluvissoles)
- Litoçsolos (Leptossolos)
- Solos psamíticos (Arenossolos)
- Barros (Vertissolos)
- Solos arídicos tropicais (Lixissolos)
- Solos halo-arídicos (Solonetz)
- Solos fersialíticos (Acrissolos)
- Solos Ferralíticos (Ferralsolos)

Figura 9 – Solos dominantes na bacia do rio Cunene

Barros - Solos argilosos pesados, de argila fortemente sialítica, de grande expansibilidade e largo fendimento no período seco, muito pegajosos e muito plásticos, extremamente duros quando secam e apresentam microrrelevo característico do tipo "gilgai". Estes solos estão bem representados na bacia média do Cunene, em correspondência com os gabro-anortositos, frequentemente associando-se a afloramentos rochosos e no vale do Caculavar a envolverem tanto a baixa fluvial (barros pretos aluviais) como as encostas adjacentes.

Solos arídicos tropicais - Solos evoluídos de ocorrência normal nos climas secos (árido e semiárido), em que a fracção fina é dominada por argila sialítica, com proporção variável de reserva mineral, fortemente saturados em bases e elevada capacidade de troca catiónica, podendo apresentar, a profundidade variável, horizontes de acumulação de calcário ou gesso. Apresentando coloração pardo-acinzentada e menos vezes pardo-avermelhada, têm a sua representação circunscrita, na zona semiárida, à região vulgarmente conhecida por Baixo Cunene, caracteristicamente enquadrada, pelos vales do Cunene e Caculavar.

Solos halo-arídicos - Solos que, integrando-se taxonomicamente na categoria dos solos arídicos tropicais, se referenciam separadamente dadas as suas características específicas relacionadas com a ocorrência de horizontes sódicos ou sódico-salinos a maior ou menor profundidade, os quais determinam condições muito favoráveis ao salgamento desde que se não adoptem técnicas específicas na sua utilização. A representação destes solos tem especial significado no Baixo Cunene, em correspondência com as superfícies mal drenadas que na época chuvosa se saturam de água, a qual, na maior parte, somente é eliminada por evaporação, em resultado da ocorrência de impermees ou horizontes compactos a profundidade inconveniente.

Solos fersialíticos - Solos de ocorrência normal na faixa de transição de climas secos para climas húmidos, em geral de textura mediana, com conteúdo variável em reservas mineral alterável, com valores elevados do grau de saturação em bases e da capacidade de troca catiónica, tendo permeabilidade moderada ou moderada a lenta e boa capacidade para a água utilizável. Solos com representação assinalável na parte norte e NW da bacia média do Cunene, a definir uma faixa circundante a separar os solos psamíticos dos solos ferralíticos.

Solos ferralíticos - A baixa do Alto Cunene identifica-se essencialment sololos ferralíticos, ou seja, solos minerais de textura fina ou média/fina, crómicos, constituídos por minerais caulínicos e óxidos de ferro e alumínio, fracamente estruturados, friáveis com valores baixos ou muito baixos do grau de saturação em bases e da capacidade de troca catiónica, frequentemente ocorrendo concreções lateríticas dispersas ou concentradas num horizonte ou bancada dura, localizada a profundidade variável. Os solos ferralíticos ligam a sua representação à bacia do Alto Cunene, de clima húmido e em correspondência com a superplanáltica acima dos 1300/1400 m de altitude.

4.6 Cobertura vegetal

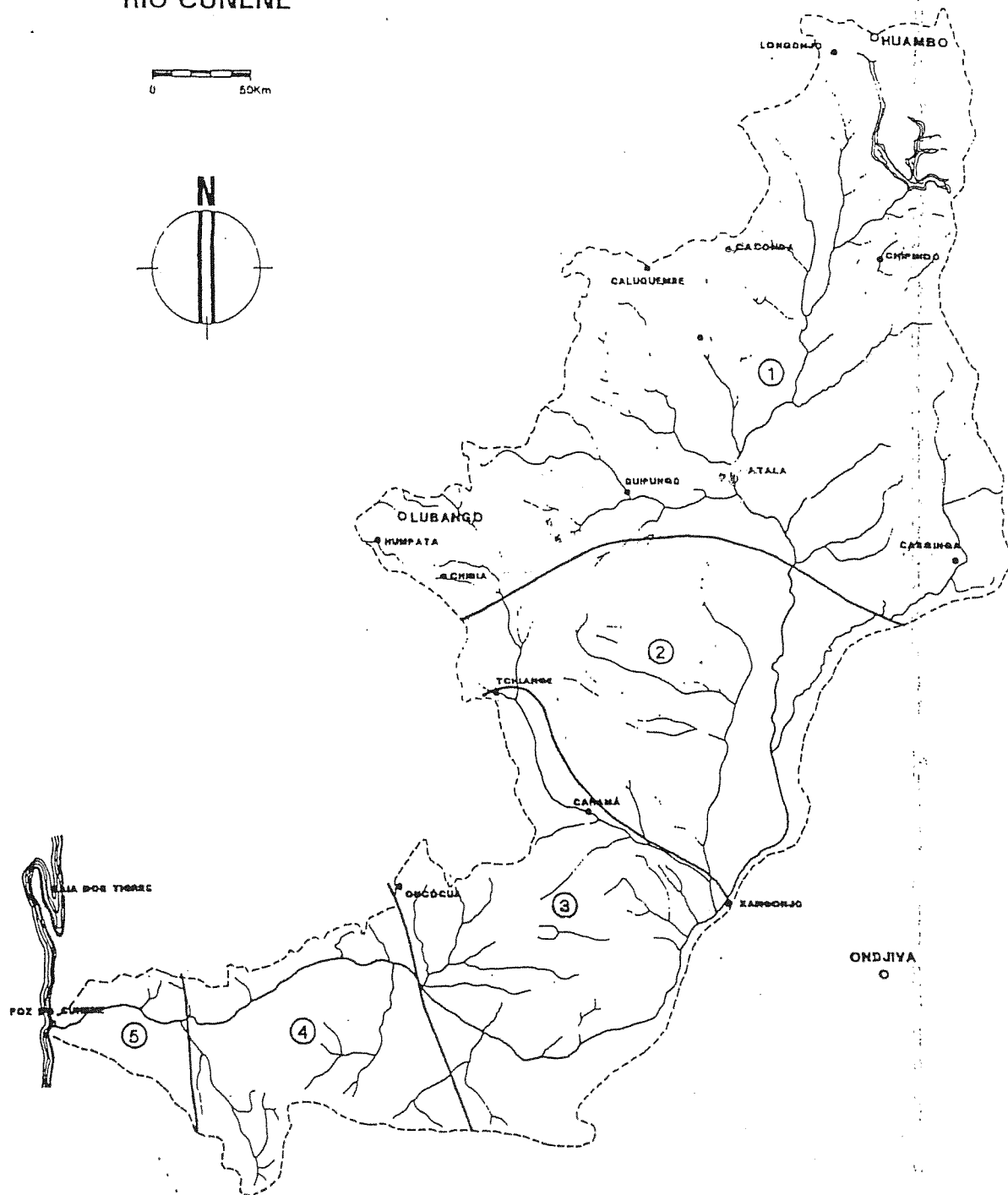
Na bacia do Cunene, distinguem-se 5 grandes zonas fitogeográficas, que reflectem condições fitoclimáticas do meio regional, Figura 10.

A floresta aberta ou mata de "panda" constitui, o tipo de comunidade vegetal ecologicamente se identifica com o meio tropical húmido em que há alternância de estações chuvosa e seca bem marcadas, caracterizada por um coberto florestal do domínio de espécies de *Brachystigia*, *Isoberlinea* e *Julbernardia*. Na zona da floresta aberta, as extensas áreas degradadas são resultantes da ocupação agrícola do solo, e daí depararem-se diversas comunidades savanizadas, desde a savana com arbustos à savana bosque.

A floresta densa seca é uma comunidade vegetal identificada com as zonas de clima subhúmido seco e semiárido, a revestir as superfícies de solos arenosos profundamente naturalmente bem drenados. A espécie florestal *Baikiaea plurijuga* caracteriza a formação conhecida regionalmente por mata de "muiumba", em geral bastante degradada pela acção antrópica, da qual resulta a sua substituição por comunidades de material cerrado do tipo balcedo, de variada composição florística, salientando-se diversas acácias e espécies de géneros *Croton*, *Combretum*, *Grewia* e outras.

As formações de "mutiati" (*Colophospermum mopane*) ocupam extensões apreciáveis na zona semiárida em correspondência com as superfícies de deficiente drenagem e que saturam de humidade na estação chuvosa.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUNENE



ZONAS FITOGEOGRÁFICAS

- 1 Floresta aberta (mata de "panda") e savana com arbustos
- 2 Floresta densa seca (mata de "muiumba") e balcedo (mato cerrado)
- 3 Bosques e savanas de "mutiati"
- 4 Estepe de arbustos da faixa sub-desértica
- 5 Estepe da faixa desértica

Figura 10 – Zonas fitogeográficas na bacia do rio Cunene

O "mutiati" é a espécie arbórea ou arbustiva que caracteriza esta formação, uma constituindo povoamentos estremos e noutras associando-se a outros elementos arbustivos, destacando-se *Spirostachys africana* e espécies de *Acacia*, *Combretum* e *Commiphora*. Este tipo de formação reflecte os condicionalismos no que respeita à presença de horizontes sólicos ou sódico-salinos, tal como é característico dos bosques de composição florística variada. No seu turno os barros e os solos argilosos em geral, em situações topográficas de saturação com água na quadra chuvosa, relacionam-se em geral com bosques ou savanas arborizadas ou arbustivas estremes.

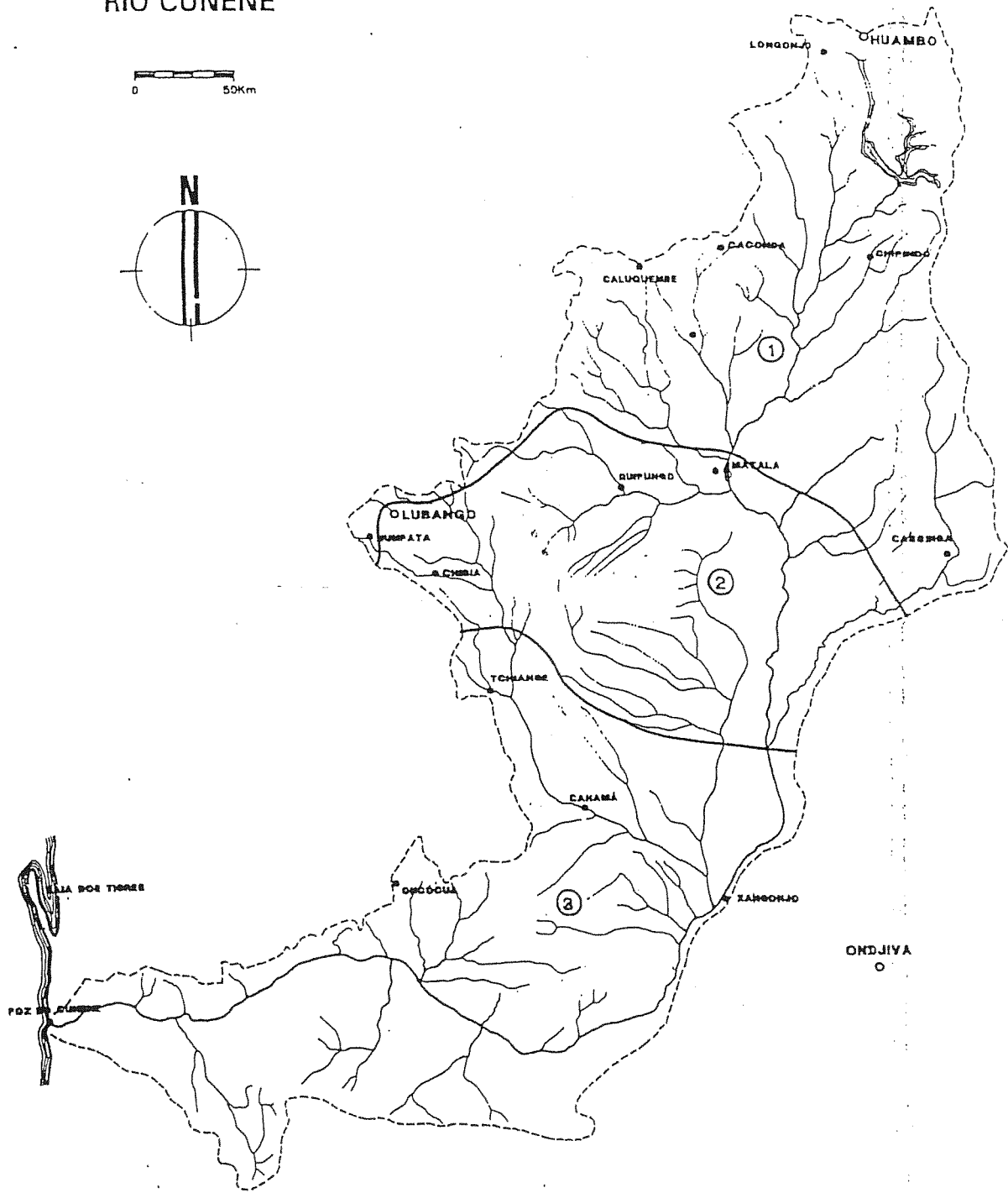
Na zona árida, a vegetação toma fácies xerofítica, que se acentua cada vez mais à medida que se progride no sentido da orla costeira, constituindo uma comunidade típica de estepe com arbustos. Os elementos lenhosos de fraco porte e um tanto dispersos são sobretudo, espécies dos géneros *Acacia*, *Commiphora*, *Combretum*, *Boscia*, *Cratogeomys*, *Terminalia*, etc. A cobertura herbácea, em tufos e pouco densa, é do domínio das gramíneas, estando representadas espécies de *Aristida* e *Eragrostis*.

Na faixa desértica, o estrato arbustivo da formação estépica, disperso e de porte baixo, reflecte acentuado xerofitismo, acentuando-se a presença de plantas suculentas e prostradas, enquanto que o estrato herboso se torna ralo, pouco diversificado e efémero.

Na Figura 11 inserem-se os tipos de cobertura herbácea que contemplam a bacia hidrográfica do Cunene, cuja distribuição geográfica define potencialidades naturais para a exploração pecuária. As características principais que diferenciam os três tipos considerados são as seguintes:

A zona dos pastos acres é sensivelmente coincidente com a bacia do Alto Cunene, reflectindo as condições de clima quente e húmido da época chuvosa, que proporciona grande desenvolvimento vegetativo da cobertura herbácea, dominada por gramíneas do género *Hyparrhenia* e a que se associam outros capins de porte alto sobretudo *Andropogon*. Na época seca a cobertura herbosa seca e lenhificada, é submetida à queimada, após o que se processa a sua rebentação, sendo nesta fase e ao longo de poucos meses, que o gado aproveita.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUNENE



RECURSOS DA PASTAGEM NATURAL TIPOS DE COBERTURA HERBÁCEA

- Zona de pastos acres 1
- Zona de pastos mistos 2
- Zona de pastos doces 3

Figura 11 – Recursos de pastagem natural na bacia do rio Cunene

A zona dos pastos mistos corresponde sensivelmente a climas subúmido húmido e subúmido seco, em que a cobertura herbácea, tal como no caso anterior, é densa e de alto valor forrageiro, destacando-se a frequência de espécies de *Panicum*, *Heteropogon*, *Digitaria*, *Chloris*, *Setaria* e outras. A diversidade de capins e o seu valor forrageiro, mantendo boas condições de palatabilidade ao longo do ano, tornam esta zona bastante favorável para a exploração pecuária, a qual se pode tornar bastante rentável, desde que se proporcionem adequadas condições de manejo do gado e da pastagem.

A zona dos pastos doces integra o espaço de climas árido e semiárido, de acentuada secura atmosférica e do solo ao longo dos meses de estiagem, correspondendo-lhe cobertura herbácea, dominada por capins que são palatáveis ao longo do ano e de alto valor forrageiro, sobretudo na zona semiárida, e daí o interesse que a mesma reveste para a pecuária bovina tradicional, que fundamenta a sua actividade na pastorícia. Nos espaços vazios ou rarefeitos de população, poder-se-ão implantar explorações pecuárias, tendo por base o aproveitamento racional dos recursos da pastagem natural.

As características climáticas e edáficas determinam tipos de ocupação rural e uso da terra, com reflexos no modo de vida das populações. Assim é que, ao longo do Cunene, desde à sua origem até a foz, Figura 12, se sucedem diferentes quadros de actividade agrícola que traduzem não somente os condicionalismos do meio mas também o modo como as populações os souberam contornar. Em relação à bacia do Cunene e numa análise global, ressalta, essencialmente, que se passa duma situação de utilização agrícola de sequeiro, baseada na cultura do milho, para outra, em que a actividade pastoril vai tomando expressão e atinge características de exclusividade na parte inferior da mesma.

Assim a zona 1, da agricultura do milho de sequeiro, a que se associam, em menor escala, o feijão e a batata doce, é sensivelmente coincidente com a bacia do Alto Cunene e com a zona climática húmida. A pecuária bovina é reduzida, utilizando-se sobretudo como meio de trabalho nas operações de lavoura e no transporte dos produtos.

Na zona 2, da agricultura do milho e da massambala (sorgo), a actividade agrícola continua a basear-se no sequeiro, todavia, integrando-se já na bacia média do Cunene.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUNENE

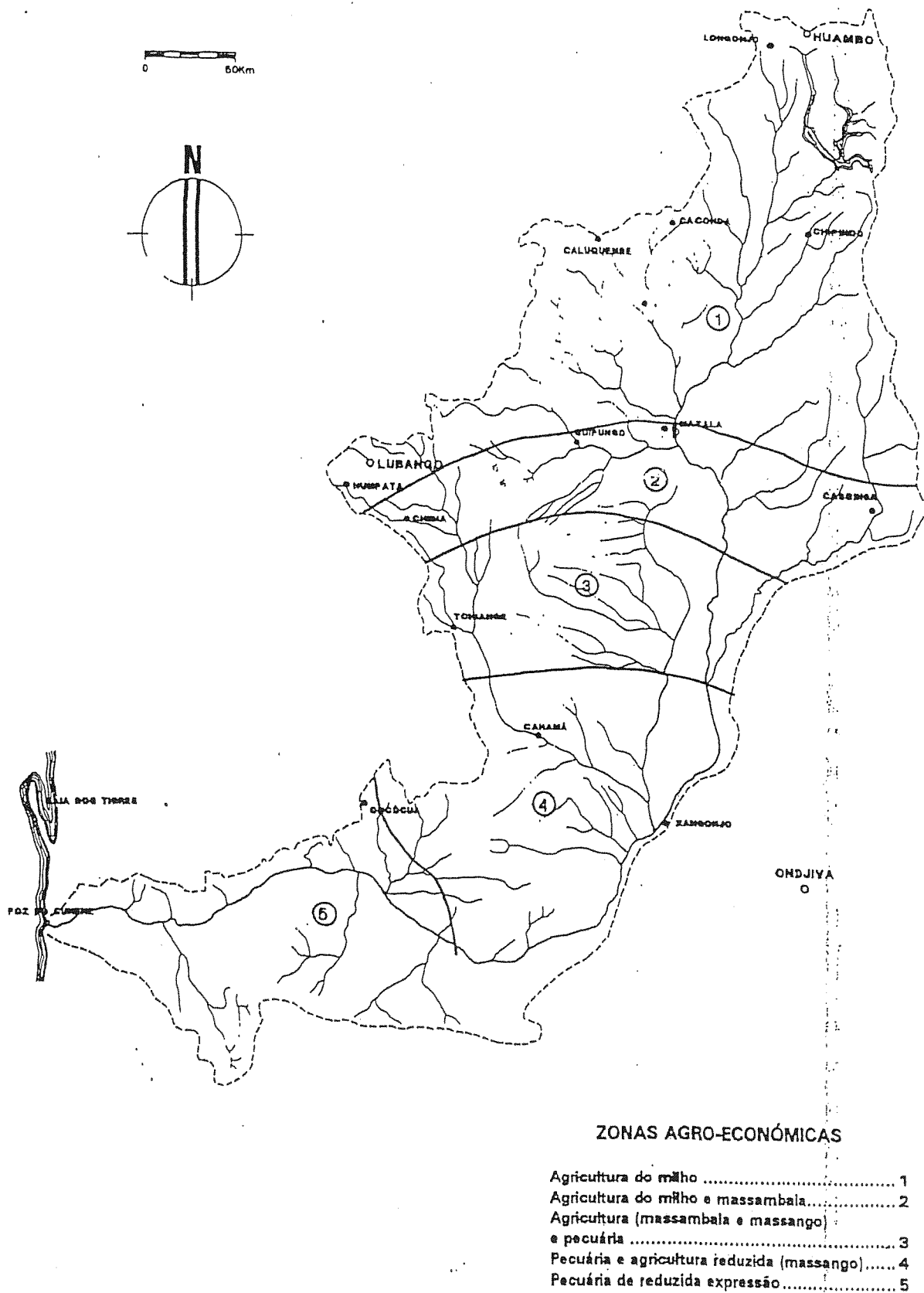


Figura 12 – Zonas agro-económicas na bacia do rio Cunene

Nesta zona climática subúmida húmida, o gado começa a tomar alguma expressão sem que todavia constitua factor económico relevante.

Na zona agro-económica 3 a pecuária bovina é já factor económico algo expressivo sem que, todavia, a actividade agrícola, baseada no cultivo da massambala e do massango, cereais que, por mais resistentes à secura, destronaram o milho, deixe de estar ligada à satisfação das necessidades alimentares, mantendo a sua primazia. Dir-se-á que nesta área da bacia média do Cunene, em coincidência com clima subúmido seco, a pequena exploração de tipo misto, agrícola e pecuária, é a que caracteriza o quadro rural desta zona.

A zona agro-económica 4, integrando a chamada região do Baixo Cunene, é caracteristicamente pecuária, tradicionalmente ligada à vida dos povos pastores, que deslocam as suas manadas, consoante a distribuição das pastagens e dos locais de abeberamento segundo a época do ano. A actividade agrícola é de muita reduzida expressão limitando-se ao cultivo de pequenos tractos de terra junto das habitações, em geral do massango, por ser mais resistente à seca do que qualquer outro cereal, reservando-se a colheita para os gastos agregado familiar.

Por último, tem-se a zona agro-económica 5, em correspondência com a bacia inferior do Cunene, a integrar, a zona de clima árido. As severas limitações e a adversidade do meio reduzem consideravelmente a pecuária, confinando-a a determinados locais melhor dotados enquanto que a actividade agrícola deixa de ter qualquer expressão.

Também podem ser definidas para a área entre montante de Mulundo e Calueque as seguintes zonações vegetais:

- **Etunda:** floresta seca dominada pela ocorrência de *Baikia*, a que se associam diversas outras espécies arbóreas e arbustivas como *Combretum*, *Commiphora*, *Pterocarpus* e *Riciodendrum*, além de algumas gramíneas entre elas as do género *Aristida*.

- **Etunda-Kiteta:** formação de bosques espinhosos, composto de vegetação densa quase impenetrável de arbustos espinhosos, com reduzida cobertura de herbáceas utilizadas para apascentamento.

- **Epia-Etunda:** floresta aberta seca, que faz a transição entre as zonas de Etunda e as zonas mais savanóides, como as Chanas, Evandas e Muenhes. Surge geralmente em solos utilizados pela agricultura e são caracterizadas por espécies arbóreas dos géneros *Adansonia*, *Carissa*, *Acacia*, *Combretum*, *Ricinodendrum*, entre outras.
- **Muenhe:** associação de bosque aberto seco que ocupa solos arídicos e solos com drenagem deficiente. Rodeia as regiões de etunda e epia-etunda, sendo caracterizada pela espécie arbórea *Colophospermum mopane*. Tem ainda um estrato arbustivo e o estrato herbáceo é caracterizado por *Eragrostis* e *Aristida*.
- **Tchana ou Chana:** típica formação savanóide com arbustos dispersos das mesmas espécies ocorrentes no Muenhe; as espécies herbosas dominantes são igualmente *Eragrostis* e *Aristida*. Ocorre a altitudes inferiores às do Muenhe, sofrendo inundações periódicas.
- **Lwano:** são áreas de drenagem igualmente deficiente, surgindo na zona do Calueque, sendo cobertas por formações quase puras de *Colophospermum mopane*. O estrato herboso - pouco resistente à acção das pastagens - está bem representado, ocorrendo nele, entre outros géneros, as já citadas *Eragrostis* e *Aristida*.
- **Mulola:** são zonas de vales largos por onde correm cursos de água temporários, sendo cobertos por alguma da vegetação típica das Evandas, como a *Kirkia* e a *Oriza*. São, como as Evandas as zonas de base da pastorícia local.
- **Evanda:** planícies aluviais periodicamente inundadas pelos rios Cunene, Calonga e Caculuvar. Nela estão representados géneros arbóreos como *Acacia*, *Diospyros* e outra vegetação como *Oriza*, *Vetiveria* e *Syzygium*.
- **Étala:** lagoas permanentes ocorrendo nas evandas ou em zonas de encharcamento temporário. Apresentam vegetação aquática.

4.7 Demografia e Povoamento

O trabalho desenvolvido não pode deixar de reflectir as dificuldades observadas obter informação sobre um país que tem vivido uma perturbação política da maior gravidade traduzida por uma guerra civil que dura há mais de vinte anos, que se seguiu a um país também ele perturbado em consequência da guerra da independência iniciada na década de 1960. Os reflexos desta conflitualidade político-militar em termos sociais e humanos não deixaram de se reconhecer por todo o território, embora com intensidades diferentes. O Sul de Angola escapou pois às consequências devastadoras do conflito, repercutido na destruição de estruturas fundamentais para o desenvolvimento e suporte à vida das populações, à liquidação parcial dos meios de produção, à forçada movimentação das populações residentes, à mobilização de grande parte dos homens, jovens e menos jovens, para combaterem, pelo que o impacto na estrutura demográfica e social da região se desconhece, ao definhamento das estruturas políticas e administrativas que configuaram a existência de um Estado na actualidade moderna e substantividade que se lhe reconhece, enfim, a uma perturbação global com consequências muito negativas, designadamente no que respeita às condições de vida da população residente.

Para se ter uma ideia sobre a degradação das condições de vida em Angola, tome-se como referência a evolução registada no índice de desenvolvimento humano. Reportamo-nos a um indicador utilizado pelas Nações Unidas que combina indicadores de rendimento nacional, esperança de vida e níveis educacionais atingidos, em ordem a obter uma medida compósita de progresso humano. Com toda a relatividade que este tipo de indicadores encerra, a sua utilização para efeitos de comparação global e internacional não nos parece desajustada. Os dados referidos para 1992 expressam uma amplitude que varia entre o mínimo (0,052) correspondente à Guiné-Bissau e o máximo (0,982) que corresponde ao Canadá. Angola apresentava em meados da década de 1980 o valor de 0,304, ocupando no *ranking* mundial a posição 139 (num universo de 160 países). Em 1990 o valor deste índice baixara para 0,169, embora Angola mantivesse a mesma posição relativa. Volvidos dois anos (1992), o índice subira para 0,291 mas a sua posição relativa baixou para 169 (num conjunto de 174 países).

Esta precária situação tem suscitado um volume de auxílio internacional considerável, negligenciável, embora condicionado pelo estado de guerra. À semelhança de outros países,

prestadores de auxílio, a Comunidade Europeia tem concentrado o seu esforço na ajuda humanitária e na reabilitação, mais do que em programas de desenvolvimento a longo prazo.

Alguns sectores da actividade económica angolana, considerados vitais para o seu desenvolvimento, têm sido privilegiados pela ajuda da Comunidade, dentro da fatia do auxílio directo prestado à economia. Destacam-se a indústria das pescas, a reanimação da actividade industrial e agrícola, através da concessão de fundos para a importação de bens de produção, a reabilitação de infra-estruturas, designadamente de saneamento básico, de saúde e rodoviárias.

Os sectores do saneamento básico e do abastecimento de água potável às populações merecem ser aqui particularmente referidos, seja porque muito directamente dizem respeito ao plano de desenvolvimento destes sectores no Sul de Angola (captação de água subterrânea), seja igualmente porque se julgam paradigmáticos da situação de degradação infra-estrutural em que o país se encontra. O Relatório de Avaliação Nacional (1990), efectuado no âmbito do Decénio Internacional de Água Potável e Saneamento, é todavia contundente quanto à fraca taxa de execução do plano, tendo a melhoria do abastecimento beneficiado apenas 20% da população rural, mas a falta de manutenção veio a diminuir a taxa de cobertura efectiva.

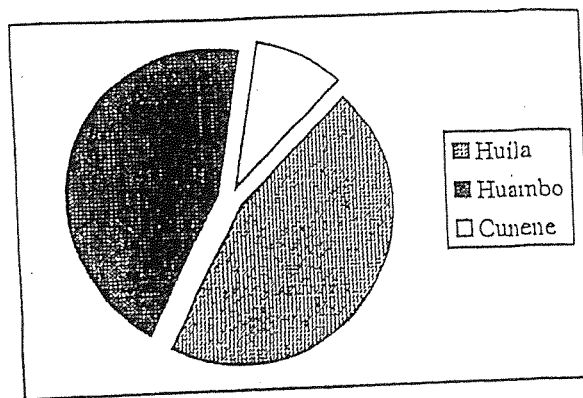
Na impossibilidade de se dispor de documentos relativos à realidade administrativa do território que integra a Bacia, houve que recorrer ao cruzamento de várias fontes, permitindo uma aproximação à realidade, que pode conter algumas incorrecções.

Os valores da população referem-se a uma estimativa feita para o ano de 1990. A bacia do rio Cunene integra 22 municípios de 4 províncias (Huila, Huambo, Cunene e Namibe). A Huila é a mais representada, com 12 dos seus 13 municípios (ver Quadro 1 e Figura 13), correspondendo a um efectivo de 900 024 habitantes, 45,6 % da população da Bacia e 89,9 % da população da Província. O Huambo tem 5 dos seus 11 municípios integrados na região em análise contribuindo com 885 513 efectivos, 44,8 % da população da Bacia e 63,9 % da população da Província. O Cunene com 4 dos seus 6 municípios e um efectivo de 188 871, representa 9,6% da Bacia e 54% da Província. Por último, a província do Namibe com apenas uma nesga da parte Sul do município de Tombua integrando a Bacia, contribui em termos populacionais com um efectivo estimado em cerca de 1000 habitantes.

Quadro 1 - População dos municípios que integram a Bacia, por Província

provincias/municipios	1970			1990				
	volume da população		densidade hab/km2	volume da população		dens. hab/k		
	da bacia	das províncias		da bacia	da província			
Huambo	233925	744800	21,7	885513	1386370	40,3		
Ukhuma (sul c/sede ?)	17850	35700						
Longonjo	57100	57100						
Huanbo (sul com sede)	73950	98600						
Caála	65300	65300						
Tchikala-Tchionhanga	19725	78900						
(sul s/ sede)								
Tchindjenje		12000						
Ekunha		36800						
Londubal		72700						
Bailundo		163100						
Katchungo		61400						
Mungo		63200						
Huíla (a)	0	0						
Lubango					900023		1000567	12,8
Humpata				204230	204230	51,9		
Chibia				20179	20179	16,		
Chiung(u)e/Gambos				90223	90223	17,		
Quipungo				32123	32123	4,2		
Caluquembe				51722	51722	6,2		
Caconda				158045	158045	37,		
Chicombe				119449	119449	24,		
Matala				71438	71438	18		
Jamba				89992	89992	10		
Chipinda				32123	32123	2,9		
Kuvango (Este s/ sede)				21338	21338	5,1		
Quilengues				9161	36645	4		
Cunene					73060	12,		
Curoca				188871	349200			
Cahama				35323	35323			
Ombadja (Este c/sede)				60000	60000			
Cuvelai (Este c/sede)				67056	89408			
Cuanhama				26492	35323			
Namacunde					107070			
Namibe					22076			
Tombua (sul s/ sede)				1022	99595	1,7		
Namibe				1022	10215			
Camaculo					51074			
Eibala					14301			
Mire					16344			
TOTAL					7661			
densidade (hab./Km2)				1975429	2835732			
				21,4				

Fonte: Angola, dados básicos; UNICEF, Luanda, Dez. 1991
 Nota: área da bacia em Angola = 92400 Km2
 (a) em 1970 incluía a actual província do Cunene



Nota: Pela sua reduzida expressão em termos populacionais, não se considerou nesta representação gráfica a Província do Namibe

Figura 13 - Contribuição das Províncias para o total da população da bacia do Cunene

Estimou-se assim para 1990 a população da bacia do rio Cunene em 1 975 429 habitantes, correspondendo a uma densidade de 21,4 habitantes por Km², Figura 14. As densidades na região Sul de Angola variavam entre 40,3 habitantes por Km² no Huambo e 1,7 no Namibe. Estes valores traduzem a diversidade demográfica do território em análise, que tem correspondência com a diversidade cultural e ecológica que a bacia do rio Cunene encerra.

Os valores dos contributos proporcionais de cada província para o volume populacional da bacia do rio Cunene (ver Figura 13) foram tomados como os coeficientes para a determinação das médias ponderadas a calcular para a Bacia, seja no respeitante aos volumes populacionais, seja para as estruturas.

A variação da densidade populacional está fortemente associada aos tipos de organização social e à actividade económica da população residente na Bacia, sendo possível identificar três grandes padrões de povoamento: a) o povoamento urbano, que inclui nalguns casos áreas ocupadas que se poderiam considerar suburbanas; b) o povoamento agrícola, de cariz mais disperso mas ainda assim com algum grau de concentração habitacional populacional, normalmente em torno de explorações agrícolas e que proporcionam desenvolvimento de alguma actividade comercial; c) o povoamento pastoril baseado sobretudo em unidades de família, de características dispersas e com bastante itinerância (ser nomadismo e nomadismo), associada à actividade económica de suporte à subsistência das populações.

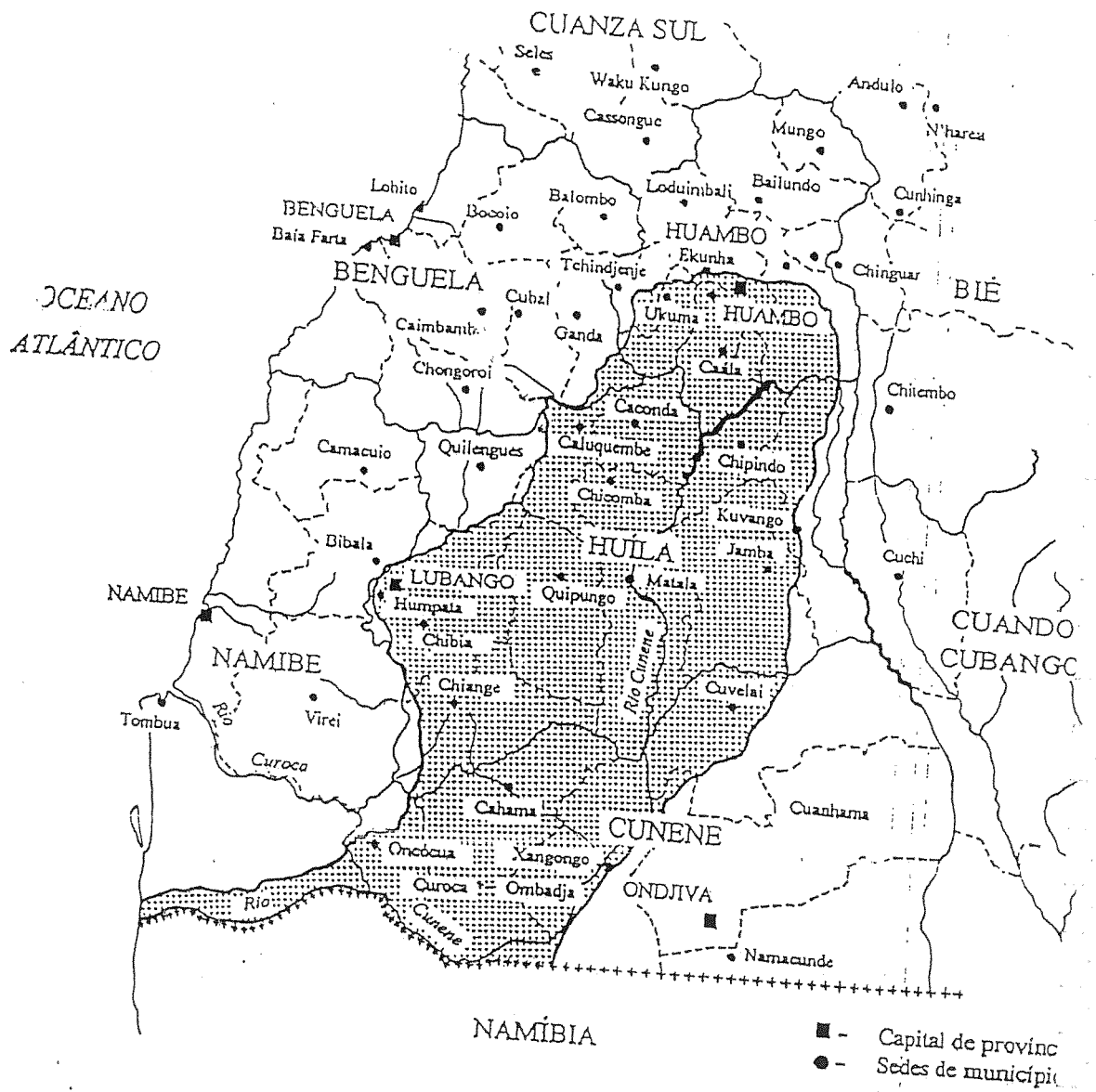


Figura 14 – Delimitação geográfica da bacia do Cunene por Municípios

A concentração da população em centros urbanos de média e grande dimensão em Angola tem variado extraordinariamente nos últimos anos, embora nem sempre no sentido de um crescimento linear ou exponencial - crescimento exponencial de que o exemplo mais significativo é Luanda. Os centros urbanos detêm num contexto de guerra uma função securizante acrescida, como aconteceu no Sul do país (o crescimento da cidade do Lubango terá sido muito grande por esta via), pelo que ao aumento das hostilidades militares corresponde um afluxo de pessoas às cidades, não necessariamente das comunas, municípios ou mesmo províncias circunvizinhas, sendo o reverso desta correlação algo verdadeiro mas nem sempre com igual expressão. Todavia, quando as acções militares se desenvolvem dentro do próprio perímetro urbano (seja de fora para dentro, através de bombardeamentos, seja no interior da cidade), como no caso do Huambo há cerca de sete anos, torna-se porventura mais perigoso permanecer no seu interior. Destes factos, perturbadores da estabilidade populacional urbana, resulta a impraticabilidade de estimar com rigor qual o seu actual volume populacional. No entanto, retrospectivamente, poderá apontar-se que no início da década de 90, a cidade do Huambo contaria com um efectivo populacional da ordem dos 290 000 habitantes, tendo a cidade do Lubango uma população aproximada de 163 000. Tratam-se dos dois mais importantes centros urbanos da Região.

Do ponto de vista das estruturas demográficas, as dificuldades em se estimar os efectivos populacionais segundo a idade e o sexo são ainda maiores do que aquelas que se referiram a propósito do volume, dado que a essas se acrescem as que resultam da desagregação da informação, exigindo sempre uma base sólida de recenseamento. Por outro lado, atendendo à variabilidade sensível das estruturas demográficas, seja em termos etários, seja no balanço entre género masculino e feminino - tanto maior quanto as populações estão sujeitas a fenómenos tais como uma mortalidade diferencial acrescida ou a mobilização de homens para o serviço militar -, recenseamentos com uma incidência geográfica mais restrita são indispensáveis.

A falta de informação - a disponível está desactualizada e é muito dispersa, dado que as últimas operações de recenseamento se efectuaram em meados da década de 80 mas tiveram apenas uma cobertura parcial - exigiu a consideração, uma vez mais, de uma unidade geográfica de referência mais ampla e mais fidedigna (a província). Procedeu-se, assim, à

caracterização das estruturas demográficas referentes ao ano de 1990 das três províncias fazem parte da Bacia (ver Figura 15), definiu-se uma estrutura-tipo para esta unidade geográfica e fez-se repercutir a distribuição percentual por grupos etários pelo efeito populacional anteriormente estimado (e que se recorda ser de 1 975 429 habitantes), de acordo com a representação proporcional das três províncias.

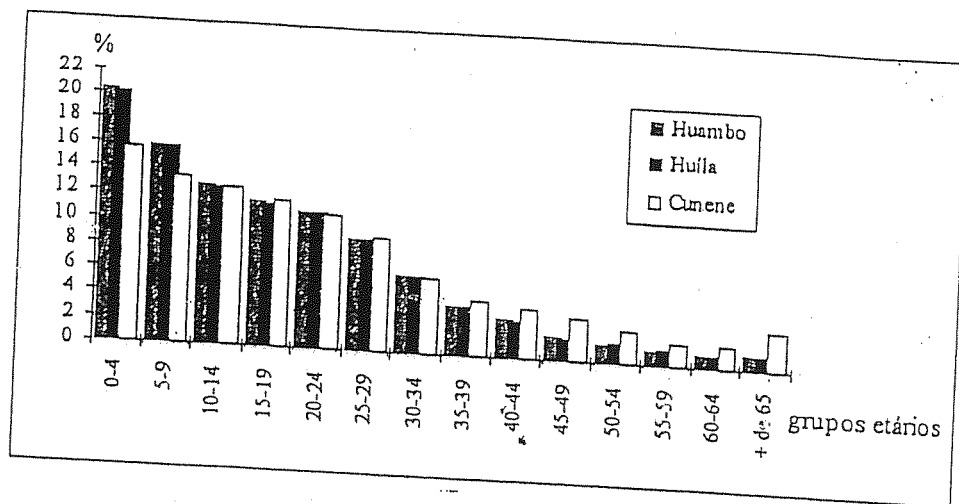


Figura 15 - Estruturas demográficas das províncias de Huambo, Huíla e Cunene em 1990

A comparação entre as estruturas demográficas das três províncias revela uma similitude muito grande entre Huambo e Huíla, verificando-se que a estrutura do Cunene, embora igualmente muito jovem, apresenta valores mais baixos até aos 10 anos de idade, ligeiramente mais elevados nos últimos grupos etários.

Relativamente à estrutura da Bacia, esmagadoramente influenciada pelas estruturas das duas mais populosas províncias, pode-se concluir que é bastante jovem, uma vez que quase 50% da população tem menos de 15 anos de idade. Com menos de 40 anos concentra-se cerca de 90% da população, sendo reduzida a percentagem daqueles que têm mais de 55 anos (idade a partir da qual, atendendo à esperança média de vida de Angola, se pode considerar uma pessoa já como idosa).

Se a análise se centrar apenas na população rural, e de acordo com um estudo realizado nas zonas rurais das províncias do Huambo, Huíla, Cunene e Namibe, a média de idades situa-se entre 21 a 23 anos (valor considerado elevado), registando-se um desequilíbrio na estrutura sexo-etária, com claro predomínio das mulheres. Os autores do referido estudo

atribuem ao êxodo dos mais jovens em direcção à cidade e ao alistamento militar a explicação para estes factos.

As famílias são normalmente extensas, rondando em média as oito pessoas por família e cerca de 20% dos chefes de família têm uma segunda esposa. A fecundidade é da ordem dos 6 filhos por mulher no fim da sua vida reprodutiva. A mortalidade infantil é de 170 por mil e a esperança de vida à nascença (sexo feminino) é de 51,5 anos. O estudo conclui que paralelamente ao forte êxodo rural existe um intenso movimento migratório intrarural.

Estes movimentos de forte intensidade não permitem que, com algum rigor, se apresentem dados sobre a estrutura demográfica actualmente existente, contemplando a distribuição por sexo. Pela selectividade do fenómeno de recrutamento militar, pela incidência da mortalidade civil, mas sobretudo pela resposta que as populações dão aos focos de guerra que se vêem multiplicados em diferentes regiões, fortes alterações na população residente neste ou naquele município ou aglomerado populacional, nomeadamente na composição por idades e sexo, acabam por comprometer, sem outros dados adicionais, o interesse de uma projecção das estruturas segundo esses dois parâmetros de análise (idade e sexo) tomados conjuntamente.

É talvez importante tomar por referência, para uma avaliação das perturbações a que se tem vindo a aludir, os dados respeitantes ao número de desalojados por província, não sendo no entanto possível estimar quantos destes se encontram na bacia do rio Cunene. Assim, de acordo com a UNICEF, em 1990 existiam na província do Huambo aproximadamente 94 000 deslocados, 61,3% dos quais há menos de 6 meses (há data do levantamento). A incidência deste volume de desalojados por municípios era muito diversificada, registando-se uma enorme concentração nos municípios do Huambo e Caála, os quais integram a Bacia (45,3% do total dos desalojados). Na província da Huíla, o número total de deslocados ascendia a aproximadamente 64 000, aqui com maior incidência nos municípios do Lubango, Caluquembe, Quipungo e Chipindo, os quais reuniam 60,5% do total de desalojados desta província. Para a província do Cunene não existiam nesta data (1990) dados disponíveis. Em conclusão, poder-se-á levantar a hipótese segundo a qual existirá um número elevado de pessoas refugiadas na Bacia, porventura superior a 100 000.

A instabilidade política e militar que a região viveu, associada a múltiplas deficiências organizativas tornaram o sector dos equipamentos sanitários e escolares particularmente debilitado, para não dizer completamente incapaz de responder às necessidades mínimas das populações, que em consequência da instabilidade referida são dos equipamentos mais procurados.

Pelas mesmas razões evidenciou-se a total ausência de fontes documentais e estatísticas escassas que existem levantam muitas dúvidas, como aliás, os seus autores chamam abundantemente à atenção. A informação mais recente que se dispõe refere-se a 1990 e refere-se de modo desigual as províncias que integram a Bacia. Não se pode escamotear que um conflito de modo desigual a região conheceu depois dessa data porventura o seu maior conflito militar, agravando de modo radical a operacionalidade das infraestruturas existentes e fragilizando quase totalmente a saúde das populações, face às doenças, epidemias, fome e deslocamentos forçados desencadeados por essa "guerra civil".

No entanto é praticamente indiscutível considerar a situação de extrema precariedade das infraestruturas como atestavam, já em 1990, algumas das referidas fontes e relatos diversos. Assim, em 1990 e de acordo com a UNICEF, uma grande parte das infraestruturas encontrava-se inoperantes ou o seu funcionamento seriamente comprometido nas províncias que integram a bacia do Cunene. As taxas de cobertura dos serviços médico-sanitários efectivamente prestados às populações (consultas, vacinações, hospitalizações) eram reduzidas.

As cheias sazonais provocam situações de isolamento de parte da população na esteira das chuvas. Não existe uma avaliação que possibilite, em primeira instância, uma identificação das áreas vulneráveis ao risco de cheias e, em segunda instância, um conhecimento dos comportamentos de adaptação às cheias, bem como a percepção colectiva dos riscos e dos benefícios daquelas.

A lenha é praticamente a única fonte de energia, sendo diariamente consumida, sem que se conheçam quaisquer acções de reflorestamento.

No que respeita à habitação, há que salientar que se está em presença de um quadro habitacional degradado nos aglomerados urbanos e quase exclusivamente tradicional nos meios

rurais. É neste contexto que se deve definir os critérios de qualidade de habitação, tendo em consideração as expectativas e necessidades das populações-alvo, nomeadamente, no que ao uso doméstico da água diz respeito.

Por último, uma nota relativa às características culturais das populações da Bacia do Cunene. Os povos que ocupam a Bacia apresentam particularidades que não poderão ser ignoradas em quaisquer planos que visem promover a mudança. É um domínio que terá que ser amplamente considerado e para tal as preocupações sociológicas das anteriores equipas que se debruçaram sobre o Cunene constituirão uma fonte relevante, bem como estudos que a Antropologia portuguesa desenvolveu na Região.

5. AVALIAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

5.1 Águas Superficiais

5.1.1 Informação hidrometeorológica, precipitação e caudais

Foram encontrados dados relativos a 87 postos udométricos. Na Figura 16 estão localizados esses postos. Verifica-se pela análise desta figura que a maioria dos postos então existentes estavam localizados nas cabeceiras dos afluentes da margem direita do rio Cunene. Deste modo é muito escassa a cobertura da margem esquerda do rio bem como toda a zona de jusante, em ambas as margens. Por outro lado, cerca de 30 % dos postos estão situados fora da bacia, embora sendo úteis ao estudo da precipitação na bacia por estarem relativamente perto da linha divisória da bacia.

Verifica-se que há postos com registos iniciados em 1945. No entanto, com algumas excepções, os registos contêm muitas falhas. Muitos dos postos udométricos também são ou foram estações climatológicas e meteorológicas, onde são registadas outras variáveis como vento, evapotranspiração, temperatura, etc.

Com base nos dados existentes, foram feitas fichas para cada posto ou estação.

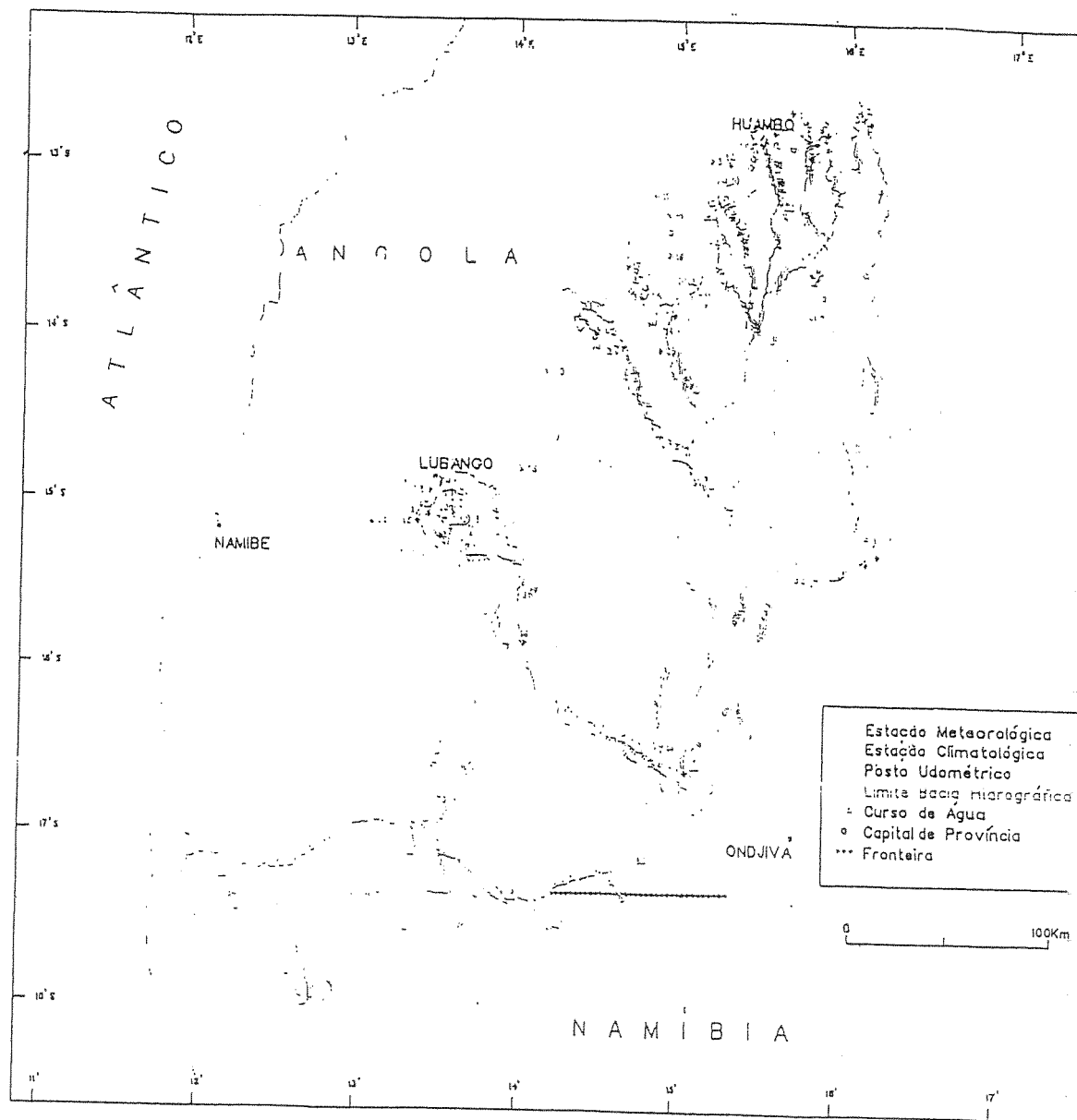


Figura 16 – Postos udométricos e estações climatológicas e meteorológicas

Cada ficha contém os valores mensais de precipitação, a média de cada mês, o desvio padrão e o número de anos de cada série mensal, bem como os respectivos valores anuais.

Verificou-se que o posto com maior precipitação anual tem 1618 mm, com um desvio padrão de 413 mm, cerca de 26 % da média. O posto com menor precipitação anual tem 422 mm, com um desvio padrão de 167 mm, cerca de 40 % da média. O número de anos em que se baseiam as médias tem um valor máximo de 25 anos, sendo a maioria inferior a 10 anos.

Foram encontrados dados relativos a 21 estações hidrométricas, que deixaram de funcionar em 1974, apresentando períodos de registos muito curtos e bastante incompletos. Das 21 estações, 14 localizavam-se no rio Cunene, duas no Calai, e uma em cada um dos afluentes Cuando, Catapi, Nene, Colui e Caculuar. Na Figura 17 estão localizados as referidas estações. Verifica-se pela análise desta figura que as estações cobrem razoavelmente a bacia do rio Cunene. No Quadro 2 estão apresentadas as áreas das bacias drenadas pelas estações hidrométricas. Verifica-se que a última estação hidrométrica no rio Cunene, a de Chitado, cobre cerca de 81 % da área da bacia.

Também se verificou que os registos só foram iniciados em 1963, sendo conhecidos apenas até ao ano de 1971, com excepção da estação de Ruacaná em que existem registos até 1976. Os caudais medidos nesta estação foram efectuados pela África do Sul. Com algumas excepções, os registos contêm muitas falhas.

Com base nos dados existentes, foram feitas fichas anuais para cada estação, com os valores de caudal diário, a média de cada mês, o desvio padrão, todos em m^3/s , e o número de dias de cada série mensal, bem como os respectivos totais mensais do escoamento em hm^3 . Para cada ano completo foram também apresentados a média do caudal diário, e o desvio padrão, bem como o escoamento total anual em hm^3 .

Há estações só com um ano completo até ao máximo de 18 anos na estação de Ruacaná. Nesta estação, que cobre cerca de 79 % da bacia, os caudais médios anuais variaram entre um mínimo de $78 m^3/s$ até um máximo de $344 m^3/s$, isto é, uma relação de 1 para 4,4.

Também se verificou que algumas estações de jusante apresentam valores de caudais inferiores às de montante (exemplo de Matunto e Xangongo).

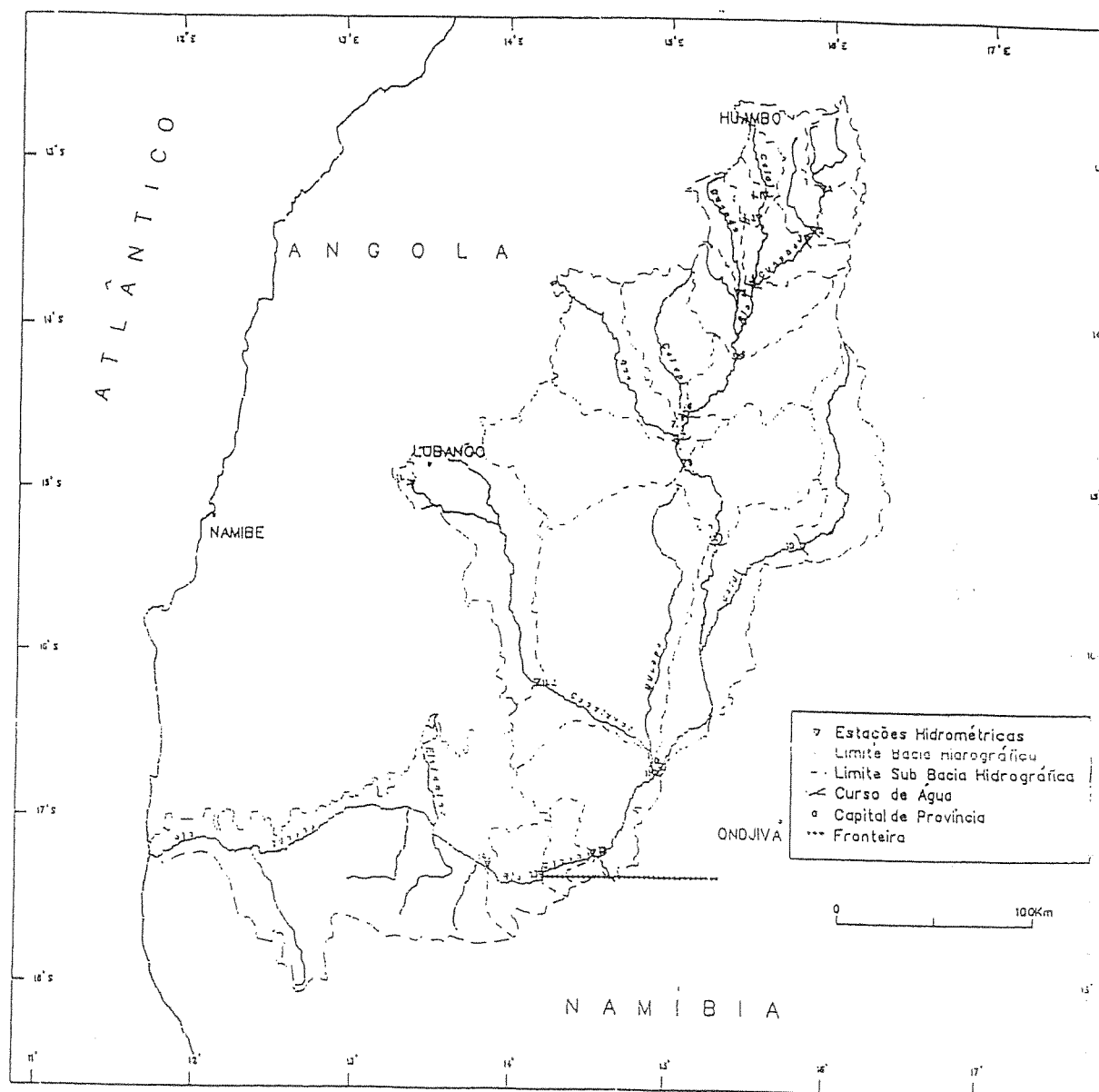


Figura 17 –Estações hidrométricas

Poder-se-ia inferir que alguns valores não estariam correctos, nomeadamente porque as estações de jusante apresentam valores de caudais inferiores às de montante. Todavia, é necessário referir que, para além dos erros inerentes a qualquer observação de caudais, que com se sabe são por vezes importantes, do ponto de vista físico, tal situação de decréscimo de caudal para jusante é plausível, e pode resultar da existência de evaporação ou do aumento da componente subsuperficial do escoamento em fundos aluvionares.

Quadro 2 – Áreas das bacias hidrográficas drenadas nas estações hidrométricas

Estação hidrométrica	Área da bacia hidrográfica (km ²)
1. Samboto	1604
2. Gove I	4654
3. Gove II	4769
4.1 Chissola	832
4.2 Calai	1572
4. Jamba-ia-Mina	8629
5.1 Lucunde	1417
5. Jamba-ia-Oma	13760
6. Luceque	18561
7.1 Catapi	3730
7. Matala	27969
8. Folgares	35347
9. Matunto	41066
10.1 Catembulo	4851
10. Xangongo (Roçadas)	53730
11.1 Humpata	175
11.2 Cova do leão	7909
11. Namuculungo	78282
12. Calueque	84139
13. Ruacaná	85461
14. Chitado	87986
BACIA TOTAL	108584

A numeração das estações hidrométricas do rio Cunene é crescente de montante para jusante, e quando corresponde a um afluente a numeração é dupla, sendo o primeiro número correspondente ao da estação do curso principal situada a jusante da confluência, e o segundo número correspondente à numeração do afluente, crescendo de montante para jusante.

5.1.2 Recolha e preenchimento dos valores em falta

Numa primeira fase de estudo de um problema é necessário o conhecimento integral da estrutura do sistema, de modo a reproduzir o mais fielmente possível a realidade.

No presente estudo a questão levanta-se logo ao nível do preenchimento das falhas de escoamentos, nas diversas estações hidrométricas. Isto porque as falhas de valores de caudal apresentam-se quer a nível diário e mensal, como até mesmo a nível anual em algumas estações hidrométricas.

A metodologia abordada no preenchimento dos valores de escoamentos em falta, consistiu na utilização de técnicas de regressão múltipla entre os escoamentos das diversas estações hidrométricas. As correlações estabelecidas tiveram em consideração a situação geográfica das diversas estações de modo a corroborar fisicamente as relações matemáticas obtidas.

Embora se pudessem ter utilizado regressões com os valores de precipitação nas várias estações, considerou-se este trabalho mais moroso, uma vez que também os valores de precipitação apresentavam numerosas falhas.

Com base nos aspectos anteriormente referidos procedeu-se então à estimação de rectas de regressão, estudo este que seguiu as fases esquematizadas na Figura 18, e que se passam a descrever:

1. Escolha entre a discretização dos dados históricos a nível diário ou mensal, para a base da regressão: se as falhas se reflectiam a nível de todo o mês, ou mesmo de vários meses, não faria sentido uma regressão a nível diário, optando-se por realizar uma regressão com valores mensais. Se por outro lado os valores em falta se concentravam apenas em alguns dias do mês, optava-se por estimar os valores diários em falta;
2. Selecção dos dados das variáveis independentes para a regressão. Tendo-se optado por uma regressão mensal, estas variáveis eram os escoamentos mensais dos meses anterior, corrente e posterior. No caso de se ter optado por uma regressão a nível de valores diários, as variáveis independentes eram os dados diários existentes dos meses com falhas, e o escoamento diário dos meses anterior e posterior;

3. Determinação da correlação estatística dos dados de escoamentos na estação que apresentava algumas falhas, com todas as restantes estações;
4. Validação das correlações estatísticas mais significativas, através da situação geográfica das estações correlacionadas ou seja, se as estações se encontravam próximas uma da outra, ou se estando distantes, tinham condições climatéricas influentes idênticas. Em caso de indiferença entre estações seria escolhida a que apresentava maior número de observações em comum com a estação que se pretendia estimar;
5. Determinação da regressão simples ou múltipla (adequada a cada caso); tendo em conta que a inclusão de uma nova variável só seria aceite se tivesse significado estatístico.

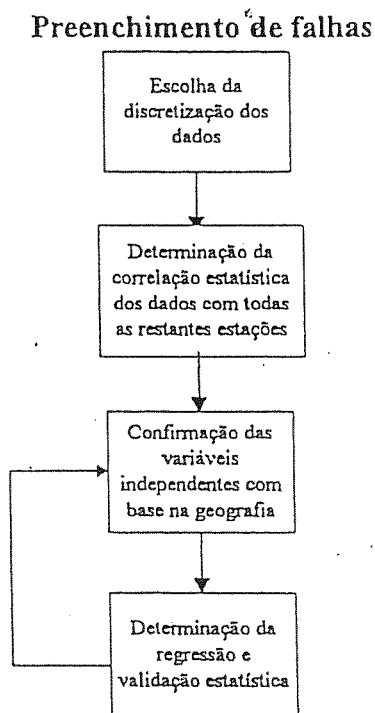


Figura 18 – Esquematização do processo para completar os dados de cada uma das estações hidrométricas

Para o cálculo de regressões utilizou-se o programa STATISTICAtm. A técnica utilizada para seleccionar a melhor regressão a *stepwise regression*. A título exemplificativo apresentam-se algumas regressões utilizadas.

Para a estação de Lucunde obteve-se a regressão múltipla em função de Jamba-ia- (imediatamente a montante) e de Catapi, que embora mais distante, se situa na mesma margem do rio, sem que existam notórias diferenças nas condições climáticas. Com 40 observações obteve-se um regressão com $r^2 = 0,9335$.

Para a estação de Matala, os primeiros problemas encontram-se a nível dos dados históricos, dado que os valores de caudais nesta estação em certos meses, são superiores da estação de Folgares a jusante, diferença esta que apenas poderá ser explicada pela grande distância entre as estações, conjuntamente com o aproximar da zona seca onde as perdas por evaporação podem atingir valores muito elevados.

Após terem sido testadas várias variáveis independentes para a regressão; quer esta a montante quer a estação de Folgares a jusante, encontraram-se duas melhores regressões: uma múltipla, considerando as estações da Mina e de Catapi, com 29 observações obteve-se um regressão com $r^2 = 0,9861$, e outra linear simples com a estação de Matala, com 11 observações obteve-se um regressão com $r^2 = 0,9734$.

Embora se tenha conseguido um valor de ajustamento melhor quando da utilização de uma regressão múltipla, optou-se pela regressão simples, pois para além de se basear num número de observações bem mais significativo do que a primeira estimativa, o valor obtido na origem não era significativo ao nível de 95%, quando foram utilizadas duas variáveis explicativas.

Relativamente a Gove, o facto de existirem duas estações de medição com este nome (Gove I e Gove II), que nunca funcionaram em conjunto, levou inicialmente à pesquisa da sua posição geográfica para um perfeito entendimento dos valores de escoamentos históricos. Assim, conforme se pode verificar no Quadro 2, verifica-se que a estação Gove II encontra-se a jusante de Gove I mas muito próxima, pelo que as condições de clima a que está sujeita são em tudo idênticas à primeira. Pelo facto de a área da bacia ser menor para Gove I (97,58% da bacia hidrográfica da estação de Gove II), os valores de escoamentos em Gove II foram multiplicados por esta constante para se poder considerar uma única série de dados.

Constatou-se uma correlação muito forte dos valores mensais destas duas estações com os de Jamba-ia-Oma, imediatamente a jusante.

Desta forma a regressão possível seria com aquela estação mas não produziu bons resultados, pois verificaram-se grandes sazonalidades e uma diminuição muito acentuada dos valores de Jamba-ia-Oma, precisamente nos meses de falha em Gove. Como existiu neste período um decréscimo acentuado, seguido dum crescimento ligeiro de valores em Jamba-ia-Oma, produziram-se manualmente valores através de rectas que deveriam apresentar aquele comportamento. Escolheu-se para valor mínimo a atingir em Gove, um valor proporcional à área da sua bacia, razão esta idêntica à que se verificou em Jamba-ia-Oma para o mesmo instante temporal.

Torna-se ainda pertinente observar que as restantes falhas de valores foram completadas, utilizando métodos de regressão ou múltipla, conforme o mais adequado. Quer a nível diário quer a nível mensal do preenchimento de falhas a variância explicada foi sempre superior a 82%.

5.1.3 Geração de séries sintéticas de escoamento

A simulação é uma técnica muito utilizada na análise de sistemas de recursos hídricos, pela sua capacidade de analisar qualquer sistema, permitindo avaliar o desempenho do sistema sujeito a políticas de operação distintas.

A precisão dos resultados dos estudos de simulação (por exemplo, o tamanho dos intervalos de confiança obtidos), depende fundamentalmente do comprimento das séries das variáveis estocásticas utilizadas pelo modelo de simulação. Como na grande maioria dos casos, as séries históricas são relativamente curtas, surge a necessidade de obter séries sintéticas, para base dos estudos de simulação de bacias hidrográficas.

A geração de séries sintéticas é realizada recorrendo a um modelo estocástico que deve reproduzir fundamentalmente as características da distribuição dos dados históricos. Em última análise deseja-se que o modelo reproduza a distribuição marginal dos valores sazonais e da distribuição marginal dos valores anuais.

O primeiro passo na construção de um modelo estatístico de geração de escoamento será extrair da série de escoamentos históricos, a informação fundamental acerca da distribuição conjunta de escoamentos em diferentes sítios e diferentes períodos.

Como um modelo de geração de séries sintéticas de escoamentos não consegue preservar todas as correlações que existem entre os dados hidrológicos, sem o sobrecarregar com o custo de um elevado número de parâmetros que necessitam de ser estimados, surge a necessidade de reduzir o número de correlações a preservar.

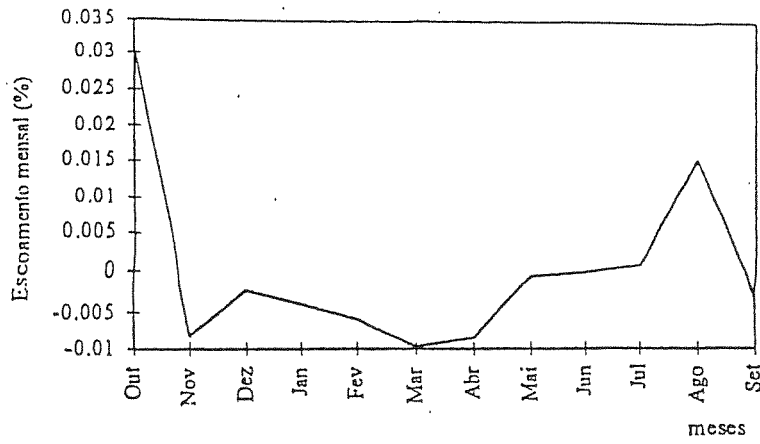
A caracterização estatística dos escoamentos sintéticos é habitualmente efectuada com base na estimação dos momentos, por forma a reproduzi-los próximos dos históricos. Muitas vezes, um modelo de escoamentos diz-se que reproduz estatisticamente os escoamentos históricos, se esse modelo gerar séries de escoamentos com estatísticas às dos dados históricos, como sejam: média, variância ou desvio padrão, coeficiente de assimetria, autocorrelação e/ou correlações cruzadas.

Determinados os parâmetros do modelo que melhor representavam os escoamentos históricos na bacia hidrográfica do rio Cunene, procedeu-se então à geração de séries sintéticas de escoamentos.

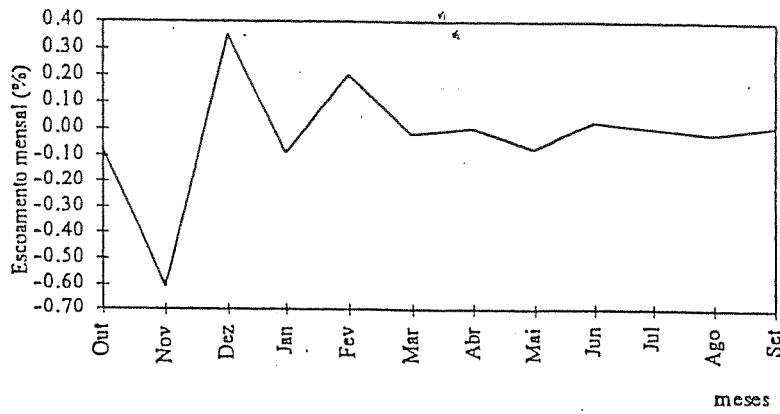
Para tal, geraram-se quinhentas sequências de escoamentos, com o mesmo número de anos que os dados históricos, a fim de verificar a qualidade de resultados obtidos. Utilizando o módulo *Display Unit* do programa SPIGOT (modelo estocástico de geração de sequências sintéticas), foi possível avaliar as diferenças dos valores médios das séries geradas e da série histórica, assim como dos desvios padrão das mesmas. Apresentam-se na figura seguinte, Figura 19, a título exemplificativo, os gráficos das diferenças obtidas para três estações hidrométricas, as de Gove, de Jamba-ia-Oma e da Matala.

Note-se que a diferença dos desvios padrão gerados e históricos tem uma certa tendência para ser negativa, ou seja o desvio padrão das séries geradas tem tendência para ser menor que o histórico; são no entanto da mesma ordem de grandeza dos valores históricos. A aleatoriedade das séries de escoamentos sintéticos, não é por isso afectada.

Diferença das médias em Gove



Diferença das médias em Matala



Diferença dos desvios padrão em Oma

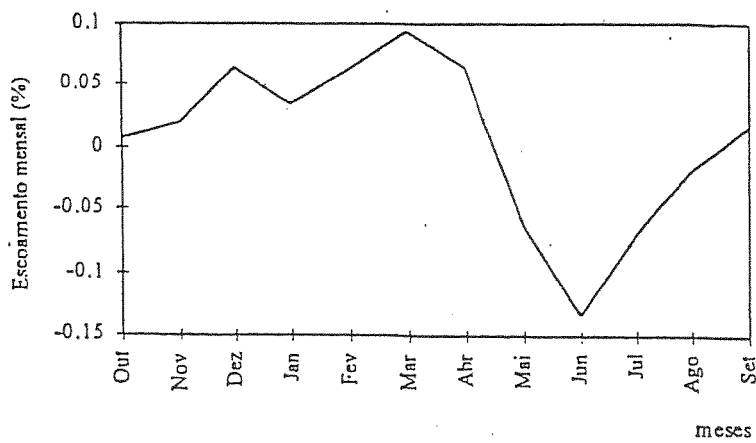


Figura 19 – Diferença das médias e dos desvios padrões de valores gerados e históricos

Em síntese, verificou-se que da geração de séries sintéticas de escoamentos, para Alto e Médio Cunene, podem retirar-se as seguintes conclusões:

- A diferença entre a média dos défices anuais históricos e a média dos défices anuais gerados é pequena, tendo em conta o desvio padrão desta estatística. O mesmo se passa com o desvio padrão desses défices;
- As séries de escoamentos geradas apresentam características de seca mais marcadas, pois os défices anuais acumulados são superiores aos históricos (os valores históricos aparecem muito próximos da mediana dos gerados e apresentam valores médios muito menores). O modelo de geração encontrado, é por assim dizer, um modelo pessimista, comparativamente aos dados reais. Tal característica revela-se aliás, a favor da segurança das conclusões, visto que a preocupação principal no estudo de um sistema de aproveitamentos hidroeléctricos é a obtenção do valor de energia máxima garantida.

5.1.4 Recursos hídricos do Baixo Cunene

A avaliação das disponibilidades hídricas do rio Cunene teve historicamente a sua origem e desenvolvimento junto à fronteira entre Angola e Namíbia.

As primeiras estimativas terão ficado a dever-se a Francis Kanthack, antigo director de Irrigação da África do Sul, que, em 1920, terá feito medições quando do estudo de demarcação da fronteira.

As segundas estimativas surgem no seguimento do Acordo do Cabo, de 1 de Julho de 1926, que estabeleceu que o "uso das águas do Cunene, em Ruacaná, é comum ao Governo da República e ao Governo da União da África do Sul", na sua capacidade de mandataria sobre o território do Sudoeste de África. Fazem parte da Comissão Técnica criada pelo Acordo do Cabo: Hudson Spence, da Direcção de Irrigação da África do Sul, e o Coronel Romão Machado, pela parte do Governo Português. Apesar de as medições que os dois membros da comissão técnica fizeram corresponderiam ao período de estiagem de 1927, ambos apresentaram estimativas mensais para todo o ano de 1927.

À parte uma estimativa de pouco crédito da parte de L. A. Mackenzie (Director de Irrigação da África do Sul), que estimou o caudal em Ruacaná, em 1 de Agosto de 1945, entre 2000 e 3000 cfs (cerca de 57 e 85 m³/s), as últimas medições históricas (anteriores à década de 60) conhecidas foram aquelas associadas à Missão ao Sul de Angola, chefiada pelo Engenheiro Trigo de Morais.

Era objectivo dessa Missão proceder "aos estudos, ou seus preliminares, do aproveitamento das águas do Cunene na fronteira com o Sudoeste Africano, nomeadamente para definir a possibilidade de irrigação do território adjacente, a produção de energia que permita o fabrico de adubos, e a consequente fixação da população europeia nessa importantíssima zona económica e política".

Se atendermos a que as primeiras actividades hidrométricas sistemáticas na bacia do Cunene, iniciadas em 1955, incidiram sobre a secção de Namuculungo, também próximo à fronteira, entende-se como as quantificações de recursos hídricos neste local são estratégicas.

A partir de 1961, começam a existir dados de caudais para Ruacaná que, hoje, perfazem uma série com 36 anos de dados. Essa série, porém, não é estacionária, mercê das alterações ao regime hidrológico que advieram do enchimento da barragem de Gove, nas cabeceiras do Cunene, e pela não contemplação, nos registos entre 1980 e 1984, do caudal que passava pelo açude – só se estimando o caudal passado através das turbinas da central.

Verifica-se assim que a bacia do Cunene está numa região onde o desconhecimento (reflectido no nível insignificante de informação no espólio do arquivo do Gabinete do Plano do Cunene) advém do facto de, na década de 60, ter havido uma abordagem concertada de complementaridade dos estudos do Cunene. Dessa feita os estudos portugueses concentraram-se na área compreendida entre as cabeceiras e Roçadas e os da Administração do Sudoeste Africano, de Roçadas ao Atlântico.

A ausência de informação relevante sobre a bacia do baixo Cunene no arquivo do Gabinete do Plano do Cunene é extensível à própria topografia da área drenante da margem esquerda. Não tendo sido fornecidos quaisquer elementos (hidrométricos ou fisiográficos) dessa região por parte da Namíbia que permitissem alargar o âmbito geográfico da análise, foi

decidido considerar a bacia do Cunene definida em Ruacaná, na fronteira, onde existem famosas quedas de água. Desta feita, toda a área drenante considerada está situada no território angolano, para o qual existia informação arquivada.

Com uma série de registos curta (ou homogeneamente curta) para identificar a vulnerabilidade dos empreendimentos hidráulicos do Baixo Cunene aos extremos hidrológicos, principalmente no respeitante aos caudais mínimos e à duração dos caudais durante as secas, foram feitos diversos estudos em que se procurou uma extensão da série de Ruacaná a partir de uma correlação com os valores de caudal registados em Rundu, no Cubango.

A distância entre estes dois locais é de mais de 500 km. No entanto, na falta de dados, tratava-se de ver se uma hipótese de suplementação de dados com a descrita era totalmente despropositada ou, ao invés, até aceitável.

Como argumentos favoráveis, para além de se obterem estimativas com resolução diária, há a assinalar as semelhanças entre áreas drenantes, cumeadas comuns durante 300 km, a altimetria pouco pronunciada do Delta do Cuvelai, e o facto das secções de medição (Ruacaná e Rundu) se situarem praticamente à mesma latitude.

Porém, a maior proximidade do Atlântico da bacia do Cunene conjugada com cumeadas escarpadas expostas ao avanço das massas de ar marítimo (ausentes no Cubango) determinam, à partida, caudais de cheia mais elevados no Cunene. Em compensação, o perfil entalhe das linhas de água do Cubango, promovem uma maior residência dos caudais de estiagem.

A esta mesma conclusão, aqui referida apenas com base na geomorfologia e hidrologia da região, chegou outro estudo ao analisar as curvas de duração média do caudal médio diário das duas estações hidrométricas. Esse facto levou a adicionar ao modelo de regressão um artifício de cálculo que consistiu na correcção anual das estimativas através de factores empíricos de reposição da configuração da curva de duração, isto é, factores amplificadores para os caudais máximos, e factores redutores para os caudais mínimos. Estes valores foram posteriormente conferidos, à escala mensal, com os resultados do modelo estocástico PATCHS que combinou correlações seriais e espaciais entre os escoamentos entre Ruacaná e Rundu e os volumes precipitados no posto de Ombalanto.

Estes métodos de suplementação são plenamente justificáveis em regiões com escassa informação hidrométrica de base, principalmente quando os dados udométricos são também escassos e pouco fiáveis. Ainda assim foram utilizadas medições udométricas do território de Angola num modelo de balanço hidrológico de resolução mensal para obter estimativas de escoamento em Ruacaná e noutras secções a montante no Cunene. Os valores da precipitação ponderada sobre as diversas sub-bacias foram obtidos por planimetria das isoietas traçadas desde 1933.

Este procedimento pode ser criticado devido ao crescente número de postos que, desde 1933, foi sendo incluído no traçado de isoietas, comprometendo a consistência dos dados de entrada do modelo. De facto a variação da média ao longo do tempo (Fig. 20), estabelecida para a bacia definida em Quiteve (acima do Calueque), parece comprovar este aspecto.

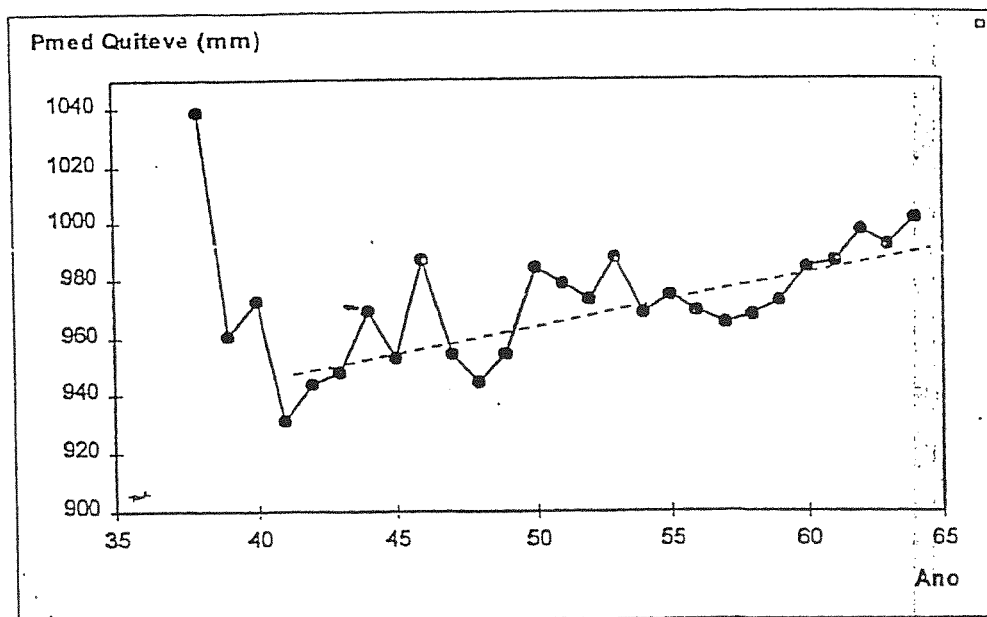


Figura 20 – Variação da média ponderada sobre a bacia do Cunene definida em Quiteve

Mesmo para além desta última limitação das estimativas havia ainda o facto do período simulado não ser suficientemente extenso para incluir diversos episódios de seca.

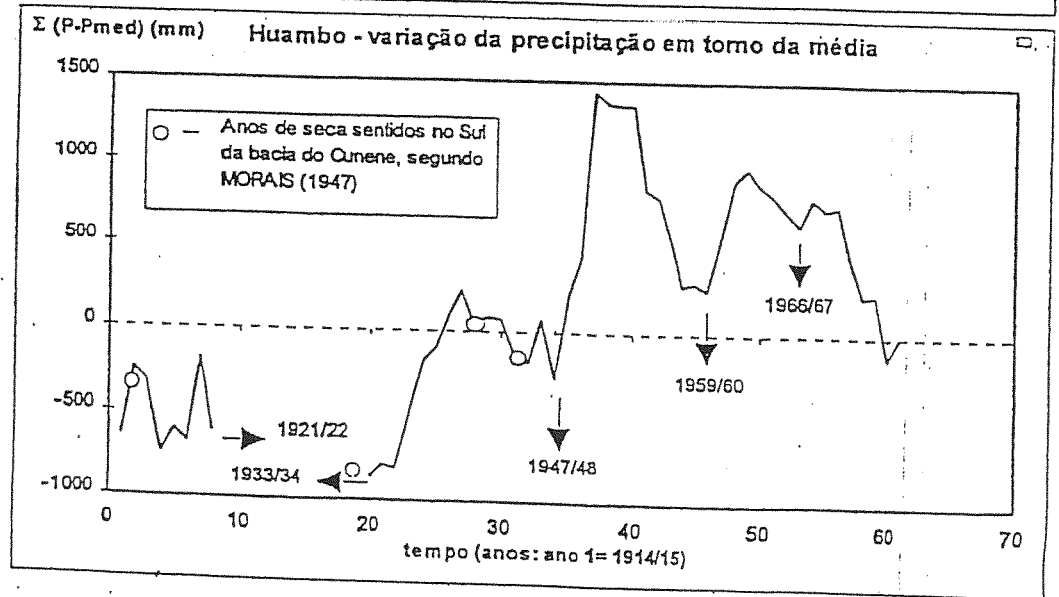
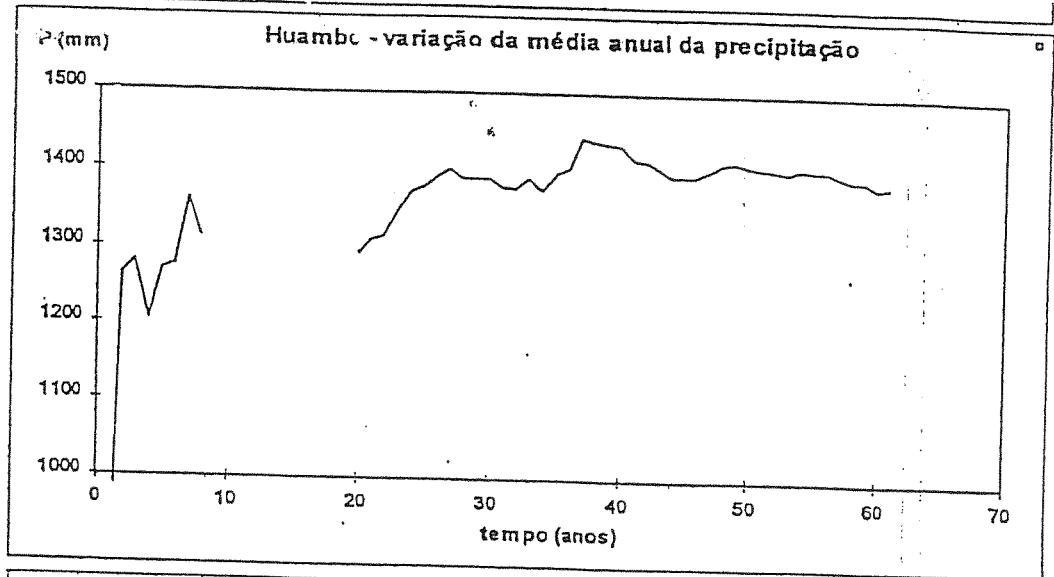
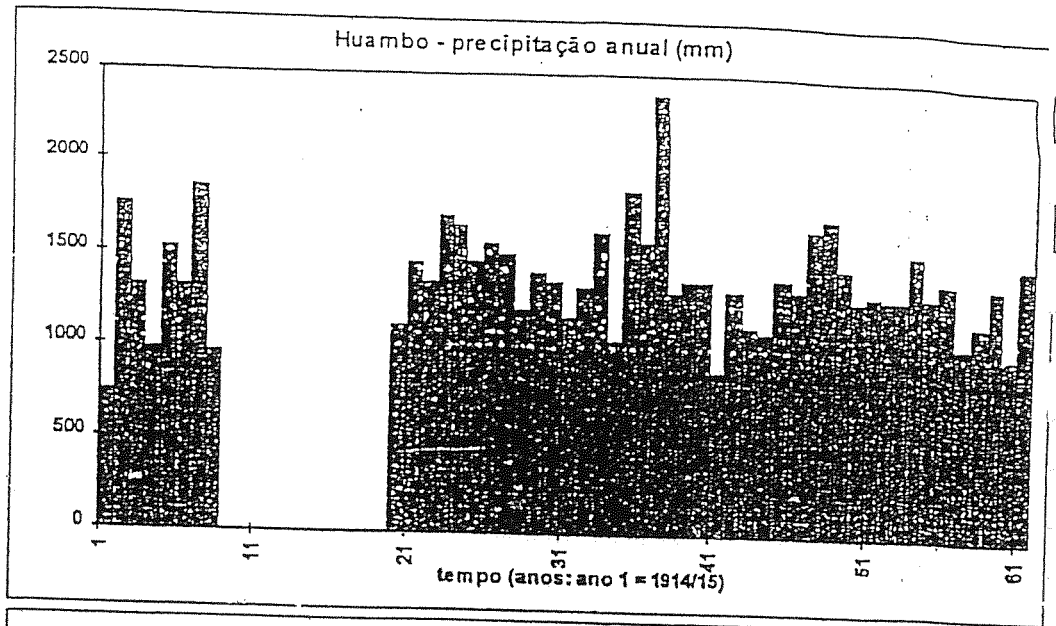


Figura 21 – Evolução da precipitação do Huambo

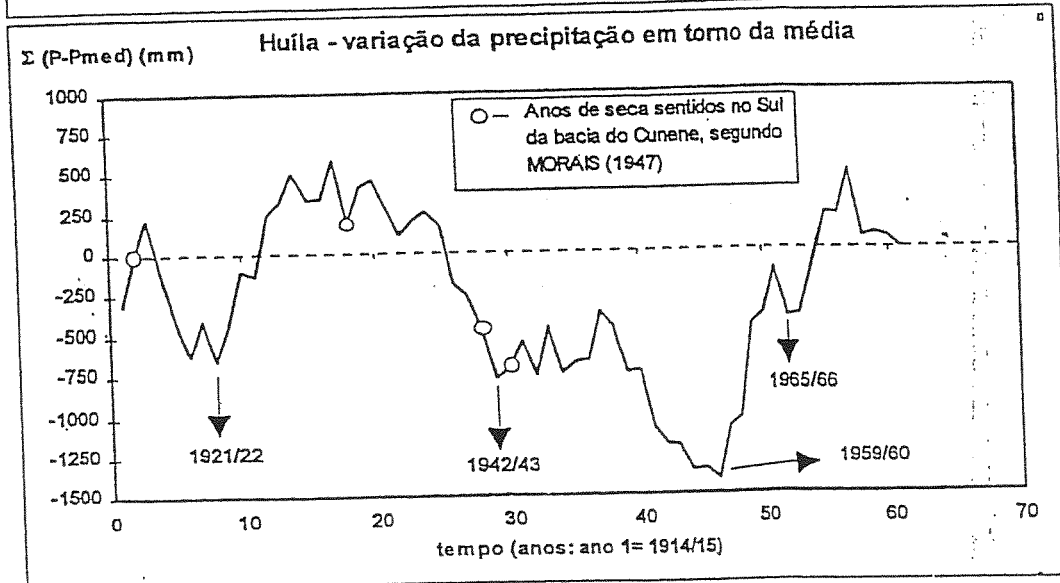
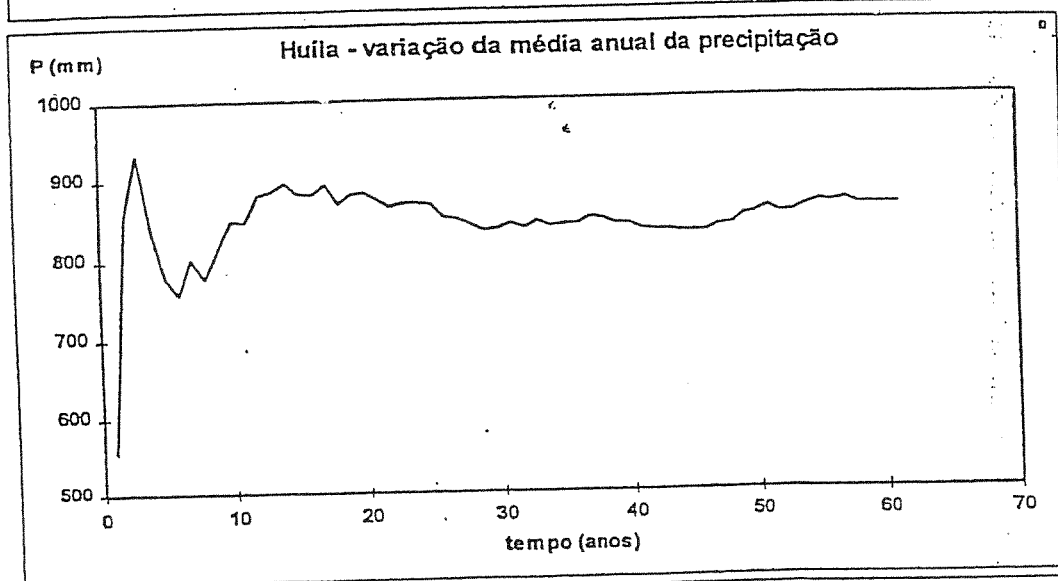
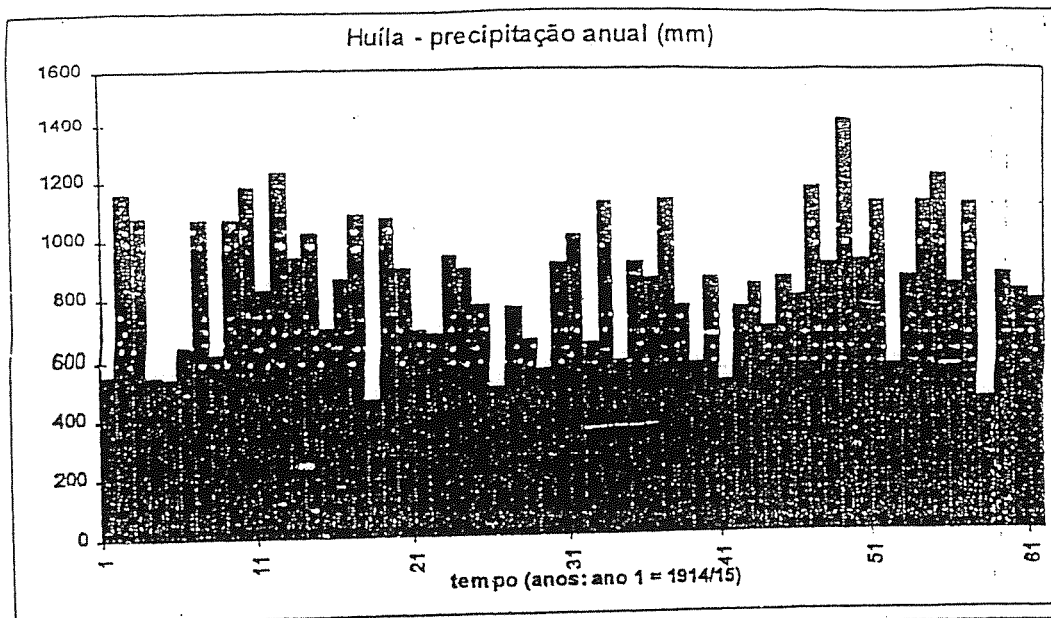


Figura 22 - Evolução da precipitação na Huíla

No presente estudo foi testada uma metodologia adicional, às inúmeras já aplicadas, para obter não só estimativas independentes das anteriores para auxílio no balizamento da magnitude dos escoamentos, mas que identifiquem melhor a vulnerabilidade e resiliência dos escoamentos junto à fronteira de Angola com a Namíbia.

Assim, a primeira condição que esta metodologia deveria satisfazer era englobar episódios meteorológicos deste século reconhecidos pela sua extrema secura. No relatório da Missão ao Sul de Angola há indicações sobre esses períodos baseado nas pesadas consequências que se fizeram sentir no Sul de Angola.

Os únicos postos na bacia com medições próximas ao início do século eram o Huíla/Nova Lisboa. Apesar dos dados do Huambo serem menos constantes no tempo, optou-se por fazer a verificação da evolução da sua oscilação em torno da média, bem como a estabilidade desta, para os dois postos em questão (Figuras 21 e 22).

Como se pode verificar pela Figura 21, os valores udométricos do posto do Huambo não só não apresentam uma média estabilizada como não sintetizam os episódios secos do início da década de 40 que foram bastantes severos.

Apesar de poder parecer que os dois primeiros episódios secos do século estariam bem representados nos dados do Huambo o seu afastamento negativo em relação à média é tão somente o resultado da não estacionariedade da média.

Já o posto da Huíla, além da estabilidade da média, faz uma caracterização aceitável das secas do início da década de 40 e do final da década de 50 (já posterior à Missão ao Sul de Angola). É certo que não caracteriza bem as duas primeiras secas do século mas, o facto de terem iniciado os registos udométricos um ano antes da seca, não pode dar indicações sobre a mesma baseadas apenas na acumulação dos desvios em torno da média.

A Figura 23 ajuda a cimentar esta representatividade e interacção entre a água precipitada na Huíla e a disponibilidade de água no Cunene junto à fronteira. Nesta figura pode também ser observado como a série em Ruacaná deixa de ser estável após o início do enchimento da barragem do Gove.

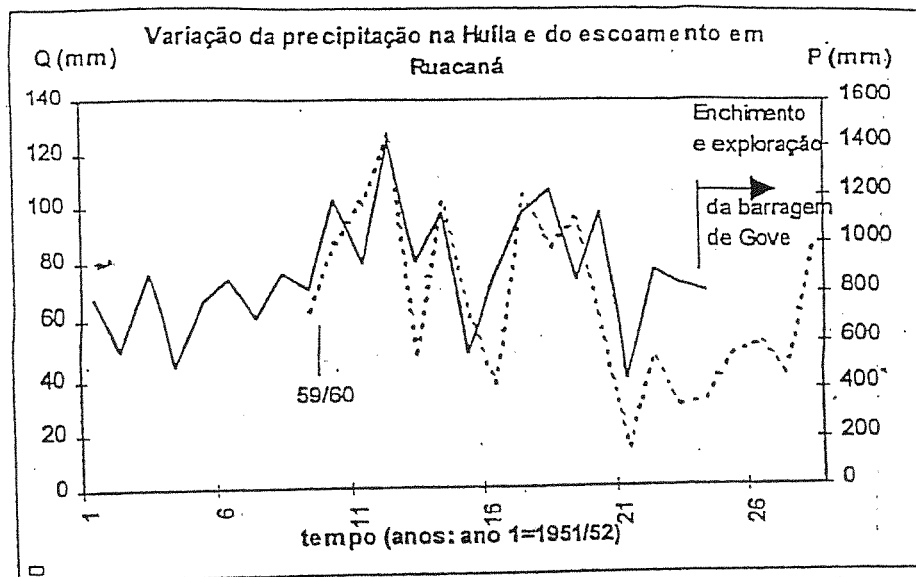


Figura 23 – Sincronização e modulação entre a precipitação na Huíla e o escoamento em Ruacaná

Os valores de Ruacaná anteriores a 1961 foram suplementados por regressão de caudais com Namuculungo, Figura 24.

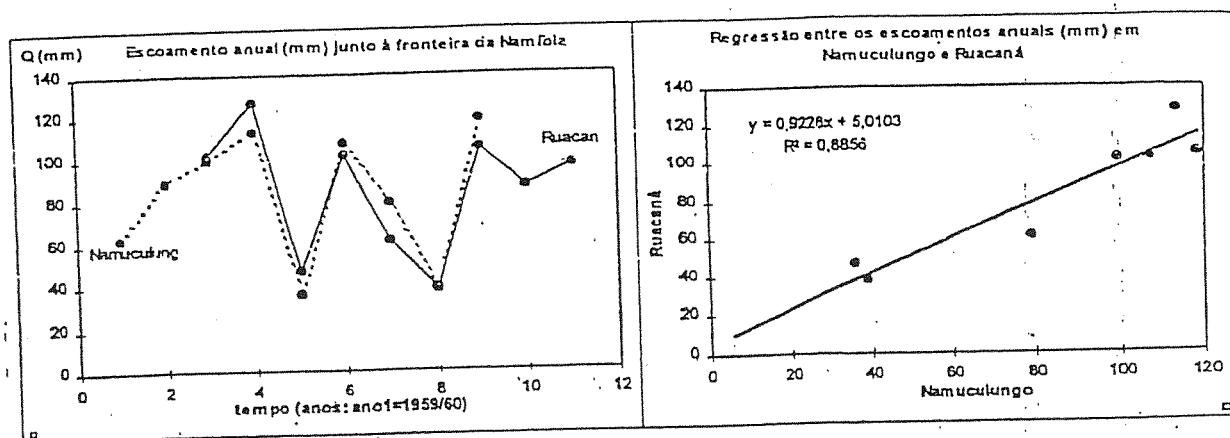


Figura 24 – Sincronização e regressão entre os escoamentos em Namuculungo e Ruacaná

Na posse de tão grande afinidade entre a precipitação na Huíla e o escoamento em Ruacaná, poderá haver a tentação de utilizar uma regressão entre ambos nas estimativas dos recursos hídricos. Tal procedimento não parece justificável, mesmo a nível anual pois, como se demonstra na Figura 25, a dispersão é muito elevada e o número de anos comuns é escasso.

Na Figura 25 são ainda sobrepostas as estimativas de 1920 e as de 1927.

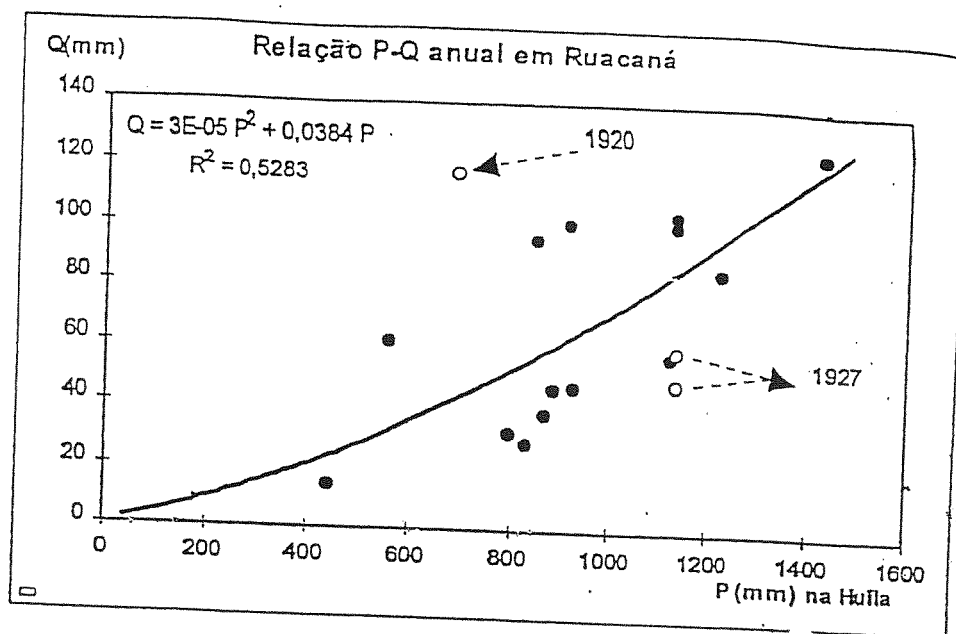


Figura 25 – Relação anual entre a precipitação na Huíla e o escoamento em Ruacaná

Em resumo, a admissão dos valores da Huíla como espacialmente representativos (da média ponderada da bacia, 20 % superior em Quiteve) mas da incidência de períodos secos e húmidos, é consensual. Assim, a aceitação de que os valores udométricos do posto da Huíla poderiam caracterizar as alternâncias de períodos secos e húmidos sentidos no sul da bacia Cunene, levou a que se tentasse incorporar esses dados num modelo de balanço sequencial mensal. É evidente que as estimativas de tal modelo terão que ser utilizadas com alguma reserva, ainda que se tenham incorporado algumas modificações nos mecanismos de infiltração e esgotamento do modelo de Thornthwaite-Mather, de forma a permitir reproduzir os caudais em Ruacaná.

O facto da regressão anual entre precipitação e escoamento não ter sido aceite como válida e, em contrapartida, se ter procedido a uma relação mensal dessas grandezas não apresenta nenhuma contradição, visto o método do balanço utilizar maior número de interações entre ambas as grandezas que poderão explicar o que a variância de uma regressão não explica.

Outra variável hidrológica a suprir ao modelo teria que ser a evapotranspiração potencial. Para tal foram utilizadas as estimativas da evaporação real para a bacia definida em Quiteve (já razoavelmente próxima da configuração final em Ruacaná).

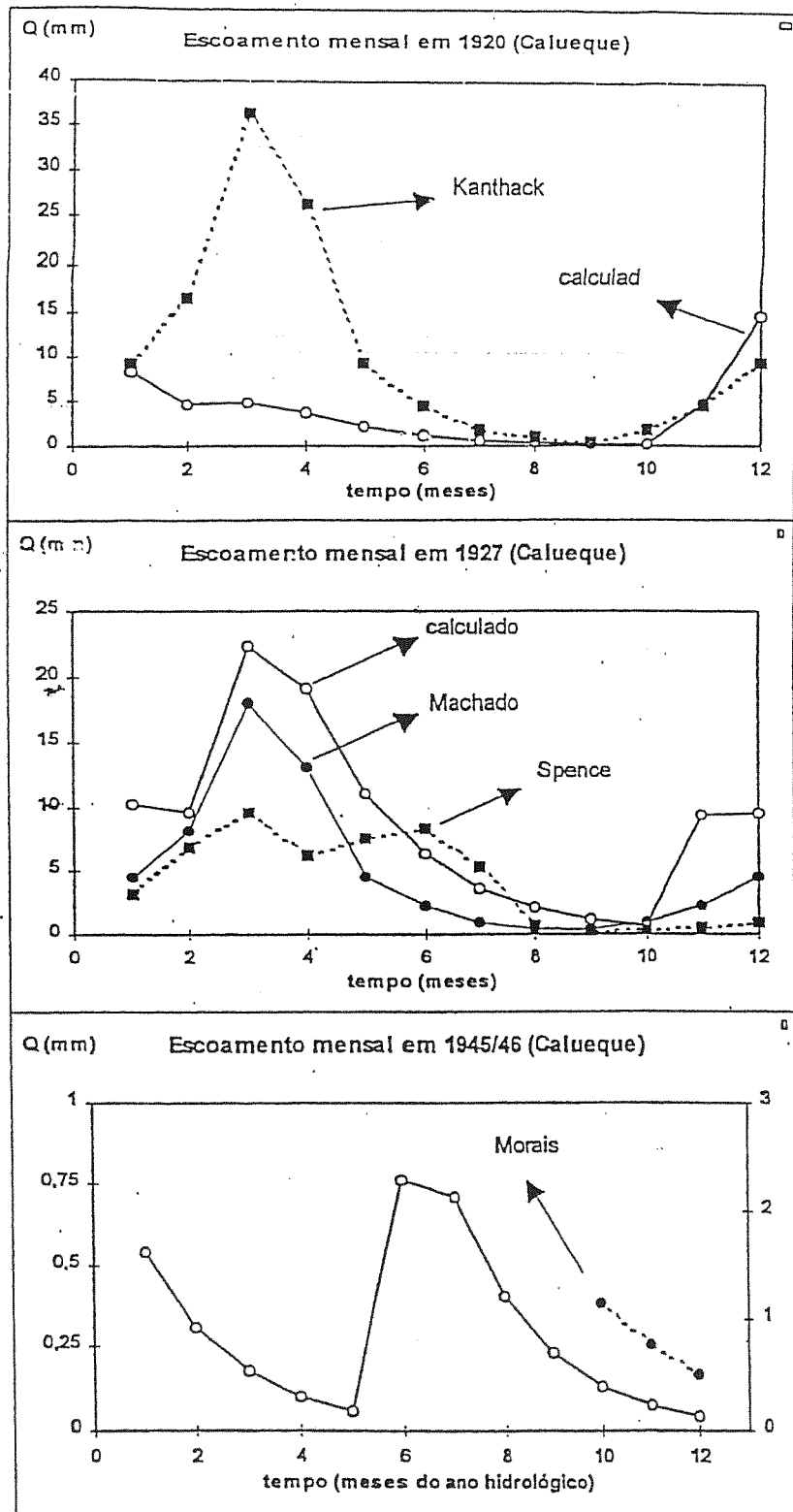


Figura 26 – Validação do modelo com as anteriores estimativas em Calueque

Os valores de evaporação real foram transformados em evapotranspiração potencial através de simples coeficientes mensais entre os valores médios dos primeiros.

Uma vez que a utilidade principal do modelo era a reconstituição de episódios passados, foram verificadas as anteriores estimativas efectuadas para Calueque, que mostram na Figura 26.

À parte o facto de serem estimativas com muitos anos, e salvo as estimativas de 1924 que parecem descabidas e não parecem apoiadas em várias medições, se é que uma por mês foi feita, existe uma grande concordância com as estimativas do Coronel Roma Machado para todo o ano, e com as de Spence para o semestre seco.

No caso das medições de Trigo de Morais, o esgotamento do aquífero é perfeitamente reconstituído, ainda que as estimativas (talvez por se tratarem de caudais muito baixos) serão cerca de 1/3 das verificadas.

Em suma, e tendo em conta as inúmeras aproximações efectuadas, o modelo parece estar adequado à realidade modelada. Ainda que com algum cuidado, as estimativas agora produzidas são um bom ponto de partida para verificações de vulnerabilidade dos recursos hídricos junto à fronteira.

Na Figura 27 pode-se ver como a utilização de uma série tão extensa dá indicações muito mais seguras quanto ao ramo final da curva de duração dos caudais mensais.

Mais uma vez a concordância para os valores superiores do semestre seco mostra que são dispensáveis artificios de compensação de máximos já referidos. A não concordância dos mínimos não significa desajustamento mas melhor definição dos mínimos face ao alargamento da amostra.

A Figura 28 resume todos os escoamentos de Ruacaná, onde os valores anteriores ao período de medição foram suplementados pelo método de balanço.

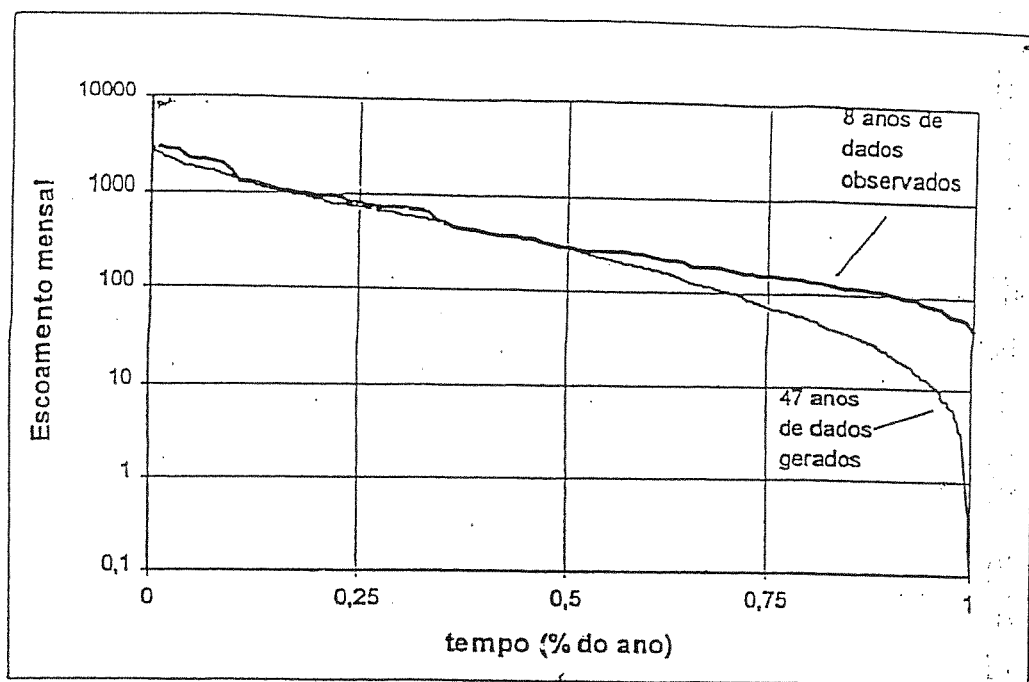


Figura 27 – Curva de duração de escoamentos mensais em Ruacaná

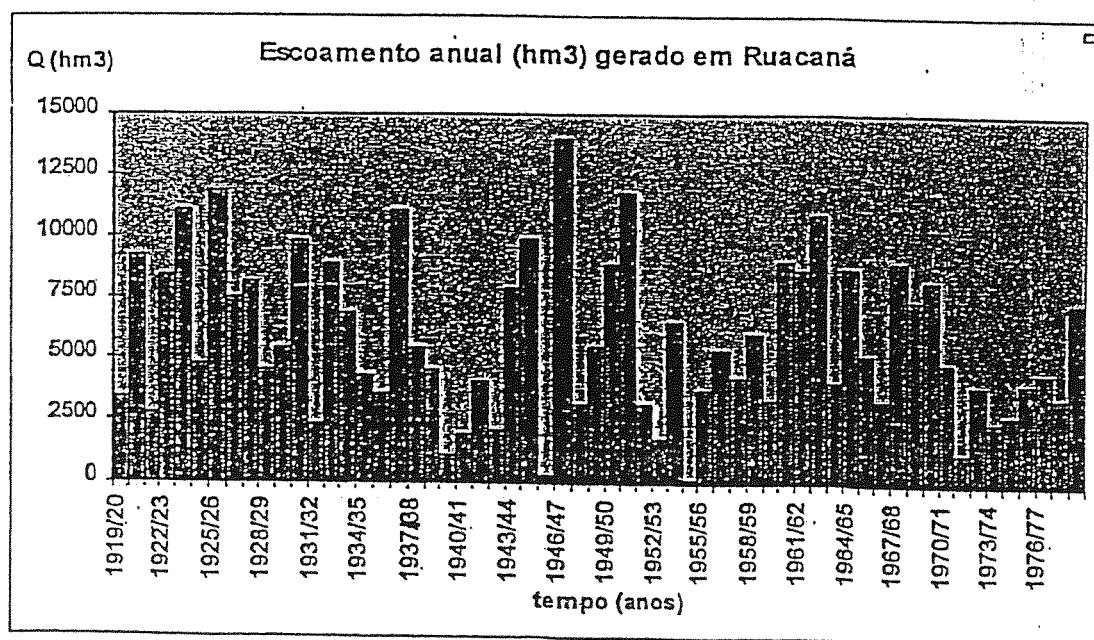


Figura 28 – Escoamento anual em Ruacaná

5.2 Águas Subterrâneas

5.2.1 Características das unidades hidrogeológicas

A bacia hidrográfica do rio Cunene foi dividida em sete unidades hidrogeológicas (Figura 29). Além da geologia, também as condições climáticas, em particular a precipitação, temperatura, condicionam a delimitação das zonas hidrogeológicas, uma vez que têm importância significativa no processo de recarga superficial dos aquíferos.

Os *Aquíferos Cársicos* e os *Aquíferos Fracturados e Eventualmente Cársicos* incluem litologias carbonatadas do Pré-Câmbrico Superior a Câmbrico (calcários dos **Metassedimentos da Espinheira** e do **Grupo da Chela**), estando representados a nível local por relativamente pequenos afloramentos carbonatados, sitos entre as nascentes do Nhalhubari e a Serra da Cafema, e intercalados entre outros depósitos sedimentares metamorfizados e interceptados pela Serra da Cafema. Este tipo de aquíferos tende a possuir uma porosidade elevada, podendo constituir importantes recursos hídricos. Ocorrem ainda recortes de calcários cristalinos nas **Serras Metamórficas do Sudoeste**, por vezes com uma centena de metros de espessura, que podem eventualmente ter importância hidrogeológica local. Os retalhos de rochas calcárias pertencentes ao **Sistema do Kalahari** podem igualmente incluir-se neste tipo de aquíferos, com importância hidrogeológica local. As propriedades aquíferas destas formações são altamente variáveis tanto vertical como lateralmente e os níveis piezométricos reflectem esta variabilidade. Parecem existir dois comportamentos para este tipo de aquíferos. Assim, existem aquíferos considerados como mais ou menos extensos, de permeabilidade média a alta e produtividades de 5 l/s até 10 l/s (os calcários pertencentes à formação da Leba-Tchamali) e aquíferos de permeabilidades variáveis, com caudais entre 1 até 5 l/s (os calcários cristalinos intercalados nas formações da Espinheira), estando representados no extremo terminal da bacia do rio Cunene, desde a zona a leste da Serra da Cafema até à foz deste rio.

Os *Aquíferos Porosos* estão representados pelos depósitos do **Quaternário** e do **Sistema do Kalahari**, que ocupam toda a região central e leste da bacia do rio Cunene, incluindo Calumbingã, Chiconco, Chibemba, Cahamá, Chilau, a fronteira com a Namíbia, até à borda da bacia com a Jamba, estendendo-se de modo mais ou menos contínuo até ao planalto do Huambo.

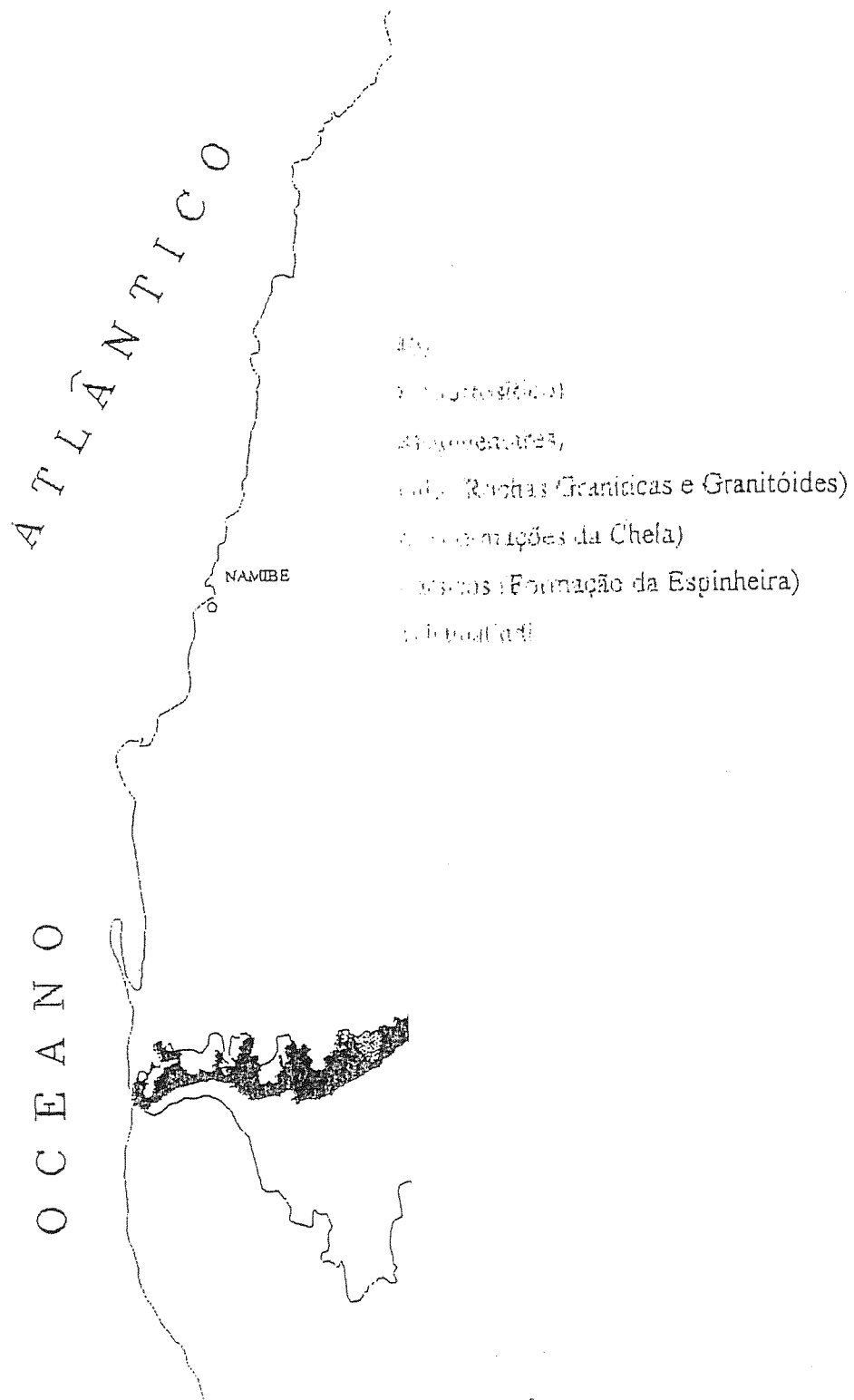


Figura 29 - Mapa de

Estes depósitos arenítico-argilo-carbonatados apresentam caudais de extracção que variam entre 2,5 e 4,5 m³/h, embora possam ser considerados valores entre 1,5 e 18,5 m³/h, para a província da Huíla. Estes aquíferos podem ser considerados como sendo em regra extensos, como de permeabilidade variável a baixa e caudais médios variando de 1 l/s até um máximo de 5 l/s, podendo admitir-se para os depósitos quaternários caudais médios de 5 m³/h. Destes depósitos os que parecem apresentar maior potencial hidrogeológico são os do Kalahari Inferior, sendo que a população local abre poços nestas formações obtendo água a cerca de 5 m de profundidade. A maior parte da água infiltrante é dissipada na reconstituição da humidade do solo e nas épocas secas mesmo uma boa parte dos excedentes de infiltração, entretanto acumulados nas zonas mais favoráveis tende a perder-se por evapotranspiração, sendo esta a principal razão porque frequentemente nem no contacto com rochas cristalinas - em zonas onde os depósitos de cobertura têm espessuras de 10 a 20 m - existem aquíferos. No período seco uma grande parte da água (por vezes até a quase totalidade) existente nas formações greso-argilosas perde-se por evapotranspiração.

As aluviões arenosas depositadas nas *chanas* são as únicas unidades hidrogeológicas da zona do Baixo Cunene que apresentam condições de desenvolvimento de aquíferos a profundidades inferiores a 30 m.

Tipicamente, nestes aquíferos, as oscilações naturais dos níveis de água têm relação directa com a precipitação total do ano anterior e só as precipitações superiores a 35 mm têm influência na recarga; esta recarga processa-se de modo dominante ao longo do contacto entre as vertentes dos vales fósseis e os depósitos de areias lavadas que possam existir na *chana*). Um período maior, de 30 a 40 dias, é necessário para se verificar a subida dos níveis após as primeiras chuvas, o que se deve às necessidades de reposição da humidade no solo.

Estão por resolver questões de funcionamento dos aquíferos instalados nas formações do Kalahari, como sejam se estamos perante um sistema multicamada ou unicamada e no caso múltiplo, quantos níveis existem, quais as litologias e dimensões horizontais de cada aquífero, se estão ou não em contacto hidráulico entre si, sendo de suspeitar que estas condições variem fortemente de local para local. A produtividade média dos aquíferos instalados nos depósitos do Kalahari varia entre 1,5 e 18,5 m³/h, sem qualquer relação entre estes valores e a profundidade dos níveis aquíferos.

Os Aquíferos Fracturados de Potencial Limitado (Rochas Graníticas ou Granitóides) são, como todos os aquíferos instalados em rochas do soco Pré-Câmbrico, de tipo fissurado. A sua produtividade só tem algum valor nas zonas de fracturação intensa e nas de alteração em contacto com a rocha sã. Os aquíferos têm uma distribuição local e os seus caudais de extracção variam entre 1 a 5 l/s.

As zonas mais produtivas neste tipo de aquíferos são: os contactos entre rochas cristalinas de diferentes texturas e composição, as zonas de afloramento de granito-gnaisses muito fracturados, as zonas de contacto entre as rochas ígneas e as formações xistentas, zonas de falhas e outras fracturas não preenchidas por depósitos impermeáveis, os filões e veios quartzíticos e básicos.

5.2.2 Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos

Para a determinação dos recursos hídricos subterrâneos existentes numa dada região é fundamental o conhecimento do balanço hídrico nessa região, ou seja, é necessário que se quantifiquem os valores de águas que afluem e que se escoam da região em causa.

O balanço hídrico subterrâneo está decomposto em duas componentes: a componente referente ao solo (considerado como tal a zona até ao limite de máxima de profundidade das raízes das plantas) e a referente à região subjacente ao solo.

O que interessa conhecer com vista à determinação dos recursos hídricos subterrâneos, isto é os volumes de água que se podem utilizar sem causar a sobre-exploração dos aquíferos - cujas consequências podem ir desde uma diminuição na qualidade das águas ao incremento das despesas de bombagem e utilização dos recursos, entre outros problemas - é o balanço hídrico dos mesmos.

Na prática para uma adequada gestão dos recursos hídricos subterrâneos, o valor mais importante a conhecer é a recarga efectiva dos aquíferos, pois os volumes de água que se podem extrair sem causar o rebaixamento dos níveis piezométricos e portanto a diminuição dos recursos são iguais ao valor da recarga efectiva, subtraídos das respectivas perdas por alimentação de mananciais superficiais ou percolação para aquíferos mais profundos. A

Num segundo cenário de calibração tomou-se como pressuposto que o escoamento superficial medido seria inferior ou igual ao somatório dos escoamentos superficiais e recargas calculados pelo modelo BALSEQ.

Os resultados obtidos neste cenário mostram que, em média, para a região do Huambo a recarga será da ordem dos 249 mm/ano, de 217 mm/ano para Chianga, de 197 mm/ano para Sacaala, de 175 mm/ano para a zona do Lubango, de 166 mm/ano para a Humpata, sendo de 64 mm/ano na estação do I.I.A.A. do Cunene. O cálculo da regressão dos valores médios precipitação/recarga para o total destas estações - dando um peso aos valores do Huambo e Lubango em proporção com o número de anos de registo (15 anos) *versus* o número de anos de registo das restantes estações (2 anos), prática que se aplicou igualmente para as regressões atrás citadas - mostra que para precipitações abaixo da isoietas dos 95 mm/ano a recarga é literalmente inexistente.

Procedendo à integração das áreas afectas a cada uma das isolinhas de recarga obteve-se a recarga para as diferentes regiões da bacia. Verifica-se que, por este método, a recarga total na bacia estaria compreendida entre 13 767 hm³/ano e 90 731 hm³/ano, dos quais a componente namibiana seria entre 88 hm³/ano e 341 hm³/ano.

A recarga anual média (em mm) que ocorreria no total bacia seria entre 130 mm/ano e 190 mm/ano; sendo a média na parte angolana mais alta (entre 120 mm/ano e 150 mm/ano) e na parte namibiana regista-se apenas uma média entre de 6 mm/ano e 24 mm/ano.

Já na década de 60 se assistiam a problemas de esgotamento dos aquíferos na região sul de Angola, devido à sobre-exploração destes recursos. Na zona do Caraculo este procedimento levou à secagem de diversos furos enquanto que noutras captações os caudais se reduziam de 1 para menos de 0,2 m³/h no curto espaço de 5 anos. Para a década de 50 se verificaram, na zona do Caraculo, descidas dos níveis piezométricos em cerca de 87% das captações existentes, tendência essa crescente com o esperado aumento das extracções, variando estes rebaixamentos entre 0,15 e 19,3 m. Sendo que as condições climáticas e em largas áreas litológicas do extremo sul da bacia do rio Cunene são similares às da região do Caraculo é de suspeitar que problemas semelhantes existam nesta região.

Os objectivos específicos para a bacia do Rio Cunene, situado num país em desenvolvimento, e tendo em conta as características geomorfológicas da bacia, e da sociedade existente, leva a incluir na avaliação das necessidades de água desta bacia o seguinte:

- abastecimento de água para as zonas rurais,
- abastecimento de água municipal,
- abastecimento de água para o gado,
- abastecimento de água para o regadio,
- abastecimento de água para a indústria,
- produção de energia hidroeléctrica,
- protecção contra as cheias,
- garantia de caudais ecológicos,
- garantia de caudais para a Namíbia.

Foram determinadas as necessidades potenciais, tendo em atenção, entre outros elementos, os estudos já efectuados para os esquemas de aproveitamento do Rio Cunene, a informação sobre os actuais usos da água, e uma previsão preliminar da evolução das necessidades para o futuro. Parte-se do pressuposto inicial da viabilidade técnica para cada uso sectorial, independentemente dos outros. A incompatibilidade entre os vários usos levará, em fases subsequentes, a eliminar algumas das alternativas para a utilização dos recursos hídricos.

6.2 Abastecimento de água para as zonas rurais

A separação da análise das necessidades de água para o abastecimento às populações, a necessidade básica por excelência, entre as zonas rurais e as zonas com acentuada urbanização, resulta das diferenças nas soluções técnicas para a sua satisfação. No primeiro caso, os sistemas de abastecimento são muito simples, são independentes, e são relativamente pequenos. No segundo caso, exigem redes de distribuição de alguma dimensão, podem depender de várias fontes de água, e carecem do ponto de vista técnico de soluções fiáveis.

Os sistemas de abastecimento de água podem ser divididos em três partes: a fonte de água, o tratamento da água e a distribuição. No caso das zonas rurais, admite-se que os sistemas dependem só de uma fonte de água, e quer o tratamento, quer a distribuição, estão ausentes, ou são muito simples e de pequena dimensão.

Os valores típicos para o consumo rural de água estão compreendidos entre 10 e 1/dia/pessoa. Em zonas de difícil acesso, o consumo de água pode baixar para 4 l/dia/pessoa. A Organização Mundial da Saúde (WMO) sugeriu um mínimo para o abastecimento de 1/dia/pessoa, o que pode nalguns casos ser difícil conseguir.

As necessidades de água para estes sistemas rurais deverão atender às pessoas que de necessitam, tipos de ocupação no terreno e dimensão das povoações, bem como dos meios técnicos postos à disposição destas zonas. Para o caso da bacia do rio Cunene, a determinação da população abrangida por estes sistemas simples é baseada nos dados apresentados no Volume 6 do 1º Relatório, "A Ecologia Social da Bacia. Caracterização Preliminar". Além disso, foram utilizadas as cartas à escala 1/100 000 para, numa primeira aproximação, discriminar a distribuição geográfica dos vários povoamentos. Embora a informação da carta não seja actual, serviu para ponderar a distribuição das necessidades da bacia, tomando como base os totais estimados para o ano de 1990 em cada município. Também foram utilizadas 7 folhas da carta 1/100 000 de uma edição mais recente, nos anos 80, e alguns dados adicionais relativos aos anos de 1992 e 1993.

Em 6 dos 22 municípios foi feita uma divisão da sua população, parte pertencente à bacia, e a restante não pertencendo à mesma. Esta divisão foi feita por ponderação da área do município em cada uma das duas situações.

No que diz respeito à densidade de ocupação, os valores da ocupação total oscilam entre os 406 hab/km² no município do Huambo até valores inferiores a 1 hab/km² no município de Tombua. Como era de esperar, é evidente o decréscimo da densidade de Norte para Sul, da zona com mais água, para a zona mais árida.

O método utilizado para a quantificação das ocupação humana em meio rural permite apenas identificar uma gama de valores, sendo indicado para cada município, um limite inferior e um limite superior. Para a obtenção dos valores limites inferior e superior foram considerados dois factores de acréscimo da população rural. Verifica-se que a gama adoptada é relativamente larga, sendo a população estimada entre 327 000 e 514 000, isto é, um variação de cerca de cerca de 60%. Esta variação pode ser ainda considerada compatível com a elaboração do Plano de Bacia do Rio Cunene. Primeiro, porque para esta bacia é difícil

garantir elementos mais fiáveis no que diz respeito a censos da população. Segundo, porque em volume o consumo rural da água não será significativo em comparação com outros consumos, como os relativos à irrigação.

Conhecidas as pessoas que habitam as diferentes zonas da bacia do Cunene, aplicando as capitações reais, ou as consideradas desejáveis, obtêm-se os volumes de água necessários para o abastecimento das povoações rurais. Como já foi referido, podem admitir-se os valores de capitação compreendidos entre 20 e 30 l/(dia.pessoa) como uma meta a atingir. Neste caso podem ser quantificados os valores mínimo e máximo para o abastecimento rural. Deste modo foram determinados os volumes diários de água, respectivamente por município e por sub-bacia. Tal permitirá comparar com os valores de disponibilidade mínima, correspondente à época seca.

Para identificar as necessidades para o ano horizonte de 2020 é necessário efectuar a projecção do crescimento do volume de água. Ora esta projecção para o futuro é extremamente difícil, se olharmos estritamente para o meio rural.

Com efeito, a tendência mundial tem sido a diminuição relativa da ocupação do solo pelo meio rural, transferindo as pessoas para o meio urbano. Assim um dos modos de resolver esta questão seria a de não aumentar o consumo rural, e antes fazer incidir todo o acréscimo demográfico no acréscimo das necessidades de abastecimento urbano. Ou mesmo, em alternativa, admitir uma redução das necessidades de água para o consumo rural, devido à mesma causa.

No entanto, foi admitida uma situação intermédia, em que a ocupação rural continua a ter um peso apreciável, havendo tendência para o aumento da dimensão média dos povoamentos rurais, com algum aumento das capitações (intermédias entre consumo rural e urbano). A taxa de crescimento anual médio da população nestas condições foi considerada em apenas 1%, inferior à considerada para o crescimento global, 2,8%. A capitação também foi aumentada ligeiramente, sendo admitido um valor de apenas 40 l/(dia.pessoa).

O total das pessoas, com base nas premissas acima enunciadas, estará aumentado 35 %. Se se considerar o aumento de capitação entre mais um terço até ao dobro, obtêm-se acréscimos dos consumos de água para as populações rurais entre 80% e 170% (Quadro 3).

Quadro 3 - Volumes anuais de água por bacia necessários no ano 2020 para as zonas rurais do Cunene (hm³/ano)

Sub-bacia	Limite inferior	Limite superior
Alto Cunene (Gove)	0,572	1,163
Alto Calai	0,138	0,197
Alto Cunene (Jamba-ia-Oma)	0,374	0,473
Quando	0,118	0,237
Alto Cunene (Jamba-ia-Mina)	0,315	0,473
Catapi	0,296	0,453
Alto Cunene (Matala)	0,690	1,163
Médio Cunene (Folgares)	0,729	0,966
Médio Cunene (Matunto)	0,138	0,217
Alto Colui (Catembulo)	0,099	0,197
Médio Cunene (Xangongo)	0,650	0,966
Caculuar (Cova do Leão)	1,183	1,892
Médio Cunene (Namuculungo)	0,690	1,045
Médio Cunene (Ruacaná)	0,276	0,414
Baixo Cunene (Foz)	0,177	0,276
Total	6,445	10,131

Deste modo, o total previsto para o consumo humano nas zonas rurais da bacia do Cunene deve estar compreendido entre os 7 hm³ e os 10 hm³. Para um valor médio de água superficial disponível de cerca de 5700 hm³, este valor representa apenas cerca de 0,1 a 0,2 %. Faz-se notar que numa grande percentagem dos casos a fonte de água é subterrânea, o que faz diminuir a percentagem acima referida.

Em quantidade, o valor médio anual das necessidades de água para consumo rural é muito facilmente garantido.

No Quadro 4 são apresentadas as necessidades diárias. Comparando no total as necessidades diárias para as diferentes sub-bacias, compreendidas entre cerca de 18 000 m³ e 28 000 m³, com as correspondentes disponibilidades mínimas diárias, de cerca de 2 600 000 m³, verifica-se que as necessidades correspondem ainda a apenas a cerca de 0,7 % a 1,0 % das

disponibilidades. Globalmente o grau de folga que o sistema superficial apresenta é muito grande para o abastecimento de zonas rurais.

Quadro 4 - Volumes diários de água por bacia para o abastecimento humano das zonas rurais do Cunene no ano 2020 (m³/dia)

Sub-bacia	Limite inferior	Limite superior
Alto Cunene (Gove)	1566	3186
Alto Calai	378	540
Alto Cunene (Jamba-ia-Oma)	1026	1296
Quando	324	648
Alto Cunene (Jamba-ia-Mina)	864	1296
Catapi	810	1242
Alto Cunene (Matala)	1890	3186
Médio Cunene (Folgaes)	1998	2646
Médio Cunene (Matunto)	378	594
Alto Colui (Catembulo)	270	540
Médio Cunene (Xangongo)	1782	2646
Caculuar (Cova do Leão)	3240	5184
Médio Cunene (Namuculungo)	1890	2862
Médio Cunene (Ruacanã)	756	1134
Baixo Cunene (Foz)	486	756
Total	17658	27756

O valor mais elevado da percentagem das necessidades sobre as disponibilidades encontra-se no Alto Colui (Catembulo) com 3,8 %. Os valores mais baixos encontram-se junto ao Médio Cunene com 0,02%. No entanto, se a zona rural for muito afastada do rio Cunene, ou dos seus afluentes, será mais difícil, ou mesmo impossível, garantir o abastecimento para consumo humano nas zonas rurais com águas superficiais, com os caudais naturais das linhas de água mais pequenas. Só o recurso às águas subterrâneas o pode garantir, como a prática actual o indica. Nesta situação ressalta a importância das disponibilidades subterrâneas.

6.3 Abastecimento de água para as zonas urbanas

É difícil definir valores típicos para o consumo urbano da água. Com efeito, eles dependem do tipo de ocupação da zona urbana; só residencial, com indústria, com serviços

públicos, com regas de jardim, etc. Na parte residencial depende também dos hábitos pessoais de consumo, bem como do nível de vida da povoação, com mais ou menos electrodomésticos.

Como ordem de grandeza para a bacia do Cunene, admite-se que as capitações estejam compreendidas entre 100 e 150 l/(dia/pessoa). Quanto mais importante e maior for a zona urbana maior será o valor a considerar. Outro factor a considerar é a idade e a qualidade da rede, porque as fugas pesam sempre muito no consumo total.

A determinação das pessoas em zonas urbanas foi feita de modo análogo à realizada em zonas rurais.

A tendência esperada é de um acréscimo das necessidades de abastecimento urbano. A taxa de crescimento anual médio da população nestas condições foi considerada de 4%, superior à considerada para o crescimento global 2,8%. A capitação também foi aumentada sendo admitido um valor ainda relativamente pequeno de 200 l/(dia.pessoa).

Tendo em mente apenas o problema do planeamento da utilização da água, apresentam-se no Quadros 5 os valores, correspondentes ao ano 2020, dos volumes anuais de água utilizada para o seu consumo nas mesmas zonas, discriminados por sub-bacia.

O total da população, com base nas premissas acima enunciadas, estará aumentado em cerca de 235% por volta desse ano. Se se considerar o aumento de capitação, obtêm-se acréscimos de consumos para as populações urbanas entre 240% e 720%.

Deste modo, o total previsto para o consumo humano nas zonas urbanas da bacia do Cunene deve estar compreendido entre 370 hm³ e 470 hm³. Para um valor médio de água superficial disponível de 5700 hm³ este valor representa, no máximo, cerca de 8%. Faz-se notar que numa grande percentagem dos casos a fonte de água é subterrânea, o que faz diminuir ainda mais a percentagem acima referida.

No Quadro 6 apresentam-se as necessidades diárias de água. Comparando globalmente as necessidades diárias com as correspondentes disponibilidades mínimas diárias verifica-se que as necessidades poderão corresponder a cerca de 40 % a 50% das disponibilidades de água. Para estes valores a folga que o sistema superficial apresenta é pequena.

Quadro 5 - Volumes anuais de água por bacia necessários no ano 2020 para as zonas urbanas do Cunene (hm³/ano)

Sub-bacia	Limite inferior	Limite superior
Alto Cunene (Gove)	123,227	149,008
Alto Calai	59,130	73,794
Alto Cunene (Jamba-ia-Oma)	0,000	0,000
Quando	0,000	0,000
Alto Cunene (Jamba-ia-Mina)	8,515	11,353
Catapi	48,250	67,881
Alto Cunene (Matala)	14,191	20,104
Médio Cunene (Folgares)	7,096	9,461
Médio Cunene (Matunto)	1,183	1,656
Alto Colui (Catembulo)	4,021	4,967
Médio Cunene (Xangongo)	20,814	25,781
Caculuar (Cova do Leão)	65,516	82,072
Médio Cunene (Namuculungo)	7,096	8,988
Médio Cunene (Ruacaná)	1,183	1,419
Baixo Cunene (Foz)	8,326	10,005
Total	368,545	466,488

Quadro 6 - Volumes diários de água, por bacia, para o abastecimento humano das zonas urbanas do Cunene no ano 2020 (m³/dia)

Sub-bacia	Limite inferior	Limite superior
Alto Cunene (Gove)	337608	408240
Alto Calai	162000	202176
Alto Cunene (Jamba-ia-Oma)	0	0
Quando	0	0
Alto Cunene (Jamba-ia-Mina)	23328	31104
Catapi	132192	185976
Alto Cunene (Matala)	38880	55080
Médio Cunene (Folgares)	19440	25920
Médio Cunene (Matunto)	3240	4536
Alto Colui (Catembulo)	11016	13608
Médio Cunene (Xangongo)	57024	70632
Caculuar (Cova do Leão)	179496	224856
Médio Cunene (Namuculungo)	19440	24624
Médio Cunene (Ruacaná)	3240	3888
Baixo Cunene (Foz)	22810	27410
Total	1009714	1278050

Nesta situação ressalta a importância das disponibilidades subterrâneas.

Verifica-se que as sub-bacias mais críticas serão as de Caculavar (Cova do Leão) e Catapi, que apresentam valores de consumo superiores em mais de 200% relativamente a mínimos superficiais disponíveis. Em ambos os casos, é impossível garantir com os caudais naturais o abastecimento para consumo humano nas zonas urbanas com águas superficiais sem uma acentuada regularização. Só o recurso ao armazenamento das águas superficiais pode garantir o abastecimento, se as águas subterrâneas não o permitirem.

Se se analisar a relação entre as necessidades anuais e as disponibilidades anuais verifica-se que a sub-bacia mais crítica é a de Catapi, em que a relação entre necessidades e disponibilidades poderá ser cerca de 30%. Em consequência, uma adequada capacidade de armazenamento poderá ainda permitir uma satisfação das necessidades de abastecimento urbano com as disponibilidades superficiais. Em alternativa, poderá haver restrições ao aumento populacional, verificando-se uma menor taxa de crescimento demográfico, nas zonas com dificuldades de abastecimento.

Na bacia do Caculavar (Cova do Leão) a percentagem acima referida poderá ser de 24%. No Alto Cunene (Gove) a mesma percentagem poderá ser de 14%, enquanto que no Alto Calai poderá atingir os 12%. Em todas as outras bacias os valores serão inferiores a 3%.

6.4 Abastecimento de água para o gado

A determinação das necessidades de água para o abeberamento do gado acompanha, em parte, a determinação das necessidades de água para o abastecimento às populações rurais. É difícil apontar com segurança um valor médio para a bacia do Cunene, mas com base em informação dispersa, podem ser encontradas referências a valores entre 2,4 e 2,8 litros/bois/habitante. Para efeito da estimativa da necessidade de abastecimento para o gado foi considerado o valor de 2 bois/habitante. A criação do gado pela família tradicional é feita com a transumância: na época das chuvas o gado encontra-se afastado do leito principal do rio Cunene, devido à existência de grandes áreas inundadas, na época seca o gado vai-se aproximando do rio, aproveitando as pastagens frescas. O fim da época seca é o período

crítico, devido à grande concentração de animais nos cada vez mais reduzidos pontos de abeberamento. Em casos extremos, onde há água não há pasto, e onde há pasto não há água, obrigando o gado a percorrer, por dia, longas distâncias, da ordem dos 30 km.

A criação intensiva de gado bovino não tem uma relação directa com a população, dependendo antes da existência de fazendas com pastos, além de facilidade de acesso à água. Não se conseguiu conhecer nenhum recenseamento do número de cabeças de gado de criação intensiva. Há indicações de que a capacidade de carga nas pastagens naturais seria de 4 a 6 bois/km². Em 1969, estavam previstos pelo menos 3 500 km² para a criação intensiva de gado. Na mesma altura havia a indicação de fazendas com uma área média de 100 km².

Os valores típicos para o consumo de água pelo gado estarão compreendidos entre 10 e 40 l/dia/boi. Em períodos de crise, o consumo de água pode baixar.

O método utilizado para a estimativa das cabeças de gado permite apenas identificar uma gama de valores, sendo indicado para cada município um limite inferior e um limite superior. O total obtido, que oscila entre um valor inferior de 650000 e um máximo de 1000000 parece compatível com a estatística para toda a Angola em 1992 de 3 200 000.

Para além dos valores indicados por município, foram identificados os valores por sub-bacia.

É muito difícil admitir que a taxa de crescimento anual médio do gado acompanha a taxa de crescimento da população nestas condições (tendo sido considerada em apenas 1%). Por outro lado, não é de todo previsível o ritmo de transferência da criação tradicional de gado para uma criação semi-intensiva em zona rural. Neste último caso, a capitação deve ser aumentada, podendo ser admitido um valor de 20 l/(dia.boi).

Tendo em mente apenas o problema do planeamento da utilização da água é apresentado o Quadro 7, com os valores correspondentes ao ano 2020, dos volumes anuais de água utilizada para o seu consumo nas mesmas zonas, explicitados por sub-bacia.

O total do número das cabeças de gado, com base nas premissas acima enunciadas, estará aumentado em cerca de 35%.

Quadro 7 - Volumes anuais de água por bacia necessários no ano 2020 para o gado rural do Cunene (hm³/ano)

Sub-bacia	Limite inferior	Limite superior
Alto Cunene (Gove)	0,572	1,163
Alto Calai	0,138	0,197
Alto Cunene (Jamba-ia-Oma)	0,374	0,473
Quando	0,118	0,237
Alto Cunene (Jamba-ia-Mina)	0,315	0,473
Catapi	0,296	0,453
Alto Cunene (Matala)	0,690	1,163
Médio Cunene (Folgares)	0,729	0,966
Médio Cunene (Matunto)	0,138	0,217
Alto Colui (Catembulo)	0,099	0,197
Médio Cunene (Xangongo)	0,650	0,966
Caculuvar (Cova do Leão)	1,183	1,892
Médio Cunene (Namuculungo)	0,690	1,045
Médio Cunene (Ruacaná)	0,276	0,414
Baixo Cunene (Foz)	0,177	0,276
Total	6,445	10,131

Quadro 8 - Volumes diários de água por bacia para o abastecimento do gado rural do Cunene no ano 2020 (m³/dia)

Sub-bacia	Limite inferior	Limite superior
Alto Cunene (Gove)	1566	3186
Alto Calai	378	540
Alto Cunene (Jamba-ia-Oma)	1026	1296
Quando	324	648
Alto Cunene (Jamba-ia-Mina)	864	1296
Catapi	810	1242
Alto Cunene (Matala)	1890	3186
Médio Cunene (Folgares)	1998	2646
Médio Cunene (Matunto)	378	594
Alto Colui (Catembulo)	270	540
Médio Cunene (Xangongo)	1782	2646
Caculuvar (Cova do Leão)	3240	5184
Médio Cunene (Namuculungo)	1890	2862
Médio Cunene (Ruacaná)	756	1134
Baixo Cunene (Foz)	486	756
Total	17658	27756

Se se considerar o aumento de capitação para o dobro obtêm-se para os consumos de água para o gado um aumento de 170%, Quadro 7. No Quadro 8 são apresentadas as necessidades diárias para o gado.

Pode concluir-se que existe um paralelismo sobre as projecções no futuro dos consumos rurais para as populações e para o abeberamento do gado, no que respeita às quantidades de água necessárias. É evidente que há pressupostos que podem ser discutíveis. Na base do raciocínio subsiste uma manutenção da cultura pastoril por parte da população que se mantém nas zonas rurais. A alteração deste pressuposto pode implicar uma diferente relação entre a população e o número de cabeças de gado, o que poderá implicar desvios para mais ou para menos dos consumos de água.

Por último, cabe referir que no que diz respeito ao gado, tão essencial é o abastecimento da água como é o da existência de pastagens, ou de forragens em alternativa. Para este aspecto, é também necessário cruzar a informação entre a disponibilidade de terreno para pastagens e a necessidade de terreno para a agricultura. A gestão conjunta destes dois usos da terra é preponderante na questão do gado.

6.5 Abastecimento de água para a irrigação

O planeamento dos esquemas agrícolas necessitam de uma base importante, do ponto de vista hidrológico, para determinar a água disponível, e do ponto de vista de engenharia, para garantir uma construção e exploração hidráulica fiável. As outras componentes indispensáveis são a avaliação dos solos susceptíveis de serem irrigados, a definição do uso do solo do ponto de vista organizacional (mais ou menos empresarial), a economia da agricultura, onde se pode incluir a escolha das culturas, sem esquecer os aspectos ambientais.

Em suma, a planificação da irrigação deve incluir cinco aspectos essenciais, nomeadamente os aspectos técnicos, financeiros, sociais, económicos e ambientais.

No Cunele, tem de ser provavelmente conseguido um compromisso entre os sistemas mais sofisticados e automatizados (utilizados em fazendas industriais) e sistemas mais simples

(utilizados em zonas de ocupação agrícola tradicional). Pode admitir-se a necessidade de coexistência dos dois casos extremos.

A irrigação das áreas com ocupação agrícola tradicional poderá garantir uma produção mais eficiente das unidades pré-existentes, não implicando deslocações populacionais, associando assim o incremento da produção agrícola à estabilidade social. No entanto, há uma indeterminação nas vantagens económicas porque, se por um lado, pode ter a desvantagem de um maior custo das infraestruturas de transporte de água (apenas um dos vários custos) pode ter a vantagem de prescindir de sistemas complexos de gestão externa e de alguns serviços de apoio.

Na bacia do rio Cunene as terras a irrigar confinam-se a determinadas zonas da bacia média, e particularmente no triângulo compreendido entre Mulondo, Cahama e Calueque.

Na figura 30, com a zonagem dos tipos de regadio, é clara a relação entre as propostas das diferentes escalas de regadio e a latitude. A variação das necessidades de água com a latitude está naturalmente associada ao decréscimo de água para sul e, por consequência, cada vez maior necessidade de armazenar água da estação húmida para a estação seca.

Deste modo, no norte da bacia, a irrigação é só de compensação para uma cultura naturalmente viável em sequeiro. Os volumes necessários serão comparativamente menores uma vez que há mais água ao longo do ano, sendo o pequeno esquema o mais fácil de implementar. Como a disponibilidade de água é mais facilmente atingível, a nível de Plano Geral, pelo menos em primeira mão, macroscopicamente, não será necessário definir o número e a localização pormenorizada dos aproveitamentos. Dizendo, de outro modo, qualquer que sejam as soluções locais, elas não influenciarão significativamente as condições gerais hidrológicas para jusante.

Pelo contrário, na zona mais árida, em que o volume de água necessário para a irrigação é relativamente maior, torna-se cada vez mais necessário definir grandes aproveitamentos, uma vez que são necessários maiores índices de regularização das albufeiras, já que os rios são temporários ou mesmo esporádicos.

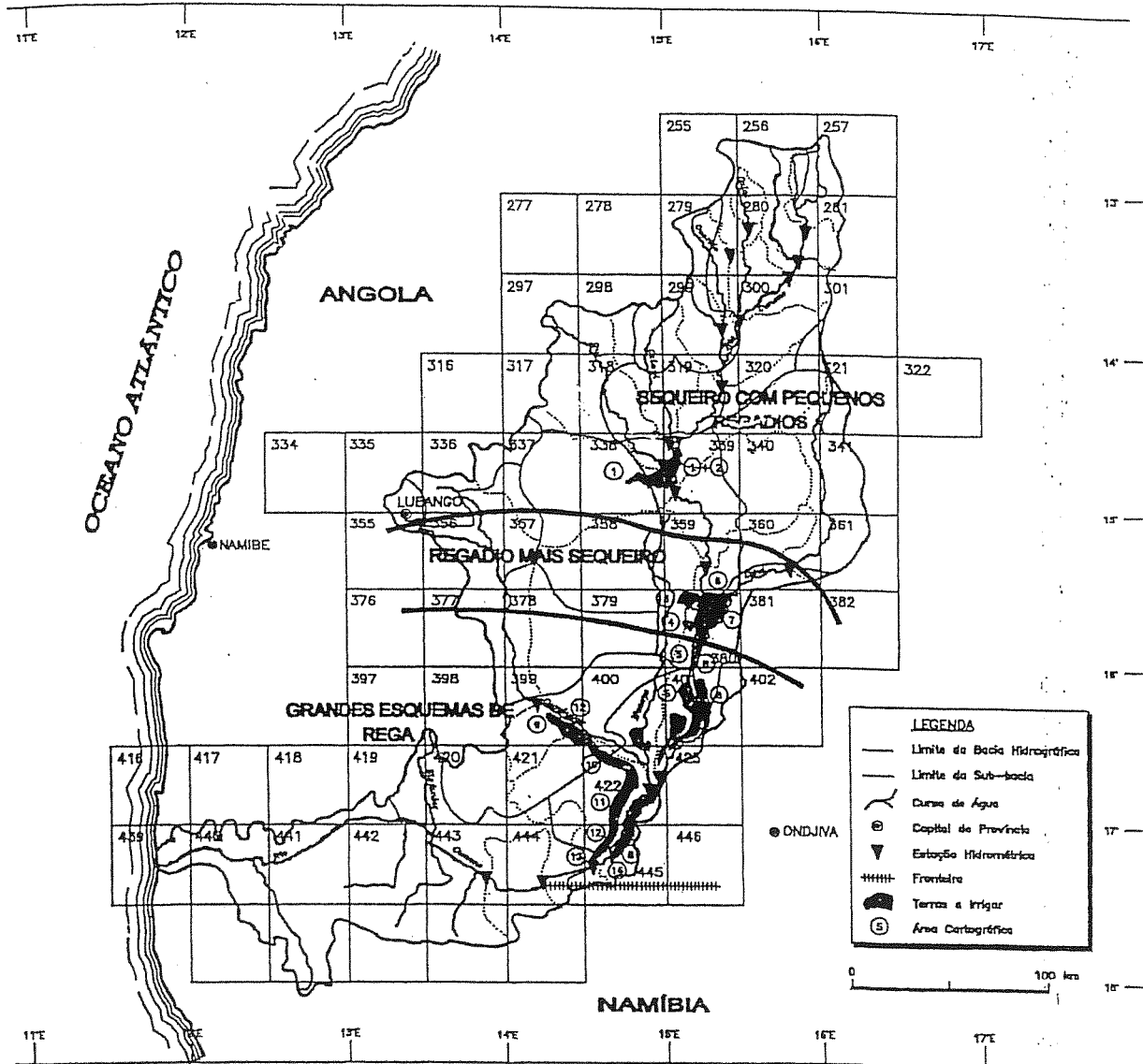


Figura 30 - Áreas para irrigação na bacia do Cunene

De norte para sul podem ser descritas as seguintes áreas cartográficas:

- 1) Núcleo de regadio da Matala-Capelongo. A única área fora do Baixo Cunene e que inclui o antigo perímetro de rega, abastecido pelo aproveitamento da Matala. São delimitadas diversas manchas distribuídas da margem esquerda do Cunene e vale do Calonga. São duas áreas cartográficas (A_1 e A_2) que somam um total de 3780 ha.
- 2) Interflúvio entre os rios Cunene e Colui, ou Calonga, cuja linha de fecho segue sensivelmente um eixo central N-S, o qual reparte, em partes relativamente iguais, as duas bacias, definindo para um e outro lado superfícies de escoamento lateral, contrariando deste modo, os inconvenientes relativos à retenção de excessos de água. Parte de uma largura de 25 km no limite norte, afunilando até à confluência dos rios junto à povoação de Quiteve (A_3). Apresenta uma área de cerca de 69 000 ha.
- 3) Estreita faixa sobranceira à baixa do Cunene, do lado da margem esquerda, e da qual está separada por um talude de escassos metros de desnível. Faixa de 1 a 3 km de largura, com um comprimento de cerca de 160 km, ou seja, desde a confluência do Calonga até Naulila ($A_3 + A_2$). Apresenta uma área total de cerca de 39 000 ha.
- 4) Mancha do Mulondo, na margem direita do Cunene, na plataforma sobrelevada, não afectada por problemas de drenagem (A_3), com uma extensão de cerca de 50 km, e uma área de 8 200 ha.
- 5) Conjunto de manchas delimitadas na superfície que separa as baixas aluvionares dos rios Caculuar e Calovango (A_2), com uma área de 4 400 ha.
- 6) Superfície de encosta muito suave que se estende desde o vale do Calovango até à área da Tchipa, contornando, a uma distância de 15 a 25 km, os vales do Caculuar e do Cunene ($A_3 + A_2$). O limite inferior é delimitado pelo degrau que transita para o nível superior das areias ("tunda"). Apresenta uma área total de cerca 59 000 ha.

- 7) Conjunto de manchas da zona do Humbe-Katequero, com uma localização privilegiada quanto a vias de comunicação e acessibilidade à água de rega a partir do Cunene (A₂). A área abrangida é de cerca de 13 000 ha.
- 8) Mancha na bordadura da superfície para a baixa do Cunene, tendo um desenvolvimento N-S de cerca de 30 km, e uma largura de 2/3 km, com excelente localização ao rio, tornando-se facilmente acessível à água de rega (A₂). Apresenta uma área de cerca de 8 000 ha.
- 9) Mancha da superfície aplanada que se intercala entre o rebordo da "tunda", a oeste, e a mancha dos barros que bordeja a baixa do Cunene, a leste, tendo um desenvolvimento N-S de cerca de 30 km, sensivelmente entre Donguena e Calueque e uma largura média de 2/3 km (A₂). A área abrangida é de cerca de 8 000 ha.

Todas as terras consideradas para a análise do regadio, da classe A, somam um total de quase 212 000 ha. A ocupação actual dessas terras incluem as "lavras" de milho e massambala, a agricultura de subsistência, áreas de pastagem em terrenos incultos ou pousios nos vales do Calonga, áreas incultas aproveitadas para pastoreio. Também há áreas já envolvidas em perímetros de rega, como sejam os de Matala-Capelongo, onde se cultivam a batata, tomate e produtos hortícolas, além do milho e do feijão.

Nalgumas zonas, principalmente na extensa mancha 3) há uma incidência de fixação populacional, estrategicamente colocada entre a zona de pastagem do interior e o acesso ao abeberamento do gado no Cunene. Também há explorações do nível médio entre Cafu e Xangongo, com pomares, horticultura e milho.

Na extensa mancha 6) não se assinalam populações fixas, constituindo as terras áreas de pastagem de bovinos ao longo de todo o ano. Pelo contrário, nas manchas 7) e 8), a ocupação rural é bastante concentrada, facto que se deve às boas condições de habitabilidade ao longo do ano, constituindo áreas permanentemente enxutas, proporcionando fácil amanho da terra, mas mantendo o acesso à água para a actividade pastoril.

A breve descrição sobre o actual estado da ocupação humana já indica a coexistência, na área proposta para o regadio, de duas situações. Numa das situações, será fácil

implementar grandes esquemas de regadio em áreas sem grande ocupação actual. Na out pelo contrário, deverá ser provável a tendência para a regadio disperso pelas actuais "lavras" assente em esquemas de regadio que terão de se adaptar à ocupação populacional existente.

Paralelamente, independentemente das duas situações possíveis, os esquemas de re poderão recorrer a grandes e médias albufeiras de regularização, ou por tomada directa no rios, ao Cunene ou outras linhas de água, desde que haja uma regularização a montante des tomada. A escolha entre as duas hipóteses é dependente da distância entre as terras a irrigar as fontes de água a utilizar.

Foram consideradas apenas as terras da classe A, isto é, um total de 211 290 ha. A principais culturas de utilização em regadio foram analisadas, tendo sido consideradas as u algodoeiro, amendoim, arroz, cana do açúcar, citrinos, girassol, luzerna, massambala, milho produtos hortícolas, batata, cebola, tomate, soja, tabaco e trigo. Outras culturas podem se eventualmente consideradas, nomeadamente, batata doce, massango, feijão macunde, capi elefante, e as fruteiras, mangueira, goiabeira, maracujá e abacateiro.

As estimativas de consumo de água de rega, de acordo com as exigências das cultur e as características do meio edafo-climático, são feitas com os escassos dados relativos a comportamento das culturas face ao regadio. Os elementos mais precários dizem respeito evaporação e evapotranspiração.

No período cultural das plantações de ciclo anual, que oscilam entre Maio a Setembro e Novembro a Abril, consoante as culturas, e considerando o número de regas no ano entre 1 e 26, obtiveram-se estimativas compreendidas entre o mínimo de 300 mm/ha para o amendoim e para o tabaco na estação das chuvas e o máximo de 960 mm/ha para o arroz. A média de valores é de 470 mm/ha.

Para as culturas perenes, com número de regas compreendidas entre 40 e 45, foram estimados consumos entre 1050 mm/ha para a cana de açúcar e para a luzerna e 1225 mm/h para os citrinos.

Para efeito da quantificação global das necessidades para rega, nesta fase de elaboração do Plano Geral apenas interessa ter a noção dos grandes números. Por este motivo, utilizand

apenas os valores mínimos e máximos dos consumos, foi elaborado o Quadro 9, que quantifica as necessidades de regadio de dois modos: com os volumes anuais de água, por bacia, e com os caudais.

Quadro 9 - Volumes anuais de água (hm^3/ano) e caudais (m^3/s), por bacia, necessários para o regadio na bacia do rio Cunene

Sub-bacia	Área (ha)	Mínimo (hm^3/ano)	Máximo (hm^3/ano)	Mínimo (m^3/s)	Máximo (m^3/s)
Médio Cunene (Folgares)	3542	11	43	0,99	2,05
Médio Cunene (Matunto)	762	2	9	0,21	0,44
Médio Cunene (Xangongo)	117464	352	1439	32,90	68,13
Médio Cunene (Namuculungo)	19405	58	238	5,43	11,26
Médio Cunene (Ruacaná)	70117	210	859	19,63	40,67
Total	211290	634	2588	59,16	122,55

Tendo em consideração a distribuição das fontes de água para o regadio, os valores de consumos apresentados no Quadro 9, a ordem de grandeza das disponibilidades de água das bacias acima mencionadas, e ainda considerando a existência de aproveitamentos de regularização dos caudais, pode afirmar-se que, em média, o regadio de todas as terras pode exigir cerca de 47% da água disponível. Este valor pode subir para 70% em períodos críticos. Por consequência, poder-se-á também afirmar que são expectáveis condicionamentos à utilização de todas as terras inventariadas para o regadio.

As terras situadas na sub-bacia de Xangongo poderão necessitar, em média, de cerca de 27% da água disponível, subindo para 41 % em períodos críticos. Por sua vez, as terras situadas na sub-bacia de Ruacaná poderão necessitar, em média, de cerca de 15% da água disponível, subindo para 23 % em períodos críticos. As restantes terras necessitarão de percentagens respectivamente de 5 % e 7% para as mesmas situações.

A mesma análise mas comparando as necessidades em valores diários com as disponibilidades mínimas leva à conclusão de que só na bacia de Folgares poderia ser feita o regadio sem intervenção regularizadora. Com efeito, nesta bacia a percentagem do caudal necessário, comparando com os valores mínimos, seria cerca de 24%. Nas restantes as necessidades são superiores, havendo percentagens entre 142 e 775%. Por consequência, o

regadio só será possível, na totalidade das áreas identificadas, com a intervenção de obras hidráulicas que regularizem os caudais fluviais.

6.7 Consumos de água e restrições ao uso

O abastecimento de água para a população, quer rural quer urbana, para o gado, que tem uma importância fundamental na população rural, e para o regadio, constitui o conjunto dos grandes utilizadores de água. Uns são prioritários, por serem básicos para a existência da população, outros são muito importantes porque são os maioritários. A soma destas necessidades dá uma primeira indicação das zonas da bacia com maior procura da água, podendo ser previamente identificadas as zonas com provável carência de água, com algumas restrições a alguns consumos de água, com relativa folga ou sem qualquer problema previsível.

Esta análise vai ser apresentada para o ano horizonte de 2020, admitindo-se que o pleno desenvolvimento do regadio é obtido até esse ano.

Tomando em consideração os volumes anuais de água por bacia necessários para os vários usos, e os respectivos volumes diários, foram obtidos os Quadros 10 e 11.

A partir do Quadro 10, e à semelhança do que foi feito para cada consumo sectorial, podem ser analisadas as necessidades com a ordem de grandeza das disponibilidades. Deste modo, o total previsto para os grandes consumos na bacia do Cunene deve estar compreendido entre os 1000 hm³ e os 3000 hm³. Para um valor médio de água superficial disponível 5700 hm³ este valor representa entre cerca 18 e 54%.

Nas bacias do Catapi, do Médio Cunene (Xangongo) e do Caculuvar (Cova do Leão) esta percentagem pode apresentar máximos de respectivamente 31, 29 e 25%. Nas bacias do Médio Cunene (Ruacaná), Alto Cunene (Gove) e Alto Calai a mesma percentagem poderá ser de respectivamente 16, 14 e 12%, enquanto que nas restantes bacias os valores serão inferiores a 5%.

Quadro 10 - Volumes anuais de água por bacia necessários no ano 2020 para os grandes consumidores (hm³/ano)

Sub-bacia	Limite inferior	Limite superior
Alto Cunene (Gove)	124,4	151,3
Alto Calai	59,4	74,2
Alto Cunene (Jamba-ia-Oma)	0,7	0,9
Quando	0,2	0,5
Alto Cunene (Jamba-ia-Mina)	9,1	12,3
Catapi	48,8	68,8
Alto Cunene (Matala)	15,6	22,4
Médio Cunene (Folgaes)	19,6	54,4
Médio Cunene (Matunto)	3,5	11,1
Alto Colui (Catembulo)	4,2	5,4
Médio Cunene (Xangongo)	374,1	1466,7
Caculuar (Cova do Leão)	67,9	85,9
Médio Cunene (Namuculungo)	66,5	249,1
Médio Cunene (Ruacaná)	211,7	861,2
Baixo Cunene (Foz)	8,7	10,6
Total	1015,4	3074,8

No Quadro 11 são apresentadas as necessidades diárias. Comparando no total as necessidades diárias para as diferentes sub-bacias, compreendidas entre $13,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ e $26,6 \times 10^6 \text{ m}^3$, com as correspondentes disponibilidades mínimas diárias, de cerca de $19,8 \times 10^6 \text{ m}^3$, verifica-se que todas as necessidades não poderão ser satisfeitas sem uma apreciável regularização sazonal. Nesta situação ressalta a importância das disponibilidades subterrâneas.

Verifica-se que as sub-bacias mais críticas serão as de Xangongo, Ruacaná e Catapi, que apresentam valores de consumo superiores em mais de 200% em relação aos mínimos superficiais disponíveis, podendo atingir os 800%. Em ambos os casos é impossível garantir com os caudais naturais todos os abastecimentos previstos. Para alguns casos nem o recurso ao armazenamento das águas superficiais pode garantir o abastecimento, se as águas subterrâneas não o permitirem.

Os números apresentados indicam claramente que os pressupostos dos consumos em que se baseou esta primeira análise da utilização da água da bacia do rio Cunene são

optimistas. De facto, na fase de simulação da utilização da água deverão ser diminuídas consumos nalgumas zonas da bacia para adequá-los às disponibilidades após regularização.

Quadro 11 - Volumes diários de água por bacia necessários no ano 2020 para os grandes consumidores ($\times 10^6 \text{ m}^3/\text{dia}$)

Sub-bacia	Limite inferior	Limite superior
Alto Cunene (Gove)	0,34	0,42
Alto Calai	0,16	0,20
Alto Cunene (Jamba-ia-Oma)	0	0
Quando	0	0
Alto Cunene (Jamba-ia-Mina)	0,02	0,03
Catapi	0,13	0,19
Alto Cunene (Matala)	0,04	0,06
Médio Cunene (Folgares)	0,27	0,55
Médio Cunene (Matunto)	0	0
Alto Colui (Catembulo)	0,01	0,01
Médio Cunene (Xangongo)	6,85	14,14
Caculuar (Cova do Leão)	0,19	0,24
Médio Cunene (Namuculungo)	1,14	2,35
Médio Cunene (Ruacaná)	4,06	8,40
Baixo Cunene (Foz)	0,02	0,03
Total	13,23	26,62

A quantificação dos outros consumos não foi feita com o mesmo detalhe do que a que foi feita para os grandes consumos. Uma das razões diz respeito à maior dificuldade de previsão dos consumos, sem estarem definidos cenários de desenvolvimento sócio-económicos. Outra razão tem a ver com a relativa menor importância para os eventuais consumos. Isto é, tem a ver com a hierarquia dos usos. A ordem de apresentação dos consumos apresentados correspondeu a uma classificação da hierarquia assumida pelos autores do trabalho. Que poderá ser alterada, invocando outras premissas.

Além dos consumos, devem ser atendidas as restrições do uso da água. Com efeito, a análise considerou apenas os consumos potenciais, no que diz respeito à quantidade. Mas cada consumo fica dependente, por um lado, da qualidade da água disponível, e por outro lado, da

cascata de utilizações, com e sem consumo, situadas a montante, e por vezes, também a jusante. É apenas nas fase de simulação que estas interdependências serão contempladas.

As necessidades de água para a indústria podem ser divididas em dois grandes grupos. Um dos grupos já foi contemplado, e corresponde àquela indústria que fica localizada nas zonas urbanas, sendo geralmente contabilizada nas capitações urbanas. O outro grupo diz respeito à indústria dispersa na bacia. A pequena indústria isolada não carece ao nível deste Plano de uma preocupação, podendo ser satisfeita casuísticamente com as folgas dos recursos hídricos. Poder-se-á dizer que identificadas a bacias com folgas de água, a actividade empresarial poderá dirigir as suas atenções para essas zonas.

A indústria associada às actividades agrícolas é fortemente dependente das opções tomadas quanto às culturas agrícolas, e devido às gamas de valores utilizados para a estimativa das necessidades para o regadio, considera-se nesta fase do Plano nelas contidas.

A indústria mineira desenvolve-se em função da existência dos jazigos. As necessidades de água para esta actividade depende ainda do grau de tratamento dos minérios. Na bacia do Cunene, situada em Angola, as zonas com maior potencial para a actividade mineira estão situadas nas cabeceiras da bacia, nomeadamente nas imediações da linha Lubango-Chibia (sub-bacia do Caculuar), no Alto Cunene, entre Huambo e a confluência do Cuando com o Cunene, no eixo Kuvango-Cassinga, isto é, na sub-bacia do Colui, e por último, nas sub-bacias da margem direita do rio Cunene, entre o Chitado e a Foz do Cunene. Nalgumas destas zonas pode haver competição no uso da água. Se for este o caso, será necessária uma cuidada atenção às disponibilidades de água para a actividade mineira.

Em termos relativos, é a primeira zona, sub-bacia do Caculuar, onde a pressão da procura da água é mais intensa. Em média anual um quarto do volume de água deverá ser disponibilizado para os consumos preferenciais. No período seco, a necessidade de água será, segundo as estimativas, mais do dobro das águas superficiais.

No Alto Cunene pode haver ou não competição no uso da água, dependendo do local. Quanto mais para Norte maior procura da água existe, podendo a necessidade de água corresponder a cerca de 15% do volume anual disponível, descendo para Sul até a uma

percentagem desprezível. No período seco, a percentagem pode subir até aos 60% no máximo continuando a existir grande grau de liberdade no uso da água noutros locais.

Nas duas restantes zonas não há grande competição no uso da água, no Colui e a jusante de Ruacaná; mas neste último caso ela é muito escassa.

Por ordem decrescente de importância são indicados os caudais consumidos pelo diferentes tipos de uso. Os valores complementares indicam os caudais de retorno:

Regadio - consome 80% e retorna 20% do caudal;

Indústria - consome 30% e retorna 70% do caudal;

Abastecimento - consome 20% e retorna 80%;

Refrigeração - consome 1% e retorna 99% do caudal.

Numa análise mais fina poder-se-á referir que o grande consumidor de água, as actividades agrícolas, pode apresentar grandes variações de consumos, consoante o método de rega. O consumo pode baixar até aos 30%. A poluição produzida é função das adubações e é das mais difíceis de controlar por ser difusa.

A poluição das zonas urbanas apresenta grande carga orgânica, mas também outros tipos de carga podem surgir pela presença das mais variadas indústrias. A poluição industrial é fortemente dependente do tipo de indústria. Em ambos os casos a grande maioria das descargas é pontual, permitindo um mais fácil controlo.

A utilização na refrigeração, com muito baixo consumo, pode apresentar apenas nalguns casos uma poluição térmica, que é razoavelmente localizada, mas nem sempre desprezável pelos fortes impactos que pode ter no biota.

A bacia do Cunene tem um apreciável potencial para produção de energia hidroeléctrica, tendo sido desde há muito estudado o seu aproveitamento para esse fim. A barragem da Matala, primeiro, e a de Ruacaná, têm sido os principais centros produtores. A barragem de Gove também foi encarada como centro produtor, além de regularizar os caudais para os dois aproveitamentos a jusante.

A produção de energia não consome água (se não for contabilizado o aumento de evaporação associado ao aumento da superfície da água nas albufeiras) mas pode ter implicações não desprezáveis noutras utilizações. Aquelas podem ser muito importantes nos aproveitamentos de potência, com grande flutuação diária de caudais, e têm tendência a serem menos importantes nos aproveitamentos de produção contínua.

Sob o ponto de vista da identificação das necessidades a produção de energia não aparece por via do consumo, que é inexistente, mas sim da identificação dos locais do rio mais apropriados. Para essa identificação é utilizada a definição de potência, que é uma função linear de duas variáveis: o caudal, identificado nas disponibilidades de água, e, a altura da queda da central, que é dependente da geomorfologia da bacia. Esta identificação não é feita neste Relatório.

Tem mais sentido prever as necessidades energéticas da bacia e compará-las com as potencialidades de produção da mesma por via hídrica, do que prever as "necessidades" de água para a produção de energia. Se as necessidades energéticas forem menores que a capacidade de produção hidroeléctrica a bacia será auto-suficiente, devendo o sistema produtor conter centrais de produção de energia e de potência adequadas às pontas de consumo. Se a necessidade for superior, poderão ser previstos aproveitamentos reversíveis turbina-bomba para otimizar o funcionamento global da rede eléctrica.

Segundo dados recentes, em 1990 a produção energética em Angola foi da ordem dos 935×10^6 kWh para um total de 11×10^6 habitantes, dando uma capitação de 85 kWh/habitante. Para essa capitação será razoável encontrar uma necessidade actual na bacia do Cunene de cerca de 170×10^6 kWh.

Com o desenvolvimento socio-económico a capitação energética poderá ser incrementada para valores da ordem dos 500 kWh/habitante. Se se multiplicar esta capitação por 7×10^6 habitantes, poderá ser estimada uma necessidade futura total da ordem dos 3500×10^6 kWh, isto é, 3500 GWh.

Em anteriores esquemas de aproveitamentos hidráulicos a produção de energia garantida foi estimada em 1000 GWh e a produtível em 9000 GWh. Por estes números pode

verificar-se que num cenário de desenvolvimento moderado a bacia pode produzir energia suficiente para as necessidades, mas num cenário mais optimista a capacidade total é insuficiente.

6.8 Afluências de água para a Namíbia

Quando as entidades que partilham a água são dois países independentes a elaboração dos Planos torna-se bastante mais complexa, exigindo demoradas negociações.

Numa bacia internacional, a elaboração de um Plano poderia ser feita desprezando a existência das fronteiras, englobando numa única série as necessidades do uso da água, independentemente da sua nacionalidade. Não é todavia o método mais corrente, devido à existência de soberanias territoriais diferentes. Pelo contrário, em geral, cada país identifica as suas necessidades separadamente, sendo posteriormente feitas as negociações de partilha em comissões bilaterais.

Na bacia do Cunene já existem longos anos de negociações sobre a partilha da água estando em vigor um Acordo, e estão em curso negociações para a elaboração de um novo acordo. Por esta razão, a elaboração de um Plano, do qual o presente relatório faz parte, é extremamente importante.

Segundo o Acordo em vigor, adoptado pelos dois países tornados independentes, Angola e Namíbia, não deverá ser retirado ao rio Cunene mais de 50% do escoamento regularizado, para fins não conservativos, isto é, para rega, ou seja o caudal de 40 m³/s. A comparação deste caudal com os valores necessários para a rega, apresentados no Quadro 9 leva à conclusão de que segundo o Acordo a rega ficaria limitada a uma percentagem entre 30 e 70% do máximo aproveitável das terras com potencialidade, consoante os cenários de aproveitamento.

Por outro lado, atendendo ao facto de que o abastecimento para consumo humano é prioritário a todos os usos, apesar de ser também não conservativo, poder-se-á prever que o desenvolvimento económico na bacia do Cunene poderá fazer diminuir as afluências à Namíbia

a médio prazo. Tal diminuição não deveria ser interpretado como uma acção lesiva do Acordo. Os caudais envolvidos poderão ser da ordem dos 15 m³/s.

Presentemente estão em curso as negociações para o estabelecimento de um novo Acordo entre Angola e a Namíbia para o Aproveitamento dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Cunene. Atendendo ao que foi referido parece óbvio que a partilha da água neste rio está sujeita a algumas dificuldades porque tendencialmente ela é escassa para todas as potencialidades previstas, o que é normal para as características climáticas da bacia, em que há regiões semi-áridas a desérticas.

Uma alternativa mais simplista é ajustar o Acordo em vigor a uma actualização das premissas subjacentes ao mesmo. A outra alternativa é partir duma total liberdade de escolha, baseada em outras premissas, mesmo as que forem completamente diferentes das anteriores. Por uma questão de método, para o Plano, com a liberdade em relação às conversações político-técnicas, podem ser invocadas as "Regras de Helsínquia".

Nestas Regras, cada Estado de uma bacia hidrográfica tem direito, dentro dos limites do seu território, a beneficiar razoável e equitativamente da utilização de uma parte dos recursos hídricos da bacia internacional (Artigo IV).

A parcela razoável e equitativa pode ser determinada com base em factores significativos a ter em conta em cada caso particular (Artigo V, nº1).

No nº2 do mesmo Artigo V, são referidos 11 factores significativos. No nº3 é afirmado que o peso a dar a cada factor deve ser determinado com base na sua importância relativamente aos outros factores significativos. Poderá assim verificar-se que as combinações de factores e de pesos podem conduzir a um elevado número de alternativas para a partilha equitativa. Esta é só por si uma razão para o habitual longo tempo necessário para as negociações da partilha da água entre dois Estados.

O 1º factor significativo é o da bacia hidrográfica, compreendendo em particular a extensão da área de drenagem incluída no território de cada Estado. No presente caso, em que a área em Angola é de 87%, a aplicação directa deste factor daria para a Namíbia um valor da

ordem dos 740 hm³/ano, um caudal médio de 24 m³/s e um caudal máximo de desvio s regularização da ordem dos 4 m³/s.

O 2º factor é a hidrologia da bacia hidrográfica, incluindo especialmente contribuição de cada Estado para o escoamento da bacia. A aplicação directa deste é ainda mais favorável a Angola. Como o território na Namíbia está localizado na zona praticamente desértica a contribuição hidrológica deste país é irrisória quando comparada com a contribuição Angolana. Neste factor a Namíbia teria acesso a uma ínfima percentagem de água.

O 3º factor é semelhante ao anterior, são os elementos climáticos que afectam a bacia hidrográfica. A distribuição da precipitação, da evapotranspiração, do escoamento superficial e da humidade do ar estão presentes também no 2º factor.

O 4º factor diz respeito às utilizações dos recursos hídricos estabelecidos no passado e no presente por cada um dos Estados de bacia hidrográfica. A análise de partilha com base no Acordo existente já foi referida.

O 5º factor contempla as necessidades económicas e sociais de cada Estado na bacia hidrográfica. Este factor pode dar origem a duas interpretações. Num caso, seria de privilégio para o Estado de maior carência de água. Noutra situação, poderia ser dado um benefício ao Estado mais carenciado economicamente, o que pode ser diferente daquele que tem mais carência de água. Assim, além das utilizações da água por si mesmas, deveriam ser contempladas nas negociações os aspectos económicos em conjugação com a partilha do volume da água.

O 6º factor é o da população dependente dos recursos hídricos da bacia hidrográfica em cada Estado. Na bacia do Cunene a muito maior população em Angola faria que coubesse à Namíbia uma ínfima percentagem da água disponível.

O 7º factor tem a ver com a comparação dos custos das várias alternativas que podem assegurar a satisfação das necessidades económicas e sociais de cada Estado. Este factor está relacionado com o 5º factor, sendo válidas as mesmas observações.

O 8º factor contempla a existência de outros recursos hídricos disponíveis, para além dos da bacia hidrográfica internacional. De facto, o Acordo firmado atendeu já a esta Regra

porque parte da água captada no Calueque é transferida para uma bacia vizinha. Por outro lado, Angola dispõe na região de outras bacias com disponibilidades hídricas que poderão fornecer água a zonas da bacia do Rio Cunene, especialmente nas cabeceiras onde se concentram as duas grandes aglomerações urbanas.

O 9º factor diz respeito à utilização dos recursos hídricos evitando perdas desnecessárias de água. Tem a ver com uma adequada gestão da água em cada um dos Estados.

O 10º factor é a viabilidade de compensação entre um ou mais Estados da bacia hidrográfica como forma de conciliar as várias utilizações da água que possam suscitar conflito.

Finalmente, o 11º factor corresponde ao grau em que as necessidades de um Estado de uma bacia hidrográfica possam ser satisfeitas sem afectar de forma substancial outros estados da mesma bacia hidrográfica.

Outro Artigo importante é o VII que refere que um Estado de uma bacia hidrográfica não pode negar a utilização presente e razoável dos recursos hídricos, com vista a reservar para outro Estado da mesma bacia hidrográfica uma utilização futura dos mesmos recursos.

Com base nestas Regras a partilha de água na bacia do Rio Cunene pode variar entre a utilização em partes iguais, da qual se aproxima o Acordo vigente, até a uma predominância para um dos Estados, o qual pela repartição geográfica, seria o Angolano.

7. SIMULAÇÃO DO APROVEITAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

7.1 Introdução

O principal objectivo do Plano para a Utilização Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cunene é o de resolver os problemas, as necessidades, e as oportunidades de uso inerentes à existência da água.

Numa primeira fase do processo de planeamento a identificação dos problemas, das necessidades e das oportunidades de uso da água é ainda de natureza geral. À medida que o planeamento progride, os objectivos devem ser continuamente reexaminados de modo a limitar a um número específico de objectivos para desenvolver planos alternativos. O aproveitamento dos recursos hídricos baseia-se no conhecimento dos recursos disponíveis e das necessidades do uso da água na bacia do Rio Cunene. A partir deste conhecimento podem ser construídos cenários de utilização da água, o que pressupõe a adopção de diferentes cenários de desenvolvimento dos diferentes sectores económicos.

A evolução da economia de uma região, de um país, tem efeitos na utilização da água. É natural que mais e, porventura, maiores esquemas hidráulicos de abastecimento de água sejam necessários acompanhando o desenvolvimento económico e social. Por esse motivo deve ser feito um contínuo planeamento, e respectiva implementação, daqueles sistemas hidráulicos. Para o planeamento torna-se indispensável recorrer a um grande conjunto de dados.

Presentemente, a análise de sistemas e a crescente disponibilidade de computadores providenciam as necessárias ferramentas para as análises necessárias a uma avaliação relativa de várias soluções plausíveis para o planeamento da utilização da água. Não só os computadores aceleram a análise dos problemas, mas também o acesso automático a conjuntos de dados e análise em computador tornou-se essencial para lidar com os vastos volumes de dados que esta análise requer.

A montante da análise da utilização da água devem existir outros planos sectoriais da economia da região e do país. Estes planos sectoriais podem controlar o plano para a utilização da água. Mas, por outro lado, este último pode condicionar qualquer dos outros planos podendo nalguns casos a ordem de precedência ser invertida, isto é, é o plano para a utilização da água que condiciona outro, ou outros, planos sectoriais. Em qualquer dos casos, os planos podem corresponder a diferentes subdivisões do território, podendo ser considerada como exemplo de uma divisão a bacia hidrográfica.

A dificuldade em planear deriva dessas diferentes abordagens, pondo em primeira prioridade ora um sector ora outro. Para além destas diferentes prioridades, o objectivo de

cada sector é o de otimizar o seu benefício económico, o que pode entrar em conflito com a optimização do benefício de outro sector.

Para tentar resolver estes conflitos é necessário definir diferentes cenários alternativos, de modo a privilegiar de modo diferente os vários sectores envolvidos, e proceder a simulações que procurem avaliar as consequências. A escolha dos critérios de análise é sempre muito importante no resultado final da simulação. Por consequência, a análise dos méritos e inconvenientes das alternativas é sempre de algum modo condicionada por aquela escolha, conduzindo normalmente a soluções finais baseadas em decisões políticas.

A definição dos cenários de desenvolvimento é feita com diferentes prioridades do uso da água, tendo sido considerada a seguinte ordem de prioridades:

- o abastecimento de água à população;
- o abastecimento de água para o gado;
- o abastecimento de água para rega;
- a produção de energia hidroeléctrica;
- a conservação, preservação e a melhoria da vida aquática;
- o abastecimento de água à indústria.

As duas primeiras prioridades implicam,

- o aumento dos caudais mínimos;
- a melhoria da qualidade de água;
- a garantia de caudais ecológicos.

Adicionalmente, e atendendo à existência de ocorrência de valores elevados de caudais, o plano tem de considerar

- a conservação do solo, para impedir a perda de um recurso dificilmente renovável;
- a redução dos danos provocados pelas cheias;
- correcção fluvial e controle das cheias.

Por último, e em plano paralelo, será analisada a garantia de caudais para a Namíbia.

7.2 O modelo de simulação IRAS

7.2.1 Introdução

O modelo de simulação IRAS é um programa de computador. IRAS quer dizer Simulação Interactiva Rio-Aquífero (*Interactive River-Aquifer Simulation*). Este programa

permite simular a variação no tempo dos caudais fluviais, os volumes de água armazenada, a qualidade da água, a energia produzida e o consumo de água captada das águas superficiais, através dos aquíferos ou de um sistema englobando águas superficiais e aquíferos.

O IRAS foi desenvolvido para a avaliação da eficácia e dos impactos de vários esquemas alternativos e de diferentes políticas de operação dos sistemas de recursos hídricos. Os sistemas podem incluir vários rios interligados e ainda aquíferos múltiplos servindo regiões extensas. Mas também pode ser utilizado para um troço de um rio e para uma pequena bacia hidrográfica. O utilizador do IRAS pode definir e tem controlo sobre a resolução espacial e temporal do sistema em simulação.

Os sistemas simulados pelo IRAS podem ser representados por uma rede de nós e arcos. O utilizador deve desenhar a rede que pode ter até 60 nós e 60 arcos.

Os nós da rede representam albufeiras, lagos, locais de consumo de água, estações hidrométricas, aquíferos, confluências e captações. Um nó pode ser uma combinação de vários tipos de nós.

Os arcos da rede podem ser unidireccionais (escoamento só numa direcção) ou bidireccionais (escoamentos em duas direcções, como nas operações de bombagem-turbina, ou para escoamentos que dependem de variações de nível). Os arcos representam troços de rios e transferências de água entre aquíferos e/ou zonas húmidas e o sistema superficial.

O programa IRAS tem capacidade para simular sistemas de recursos hídricos para uma parte de um ano, ou para períodos de vários anos. Cada período inferior a um ano é dividido em vários passos de cálculo. O utilizador deve definir o número (até 60) e as durações (um dia ou maior) dos passos da simulação. Numa simulação podem ser incluídos quaisquer número de anos, de partes de ano, e de sequências de escoamentos.

As aplicações do IRAS podem envolver apenas a previsão, no espaço e no tempo, de valores, ou de funções definidas de valores, das variáveis simuladas para várias entradas de parâmetros hidrológicos e de qualidade da água. Os resultados para um determinado nó ou arco podem ser apresentados em séries de tempo. Um código de cores (verde, amarelo e vermelho) pode ser associado a várias gamas de valores, julgados pelo utilizador para

representar diferentes graus de satisfação, para identificar rapidamente as zonas do sistema, distribuídas no espaço e no tempo, que apresentam problemas.

As aplicações também podem incluir a previsão de estatísticas e de probabilidades de distribuição das possíveis durações e extensões das falhas, relativas ao volume armazenado, à produção de energia hidroeléctrica, ou dos limites de concentração na qualidade da água, em vários locais do sistema. Podem ser comparados os resultados de múltiplas simulações.

7.2.2 Processo de simulação

O processo de simulação do IRAS procura reproduzir a modelação do planeamento da utilização dos recursos hídricos. Cada passo de simulação influencia a aplicabilidade e a representatividade dos resultados e o necessário número de iterações através do processo de simulação.

No primeiro bloco da simulação são identificados os objectivos do estudo, e são avaliadas as capacidades e as limitações do IRAS. Este programa pode ser usado para avaliar a eficácia de qualquer configuração do sistema e qualquer conjunto de operações, mas não pode identificar automaticamente as alternativas de projecto ou de políticas de operação. O IRAS não contém um sistema de optimização capaz de eliminar a especificação das políticas de operação sempre que for necessário efectuar escolhas de soluções.

No segundo bloco da simulação são recolhidos os dados para a definição do sistema e da operação, incluindo os dados hidrológicos, as necessidades, os consumos, as cargas poluentes, etc. São preparados os ficheiros com os dados de entrada para a simulação. As simulações com o IRAS dependem essencialmente do conjunto de dados de caudais em estações hidrométricas, a que poderemos chamar dados “não-controlados”. São a base das simulações e podem ser espacialmente interpolados para outros locais com os “multiplicadores de estações”. A recolha destes dados de escoamento, das perdas por evaporação ou por infiltração, e das recargas de aquíferos, é a parte mais trabalhosa para aplicação do IRAS em qualquer sistema. Os erros nestes dados de entrada afectarão muito o rigor da simulação e dos seus resultados.

No terceiro bloco são definidos esquematicamente a rede do sistema e os seus componentes, as capacidades de armazenamento de água e as regras de operação. No quarto bloco são efectuadas as simulações e examinados e avaliados os resultados obtidos. O programa IRAS foi desenvolvido principalmente para aumentar a eficiência na elaboração destes dois blocos. Se forem bem executadas as tarefas dos dois primeiros blocos, então o IRAS pode fazer decrescer o esforço associado aos estudos de planeamento dos recursos hídricos numa bacia hidrográfica.

A apresentação dos resultados e as análises estatísticas incorporadas no IRAS ajudam os utilizadores a identificar e a compreender as simulações. As capacidades de apresentação no monitor dos PC incluem gráficos com séries temporais e séries espaciais das variáveis e das funções dessas variáveis escolhidas pelo utilizador, bem como gráficos a cores sobre mapas digitalizados, estáticos e dinâmicos, da eficiência, das alternativas das medidas implementadas no sistema. As apresentações estatísticas incluem as fiabilidades, resiliências e vulnerabilidades do sistema bem como as distribuições de probabilidades incondicionais e condicionais das mesmas medidas em locais escolhidos pelo utilizador.

O programa de simulação IRAS tem sido utilizado para examinar problemas de gestão da água, incluindo a previsão de impactos de poluição difusa numa base diária numa pequena bacia. O mesmo programa também tem sido aplicado para estudar os problemas de abastecimento de água e de produção de energia hidroeléctrica e outros usos em grandes regiões. Mas deve ficar claro que enquanto que o programa de simulação permite uma considerável liberdade no que diz respeito às resoluções espaciais e temporais do sistema de recursos hídricos a ser simulado, os métodos simplificados e os requisitos em dados deste programa torna-o mais apropriado para efectuar simulações hidrológicas extensas de sistemas regionais, como é o caso da bacia do Rio Cunene, do que para efectuar simulações hidráulicas pormenorizadas de sistemas locais.

As aplicações do IRAS podem incluir a previsão das distribuições de probabilidade de possíveis escoamentos, produções de energia hidroeléctrica, de volumes armazenados e de concentrações de vários constituintes da qualidade da água, em qualquer ponto do espaço e do tempo.

7.2.3 Estrutura do sistema

O programa IRAS simula uma representação em rede, constituída por nós e arcos, de um sistema de recursos hídricos. As redes de nós e os arcos podem representar vários componentes de qualquer sistema com inter-arcos de água superficial e água subterrânea. Estas redes podem conter nós com armazenamento e sem armazenamento, troços de rios com escoamento unidireccional ou bidireccional, ou transferências de água. Este modelo pode então simular no tempo para estimar as gamas de caudais, volumes armazenados, produções de energia e consumos, e concentrações de constituintes da qualidade da água que podem resultar no sistema numa dada configuração, assumindo os parâmetros de projecto, as regras de operação, os dados hidrológicos de entrada, e os caudais residuais após os diversos usos.

Um sistema de uma bacia hidrográfica, como o rio Cunene, apresenta um rio principal, tem um certo número de afluentes, tem centros de consumos, grandes ou pequenos, como por exemplo, as cidades ou as vilas, tem lagos ou albufeiras. Alguns centros de consumo captam a água de albufeiras, e podem ter ou não ter retornos para o sistema. Noutros locais, a água pode passar pelas centrais hidroeléctricas para a produção de energia e potência. Ao longo da bacia alguma água é consumida e outra pode sair do sistema.

Um determinado sistema físico pode ser representado de diferentes maneiras por uma rede de nós e arcos. Por exemplo, para abastecer uma cidade pode haver uma captação, com uma derivação, com um aqueduto, em canal ou em conduta, sendo a cidade um nó de consumo na extremidade de um arco. Daria o mesmo resultado considerar apenas uma descarga da albufeira para alimentar a cidade, dispensando um nó e um arco.

Um nó pode ser uma combinação de vários tipos de nós acima apresentados. Por exemplo, uma albufeira pode ter múltiplos arcos de aflúncias e de efluências, e pode também servir de estação hidrométrica e como local de descarga de águas residuais. Um lago difere de uma albufeira no modo como as efluências são controladas, sendo neste caso determinadas pela topografia das margens do lago e, por consequência, sendo uma função do volume e da cota da superfície da água. Pelo contrário, as efluências e as descargas de uma albufeira são baseadas, ou determinadas, pelas regras de operação dos órgãos hidráulicos de controlo da barragem. As regras de operação especificam que caudal a descarregar, ou que volume a

armazenar, para uma dada situação de volume disponível, de necessidades a jusante, e do mês do ano.

Os aquíferos podem ser confinados ou não confinados, e podem ser distribuídos horizontalmente e/ou verticalmente (i.e. em múltiplas camadas). As zonas húmidas (ou muito planas) podem ser definidas como regiões onde a direcção do escoamento é desconhecida antes da simulação.

Em cada nó a conservação da massa é garantida em cada passo da simulação.

Os escoamentos entre local geográficos (nós) são representados pelos arcos. Os arcos entre dois nós podem ser unidireccionais ou bidireccionais. Os arcos unidireccionais podem representar:

- troços de rios ligando dois nós de água superficial;
- canais de derivação, valas ou condutas ligando quaisquer dois nós que não sejam nem aquíferos nem zonas húmidas.

Os arcos bidireccionais podem representar transferências de água, em qualquer direcção, entre dois nós. Todos os arcos associadas a aquíferos e/ou a zonas húmidas são bidireccionais. Qualquer arco, seja unidireccional seja bidireccional, pode ser associado a um arco de derivação. As derivações representam canais ou aquedutos construídos, portanto são artificiais.

As propriedades físicas e as regras de funcionamento que determinam as quantidades, e as direcções, do escoamento de água em cada arco de derivação, devem ser definidas pelo utilizador.

As centrais hidroeléctricas e/ou as centrais de bombagem podem ser associadas a qualquer arco. As centrais hidroeléctricas podem ser de carga fixa, em aproveitamentos a fio de água ou de carga variável, se os seus nós de montante ou de jusante forem albufeiras. As cargas para produção de energia e potência são calculadas como sendo a diferença entre as cotas de montante e de jusante, ou entre a cota de água a montante e a cota da turbina, sendo escolhida a menor das duas. Se a diferença for negativa, então é assumida a necessidade de consumo de energia para a bombagem.

A energia consumida para a bombagem pode ser avaliada apenas para os arcos definidos como centrais de bombagem. Esta energia é uma função das cotas em cada nó na extremidade do arco.

As operações de armazenamento por bombagem podem ser simuladas se uma central hidroeléctrica está definida como um arco unidireccional entre dois nós, e uma central de bombagem está definida como um arco também unidireccional, mas na direcção oposta entre os mesmos dois nós. Do mesmo modo poderia ser utilizada um arco bidireccional.

7.2.4 Dados de entrada para o sistema

Os dados para o sistema incluem o nome do sistema e o número e duração (dias) dos períodos inferiores a um ano. O período de tempo para cada aplicação deve ser definido de modo a representar as variações dos vários parâmetros para o sistema de recursos hídricos em análise. Podem ser definidos até 60 períodos de simulação inferior a um ano. As suas durações (número de dias) não necessitam de ser iguais.

Uma vez definidas as durações dos períodos de tempo inferiores a um ano, o número dos passos de simulação contidos em cada período pode ser especificado. Cada passo de cálculo deve ter igual duração num dado período de análise no ano adoptado para o sistema. É necessário ter um mínimo de doze passos de cálculo em cada período de análise do ano. Este período é igual em todos os anos de simulação. Não há um limite máximo.

Podem ser definidas uma ou mais sequências de séries de tempo em cada estação hidrométrica. O utilizador pode seleccionar qualquer número de anos a simular. Se o número de anos a simular é maior do que o número de anos da estação, haverá a repetição da série para a simulação.

Como os nós podem representar tipos muito diferentes de entidades físicas há requisitos de dados comuns a todos os nós e há requisitos específicos para cada tipo.

Para todos os nós é necessário definir o seu nome, o número multiplicador de escoamento numa estação hidrométrica de referência, os parâmetros de qualidade, as cotas de referência e as funções de perdas.

Todos os nós têm um nome. A cada nó, se não for designado um nome, será dado automaticamente o nome que inclui a letra N seguida do número do nó.

É necessária a definição das cotas absolutas ou relativas de cada nó se houver arco com produção de energia ou com bombagem. Se o nó é de armazenamento devem ser definidas as funções armazenamento-cotas.

As funções de perda, correspondentes a evaporação ou a infiltração, também têm de ser especificadas em alguns dos nós. Ambas poderão corresponder a perdas para o sistema. No entanto, as perdas por infiltração podem corresponder a uma transferência de água das águas superficiais para as águas subterrâneas, ou entre aquíferos. Neste caso deve haver um arco entre os dois nós.

Os vários dados para os nós são os seguintes:

- a) Definição da atribuição para a efluência de um nó para um arco e funções de consumo
- b) Necessidades nos nós e coeficientes multiplicadores de caudais
- c) Dados para um nó albufeira
- d) Dados para um nó lago natural
- e) Dados para os nós aquíferos e zonas húmidas
- f) Dados para os nós estações hidrométricas e ficheiros de caudais
- g) Nós descarga de águas residuais e ficheiro de descargas

De modo análogo aos nós, os dados para os arcos têm os requisitos específicos de acordo com os tipos.

O único requisito comum a todas os arcos é o do nome. De modo semelhante aos nós, se não for especificado um nome, ele será dado por defeito.

Os vários dados para os arcos são os seguintes:

- a) Dados para os arcos de águas superficiais
- b) Dados para arcos aquíferos e zonas húmidas
- c) Dados dos arcos de centrais hidroeléctricas ou de bombagem
- d) Dados para os arcos derivações

e) Dados dos arcos com necessidades associadas

f) Dados de arcos bidireccionais

7.2.5 Regras de operação do sistema

As regras de operação são necessárias para definir as escolhas a efectuar. Incluem todos os locais com albufeiras onde as distribuições têm de ser especificadas, nos nós onde a água pode ser distribuída por vários arcos ou nos nós com efluência para um arco derivação, e nos poços onde pode ocorrer a bombagem, quer para a captação quer para a recarga artificial de aquíferos. As decisões que dizem respeito ao modo como a água deve ser encaminhada num determinado ponto do sistema, em cada passo de cálculo, podem ser baseadas nas necessidades de água em vários locais com consumos ou necessidades definidos e ainda na água disponível nesse ponto.

As regras de operação podem ser baseadas somente no conhecimento da água disponível e das necessidades, sem considerar os défices. As regras baseadas na disponibilidade da água podem ser modificadas para permitir regras de operação que também tenham em conta os défices de abastecimento e das necessidades.

Neste programa, os nós são designados pela letra n , os arcos pela letra l , os períodos de análise no ano pela letra t , e o passo de cálculo pelas letras tt .

As regras de fornecimento de água a partir de albufeiras independentes podem ser especificadas pelo utilizador. Estas regras de operação são baseadas num número de zonas definido pelo utilizador, para cada período de análise no ano adoptado, t . Cada zona z de armazenamento inclui uma gama de volumes armazenados. Para cada uma das zonas, com o máximo de 7, o utilizador tem de definir os volumes mínimos e máximos e respectivamente no início e no fim do período t . Também têm de ser especificados os fornecimentos de água a partir de cada zona, associados aos volumes armazenados mínimos e máximos na zona z no início e no fim do período t .

Os quatro últimos valores referidos não podem ser negativos, que é a única restrição aplicável. Estes quatro valores também podem ser constantes. Na generalidade dos casos as

regras de operação especificam fornecimentos de água constantes para cada zona, reduzindo os valores para zonas de armazenamento a cotas inferiores.

Para várias albufeiras operadas em conjunto, as regras de operação serão função do total do volume do grupo de albufeiras. Em geral, pode ser feita a regra para a albufeira de jusante.

As regras acima descritas são baseadas na disponibilidade de água. As efluências das albufeiras podem também ser baseadas nos défices das necessidades nos respectivos nós. Estas efluências, têm em atenção as necessidades no período remanescente ao período de análise no ano, e atendem aos multiplicadores de caudais afluentes à albufeira.

Não há garantia de que esta efluência possa ser satisfeita. Cada multiplicador de caudal para um défice de necessidade, pode variar em cada período de análise no ano adoptado, mas não pode variar de ano para ano. Pode haver vários multiplicadores de caudais em locais com necessidades associados à mesma albufeira fonte.

Cada arco derivação unidireccional numa rede liga um local com água disponível a um local onde a água é necessária. Para cada nó, onde há uma efluência para um arco derivação, deve ser definida uma função de atribuição para cada período de análise no ano. Esta função define qual a parte da efluência de um nó, depois das necessidades do arco terem sido satisfeitas que podem ser derivadas no arco.

Os arcos derivação direccionais podem também ser designadas como arcos de necessidades. Nestes arcos, na extremidade de montante, entra a água necessária para satisfazer défices existentes nos nós de jusante. Nestas condições, no nó de montante entra a água necessária para cobrir o défice, descontada a entrada de água natural. Este défice é o défice acumulado menos a afluência esperada dividida pelo número total dos passos de cálculo no período de análise no ano.

Estes incrementos de escoamento para cobrir as necessidades têm prioridade sobre as atribuições de água baseadas na disponibilidade dirigidas aos arcos efluentes. Se não houver água suficiente para satisfazer todas as necessidades em arcos derivação múltiplos de um único

nó, a água disponível é distribuída na ordem dos arcos definida na rede, indicada pela numeração dos arcos.

A água que se escoia de ou para aquíferos de qualquer outro nó, é assumido, no IRAS, ser feita nos arcos de águas subterrâneas. Nos nós de água superficial, a transferência de água nos arcos de águas subterrâneas pode representar os processos físicos naturais ou uma regra de bombagem. As regras de bombagem num arco bidireccional podem ser especificadas como uma função das quantidades de água disponíveis nas massas de água representadas pelos nós nas duas extremidades do arco.

7.2.6 A sequência da simulação

A simulação no IRAS tem lugar num módulo separado do programa sem interface gráfica. Os resultados das simulação podem depois ser visualizados num terminal, se se desejar, ou utilizados como dados para folhas de cálculo para análises complementares.

Os resultados das simulações são os valores dos volumes armazenados no início e no fim, as médias do caudal, expresso nas unidades definidas pelo utilizador. Finalmente, podem ser calculadas e visualizadas funções, definidas pelo utilizador, dessas mesma variáveis, bem como efectuadas análises estatísticas.

O programa IRAS simula um sistema em cada um de uma série de passos de cálculo. Antes de cada simulação, o utilizador tem de especificar o número de anos, o número e a duração dos períodos de análise no ano em que vai ser dividido o ano, não necessitando de serem todos iguais, e o número de passos de cálculo em cada um dos períodos de análise no ano. A menor duração possível de um período inferior a um ano é o dia. Também são possíveis simulações em que o período total da simulação, igual à soma dos períodos de análise no ano, é inferior a um ano.

Se o número de anos do ficheiro dos dados dos caudais for inferior ao número de anos da simulação, repetir-se-á a introdução dos caudais, em tantas as réplicas quantas as necessárias para perfazer o total dos anos de simulação. No caso das concentrações das descargas de águas residuais, os valores do último ano do respectivo ficheiro serão repetidos até perfazer o total dos anos.

A sequência da simulação envolve vários passos ou ciclos nos componentes do sistema utilizando vários conjuntos de dados. Como dados destacam-se as séries de caudais, os períodos de tempo considerados para a simulação, e a rede de nós e arcos. A simulação começa por identificar uma série de caudais. Para cada uma das séries (ou réplicas), a simulação prossegue na sequência de sucessivos períodos de análise do ano, para todos os anos. Em cada período de análise no ano, a simulação prossegue para cada passo de cálculo.

Na simulação da rede em cada passo de cálculo podem ser utilizados 5 ciclos de cálculo.

O 1º ciclo de cálculo inclui as estimativas das recargas naturais para os nós aquíferos e para os nós zonas húmidas e das perdas por evaporação e por infiltração, se aplicáveis, em cada nó da rede. Essas perdas em cada nó são baseadas no volume de água armazenada no nó respectivo. Desse modo o volume do nó será reduzido da perda total estimada.

Os fornecimentos predeterminados de água a partir das albufeiras (que não serão necessariamente os fornecimentos de água que vão ser feitas) são também estimados para todas as albufeiras cujas efluências sejam dependentes das regras de operação ou das regras de armazenamento. Estas regras são funções dos volumes armazenados. O fornecimento a realizar será também uma função dos défices das necessidades previstas e do fornecimento mínimo, se os houver.

A primeira parte do 2º ciclo de cálculo na rede diz respeito ao escoamento unidireccional nos arcos. Nesse passo são calculados os incrementos não controláveis das afluências da água superficial, onde for aplicável.

A segunda parte do 2º ciclo de cálculo, seguindo a direcção do escoamento, faz somar as afluências, em cada nó de água superficial, aos volumes armazenados existentes (depois das deduções das perdas, referidas no 1º ciclo de cálculo) ou a outras afluências nesse nó.

De seguida, as afluências (ou efluências) de cada arco bidireccional são somadas (ou subtraídas) da água disponível nesse nó. Cada escoamento num arco bidireccional é baseado no volume de água armazenado ou da água existente em ambas as extremidades do arco. Deste

modo, estes escoamentos bidireccionais podem fazer aumentar ou diminuir a água disponível nos nós da extremidade do arco.

Na terceira parte do 2º ciclo de cálculo são estimadas as efluências dos nós. Se não houver armazenamento nesse nó, a água disponível nesse nó é uma efluência. Se houver armazenamento, a efluência desse nó é baseada nas regras de operação aplicáveis nesse nó.

Se houver um consumo nesse nó, ele será baseado nas funções de consumo definidas pelo utilizador. O volume de água consumida é perdido no sistema. O escoamento remanescente, depois do consumo, será lançado nas efluências dos arcos unidireccionais.

Finalmente, no 2º ciclo de cálculo, as efluências de arcos unidireccionais são estimadas com base nas afluências dos arcos e no respectivo volume de armazenamento, se o houver. Os volumes dos arcos são calculados quando a propagação de caudais é utilizada. Se ocorrer a produção de energia ou a bombagem num arco, então a energia produzida, ou seu consumo, é baseada nas afluências dos arcos e nas cargas de armazenamento no nós de montante e de jusante. As efluências do arco podem ser influenciadas pela propagação de caudais e pela evaporação e infiltração se as houver.

O 3º ciclo de cálculo é feito em cada um dos arcos bidireccionais. Os escoamentos nesses arcos são baseados nos volumes armazenados nos respectivos nós de aquíferos e águas subterrâneas e/ou nós de zonas húmidas. De modo semelhante, se forem definidos arcos bidireccionais para a produção de energia hidroeléctrica e/ou bombagem, são calculadas as energias produzidas e consumidas.

O 4º ciclo de cálculo corresponde ao volume armazenado em cada nó aquífero-águas subterrâneas ou nó zona húmida, tendo em conta a afluência para ou a efluência de cada arco que vá ou venha daqueles dois tipos de nós. Este 4º ciclo de cálculo completa a simulação para cada passo de cálculo

Uma vez terminado o cálculo para um passo de cálculo, a simulação prossegue para o passo de cálculo seguinte. Este processo de simulação continua até ao fim do período de análise no ano. No fim desse período são calculados, e armazenados num ficheiro de resultados para serem posteriormente visualizados e analisados, os volumes de armazenamento finais, os

escoamentos médios no período, a energia, a potência, e as concentrações da qualidade água, em cada nó e arco.

7.2.7 Processos de simulação, métodos e hipóteses

Como foi apresentado, as unidades do escoamento e dos volumes, dos dados e dos resultados, são definidos pelo utilizador do programa. As unidades do caudal utilizadas pelo programa de simulação são expressas nas unidades definidas para os volumes armazenamento divididas pelo passo de cálculo. A apresentação mais pormenorizada dos processos de simulação baseia-se nas referidas unidades de caudal, que geralmente não são unidades de entrada e de saída. Qualquer destas unidades pode ser definida pelo utilizador do programa.

Os nós de armazenamento de água superficial estão sujeitos às perdas por evaporação por infiltração. Os nós de águas subterrâneas-aquíferos estão sujeitos apenas às perdas por infiltração. Estas perdas correspondem às perdas de água no sistema.

As perdas são calculadas a partir das funções cota da água-volume de armazenamento ou volume de armazenamento-área da superfície da água e das taxas diárias de evaporação, das funções de perda diária por infiltração, definidas pelo utilizador.

Em cada passo de tempo simulado Δt , o processo de simulação no IRAS inclui o cálculo do incremento da afluência natural, se o nó é de água superficial, a recarga natural, se o nó representa um aquífero. Para calcular os incrementos das afluências nos nós, é necessário calcular os escoamentos naturais nesses nós.

Os caudais naturais não controlados, em cada nó no passo de cálculo Δt são a soma de todos os caudais médios nas estações hidrométricas g no período de análise no ano t , ajustada para a duração do passo de cálculo Δt .

O caudal incremental "natural" ou não controlado, é a diferença entre este caudal n° controlado no nó n e a soma dos caudais não controlados em cada um dos nós situados montante nos nós m que lançam nos arcos unidireccionais (e não sendo derivações) que vão até ao nó n . Se não houver nós a montante do nó n , então esse nó n é o nó inicial do rio. Nesse caso, o caudal incremental é igual ao caudal natural não controlado nesse local.

Estes caudais incrementais naturais podem ser negativos. Se forem negativos reflectem as perdas do escoamento natural devidas à evaporação e à infiltração, ou ainda derivações não contempladas na simulação.

A água que entra em cada nó sem armazenamento em cada passo de cálculo ou é consumida ou sai desse nó no mesmo passo de cálculo. Assim, as efluências, de um nó sem armazenamento, são iguais às respectivas afluências, menos o consumo.

Os fornecimentos de água a partir de albufeiras, são definidas pelo utilizador.

Uma vez determinada a efluência de um nó com armazenamento n , o volume de armazenamento final pode ser calculado pela equação da conservação da massa. Esta tem em conta o volume inicial, a afluência útil, as perdas e as efluências, no mesmo passo de cálculo.

Os procedimentos de propagação de caudais podem ser implementados nos arcos unidireccionais. Estes procedimentos devem ser implementados quando o tempo de percurso da água é maior do que a duração do período de análise no ano a ser simulado.

Os utilizadores do IRAS podem colocar uma central hidroeléctrica em qualquer arco. Se essa central estiver num arco todo o escoamento afluente é útil para a produção da energia. A potência e a energia são produzidas em cada passo de cálculo de uma carga (cota) mais elevada para uma carga menor. Os valores médios diários da energia e da potência depois de serem calculados são incluídos nos resultados em cada período de análise no ano adoptado na cálculo.

A energia produzida, e a potência disponível, numa central hidroeléctrica no arco l no início de cada passo de cálculo tt , depende de alguns dados definidos pelo utilizador. Estes dados incluem:

- a potência da central, (associada à carga nominal e ao escoamento);
- a carga, entre a cota a montante e a cota da turbina, ou da restituição;
- o factor da central, (fracção da produção diária de energia);
- o mínimo caudal para a produção da energia;
- constantes da produção da energia.

A energia só pode ser produzida nos arcos de água superficial com centrais se houver um caudal superior ao mínimo, e se a carga for superior a 0.

A centrais de bombagem podem ser localizadas em qualquer arco. A bombagem pode ser efectuada em arcos de águas subterrâneas se forem implementadas captações ou recarga artificiais nesse arco. A única razão para designar um arco de bombagem é a de calcular e registar a energia consumida associada à bombagem, e a respectiva carga útil negativa. Em cada nó extremidade desse arco devem ser dados a carga, ou a cota. O caudal bombeado, ou volume de água, em qualquer arco bidireccional será determinado pelo utilizador em função dos volumes armazenados ou das quantidades de água disponíveis nos nós extremidades.

7.3 Resultados da simulação

7.3.1 Introdução

Durante a simulação, os valores de todas as variáveis podem ser enviados, mediante escolha do utilizador, para um ficheiro de resultados, para um monitor, ou directamente para uma impressora. Depois da simulação, o ficheiro de resultados pode ser visto, impresso ou copiado para uma folha de cálculo. Todas estas opções farão aumentar o tempo de simulação. O principal objectivo da parte do programa IRAS dedicada à simulação é a de criar ficheiros de resultados não formatados. Esses ficheiros, com todos os resultados, poderão ser utilizados na parte do programa IRAS dedicada à apresentação dos resultados da simulação.

As opções da apresentação dos resultados incluem quadros com os valores dos resultados, sequências animadas com códigos de cores sobre a rede nós-arcos ou sobre a representação geográfica do sistema, gráficos de séries temporais dos valores das variáveis (ou até 6 funções dessas variáveis definidas pelo utilizador), e funções de probabilidade das durações das falhas no sistema, e suas extensões.

A simulação gera uma enorme quantidade de dados, relativos a sequências singulares ou múltiplas de caudais, incluindo os volumes armazenados, os consumos e as perdas, as concentrações dos constituintes da qualidade da água, as produções de energia hidroeléctrica e o consumo de bombas, em muitos locais e em múltiplos períodos de tempo.

O exame de todos esses resultados, mesmo utilizando as capacidades disponíveis no IRAS para apresentação de gráficos interactivos das séries temporais e de quadros, pode tomar um tempo exagerado. Não há necessidade de examinar todos os resultados obtidos, mas sim saber onde e quando o sistema está em carência, e escolher alguns dados nesses períodos críticos.

A escolha da opção de visualização com códigos de cores permite indicar facilmente os períodos em que o comportamento do sistema não é satisfatório. Esta informação ajuda a concentrar a atenção na busca das causas das falhas dos sistema.

7.3.2 Valores limites e zonas

Para a visualização com códigos de cores é necessário definir dois valores limites associados a cada variável de interesse. Esses dois valores dividem a gama dos possíveis valores de cada variável simulada em três zonas: a zona inferior, a zona média e a zona superior. Essas zonas dos valores das variáveis tomam diferentes significados dependendo do tipo de variável e dos interesses do utilizador.

Os valores limites definidos não afectam a simulação. Apenas dividem os valores de qualquer variável em três gamas ou zonas correspondentes ao que o utilizador considera satisfatório, de aviso, ou de falha das condições previstas. A cada uma das três zonas é designada uma cor. A zona satisfatória é representada pelo verde, a zona de aviso pelo amarelo, e a zona de falha pelo vermelho. Há seis opções resultantes das combinações das cores e da ordenação das mesmas em relação às zonas altas, médias e baixas.

7.3.3 Gráficos de séries de tempo e de espaço

Os utilizadores têm muitas opções para apresentar alguns ou todos os valores das variáveis simuladas ao longo do tempo em qualquer nó ou arco, ou ao longo do espaço em qualquer instante de tempo. Podem ser apresentados de uma vez só até quatro gráficos de variáveis simples ou múltiplas.

Os gráficos de séries temporais podem ser de variáveis simples ou múltiplas no mesmo gráfico. Os gráficos espaciais têm como eixo horizontal a sequência dos arcos ou dos nós. Da

sequência de figuras num único gráfico pode ter-se uma ideia da dispersão e da concentração dos valores que uma variável toma num ponto particular no espaço e no tempo.

O utilizador pode definir uma função de uma variável e visualizar os valores dessa função em séries de tempo ou de espaço. Exemplos dessa função podem ser os benefícios económicos, ou perdas, ou desvios quadrados dos objectivos desejados, ou apenas funções de escada mostrando os estados de satisfação, ou insatisfação.

7.3.4 Visualização dinâmica do sistema ao longo do tempo

Se os valores limites foram definidos o utilizador pode optar pela visualização de uma sucessão dinâmica de imagens mostrando a variação no tempo dos valores das variáveis. Cada imagem mostra cada nó ou arco (ou a sua representação geográfica) com uma cor verde, amarela ou vermelha.

No caso de haver múltiplas variáveis simuladas em cada nó ou arco, para as quais foram definidos valores limites, tem de ser estabelecida uma prioridade para a visualização da cor. Se alguma das variáveis corresponder à cor vermelha esta será visível. O mesmo acontece se uma delas for amarela, não havendo o vermelho, o amarelo tem prioridade sobre o verde. Esta cor só aparecerá se todas as variáveis estiverem na respectiva zona. Quando não há definição de limites a cor é verde para todas as situações.

Quando na imagem há amarelos ou vermelhos, os respectivos locais podem ser analisados através de gráficos de séries temporais ou espaciais, com o objectivo de procurar as causas do aparecimento das respectivas cores, e o que pode ser feito para evitar as situações que dão origem àquelas situações. O utilizador não necessita de examinar todos os resultados da simulação para determinar a satisfação dos objectivos previstos para o sistema.

7.3.5 Imagens das estatísticas

Além dos gráficos das séries temporais e espaciais, a informação estatística pode ser apresentada em imagens semelhantes às anteriormente apresentadas, que inclui a fiabilidade e a resiliência, para todas as variáveis para as quais foram definidos valores limites.

A fiabilidade de uma variável é a probabilidade do seu valor estar na zona satisfatória (verde) ou nas zonas satisfatória (verde) e de aviso (amarela), conforme for definido pelo utilizador. Deste modo há uma “fiabilidade verde” e uma “fiabilidade amarela”. Em ambos os casos são utilizados valores médios em cada período de análise no ano da simulação. Estas fiabilidades são definidas do seguinte modo:

“Fiabilidade Verde” = $1.0 - (\text{número de valores nas zonas amarela e vermelha} / \text{número de períodos de tempo simulados})$

“Fiabilidade Amarela” = $1.0 - (\text{número de valores na zona vermelha} / \text{número de períodos de tempo simulados})$

A fiabilidade verde é geralmente menor que a fiabilidade amarela. Se forem iguais significa que não há acontecimentos “amarelos”; só há acontecimentos “verdes” e possivelmente “vermelhos”, quando a zona vermelha é adjacente à zona verde.

A resiliência é uma medida da recuperação de uma variável de uma zona para outra. É a probabilidade de no passo de cálculo seguinte o valor da variável entrar na zona mais favorável seguinte. Como há dois valores limites, também há duas resiliências para cada variável simulada, à semelhança das duas fiabilidades.

“Resiliência Vermelha” = $1.0 - (\text{número de períodos em que valores na zona vermelha é seguido de valores nas zonas amarela ou verde} / \text{número de valores na zona vermelha})$

“Resiliência Amarela” = $1.0 - (\text{número de períodos em que valores na zona amarela é seguido de valores nas zona verde} / \text{número de valores na zona amarela})$

Se não existirem valores na zona vermelha, então a Fiabilidade Amarela é igual a 1 e a Resiliência Vermelha não é definida. Se não existirem valores na zona amarela, então a Fiabilidade Verde é igual à Fiabilidade Amarela e a Resiliência Amarela não é definida.

No caso de não terem sido definidos para uma dada variável os valores limites, as medidas da fiabilidade e da resiliência também não podem ser definidas.

7.3.6 Distribuições de probabilidade

As distribuições das probabilidades dos indicadores da resiliência e da vulnerabilidade também podem ser mostrados em imagem. A distribuição da probabilidade da resiliência indica a probabilidade de várias sequências contínuas terem valores insatisfatórios (nas zonas vermelha ou amarela). A distribuição de probabilidade da vulnerabilidade indica a

probabilidade da intensidade dos valores insatisfatórios (desvios em relação ao(s) valor(es) limite(s) da zona verde). Ambas as distribuições podem ser mostradas como probabilidades incondicionais ou condicionais em histogramas.

As distribuições de probabilidade da resiliência indicam as probabilidades das diferentes durações estarem nas zonas amarela ou vermelha. A duração (número de períodos de análise no ano) de uma sequência de valores na zona vermelha começa quando a sequência está na zona vermelha depois de ter estado nas zonas verde ou amarela e acaba quando a sequência de valores sai da zona vermelha e entra nas zonas amarela ou verde. Nos casos em que a zona vermelha é adjacente à zona amarela, a duração da sequência dos valores da zona amarela começa quando a sequência de valores sai da zona verde e entra nas zonas amarela ou vermelha e acaba quando a sequência de valores nas zonas amarela ou vermelha entra na zona verde. As sequências dos valores da zona amarela inclui partes que estão nas zonas vermelha (adjacentes às zonas amarelas) antes de entrarem na zona verde.

As distribuições de probabilidade da vulnerabilidade indicam a probabilidade das diferentes extensões de valores insatisfatórios (das zonas amarela ou vermelha). As distribuições de probabilidade da vulnerabilidade amarela mostram as probabilidades das diferenças absolutas entre os valores das variáveis na zona amarela (a adjacente zona vermelha se aplicável) e a fronteira ou valores limites que separam as zonas verde e amarela. As distribuições de probabilidade da vulnerabilidade vermelha mostram as probabilidades das diferenças absolutas entre os valores das variáveis na zona vermelha e os valores da fronteira mais próxima (valores limites) que separam a zona vermelha das zonas amarela ou verde.

Para os utilizadores interessados nas probabilidades das somas de todos os desvios dos valores satisfatórios também podem ser apresentados os histogramas cumulativos de probabilidade da vulnerabilidade. Estes histogramas mostram as probabilidades das somas totais dos desvios absolutos dos valores nas zonas vermelhas e amarelas dos valores da fronteira mais próximos da zona verde. Se, durante uma série de valores insatisfatórios, alguns desses valores estiver na zona vermelha, o histograma ficará com uma cor vermelha. Se todos os valores estiverem na zona amarela, o histograma terá a cor amarela.

As distribuições de probabilidade, quer da resiliência quer da vulnerabilidade, podem ser mostradas em distribuições incondicionais ou condicionais. As distribuições incondicionais têm em conta todos os valores médios dos períodos de análise no ano na simulação, enquanto que as distribuições condicionais têm em conta somente os valores que estão nas zonas amarelas ou vermelhas. As durações dos valores insatisfatórios (para os histogramas de resiliência) e as extensões dos valores insatisfatórios (para os histogramas de vulnerabilidade) são divididas em 10 gamas discretas, tendo em consideração as máximas duração e extensão encontradas na simulação. O utilizador pode alterar a dimensão dessas gamas discretas, se o desejar.

7.3.7 Ficheiro dos acontecimentos insatisfatórios e quadros

Se o utilizador desejar, pode ser criado um ficheiro dos acontecimentos, nos nós e nos arcos seleccionados, com as cores amarela e vermelha.

Os dados deste ficheiro são divididos em várias secções. Cada secção é para um nó ou um arco específicos e para uma variável específica, para a qual foram definidos valores específicos. Os dados do título da secção inclui os nomes do sistema, dos ficheiros dos caudais e das descargas das águas residuais, da data e do tempo, dos nomes da variável e do nó ou arco, o tipo do limite e a sequência das cores (uma das seis alternativas). Para cada passo de cálculo, quando ocorre um valor na zona amarela ou vermelha, são registados o número do "acontecimento", o número da réplica do caudal, o ano, o período de análise no ano, o valor da variável, os valores limites, e o desvio absoluto do valor limite satisfatório. Também são fornecidos sumários com as durações dos acontecimentos insatisfatórios, as extensões acumuladas, o número e as probabilidades dos acontecimentos nas zonas amarela e vermelha.

7.4 Definição do sistema Rio Cunene

7.4.1 Introdução

O sistema do rio Cunene para ser simulado pelo programa IRAS foi limitado à quantidade de água. Com efeito, apesar de não poder ser afirmado que não há qualquer problema de qualidade de água, a menor importância relativa dos problemas da qualidade da

água, levou a considerar mais adequado tratar numa primeira fase apenas a cálculo quantidade da água.

O sistema do rio Cunene, como de qualquer outro rio em que seja efectuado planeamento da utilização dos recursos hídricos, não é estático, antes sofrendo uma evolução ao longo do tempo, de modo a contemplar uma adaptação sucessiva do abastecimento de água que varia ao longo do tempo. Por consequência, são definidos vários sistemas, partindo de um sistema de referência, e introduzindo alterações sucessivas para contemplar vários objectivos sequenciais ou alternativos.

Para o rio Cunene foi primeiramente definida uma rede base, que corresponde à situação actual da bacia. Depois, foram sendo definidos mais sistemas, construídos a partir da introdução de variantes de acordo com um de dois critérios. Um dos critérios é ir definindo sistemas alternativos, partindo das anteriores definições de planos para a bacia do rio Cunene. Outro critério é ir introduzindo as componentes necessárias para ir resolvendo os problemas de abastecimento encontrados nas simulações anteriores. A escolha destes dois critérios foi sendo efectuada em função das simulações efectuadas e da definição de cenários alternativos.

A definição dos sistemas é feita pela construção de redes de nós e arcos. A sua localização relativa é feita de acordo, tanto quanto possível, com a sua situação geográfica, por forma a poder identificar rapidamente a correspondência entre o gráfico do sistema e a realidade física no terreno.

7.4.2 Definição do sistema inicial do rio Cunene (CuneneA)

O programa do IRAS assume o primeiro nó como sendo o que se situa mais a montante. A partir desse, e procurando seguir o curso de água, foram sendo localizados os outros nós através dos arcos unidireccionais.

Na Figura 31 é apresentado o sistema inicial do rio Cunene, que foi sujeito às primeiras simulações. A identificação dos vários componentes é feita nos quadros seguintes.

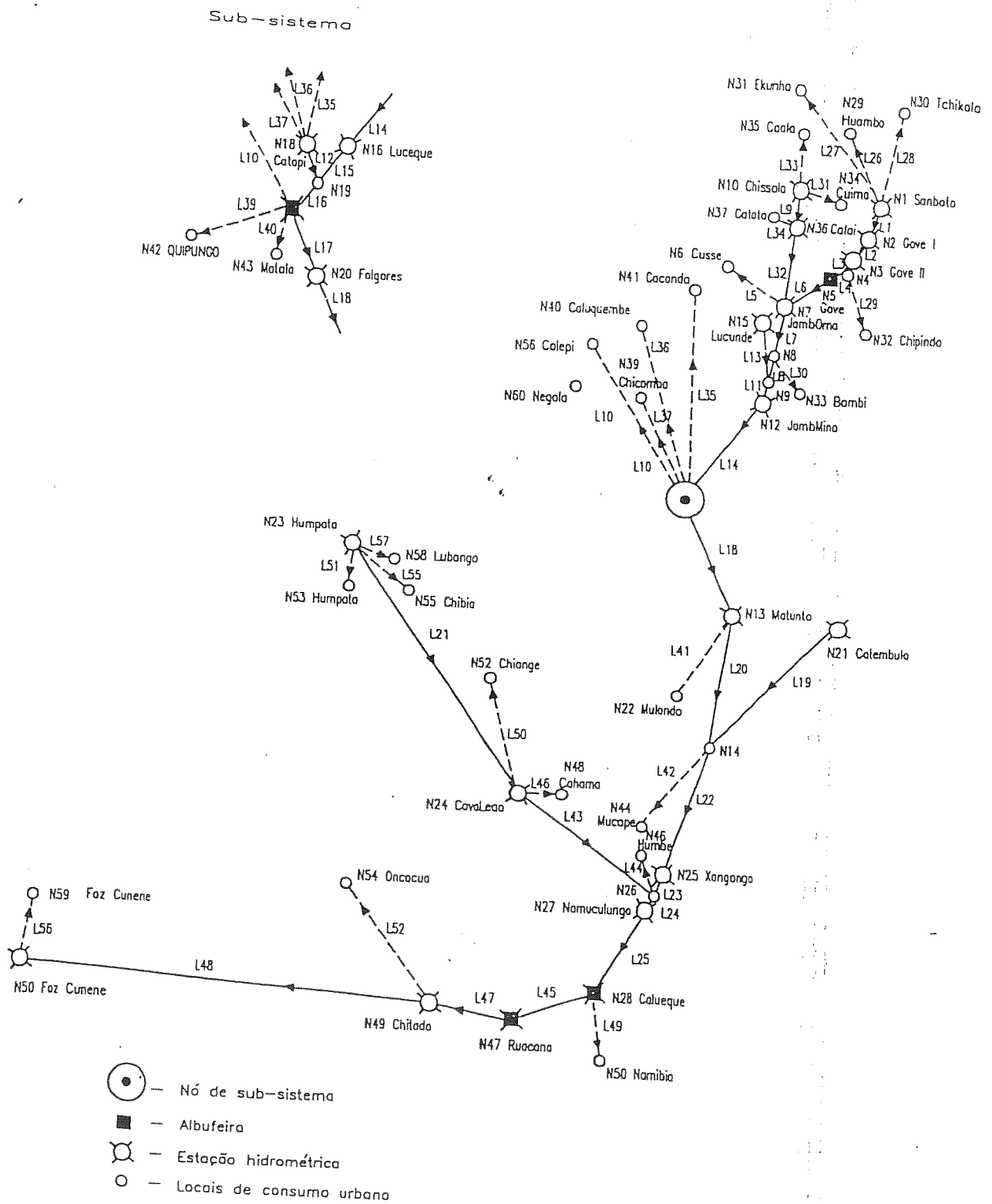


Figura 31 - Esquema inicial do rio Cunene para simulação do programa IRAS

Quadro 12 - Estações hidrométricas

Número da estação	Número dos nós da estação no sistema do programa IRAS	Nome da estação hidrométrica
1	N1	Samboto
2	N2	Gove I
3	N3	Gove II
4.1	N10	Chissola
4.2	N36	Calai
4	N7	Jamba ia Oma
5.1	N15	Lucunde
5	N12	Jamba ia Mina
6	N16	Luceque
7.1	N18	Catapi
7	N17	Matala
8	N20	Folgares
9	N13	Matunto
10.1	N21	Catembulo
10	N25	Xangongo
11.1	N23	Humpata
11.2	N24	Cova do Leão
11	N27	Namuculungo
12	N28	Calueque
13	N47	Ruacaná
14	N49	Chitado
15	N50	Foz do Cunene

Nos nós estações hidrográficas são conhecidos os caudais de águas superficiais. Estes dados indispensáveis para a simulação são lidos de um ficheiro a eles dedicado, com a sequência de caudais médios mensais, período de análise em que foi dividido o ano na simulação do rio Cunene.

A maioria dos nós de zonas urbanas para abastecer correspondem a povoações, ou nalguns casos a uma associação de povoações, sempre que a proximidade geográfica assim o justificou. A cada um dos nós considerados estão associados consumos. Também foi considerado que os arcos dirigidos às zonas urbanas são derivações.

Para o sistema inicial só foram consideradas as actuais albufeiras, em número de quatro. Para cada albufeira foi necessário ter alguns dados como sejam a tabela de áreas e de volumes inundados e as regras de operação.

Quadro 13 - Zonas urbanas para abastecer

Número no sistema do programa IRAS	Nome da povoação
N31	Ekunha
N30	Tchikala-Tcholoanga
N29	Huambo
N35	Caála
N37	Catata-Longonjo
N34	Cuima
N32	Chipindo-Sanguene
N6	Cusse
N41	Caconda
N40	Caluquembe
N56	Calépi
N39	Chicomba
N60	Negola
N33	Bambi
N42	Quipungo
N43	Matala
N53	Humpata
N58	Lubango
N55	Chibia
N52	Chiange-Chibemba
N22	Mulondo
N48	Cahama
N44	Mucope
N46	Humbe
N57	Chitado
N54	Oncócuá
N59	Foz do Cunene
N50	Namíbia

Quadro 14 - Albufeiras no rio Cunene

Número no sistema do programa IRAS	Nome
N5	Gove
N17	Matala
N28	Calueque
N47	Ruacaná

No sistema inicial não foram introduzidas os perímetros de rega. Esta opção equivale considerar que o sistema inicial só analisou o abastecimento às povoações, além de inserir derivação para a Namíbia, que tem múltiplas utilizações. Por outro lado, o sistema só com abastecimento às povoações saturou a sua capacidade, que é, conforme já foi referido, de 6 nós e 60 ligações.

Em síntese, o sistema inicial do Cunene serviu apenas para testar as capacidades do programa IRAS, podendo ser consideradas triviais as simulações efectuadas. Corresponde uma análise de referência, preparatória das simulações mais interessantes para o planeamento.

7.4.3 Estratégias de aproveitamento dos recursos hídricos do Cunene

Conhecido o comportamento do programa IRAS para o sistema inicial, foram definidas estratégias de aproveitamento dos recursos hídricos, considerando novas infra-estruturas, das quais ressaltam as que já tinham sido previstas em anteriores Planos. Uma das mais prioritárias é a da Epupa com recente análise de viabilidade. Para isso teria sido muito útil ter acesso aos dados sobre este aproveitamento de modo a incorporar nos vários esquemas alternativos do r. Cunene.

A ordem de simulação das várias alternativas não foi rígida porque essa ordem foi sendo definida com base nos resultados obtidos nas simulações anteriores.

A hierarquia das utilizações foi definida à partida. Em primeiro lugar figura o abastecimento de água às populações. No que diz respeito às seguintes prioridades já houve várias alternativas. Duas delas foram dominantes; ou se privilegiou a utilização em Angola, de acordo os já referidos critérios de partilha da água, ou se privilegiou a exportação de água para a Namíbia. A escolha final entre estes dois critérios é eminentemente política. Do ponto de vista técnico foi considerado desejável simular estas duas alternativas.

8. SIMULAÇÕES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUNENE

8.1 Definição dos sistemas

8.1.1 Definição do segundo sistema do rio Cunene (CuneneB0)

Na Figura 32 é apresentado o segundo sistema do rio Cunene. A identificação dos vários componentes é feita nos quadros seguintes.

Neste sistema, em lugar das 22 estações hidrométricas utilizadas no sistema inicial, foram apenas utilizadas 13 estações. Esta diminuição resulta da existência da redundância de algumas estações muito próximas, ou da existência de estações com muito menos dados. No Quadro 15 são apresentadas as estações hidrométricas consideradas.

Quadro 15 - Estações hidrométricas no segundo sistema

Número da estação	Número dos nós da estação no sistema do programa IRAS	Nome da estação hidrométrica
1	N1	Samboto
3	N2	Gove II
4.2	N5	Calai
5.1	N9	Lucunde
5	N8	Jamba ia Mina
6	N10	Luceque
7.1	N30	Catapi
7	N12	Matala
10.1	N18	Catembulo
10	N20	Xangongo
11.1	N23	Humpata
11.2	N24	Cova do Leão
13	N27	Ruacaná

Continuam a existir os nós correspondentes às restantes 9 estações hidrométricas, mas nesses nós não são introduzidos dados de entrada; podendo servir apenas para o controle dos resultados obtidos.

O número de povoações, ou conjunto de povoações, abastecidas no segundo sistema é bastante menor do que no sistema inicial, passando de 28 nós para apenas 4 nós, apresentados no Quadro 16.

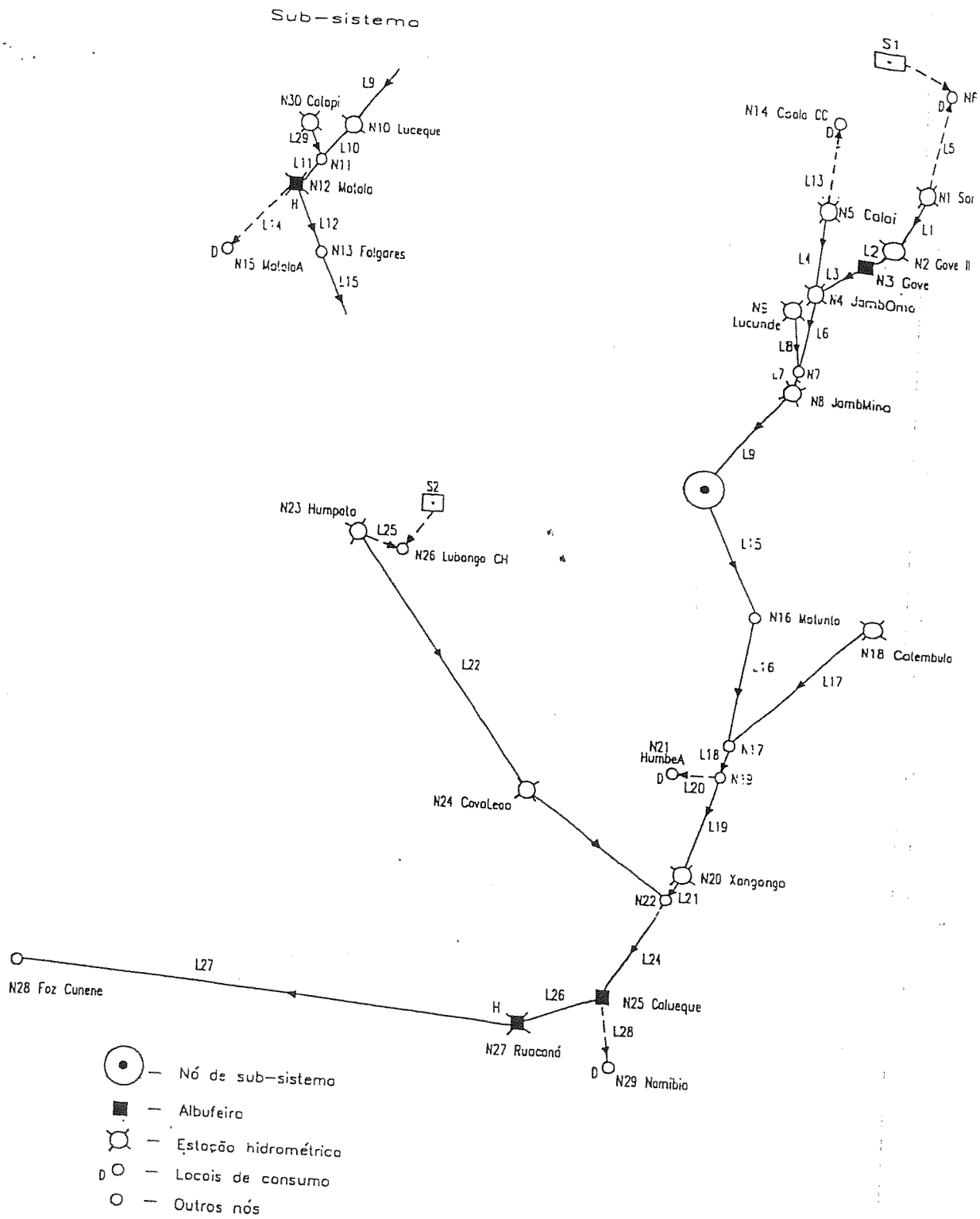


Figura 32 - Segundo sistema do rio Cunene para simulação do programa IRAS

Apenas foram mantidos os conjuntos de povoações com consumos significativamente importantes quando comparados com as disponibilidades de água superficial nas suas imediações. Com efeito, na maioria dos casos as outras povoações apresentam consumos bastantes reduzidos comparados com os recursos disponíveis ao longo de todo o ano.

Quadro 16 - Zonas urbanas para abastecer no segundo sistema

Número no sistema do programa IRAS	Nome da povoação
N6	Huambo + Ekunha + Tchikala
N14	Caála + Chissola + Cuima
N26	Lubango + Chibia + Humpata
N29	Namíbia

Para o segundo sistema não foram consideradas as actuais albufeiras, em número de quatro, apresentadas no Quadro 17. Para cada local da albufeira apenas foram analisados os caudais circulantes, correspondente ao estado inicial da bacia, antes da intervenção humana.

Quadro 17 - Albufeiras no rio Cunene

Número no sistema do programa IRAS	Nome
N3	Gove
N12	Matala
N25	Calueque
N27	Ruacaná

No segundo sistema já foram introduzidas dois perímetros de rega, Quadro 18. Esta opção equivale a considerar uma situação aproximadamente igual à actual, ou talvez mais precisamente, a uma situação que o sistema terá tido quando havia mais rega do que a actual.

Quadro 18 - Perímetros de rega no rio Cunene

Número no sistema do programa IRAS	Nome
N15	MatalaA
N21	HumbeA

O sistema descrito, incluindo alguns dos abastecimentos às povoações, e apenas dois perímetros de rega, ficou a metade da saturação da capacidade do programa IRAS, permitindo

a inclusão, se necessário, de mais pontos de abastecimento e de consumo, e mais aproveitamentos de armazenamento de água.

Em síntese, o segundo sistema do Cunene serviu para analisar a influência da rega e utilização da água do rio Cunene. Corresponde também a uma análise de referência, que pode ser comparada com outros sistemas mais consumidores de água, e por consequência, exigindo maior controlo da água.

8.1.2 Definição do terceiro sistema do rio Cunene (CuneneB1)

Na Figura 33 é apresentado o terceiro sistema do rio Cunene. A identificação dos vários componentes é feita nos quadros seguintes.

Neste sistema, continuam a ser utilizadas as 13 estações hidrométricas apresentadas no Quadro 15, o conjunto de povoações indicadas no Quadro 16, bem como as actuais albufeiras apresentadas no Quadro 17.

A principal diferença foi a inclusão de dois dos perímetros de rega, os de Matala e Humbe, e a albufeira de Gove.

Em síntese, o terceiro sistema do Cunene serviu para analisar as possibilidades de simulação da rega na utilização da água do rio Cunene, sem recorrer à construção de novos aproveitamentos. As impossibilidades de garantia de rega ou de abastecimento de água para a Namíbia, segundo os compromissos do Acordo Internacional, deram origem à definição de novos aproveitamentos necessários.

8.1.3 Definição dos outros sistemas do rio Cunene (CuneneB2 a CuneneB5)

Nas Figuras 34 a 37 são apresentados os outros sistemas do rio Cunene. A identificação dos vários componentes é feita nos quadros seguintes.

Para o total de perímetros de rega, partiu-se da hipótese de em todos eles se poder recorrer a uma tomada directa do rio Cunene, sem necessidade de outras obras de regularização. Para testar a capacidade do sistema foram estabelecidos 7 nós para as áreas agrícolas, que são apresentados no Quadro 19.

CUNENE B1

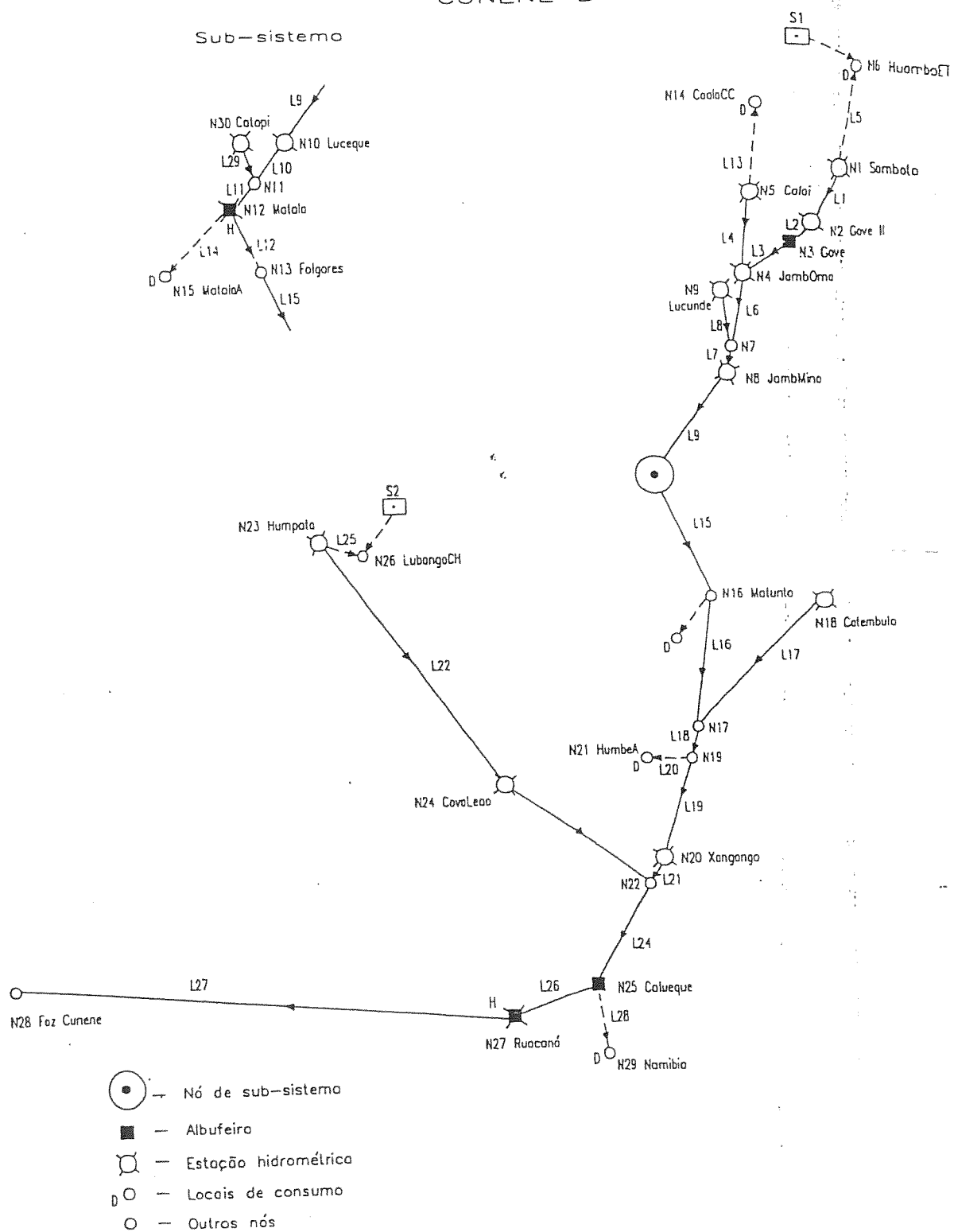


Figura 33 - Terceiro sistema do rio Cunene para simulação do programa IRAS

CUNENE B2

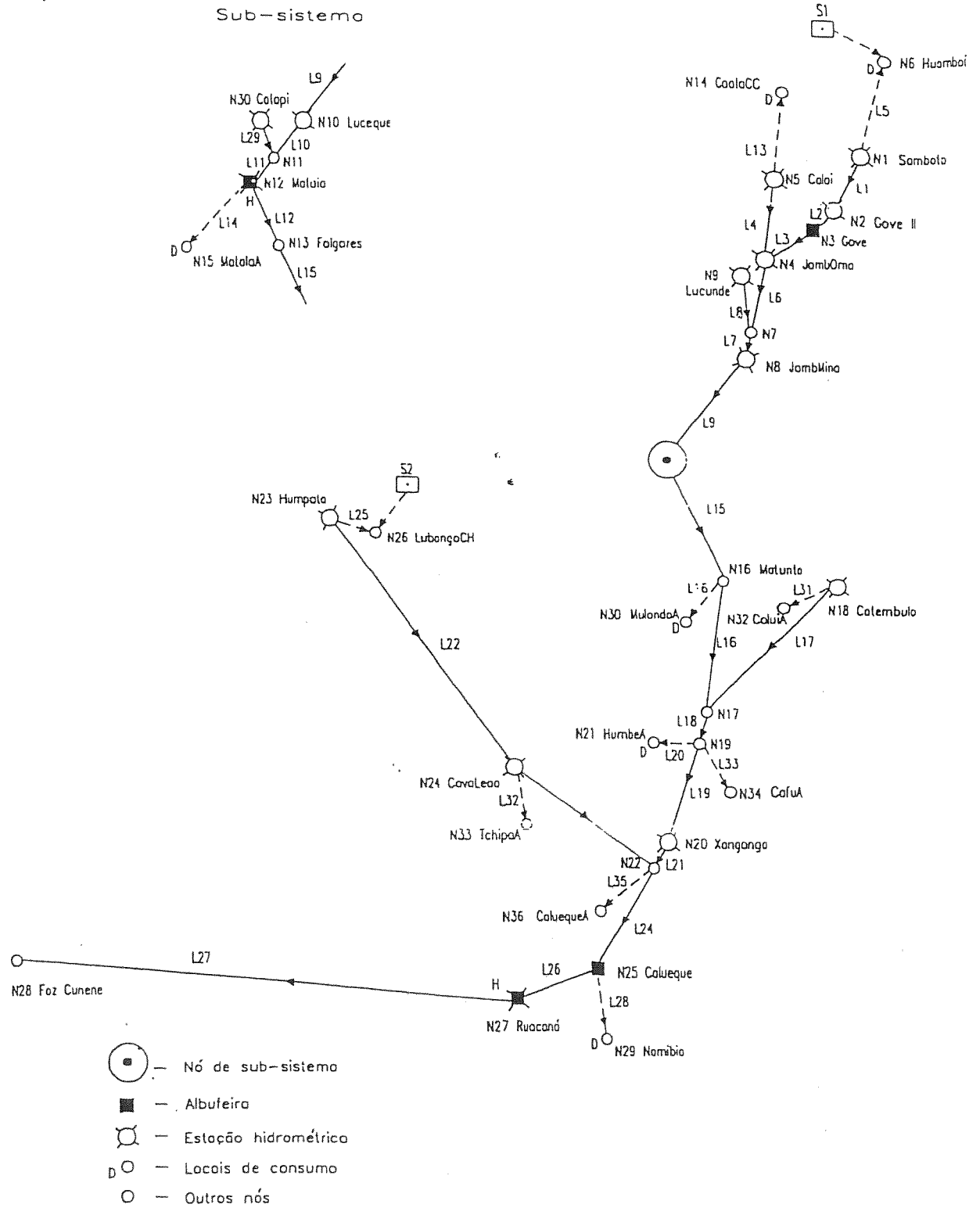


Figura 34 – Sistema CuneneB2 para simulação do programa IRAS

CUNENE B4

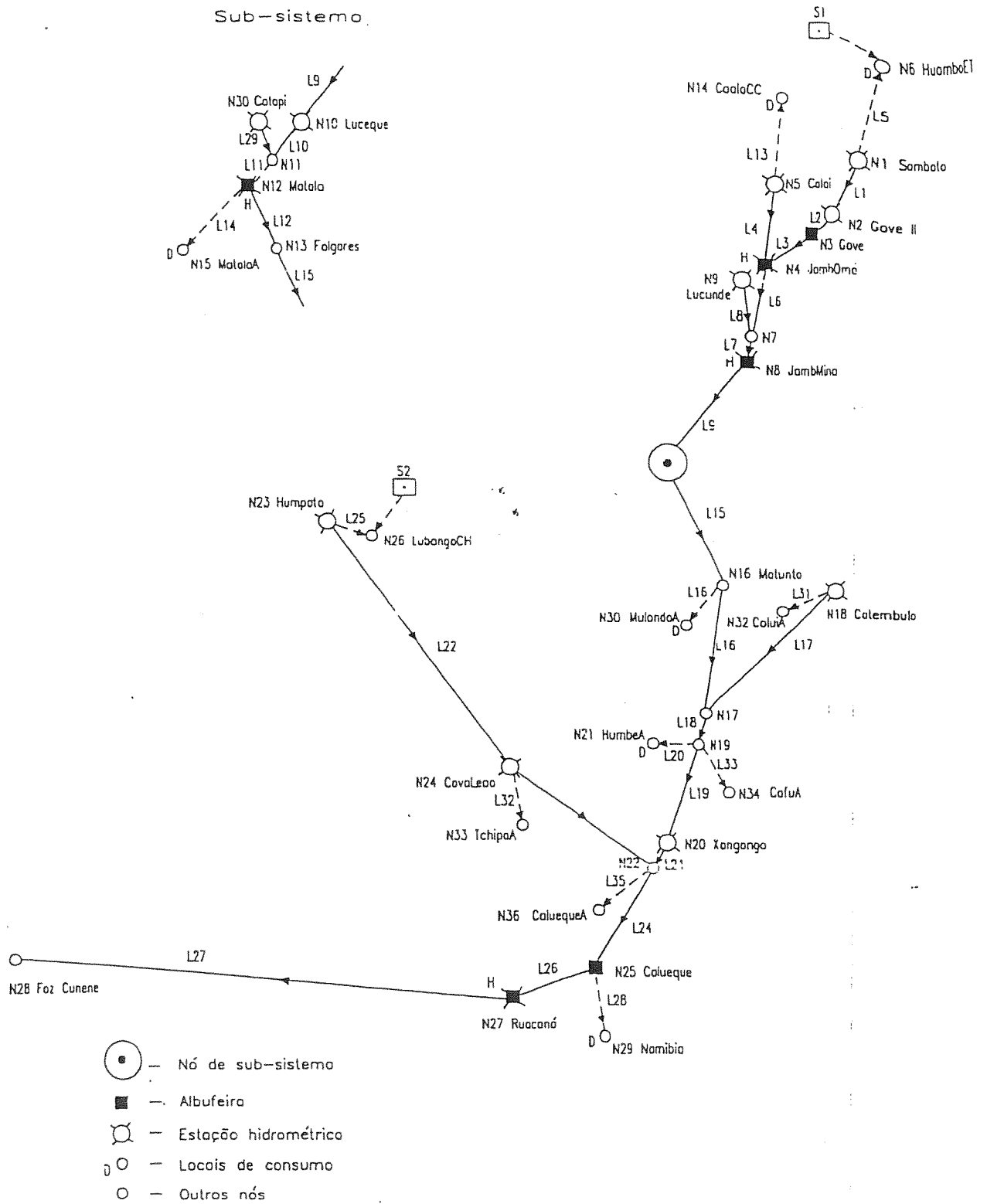


Figura 36 – Sistema CuneneB4 para simulação do programa IRAS

CUNENE B5

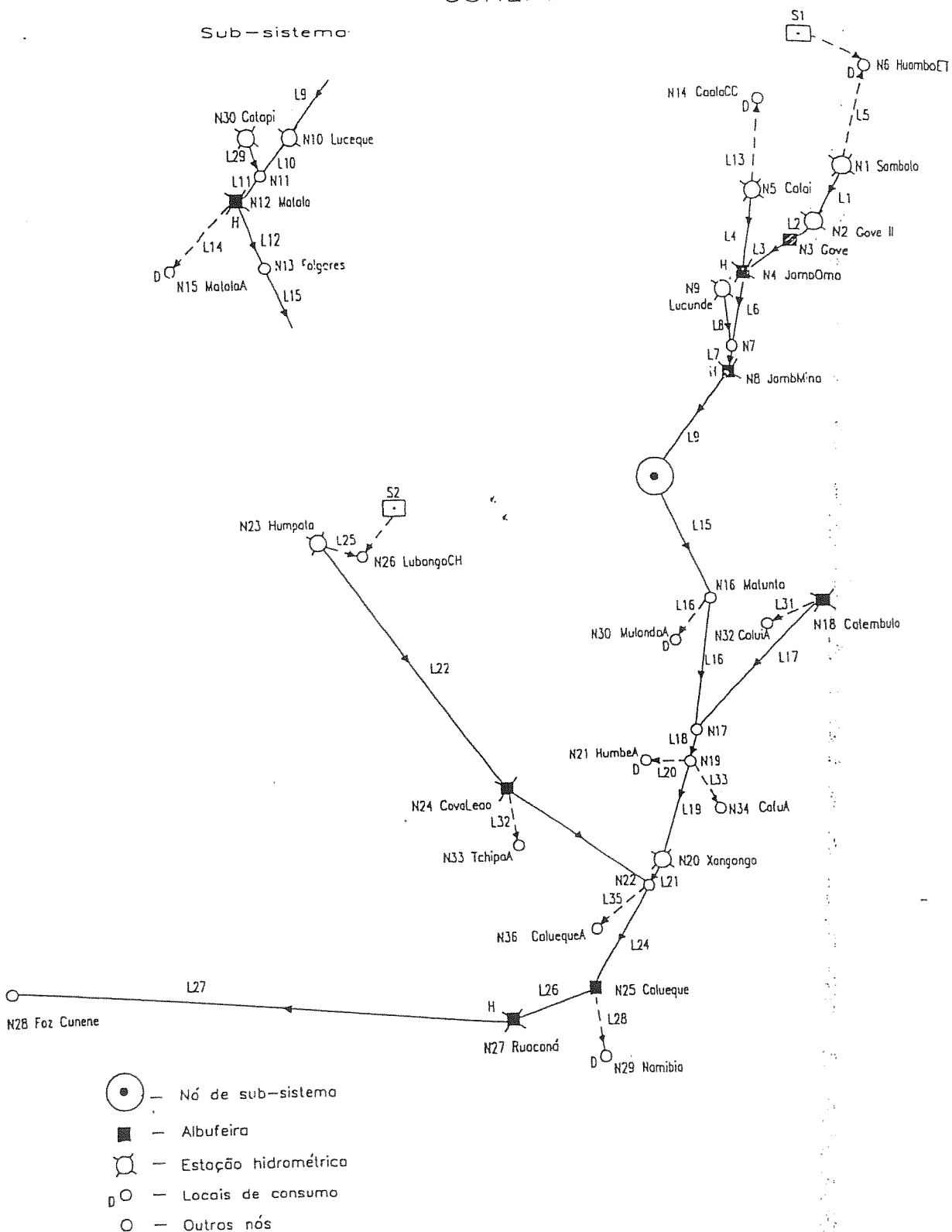


Figura 37 – Sistema CuneneB5 para simulação do programa IRAS

Quadro 19 - Perímetros de rega para abastecer

Número	Unidade	Nome
N15	A1+A2	Matala-Capelongo
N30	A3	Mulondo
N32	A6	Interflúvio Cunene-Colui
N34	A8	Quiteve-Cafu
N21	A13+A15	Humbe
N33	A11	Cahama-Tchipa
N36	A16	Donguena-Calueque

Para cada perímetro de rega, designado de acordo com a numeração utilizada por Castanheira Diniz, foram consideradas diferentes áreas, e diferentes culturas, de modo a avaliar diferentes consumos, representando diferentes cenários de desenvolvimento.

Nestes sistemas, apenas foram sendo acrescentados, um de cada vez, os vários aproveitamentos (rega em todos os perímetros e produção de energia hidroeléctrica em Mata e Ruacaná no sistema CuneneB2, Jamba ia Oma no sistema CuneneB3, Jamba ia Mina no sistema CuneneB4, ambos com produção de energia e Cova do Leão e Catembulo no sistema CuneneB5) de modo a aumentar a garantia de água no sistema.

As combinações possíveis são muitas, não sendo possível efectuar a simulação de todas as combinações. As escolhas feitas partiram sempre dos resultados de simulações anteriores. Mas nada impede que possam ser futuramente mais simulações para cobrir outras situações consideradas mais plausíveis, em face de novas premissas.

8.2 Dados de entrada para as simulações com o IRAS

8.2.1 Períodos de tempo para a simulação

O período de tempo para cada aplicação foi definido de modo a representar as variações dos vários parâmetros para o sistema de recursos hídricos em análise. Podendo ser definidos até 60 períodos de simulação inferior a um ano, foram adoptados 12 períodos correspondentes aos meses. As suas durações (número de dias) não necessitam de ser iguais, e por isso, foram adoptados os dias respectivos de cada mês, 31 dias para Janeiro, Março, Maio, Julho, Agosto, Outubro e Dezembro, 30 dias para Abril, Junho, Setembro e Novembro e 28

dias para Fevereiro. Esta distribuição origina o erro de um dia em cada quatro anos (porque nos anos bissextos Fevereiro tem 29 dias) que é um erro desprezável no contexto do trabalho em curso.

Foram determinadas as séries de tempo em cada estação hidrométrica, a partir do estudos das disponibilidades hídricas superficiais.

8.2.2 Dados para os nós

A todos os nós importantes foram dados nomes, conforme se apresenta nos Quadros 20 a 31. Para outros nós, em que não interessava a designação do seu nome, o programa designa automaticamente um nome que inclui a letra N seguida do número do nó, o qual aparece nos resultados.

Nas simulações foram considerados constantes os consumos mensais das povoações. Nos Quadros 20 e 21 são apresentados os valores utilizados.

Só foram definidas as cotas absolutas dos nós em que havia arcos com produção de energia ou com bombagem, os que correspondiam respectivamente aos aproveitamentos hidroeléctricos e às tomadas de água para a rega.

Nos nós de armazenamento, correspondentes a albufeiras foram definidas as funções armazenamento-cotas.

As funções de perda, só as correspondentes a evaporação, também foram especificadas em alguns dos nós, os correspondentes a albufeiras. Não foram consideradas as infiltrações pela dificuldade em obter dados que permitissem verificar a validade das simulações.

Para os nós de água superficial que servem de afluência a vários arcos transportando a água deste nó para outros nós de água superficial, ou para os casos em que um único arco é definido como uma derivação unidireccional, foram definidas funções de atribuição de água para os arcos.

Quadro 20 - Consumos nas zonas urbanas no sistema CuneneA

Número no sistema do programa IRAS	Nome da povoação	Consumo (hm ³ /mês)
N31	Ekunha	0,113
N30	Tchikala-Tcholoanga	0,009
N29	Huambo	2,700
N35	Caála	0,821
N37	Catata-Longonjo	0,518
N34	Cuima	0,079
N32	Chipindo-Sanguene	0,057
N6	Cusse	0,140
N41	Caconda	0,445
N40	Caluquembe	0,600
N56	Calépi	0,086
N39	Chicomba	0,270
N60	Negola	0,172
N33	Bambi	0,011
N42	Quipungo	0,180
N43	Matala	0,230
N23	Humpata	0,068
N58	Lubango	0,990
N55	Chibia	0,405
N52	Chiange-Chibemba	0,099
N22	Mulondo	0,108
N48	Cahama	0,225
N44	Mucope	0,183
N46	Humbe	0,020
N57	Chitado	0,049
N54	Oncócuá	0,086
N59	Foz do Cunene	0,001
N50	Namíbia	15,6

Quadro 21 - Consumos nas zonas urbanas no sistema CuneneB0 e seguintes

Número no sistema do programa IRAS	Nome da povoação	Consumo (hm ³ /mês)
N6	Huambo + Ekunha + Tchikala	2,822
N14	Caála + Chissola + Cuima	1,418
N26	Lubango + Chibia + Humpata	1,463
N29	Namíbia	15,6

A definição das atribuições nos nós foi feita por uma tabela do tipo (exemplo do nó N18 do sistema CuneneA):

Efluência no nó 18	Atribuição aos			
	Arco 12	Arco 35	Arco 36	Arco 37
0	0	0	0	0
5	3,685	0,445	0,600	0,270
50	48,685	0,445	0,600	0,270
200	198,685	0,445	0,600	0,270

Quadro 22 - Consumos para rega no sistema CuneneB0

Mês	Perímetro de rega da Matala	Perímetro de rega de Humbe
	Consumo (hm ³ /mês)	
Algodão		
Outubro	4,73	27,0
Novembro	4,20	24,0
Dezembro	4,03	23,0
Janeiro	2,10	12,0
Arroz		
Outubro	9,98	57,0
Novembro	7,70	44,0
Dezembro	5,78	33,0
Janeiro	3,50	20,0
Fevereiro	1,23	7,00
Março	2,63	15,0
Abril	2,80	16,0
Citrinos		
Outubro	6,13	35,0
Novembro	6,48	37,0
Dezembro	4,03	23,0
Janeiro	2,10	12,0
Fevereiro	0,00	0,00
Março	1,23	7,00
Abril	3,85	22,0
Maior	4,03	23,0
Junho	3,33	19,0
Julho	3,68	21,0
Agosto	4,73	27,0
Setembro	4,73	27,0

Sempre que não foram definidas as funções de atribuição essas são feitas automaticamente sendo iguais para todos os arcos que não são derivações.

As funções de atribuição dos consumos da água podem ser diferentes em cada período de análise no ano na simulação do sistema, mas não de ano para ano. É o caso dos consumos para a rega.

Apresentam-se os valores dos consumos adoptados na simulação no sistema CuneneB0, Quadro 22.

Para os nós que dizem respeito a albufeiras foram introduzidos os dados que definem a relação entre as cotas da água e o volume dessa albufeira e as regras de operação em cada período de análise no ano. Estes dados incluem:

- volume total e volume inicial de armazenamento;
- efluência ou descarga mínimas, se as houver, em função do volume armazenado;
- funções cota-volume armazenado e cota-área inundada;
- perda diária por evaporação (altura ou volume por unidade de área).

Nos Quadros 23 a 30 são apresentados os valores das curvas cota-volume armazenado e área da superfície livre adoptados nas simulações dos sistemas CuneneB1 a CuneneB5 respectivamente para Gove, Matala, Calueque, Ruacaná, Jamba ia Oma, Jamba ia Mina, Catembulo e Cova do Leão.

Os valores apresentados são retirados de publicações (Gove e Matala), dos projectos (Jamba ia Oma e Jamba ia Mina) ou são estimados através das cartas cartográficas em complementos de alguns valores disponíveis.

Quadro 23 - Cotas, volumes e áreas da albufeira do Gove

Cota (m)	Volume (hm ³)	Área (km ²)
1541	0,0	0,0
1560	161,5	17,0
1565	293,8	35,9
1570	509,5	50,4
1575	804,8	67,7
1580	1220,5	98,6
1585	1809,3	136,9
1590	2597,0	178,2

Quadro 24 - Cotas, volumes e áreas da albufeira da Matala

Cota (m)	Volume (hm ³)	Área (km ²)
1284	0	0
1285	10	1
1303	100	8
1306	244	16

Quadro 25 - Cotas, volumes e áreas da albufeira do Calueque

Cota (m)	Volume (hm ³)	Área (km ²)
1088.0	0,0	0,0
1090.0	0,4	0,4
1092.5	23,4	18,0
1095.0	133,4	70,0
1097.5	417,2	157,0

Quadro 26 - Cotas, volumes e áreas da albufeira do Ruacaná

Cota (m)	Volume (hm ³)	Área (km ²)
880	0,0	0,0
885	2,0	0,2
890	5,0	0,7
894	7,6	1,1

Quadro 27 - Cotas, volumes e áreas da albufeira de Jamba ia Oma

Cota (m)	Volume (hm ³)	Área (km ²)
1495	0	0
1500	10	6
1505	140	26
1515	600	74
1520	1088	110

Quadro 28 - Cotas, volumes e áreas da albufeira de Jamba ia Mina

Cota (m)	Volume (hm ³)	Área (km ²)
1395	0	0
1400	2	1
1405	19	7
1410	89	22
1415	260	47
1420	568	71

Quadro 29 - Cotas, volumes e áreas da albufeira de Catembulo

Cota (m)	Volume (hm ³)	Área (km ²)
1190	0	0
1200	2	2
1210	22	6
1220	468	26
1228	1230	54

Quadro 30 - Cotas, volumes e áreas da albufeira de Cova do Leão

Cota (m)	Volume (hm ³)	Área (km ²)
1171	0	0
1180	18	10
1190	179	47
1197	776	168

As regras de efluência da água de albufeiras baseadas nos volumes armazenados requerem a definição do número das zonas, e as fronteiras desses volumes em cada zona, para cada período de análise no ano. Assim para cada zona da albufeira, sempre que necessário, foram indicados os seguintes elementos:

- volume inicial superior de armazenamento e a respectiva efluência;
- volume final superior de armazenamento e a respectiva efluência;
- volume inicial inferior de armazenamento e a respectiva efluência;
- volume final inferior de armazenamento e a respectiva efluência.

Os valores adoptados nas várias simulações são apresentados no Quadro 31.

Quadro 31 - Definição de zonas nas albufeiras

Albufeiras	Cota inferior	Cota superior
Gove	1570	1580
Jamba ia Oma	1515	1518
Jamba ia Mina	1410	1418
Matala	1303	1305
Catembulo	1220	1224
Cova do Leão	1190	1195
Calueque	1091	1092
Ruacaná	890	893

Os dados de evaporação das quatro albufeiras existentes são apresentados no Quadro 32.

Quadro 32 - Evaporações nas quatro albufeiras (mm)

Mês	Gove	Matala	Calueque	Ruacaná
Outubro	68	112	160	192
Novembro	40	72	116	160
Dezembro	0	64	116	160
Janeiro	0	16	58	96
Fevereiro	0	16	58	64
Março	0	16	58	64
Abril	0	32	116	128
Mai	52	56	116	128
Junho	52	96	160	144
Julho	52	96	160	144
Agosto	68	112	160	144
Setembro	68	112	160	176

Para as outras albufeiras foram adoptados os mesmos valores, respectivamente, Jamba ia Oma igual a Gove, Jamba ia Mina e Catembulo iguais a Matala, e Cova do Leão igual a Calueque.

Para os nós que são estações hidrométricas foram definidos ficheiros de caudais, para serem lidos durante a simulação do sistema. Todos os dados de escoamentos associados a todos os locais com observações têm de ser incluídos num único ficheiro para ser lido durante a simulação do sistema.

Os vários ficheiros de caudais com os valores adoptados nas várias simulações são apresentados no Anexo 3.

O ficheiros contêm o seguinte:

- o número e nomes das estações com medições de caudais;
- as constantes de conversão de caudais e as unidades de escoamento e de volume;
- o ano do início, o número de anos dos dados e o número de períodos de análise no ano;
- o número de réplicas, repetições das sequências de caudais.

8.2.3 Dados para os arcos

De modo análogo aos nós, os dados para os arcos têm os requisitos específicos de acordo com os tipos.

O único requisito comum a todas os arcos é o do nome. De modo semelhante aos nós, se não for especificado um nome, ele será dado por defeito.

As centrais hidroeléctricas ou de bombagem podem ser situados em qualquer arco. Os dados requeridos para estas centrais foram os seguintes:

- capacidade (potência) da central e carga nominal de projecto;
- escoamento mínimo para a produção de energia, para a carga nominal;
- factor da central (fracção do tempo em que a energia é produzida) para cada período;
- constantes da produção de energia para efectuar a conversão para energia produzida;
- funções cota-volume armazenado em cada um dos dois nós (pode ser constante).

As constantes de produção de energia convertem os caudais diários e as cargas em energia. Estas constantes incluem as eficiências da central e das condutas de admissão. Embora estas eficiências variem com a carga, no IRAS elas são consideradas constantes.

As constantes da produção da energia podem ser derivadas da seguinte equação:

$$\text{Potência (kilowatts)} = 9,81 \times \text{Caudal (m}^3/\text{s)} \times \text{Carga (m)} \times \text{eficiência.}$$

Por sua vez a energia produzida em cada passo de cálculo é dada por:

$$\text{Energia (kilowatts-horas)} = \text{Potência (kilowatts)} \times \text{horas.}$$

Os valores adoptados nas várias simulações são apresentados no Quadro 33.

Quadro 33 – Dados para arcos produção de energia

Albufeiras	Potência (kW)	Cota da turbina (m)	Constante de energia	Factor de produção
Jamba ia Oma	50 000	1477	0,00000378	0,6
Jamba ia Mina	126 000	1329		
Matala	45 000	1286		
Ruacaná	140 000	750		

8.3 Resultados das simulações com o IRAS

A simulação gerou uma enorme quantidade de dados, incluindo os volumes armazenados, os consumos e as perdas, as produções de energia hidroeléctrica em muitos locais e em múltiplos períodos de tempo.

O exame de todos esses resultados, mesmo utilizando as capacidades disponíveis no IRAS para apresentação de gráficos interactivos das séries temporais e de quadros, pode tomar um tempo exagerado. Não há necessidade de examinar todos os resultados obtidos, mas sim saber onde e quando o sistema está em carência, e escolher alguns dados nesses períodos críticos.

A escolha da opção de visualização com códigos de cores permitiu identificar facilmente os períodos em que o comportamento do sistema não foi satisfatório. Esta informação ajudou a concentrar a atenção na busca das causas das falhas dos sistema.

Para a visualização com códigos de cores foi necessário definir dois valores limites associados a cada variável de interesse. Esses dois valores dividem a gama dos possíveis valores de cada variável simulada em três zonas: a zona inferior, a zona média e a zona superior. Essas zonas dos valores das variáveis tomaram diferentes significados dependendo do tipo de variável e dos interesses do utilizador.

Os valores limites definidos não afectam a simulação. Apenas dividem os valores de qualquer variável em três gamas ou zonas correspondentes ao que o utilizador considera

satisfatório, de aviso, ou de falha das condições previstas. A cada uma das três zonas designada uma cor. A zona satisfatória é representada pelo verde, a zona de aviso amarelo, e a zona de falha pelo vermelho. Há seis opções resultantes das combinações cores e da ordenação das mesmas em relação às zonas altas, médias e baixas.

Por exemplo, os volumes de uma albufeira devem ser descritas pela opção 1 em que verde corresponde à zona média, o amarelo à zona superior e o vermelho à zona inferior. variáveis caudais podem ser descritas pela opção 2, em que o verde corresponde à zona superior, o amarelo à zona média e o vermelho à zona inferior. A opção 3 pode ser utilizada para as perdas por evaporação, em que o verde corresponde à zona inferior, o amarelo à zona média e o vermelho à zona superior.

A opção 4 é simétrica da opção 1, isto é, o verde continua a ser a zona média, mas o amarelo corresponde à zona inferior, e o vermelho à zona superior. Por sua vez, as opções 5 e 6 só utilizam duas cores, o verde para a zona média, e respectivamente o vermelho e o amarelo para ambas as zonas superior e inferior.

Por exemplo, os níveis que dividiram estas três zonas no caso dos abastecimentos às povoações (opção 2), corresponderam a respectivamente a 60% e a 30% do valor nominal. Ver Quadros 34 e 35.

De modo semelhante, para o abastecimento dos perímetros de rega foram adoptadas as mesmas percentagens.

No que diz respeito ao armazenamento nas quatro albufeiras, foram definidas os limites de zonas apresentados no Quadro 36.

Entre as muitas opções para apresentar alguns, ou todos, os valores das variáveis simuladas ao longo do tempo em qualquer nó ou arco, ou ao longo do espaço em qualquer instante de tempo foram escolhidos os conjuntos de quatro gráficos de variáveis simples conforme exemplo da Figura 38.

Os gráficos de séries temporais podem ser de variáveis simples ou múltiplas no mesmo gráfico. Os gráficos espaciais têm como eixo horizontal a sequência dos arcos ou dos nós.

Quadro 34 - Definição dos limites dos consumos nas zonas urbanas no sistema CuneneA

Número no sistema do programa IRAS	Nome da povoação	Consumo normal (hm ³ /mês)	Consumo restringido (hm ³ /mês)	Consumo difícil (hm ³ /mês)
N31	Ekunha	0,113	0,068	0,034
N30	Tchikala-Tcholoanga	0,009	0,005	0,003
N29	Huambo	2,700	1,620	0,810
N35	Caála	0,821	0,493	0,246
N37	Catata-Longonjo	0,518	0,311	0,155
N34	Cuima	0,079	0,047	0,024
N32	Chipindo-Sanguene	0,057	0,034	0,017
N6	Cusse	0,140	0,084	0,042
N41	Caconda	0,445	0,267	0,134
N40	Caluquembe	0,600	0,360	0,180
N56	Calépi	0,086	0,052	0,026
N39	Chicomba	0,270	0,162	0,081
N60	Negola	0,172	0,103	0,052
N33	Bambi	0,011	0,007	0,003
N42	Quipungo	0,180	0,108	0,054
N43	Matala	0,230	0,138	0,069
N23	Humpata	0,068	0,041	0,020
N58	Lubango	0,990	0,594	0,297
N55	Chibia	0,405	0,243	0,122
N52	Chiange-Chibemba	0,099	0,059	0,030
N22	Mulondo	0,108	0,065	0,032
N48	Cahama	0,225	0,135	0,068
N44	Mucope	0,183	0,110	0,055
N46	Humbe	0,020	0,012	0,006
N57	Chitado	0,049	0,029	0,015
N54	Oncócuá	0,086	0,052	0,026
N59	Foz do Cunene	0,001	0,001	0,000
N50	Namíbia	15,60	9,360	4,680

Quadro 35 - Consumos nas zonas urbanas nos sistemas CuneneB0 e seguintes

Número no sistema do programa IRAS	Nome da povoação	Consumo normal (hm ³ /mês)	Consumo restringido (hm ³ /mês)	Consumo difícil (hm ³ /mês)
N6	Huambo + Ekunha + Tchikala	2,822	1,693	0,847
N14	Caála + Chissola + Cuima	1,418	0,851	0,425
N26	Lubango + Chibia + Humpata	1,463	0,878	0,439
N29	Namíbia	15,60	9,360	4,680

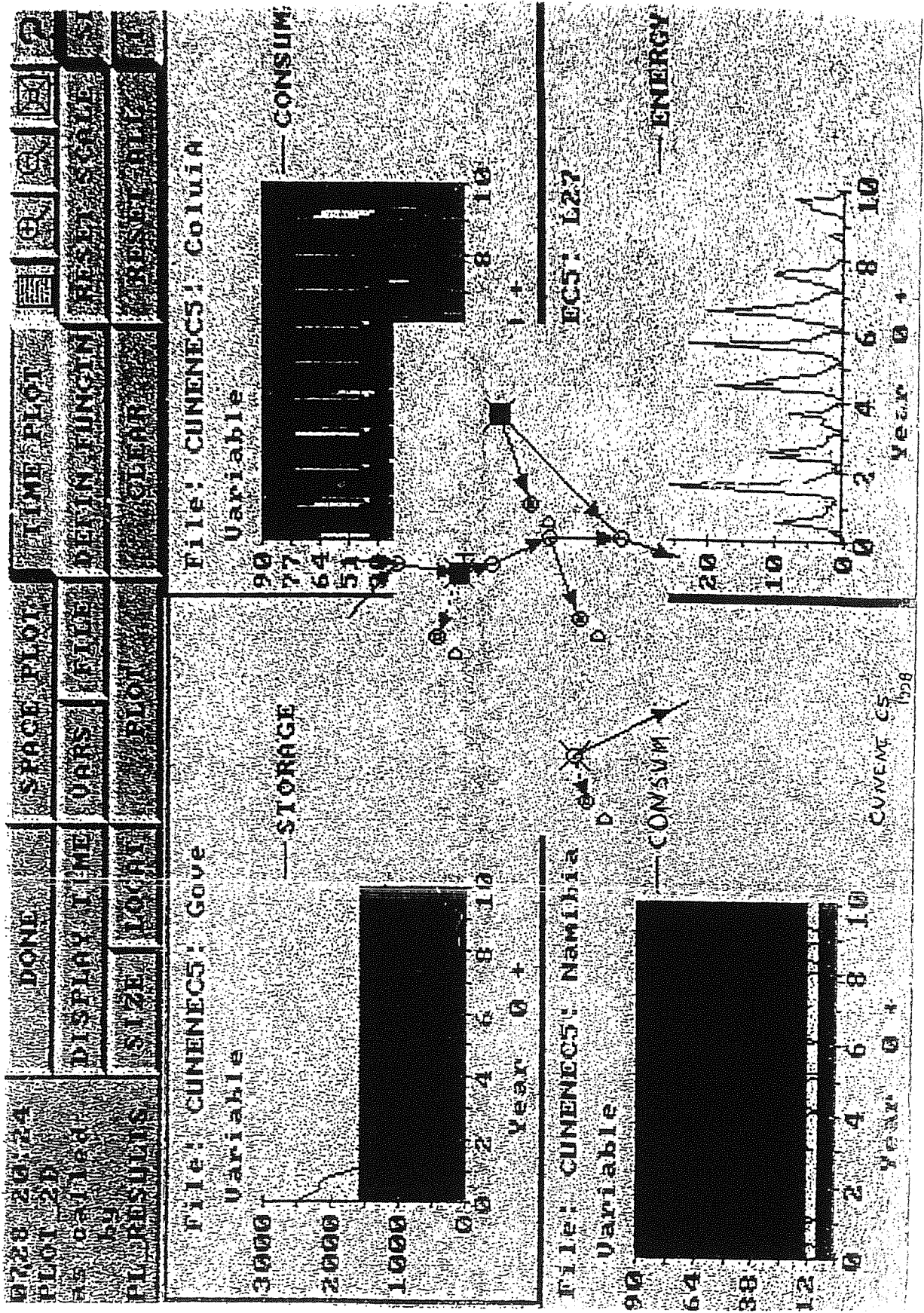


Figura 38 - Exemplo de conjuntos de gráficos com os resultados das simulações

Quadro 36 - Limites das zonas nas quatro albufeiras (m)

Limites	Gove	Matala	Calueque	Ruacaná
Superior	1580	1305	1092	893
Inferior	1570	1303	1091	890
Limites	Jamba Oma	Jamba Mina	Catembulo	Cova Leão
Superior	1518	1418	1224	1195
Inferior	1515	1410	1220	1190

Durante as simulações puderam ser vistas a sucessão dinâmica de imagens mostrando a variação no tempo dos valores das variáveis. Cada imagem mostra cada nó ou arco (ou a sua representação geográfica) com uma cor verde, amarela ou vermelha.

Esta visualização não é reproduzível em relatório, podendo apenas ser feita nos monitores dos computadores.

Além dos gráficos das séries temporais e espaciais, a informação estatística também pôde ser apresentada nos monitores dos computadores, e que incluem a fiabilidade e a resiliência, para todas as variáveis para as quais foram definidos valores limites.

Nos Quadros 37 e 38 são apresentados os valores obtidos nas várias simulações.

Quadro 37 - Fiabilidades no abastecimento de água na bacia do rio Cunene

Nomes	CuneneB2		CuneneB5		CuneneC5		CuneneD5	
	Fiab. amar.	Fiab. verde	Fiab. amar.	Fiab. verde	Fiab. amar.	Fiab. verde	Fiab. amar.	Fiab. verde
Huambo	1	1	1	1	1	1	1	1
Matala	0,33	0,29	1	1	0,40	0,39	0,39	0,39
Mulondo	0,25	0,25	0,83	0,83	0,90	0,89	0,90	0,89
Colui	0,04	0,04	0,71	0,71	0,22	0,15	0,22	0,15
Humbe	0,29	0,17	0,25	0,25	0,38	0,24	0,39	0,24
Cafu	0,30	0,25	0,92	0,92	0,95	0,92	0,98	0,93
Lubango	1	1	1	1	1	1	1	1
Tchipa	0,13	0,04	0,79	0,71	0,33	0,08	0,33	0,08
Calueque	0,23	0,21	0,92	0,92	0,92	0,88	0,95	0,87
Namíbia	0,83	0,79	0,83	0,79	0,85	0,83	0,81	0,80

Na Fig. 39 é apresentado um exemplo das distribuições de probabilidade.

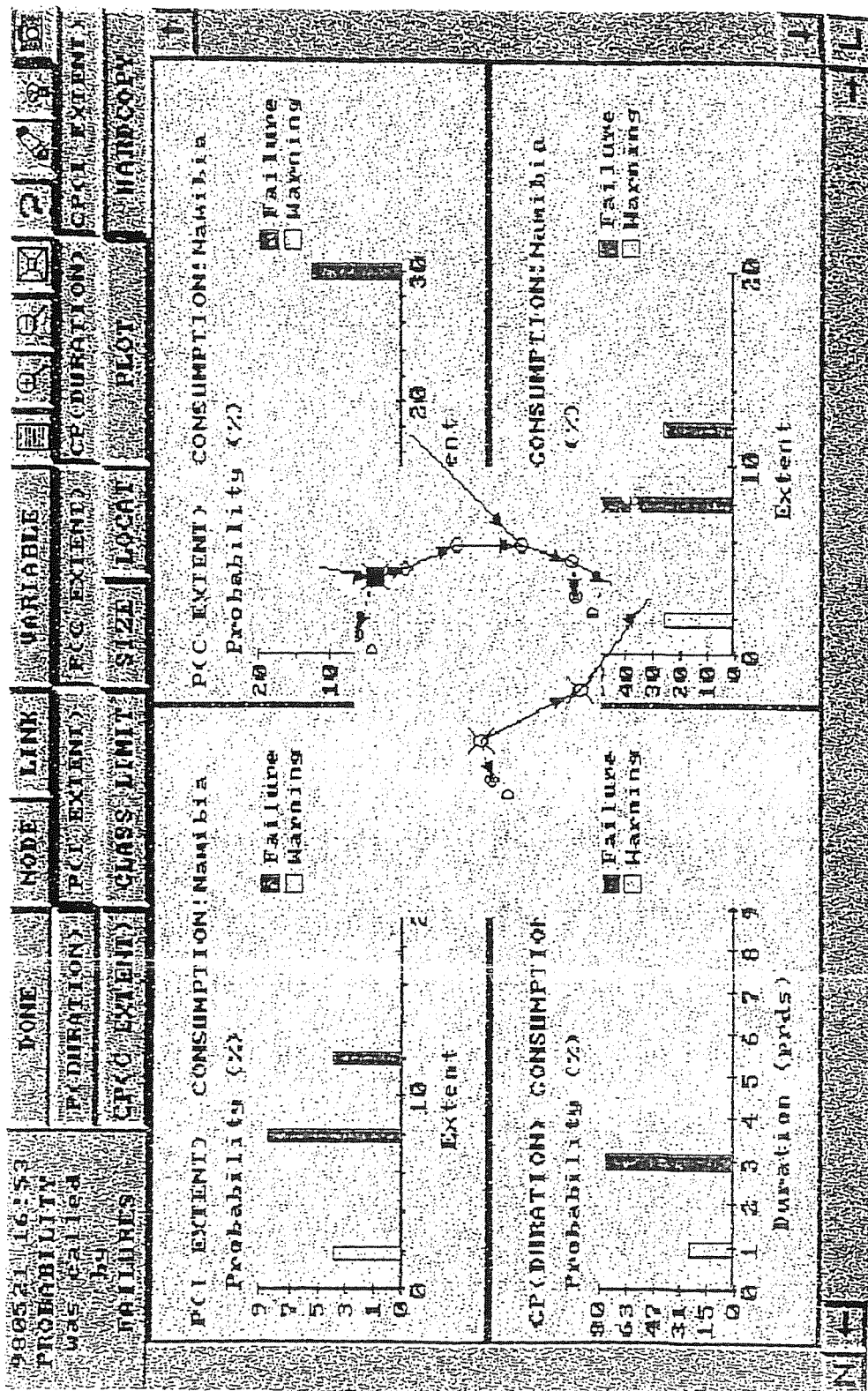


Figura 39 - Exemplo das distribuições de probabilidade dos resultados das simulações

Quadro 38 - Resiliências no abastecimento de água na bacia do rio Cunene

Nomes	CuneneB2		CuneneB5		CuneneC5		CuneneD5	
	Resil. verm.	Resil. amar.	Resil. verm.	Resil. amar.	Resil. verm.	Resil. amar.	Resil. verm.	Resil. amar.
Matala	0,06	1			0,14	1	0,14	
Mulondo	0,06		0,08		0,92		0,92	
Colui	0,04		0,28		0,09		0,09	
Humbe	0,12	0,67	0,11	0,50	0,13	0,53	0,14	0,50
Cafu	0,12	1	0,11		0,50	0,50	0,33	1
Tchipa	0,10	0,50			0,11	0,33	0,11	0,33
Calueque	0,11	1	0,50		0,50	0,50	0,83	0,50
Namíbia	0,50	1	0,50	1	0,39	0,67	0,44	1

8.4 Análise dos resultados das simulações com o IRAS

8.4.1 Simulações no sistema CuneneA

As simulações efectuadas com o sistema CuneneA tiveram dois objectivos principais: testar as capacidades do programa IRAS e verificar a importância relativa dos vários consumos actuais em relação às disponibilidades de água do rio Cunene.

O primeiro dos dois objectivos conduziu a um relativo elevado número de simulações para acerto dos dados de entrada e para a compreensão das principais características dos resultados que se podiam obter das simulações. Como já foi referido, estas simulações utilizaram apenas dois anos de dados de caudais, a fim de facilitar a interpretação física dos resultados obtidos. Nessa primeira série de simulações foram sendo sucessivamente corrigidas as lacunas de dados e incorrecções de definição do sistema físico.

Uma primeira verificação feita foi da dificuldade em incluir todos os centros de consumo devido à limitação imposta pelo programa, apenas 60 nós e 60 arcos. Mas, tendo também sido verificado que a maioria dos centros de consumos necessita de quantidades de água muito pequenas quando comparadas com os caudais disponíveis, foi decidido passar ao sistema designado CuneneB0.

8.4.2 Simulações no sistema CuneneB0

No sistema CuneneB0, diminuindo o número de centros de consumo e de estações hidrométricas com dados de caudais mensais, foi introduzida a simulação dos consumos agrícolas, os quais são do ponto de vista da quantidade de água consumida muito importantes.

A não consideração das albufeiras existentes permitiu verificar a importância relativa do consumo agrícola que teve existência desde há algumas décadas. Este sistema será talvez aquele que corresponderá a uma situação próxima da situação correspondente à observação dos dados de caudais observados no período de 1963 a 1973.

Nas simulações efectuadas verificou-se que para os perímetros de rega de Humbe e Matala não houve falhas de abastecimento durante os dois anos simulados, mas que a derivação para a Namíbia em 3 dos 24 meses houve insuficiência de água.

Este último resultado indica a necessidade de regularização, a qual foi prevista para a albufeira de Gove.

8.4.3 Simulações no sistema CuneneB1

No sistema CuneneB1 continuaram a ser considerados apenas dois perímetros de rega mas com 12 meses de atribuição de água.

A simulação da regularização na albufeira do Gove foi feita para vários casos de curva de exploração. Verificou-se, por exemplo, que para uma regularização de 200 hm³/mês em Gove, não há falhas no abastecimento para a Namíbia, desde que se considere apenas dois perímetros de rega, os de Matala e Humbe. O mesmo sucede para uma regularização de 100 hm³/mês em Gove.

No que respeita à produção de energia hidroeléctrica, considerando uma regularização de 100 hm³/mês, foram obtidas as médias de cerca de 300 GWh/ano em Matala e de 270 GWh/ano em Ruacaná. Faz-se notar que esta última energia calculada merece alguma reserva devido à insuficiência de dados fidedignos no que diz respeito às características das turbinas e ao aproveitamento de Ruacaná. Mas para efeito de comparação relativa de vários cenários o valor

calculado é importante, mesmo que não corresponda exactamente ao que existe instalado nessa barragem.

8.4.4 Simulações no sistema CuneneB2

O sistema CuneneB2 difere do anterior pelo facto de ter sido considerada a rega em apenas quatro meses por ano, mas estendida a 7 perímetros de rega, também com dotações médias em relação aos extremos possíveis, dependentes das culturas adoptadas, introduzidos todos os perímetros de regas previstos. Também foi considerada a albufeira do Gove e a produção de energia hidroeléctrica em Matala e em Ruacaná.

A consideração de 7 perímetros de rega, com 12 meses de distribuição de água por ano, e para uma dotação média, em relação aos extremos indicados anteriormente vem alterar os resultados obtidos.

No que diz respeito aos perímetros de rega alimentados directamente do rio Cunene verifica-se que a distribuição de água é possível, com nenhuma ou pequenas falhas, como são o caso dos perímetros de Mulondo, Humbe e Cafu. Já no que diz respeito aos perímetros dependentes da água dos afluentes Colui e Caculuvar a situação é completamente diferente. Nestes dois casos a água disponível naturalmente, em geral, não corresponde a metade das necessidades.

Também se verifica, devido ao desvio de água para todos os perímetros de rega, que o fornecimento de água à Namíbia fica comprometido nalguns meses do ano, mais precisamente 5 vezes em 24 períodos.

No que diz respeito à produção de energia, não se nota alteração em Matala após o desvio de água para a rega, o que era de prever visto que está situada a montante dos perímetros de rega, e uma ligeira diminuição para uma produção média de 2650 GWh/ano em Ruacaná.

8.4.5 Simulações no sistema CuneneB3

No sistema CuneneB3 foi introduzido o aproveitamento de Jamba ia Oma, com produção de energia, e um caudal imposto de 100 hm³/mês.

Verifica-se que o aproveitamento comporta-se praticamente como um fio de água permanecendo sempre a albufeira cheia, com excepção do primeiro mês de cálculo, visto que o período de análise é o mês.

No que diz respeito à produção da energia produzida verifica-se que a produção nesse novo aproveitamento é de cerca de 300 GWh/ano, subindo a produção na Matala para cerca de 400 GWh/ano e descendo ligeiramente para 2620 GWh/ano em Ruacaná. Faz-se notar, no entanto, que estas alterações na Matala e em Ruacaná também podem resultar de diferentes condições iniciais impostas na simulação. Não devem ser imputadas exclusivamente à variação do sistema simulado. Com efeito, as simulações feitas também têm por finalidade apreciar outras características do sistema que não é possível resumir em poucos parágrafos.

Como seria de esperar não foram notadas alterações significativas no fornecimento de água para a rega e para a Namíbia.

8.4.6 Simulações no sistema CuneneB4

No sistema CuneneB4 foi introduzido mais um aproveitamento, o de Jamba ia Mina. Além disso foram consideradas outras imposições diferentes na gestão das albufeiras. Assim foi considerado um volume inicial em Gove de 1000 hm³ e foi imposta uma regularização no mesmo aproveitamento de 130 hm³/mês. Nos aproveitamentos de Jamba ia Mina e Jamba ia Oma não foi imposta nenhuma regularização adicional (atribuição nula segundo a terminologia do programa).

A introdução deste aproveitamento não vem alterar significativamente as dotações para a rega nem o abastecimento à Namíbia.

No que diz respeito à energia produzida, e com as condições de exploração impostas ao sistema, verificaram-se as seguintes produções de energia, 311 GWh/ano na Matala, 455 GWh/ano em Jamba ia Oma, 1411 GWh/ano em Jamba ia Mina e 2760 GWh/ano em Ruacaná. Deste modo, em relação à anterior simulação, a produção é maior em Ruacaná e menor na Matala.

8.4.7 Simulações no sistema CuneneB5

No sistema CuneneB5 foram introduzidos mais dois aproveitamentos, Catembulo, no afluente Colui, e Cova do Leão, no afluente Caculuvar. O objectivo destes dois aproveitamentos é o de garantir mais água aos perímetros de rega de respectivamente Colui e Tchipa.

De facto, a sua inclusão faz subir a garantia de água de 26% para 90% no primeiro dos dois perímetros, e de 37% para 79% no segundo. É evidente que estas percentagens são válidas apenas para o período simulado que é de dois anos.

No que diz respeito à produção da energia, verifica-se que na Matala é a mesma, e em Ruacaná é menor, passando para 2600 GWh/ano, o que seria de esperar por ter sido subtraída água ao sistema, a jusante da confluência do rio Colui.

8.4.8 Simulações no sistema CuneneC5

O sistema CuneneC5 é idêntico ao sistema CuneneB5 excepto no número de anos de simulação. Neste caso foi utilizado um período de 10 anos hidrológicos, de 1963/1964 a 1972/1973, correspondente à série histórica reconstituída, com a excepção dos postos hidrométricos de Cova do Leão e de Humpata, com dados incipientes. Na simulação, os caudais nestes dois postos foram considerados como 5 réplicas dos caudais de 2 anos utilizados nas anteriores simulações.

Verificou-se que na maior parte dos anos o escoamento em Jamba ia Mina é superior ao escoamento em Ruacaná, sendo em média de respectivamente 4915 hm³/ano e 3705 hm³/ano. No entanto nos anos mais húmidos essa relação é invertida, isto é, o escoamento em Ruacaná é superior a Jamba ia Mina, o que aconteceu em 30% dos anos.

Neste sistema, a energia produzida em Jamba ia Mina é superior à energia produzida em Ruacaná, respectivamente, 2900 GWh/ano e 2500 GWh/ano.

Verificou-se ainda que o abastecimento à Namíbia é insuficiente em pelo menos um mês em 80% dos anos.

A análise da evolução do volume na albufeira de Gove, o grande regularizador dos caudais do rio Cunene, permite concluir que a opção de impor uma atribuição de 130 hm³/mês é elevada, tendo sido por esta razão definido outro sistema.

8.4.9 Simulações no sistema CuneneD5

A diferença entre este sistema e o anterior é apenas a da atribuição na albufeira de Gove que foi diminuída para 80 hm³/mês.

Nestas condições, o escoamento médio anual em Jamba ia Mina e em Ruacaná é diminuído para respectivamente, 4755 hm³/ano e 3544 hm³/ano. O efeito dessa alteração é sentido sobretudo na produção de energia, que passa para cerca de metade, passando a energia produzida em Ruacaná a ser superior à energia produzida em Jamba ia Mina, respectivamente 1400 GWh/ano e 1200 GWh/ano.

A deficiência de abastecimento à Namíbia também sofre um ligeiro acréscimo.

Pode assim constatar-se da grande sensibilidade da produção de energia ao regime de exploração da albufeira de Gove, e a menor influência no abastecimento aos centros consumidores.

8.5 Síntese das simulações com o IRAS

As simulações efectuadas com o programa IRAS tiveram por objectivo principal avaliar as possibilidades da utilização dos recursos hídricos da bacia do rio Cunene, atendendo aos dados de disponibilidade dos mesmos recursos e a alguns dos muitos cenários de utilização da água que podem ser considerados.

A metodologia para a atingir o objectivo principal foi a seguinte:

- 1) Definir vários cenários utilizando apenas dois anos de dados de caudais. Isto permite averiguar muito mais rapidamente as características gerais do comportamento da bacia para várias hipóteses de desenvolvimento e, por consequência, de utilização da água. Houve o cuidado de escolher uma sequência

de um ano medianamente seco seguido de um ano medianamente húmido. Os sistemas foram designados de CuneneA a CuneneB5.

- 2) Efectuar simulações utilizando a série histórica de 10 anos, em dois sistemas designados CuneneC5 e CuneneD5, desenvolvidos no passo 1).

O número de simulações com eventual interesse para a fase de implementação do Plano para a Utilização Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cunene pode ser extraordinariamente elevado. Por esse motivo, as simulações adicionais devem ser feitas com sistemas definidos pelo GABHIC, de modo a representar as preocupações sobre o planeamento e a gestão desta bacia internacional.

Considerando os resultados dos passos 1) e 2) é possível desde já sintetizar alguns aspectos essenciais da utilização dos recursos hídricos da bacia do rio Cunene.

Os resultados da utilização do programa IRAS permitem obter facilmente as fiabilidades (fiabilidade verde e fiabilidade amarela) do abastecimento de água nos principais centros consumidores, de acordo com as definições feitas no presente estudo. No entanto, faz-se notar que estas definições estão dependentes de limites impostos arbitrariamente por cada decisor. No presente estudo esses limites correspondem à não satisfação de respectivamente 60% e 30% dos consumos nominais.

De modo semelhante, são obtidos os resultados das resiliências (amarela e vermelha) que indicam a capacidade de recuperação sistema quando há falhas no abastecimento.

Os resultados das várias simulações permitiram apresentar os Quadros 37 e 38 com as fiabilidades e as resiliências.

A análise do Quadro 37 permite concluir que o abastecimento dos centros populacionais não oferece dificuldades, mas o abastecimento aos perímetros agrícolas já é muito dependente das condições de exploração das barragens.

Os perímetros de rega de Colui e de Tchipa, dependentes da água dos afluentes, são os mais dificilmente abastecidos, considerando o cenário de desenvolvimento agrícola mediano.

O abastecimento à Namíbia, colocado a jusante de todos os outros centros consumidores poderia ser, por consequência, sensível aos consumos de montante. Mas verificou-se que essa sensibilidade não é muito grande.

No mesmo apresentam-se, para alguns perímetros, valores baixos de fiabilidade, mas essa pode ser facilmente elevada com outras premissas de simulação, como é o caso do perímetro da Matala.

As resiliências obtidas nas simulações não oferecem comentário especial.

Outro modo de analisar a possibilidade de rega é através da análise da percentagem de água que pode ser utilizada para esse fim, quando comparada com a que seria necessária. Esses valores são apresentados no Quadro 39 e correspondem às simulações nos sistemas CuneneB4 e CuneneB5.

Quadro 39 – Percentagens de água disponíveis em relação à necessária na bacia do rio Cunene

Nomes	CuneneB4	CuneneB5
Matala	70	75
Mulondo	71	71
Colui	26	94
Humbe	70	77
Cafu	70	73
Tchipa	37	79
Calueque	79	85
Namíbia	80	84

Embora estas percentagens não sejam ainda as correspondentes a um período significativo, pode ser concluído o seguinte:

- 1) Não deve haver água suficiente para a totalidade dos perímetros de rega.
- 2) Para implementar os perímetros de rega de Colui e de Tchipa é essencial construir respectivamente as barragens de Catembulo e Cova do Leão.
- 3) Com a hipótese de uma utilização intensa da rega, o abastecimento à Namíbia pode sofrer reduções.

No que diz respeito à produção da energia hidroeléctrica, foi verificado que ela é muito mais sensível à exploração das albufeiras, do que a que se verifica no abastecimento de água para a rega.

Por fim, pode ser indicado que a construção das barragens de Jamba ia Oma e Jamba ia Mina são mais importantes para a produção de energia do que para o abastecimento de água para rega. Com efeito, o efeito regularizador dessas duas barragens é pequeno quando comparado com o Gove.

9. EPÍLOGO

O Plano para a Utilização Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cunene deve ser dinâmico e adaptado às condições actuais da sociedade angolana.

O trabalho desenvolvido no Laboratório Nacional de Engenharia Civil teve de se adaptar a algumas dificuldades de percurso, das quais se salientam as relacionadas com:

- as limitações na obtenção de elementos;
- as alterações em relação ao previsto inicialmente;
- a quase ausência de visitas à bacia, com consequentes condicionamentos em termos de validações "in loco" dos elementos adoptados.

Estes aspectos são relativamente importantes, uma vez que o trabalho em recursos hídricos ganha maior robustez quando se tem acesso directo ao sistema fluvial, o que no presente caso não foi possível.

Também teria sido de grande interesse o acesso ao Estudo de Viabilidade do Aproveitamento de Epupa, aspecto que, no entanto, poderá ser posteriormente retomado se for decidida a revisão e actualização do Plano agora apresentado.

Nestas circunstâncias, caso seja decidida esta revisão e actualização, a sua implementação deverá ter em conta os seguintes objectivos principais:

- 1) Logo que possível garantir a instalação de algumas estações hidrométricas, fundamentalmente em locais próximos dos aproveitamentos identificados.
- 2) Atender sempre às negociações de partilha da água com a Namíbia. O que for resolvido politicamente é condicionante do desenvolvimento do aproveitamento da água na bacia do Cunene.
- 3) A recuperação das estruturas existentes deve ser feita antes do início de construção de novas estruturas.
- 4) O aproveitamento para fins agrícolas pode ser feito independentemente do aproveitamento para fins energéticos. Com efeito, pode ser feita uma análise quase independente desses dois tipos de aproveitamentos.
- 5) Poderão ser feitos estudos de viabilidade específicos para cada aproveitamento tendo como ponto de partida a análise feita neste trabalho, a qual deverá ser complementada com novas utilizações do programa IRAS, de modo a ser verificada a sua influência global.

VISTOS

COMPILAÇÃO



João Soromenho Rocha
Investigador-Coordenador

(Texto baseado nos vários volumes publicados)



Carlos Matias Ramos
O Chefe do Departamento de Hidráulica

ANEXO 1

Acordo entre o Governo de Portugal e o Governo da República da África do Sul sobre a 1ª fase do Aproveitamento dos Recursos Hídricos da bacia do Cunene

ACORDO ENTRE O GOVERNO DE PORTUGAL E O GOVERNO DA
REPÚBLICA DA ÁFRICA DO SUL SOBRE A PRIMEIRA FASE
DO APROVEITAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA
DO CUNENE

1. Este Acordo é em seguimento de:

- 1.1. Acordo entre o Governo de Portugal e o Governo da República da África do Sul, relativamente aos rios de interesse comum e ao Esquema do Rio Cunene, assinado em Lisboa em 13 de Outubro de 1964;
- 1.2. Completos estudos efectuados sob a orientação dos dois Governos, em conformidade com a Secção I do dito Acordo de 13 de Outubro de 1964, assim como várias discussões e negociações a níveis técnico e diplomático sobre a utilização óptima conjunta dos recursos hídricos da bacia do Cunene, de harmonia com a referida Secção;

e tem por objectivo conseguir os seguintes benefícios:

- a) Regularização do escoamento do Cunene;
- b) Melhoria de produção de energia hidro-eléctrica em Matala;
- c) Início de rega e abastecimento de água a pessoas e animais, no Médio Cunene;

- d) Abastecimento de água a pessoas e animais no Sudoeste Africano e início de rega na Ovambolândia;
- e) Produção de energia hidro-eléctrica em Ruacaná.

2. ASPECTOS GERAIS

Os dois Governos acordam:

- 2.1. Que os estudos parciais efectuados pelos Grupos de Trabalho Sul-Africano e Português, considerados em conjunto, sirvam de base ao aproveitamento dos recursos hídricos da bacia do Cunene e que a localização óptima, características, dimensões e objectivos de cada componente, assim como o programa e prioridades a respeitar na sua execução, sejam definidos a partir de considerações técnicas, económicas, sociológicas e outras relevantes que se mostrem pertinentes na altura em que for tomada uma decisão.
- 2.2. Que se crie uma Comissão Técnica Conjunta Permanente, unicamente com carácter consultivo, para estudo e informação dos assuntos relacionados com o presente Acordo.

A Comissão será constituída por igual número de membros de cada país, nomeados pelos respectivos Governos. O regulamento segundo o qual a Comissão actuará será submetido à aprovação dos dois Governos.

3. EMPREENHIMENTOS A EXECUTAR NA PRIMEIRA FASE

Acorda-se que os trabalhos a executar na primeira fa-

se do aproveitamento dos recursos hídricos da bacia do Cunene sejam:

- 3.1. Uma barragem em Gove, construída com o nível de pleno armazenamento à cota de 1 590 metros acima do nível médio do mar (nível de referência português), para fins de regularização do Cunene.
- 3.2. Uma barragem em Calueque, construída com o nível de pleno armazenamento à cota de 1 098 metros acima do nível médio do mar (nível de referência sul-africano), para fins de regularização adicional do escoamento do Cunene de acordo com as necessidades da central a construir em Ruacaná.
- 3.3. Um esquema para bombear água do Cunene, em Calueque, destinada ao abastecimento de pessoas e animais no Sudoeste Africano e início de rega na Ovambolândia.
- 3.4. Uma central hidro-eléctrica em Ruacaná e respectivas obras de derivação para fornecimento de energia, principalmente ao Sudoeste Africano.

4. DISPOSIÇÕES RELATIVAS AOS EMPREENDIMENTOS DA PRIMEIRA FASE

4.1. Barragem de Gove:

- 4.1.1. O dimensionamento, projecto, especificações, caderno de encargos, adjudicação do concurso, construção, fiscalização e recepção das obras serão da inteira responsabilidade e competência das Autoridades Portuguesas.

- 4.1.1.1. A barragem será construída de acordo com o projecto, documentos de concurso e condições já apresentadas às Autoridades Sul-Africanas.
- 4.1.1.2. O caderno de encargos final e as recomendações para adjudicação serão enviados às Autoridades Sul-Africanas, que se comprometem a apresentar os seus comentários dentro de 30 dias a contar da recepção destes documentos.
- 4.1.2. Atendendo à urgente necessidade de Portugal em melhorar a produção de energia em Matala e iniciar a rega e abastecer de água pessoas e animais no Médio Cune, o Governo da República da África do Sul concorda com a construção imediata da barragem de Gove.
- 4.1.3. A República da África do Sul participará no financiamento da barragem de Gove relativo às obras referentes à função de regularização, mas excluindo especificamente as despesas correspondentes às obras para a prevista produção de energia hidro-eléctrica, unicamente de interesse para o Governo Português. A responsabilidade financeira da África do Sul, nos termos deste Acordo, é limitada a R 8 125 000, devendo 50% deste montante assumir a forma duma contribuição directa (não reembolsável) e o restante assumir a forma dum empréstimo a 20 anos, à taxa de juro de 5% ao ano sobre o saldo em dívida a pagar anualmente sem antecipação.
- 4.1.4. Os pagamentos relativos à participação da República

da África do Sul no financiamento das obras referentes à função de regularização serão feitos de acordo com as necessidades do contrato de execução das obras e as importâncias serão postas à disposição da ma Autoridade Portuguesa especialmente criada para esse fim pelo Governo Português.

- 4.1.5. As Autoridades Portuguesas garantirão sempre acesso a todas as partes do esquema a um observador Sul-Africano especialmente nomeado, que manterá as Autoridades Sul-Africanas informadas sobre o andamento dos trabalhos a fim de que o intervalo entre os pedidos de pagamento feitos pelas Autoridades Portuguesas e a satisfação de tais pedidos pela África do Sul seja reduzido ao mínimo.
- 4.1.6. Relativamente aos pagamentos a fazer pela África do Sul nos termos do Artigo 4.1.4., 50% corresponderão à contribuição directa da África do Sul e 50% ao empréstimo.
- 4.1.7. Os juros sobre as importâncias correspondentes ao empréstimo da África do Sul começarão a contar a partir da data em que estas importâncias forem entregues à Auteridade Portuguesa a que se refere o Artigo 4.1.4. acima. Os juros acumulados anteriormente ao início da amortização do empréstimo nos termos do Artigo 4.1.8. serão capitalizados.
- 4.1.8. O empréstimo será amortizado em vinte prestações anuais iguais, com início no fim do primeiro ano a

contar da data em que as Autoridades Portuguesas receberem provisoriamente a barragem, do empreiteiro. A data de recepção provisória será aquela em que a barragem se possa considerar concluída para todos os efeitos práticos. A data dos pagamentos destas prestações poderá, a pedido das Autoridades Portuguesas, ser ajustada ao termo do ano económico português que se siga ao termo do ano económico em que a barragem tenha sido recebida provisoriamente.

- 4.1.9. Não obstante a participação financeira da África do Sul, a propriedade da totalidade das obras pertencerá ao Governo Português.
- 4.1.10. A exploração e conservação das obras serão da inteira responsabilidade e competência das Autoridades Portuguesas. Todas as despesas com elas relacionadas constituirão encargo das Autoridades Portuguesas.
- 4.1.11. Atendendo à contribuição da África do Sul para os encargos da barragem do Gove nos termos do Artigo 4.1.3. Portugal concorda em não retirar mais de 50% do escoamento regularizado resultante, o qual, para os fins deste Acordo, será tomado como 80 metros cúbicos por segundo em Enacaná, sujeito a ajustamento quando se dispuser da análise hidrológica comum a que se refere o Artigo 5.3.
- 4.1.12. A barragem do Gove será explorada de maneira a proporcionar um escoamento regularizado, calculado de

acordo com as características hidrológicas do Cunene, tão próximo quanto possível do escoamento regularizado a que se refere o Artigo 4.1.11. e que seja compatível com a quantidade de água armazenada na barragem.

Este processo de exploração será revisto por ambas as partes logo que uma barragem regularizadora adicional seja construída a montante de Calueque. Para os fins deste Artigo, a Comissão Técnica Conjunta Permanente pode ser consultada relativamente aos procedimentos técnicos a seguir.

4.1.13. Portugal poderá utilizar livremente, para produção de energia, o escoamento total de rio a montante do limite superior da albufeira do açude de derivação de Ruacaná.

Obras em Calueque

4.2.1. Atendendo à natureza humanitária do esquema, o Governo Português concorda com a construção e exploração imediatas do projecto da derivação, por meio de bombagem, de água do Cunene, para abastecimento a pessoas e animais no Sudoeste Africano e início de rega na Ovambolândia.

4.2.2. A quantidade de água a retirar por meio do esquema de bombagem, durante qualquer semana, será limitada a metade do escoamento natural do rio, no local da tomada, durante essa semana, sujeito a um caudal

máximo de 6 metros cúbicos por segundo.

- 4.2.3. Qualquer aumento da quantidade de água a retirar de verá ser objecto de negociações posteriores entre os dois Governos, quando a regularização do rio o justifique, e no quadro da utilização óptima conjunta do rio mutuamente acordada.
- 4.2.4. A água será retirada por meio das obras pormenorizadas nos documentos já aprovados pelo Governo Português.
- 4.2.5. O esquema de bombagem será explorado unicamente para abastecimento de água à pessoas e animais no Sudoeste Africano e início de rega na Ovambolândia e, nestas condições, nenhum pagamento será exigido relativamente ao máximo de 6 metros cúbicos por segundo a que se refere o Artigo 4.2.2.
- 4.2.6. A construção do esquema de bombagem de acordo com o projecto já aprovado poderá preceder qualquer dos outros esquemas a que se refere este Acordo, mas as disposições gerais que se seguem serão adoptadas tanto no esquema de bombagem como na barragem de Calueque, sempre que aplicáveis.
- 4.2.6.1. A preparação dos projectos e dos planos para os esquemas será da inteira responsabilidade e competência das Autoridades Sul-Africanas. Os projectos serão submetidos às Autoridades Portuguesas para consideração e aprovação.

4.2.6.2. As Autoridades Sul-Africanas serão responsáveis pela preparação dos cadernos de encargos.

4.2.6.3. Os cadernos de encargos e os contratos a celebrar com os empreiteiros ficarão sujeitos à lei Sul-Africana no que respeita às relações entre as Autoridades Sul-Africanas e os empreiteiros, mas a lei portuguesa, civil ou criminal, aplicar-se-á, no decurso da construção, aos empreiteiros propriamente ditos.

Todas as questões relativas à execução das obras e respectivos contratos, levantadas entre as Autoridades Sul-Africanas e os empreiteiros, serão, em caso de litígio, resolvidas em tribunais sul-africanos.

4.2.6.4. Os cadernos de encargos relativos às obras a construir em Angola serão enviados às Autoridades Portuguesas para aprovação e adaptação à lei portuguesa.

4.2.6.5. Os documentos a que se refere o Artigo 4.2.6.4. serão, depois de aprovados, devolvidos às Autoridades Sul-Africanas, que promoverão o anúncio dos concursos, numa base internacional, em nome das Autoridades Portuguesas e Sul-Africanas; estes cadernos de encargos serão publicados simultaneamente nas línguas portuguesa e inglesa, em Portugal, na África do Sul e no Sudoeste Africano.

4.2.6.6. Cópias de todas as propostas recebidas serão submetidas separadamente às Autoridades Portuguesas e Sul

-Africanas.

- 4.2.6.7. Aquelas Autoridades estudarão os documentos separadamente e a África do Sul submeterá as suas recomendações às Autoridades Portuguesas, que se comprometem a enviar os seus comentários dentro de 30 dias a contar da recepção dessas recomendações.
- 4.2.6.8. A adjudicação será da inteira responsabilidade da República da África do Sul, após consideração dos comentários das Autoridades Portuguesas.
- 4.2.6.9. A construção será da inteira responsabilidade da República da África do Sul, que suportará a totalidade do seu custo.
- 4.2.6.10. A execução das obras será sujeita à inspecção, em qualquer altura, de representante(s) português(es) especialmente nomeado(s) para o efeito pelas Autoridades Portuguesas.
- 4.2.6.11. A recepção final das obras será feita após a Comissão Técnica Conjunta Permanente ter informado que as obras foram concluídas nos termos do contrato.
- 4.2.6.12. Será da inteira responsabilidade da República da África do Sul pagar, nos termos da lei portuguesa, as indemnizações surgidas no decurso e resultantes da construção das obras.
- 4.2.7. A República da África do Sul terá direito de propriedade unicamente sobre os bens móveis incorporados nas obras, incluindo toda a maquinaria e outro equipamento que possam ser removidos sem danificar as obras imóveis. Todos os bens imóveis, incluindo o equipamento de desmontagem

gador e órgãos de descarga da barragem de Calueque, serão propriedade portuguesa.

4.2.8. A exploração das obras será da responsabilidade e competência das Autoridades Portuguesas, de acordo com as disposições dos Artigos 4.2.8.1. a 4.2.8.8., inclusive. Para este efeito, será criada uma entidade adequada, abaixo designada por "Exploração" (The Operating Authority).

4.2.8.1. O Director da Exploração será nomeado pelo Governo Português.

4.2.8.2. A fim de assegurar que as descargas da barragem de Calueque se coordenem com as exigências do consumo de energia da central de Ruacaná, a exploração da barragem de Calueque será efectuada através dum sistema de comando a distância accionado pela África do Sul a partir da central de Ruacaná. Este sistema de comando a distância estender-se-á também ao esquema de bombagem de Calueque.

4.2.8.3. Um duplicado do painel de controle e comando da exploração das obras de Calueque será instalado em Calueque, para permitir:

- a) que o comando seja efectuado em Calueque mediante instruções telefónicas recebidas de Ruacaná, em caso de avaria do sistema de comando a distância;
- b) que a Exploração exerça um comando rectificador, quando justificado nos termos do Artigo 4.2.8.4.

4.2.8.4. A Exploração não deverá interferir no sistema de co

mando a distância, excepto quando este for manobra do nitidamente em conflito com as condições expressas neste Acordo, devendo neste caso as Autoridades Sul-Africanas em Ruacaná ser imediatamente informadas. As Autoridades Sul-Africanas terão então o direito de recorrer para o Governador-Geral de Angola.

4.2.8.5. Se a Exploração não estiver satisfeita com a maneira como o comando é exercido a partir de Ruacaná, não terá o direito de interferir nos dispositivos montados em Calueque sem apresentar previamente o assunto e receber instruções do Governador-Geral de Angola, que deverá tomar uma decisão dentro dum período de 20 dias.

4.2.8.6. A República da África do Sul nomeará um representante permanente, designado por "Elemento de Ligação", ao qual se aplicam as seguintes disposições:

- (i) O Elemento de Ligação será de nacionalidade portuguesa ou sul-africana e a sua nomeação será submetida à aprovação das Autoridades Portuguesas.
- (ii) O Elemento de Ligação terá, ele próprio, acesso livre, em qualquer altura, a todas as partes do esquema. A fim de lhe permitir o desempenho das suas funções, será também garantido acesso aos seus delegados, equipamento, veículos e materiais, sujeito somente a notificação prévia à Exploração.

Com vista a definir os limites do esquema para fins de acesso, serão consideradas as seguintes zonas:

a) A superfície do reservatório e uma área de trabalho ao longo da margem, assim como acesso razoável a ela por terra.

b) Uma área vedada ou de outro modo demarcada, na qual estarão situados a barragem e o descarregador, secção de medição, obras de derivação, estação de bombagem, conduta elevatória, canal até à fronteira entre Angola e o Sudoeste Africano, estrada(s) de acesso, linhas de transporte de energia e de comunicações até à mencionada fronteira, alojamentos, escritórios e outros edifícios.

(iii) O Elemento de Ligação deverá indicar à Exploração, por escrito e duma maneira sistemática, periodicamente e pelo menos com uma semana de antecedência, a previsão das necessidades de água a satisfazer pelas obras de Calueque.

(iv) O Elemento de Ligação inspeccionará as obras, será responsável e tomará as medidas necessárias para proceder à manutenção, reparações, renovações e melhoramentos, com vista à exploração eficiente e económica do esquema. A Exploração será previamente notificada da intenção de concretizar estas medidas, e, caso en-

volvam qualquer modificação ao esquema projectado e aprovado, o Elemento de Ligação obterá aprovação prévia da Exploração.

(v) O Elemento de Ligação será responsável pela confirmação das despesas antes de o pagamento ser efectuado pela Exploração.

4.2.8.7. A Exploração efectuará leituras e medições e manterá registos do escoamento do rio e da água fornecida.

4.2.8.8. O custo real da exploração e das providências tomadas nos termos do Artigo 4.2.8.6. (iv) será suportado pelas Autoridades Sul-Africanas. A Exploração indicará as suas necessidades de pessoal permanente e auxiliar e preparará um orçamento anual das suas despesas, que será submetido à aprovação das Autoridades Sul-Africanas, após parecer do Elemento de Ligação. A Exploração enviará também trimestralmente, através do Elemento de Ligação, declarações das despesas efectuadas.

4.2.9. As comportas do descarregador da barragem do Calue que serão dimensionadas de modo a impedir que o nível de 1 098 metros mencionado no Artigo 3.2. seja excedido no paramento da barragem, em condições de cheias normais.

4.2.10. Após celebração do contrato para a construção da barragem de Calueque, o Governo da República da

África do Sul pagará ao Governo de Portugal uma importância de R 220 000 como compensação pelo terreno ocupado pelas obras e pela inundação de cerca de 18 000 hectares de terra resultante da construção da barragem a um nível de pleno armazenamento de 1 098 metros.

O Governo Português compromete-se a que, quando receber a compensação, as Autoridades Sul-Africanas possam iniciar os trabalhos de construção sem que o seu progresso seja retardado em consequência de não ser possível proceder à ocupação acima mencionada.

4.3. Central hidro-eléctrica de Ruacaná e obras de derivação

4.3.1. A central de Ruacaná e respectivas obras de derivação serão empreendimentos totalmente Sul-Africanos, sujeitos - no que respeita às obras em território português - às disposições dos Artigos 4.2.6.1., 4.2.6.10, 4.2.6.12 e 4.2.7 deste Acordo.

4.3.2. As Autoridades Sul-Africanas serão inteiramente responsáveis pela construção, exploração e manutenção das obras. Todas as despesas com elas relacionadas serão suportadas pelas Autoridades Sul-Africanas.

4.3.3. Com vista a definir os limites do esquema, para fins de acesso ao território português para exploração e

manutenção, serão consideradas as seguintes zonas:

- a) A superfície do reservatório de derivação e uma área de trabalho ao longo da margem, assim como acesso razoável a ela por terra.
- b) Uma área vedada ou de outro modo demarcada, na qual estarão situados o açude de derivação, o descarregador e tomada de água, o canal adutor e/ou túneis, a estrada(s) de acesso e linhas de transporte de energia e comunicações que conduzem à fronteira entre Angola e o Sudoeste Africano.

4.3.4. As Autoridades Sul-Africanas terão, para a produção de energia, perpétuo uso exclusivo do escoamento do rio regularizado pelas barragens da primeira fase, desde o limite superior da albufeira do açude de derivação de Ruacaná até à parte inferior da queda de Ruacaná.

4.3.5. As Autoridades Sul-Africanas poderão utilizar gratuitamente o terreno em território português em Ruacaná, a ocupar e necessário para a construção das obras de derivação e bacia regularizadora.

5. DISPOSIÇÕES ESPECIAIS

5.1. As disposições do Acordo de 13 de Outubro de 1964 relativas à construção das linhas de transporte de energia de Matala até à fronteira entre Angola e o Sudoeste

te Africano e à instalação de um terceiro grupo gerador em Matala consideram-se revogadas, sem prejuízo de futuras negociações se isso interessar a ambas as partes.

5.2. A República da África do Sul pagará um "royalty" a Portugal pela energia produzida em Ruacaná. A taxa de "royalty" e a sua aplicação estarão de acordo com as condições a seguir indicadas:

5.2.1. A taxa de "royalty" será baseada numa previsão da produção de energia em Ruacaná, estimada pelas Autoridades Sul-Africanas, e calculada para proporcionar um rendimento total, num período de vinte anos, igual à soma das vinte prestações anuais iguais, para amortização e juro, a pagar por Portugal relativamente ao empréstimo feito para a barragem de Gove.

Este cálculo será baseado em metade do escoamento em Ruacaná regularizado por Gove, admitindo que as Autoridades Portuguesas não retirariam água a montante de Ruacaná.

A taxa de "royalty" será revista de cinco em cinco anos e, para os fins deste Acordo, a taxa inicial a aplicar durante os primeiros cinco anos, após o início de exploração comercial da central de Ruacaná, será, em princípio, de 0,11 cêntimos de Randá por quiló watt-hora produzido.

5.2.2. A taxa de "royalty" será aplicada à parte da energia produzida em Ruacaná correspondente à relação entre

metade do escoamento regularizado pela barragem de Gove e garantido em Ruacaná e o escoamento em Ruacaná regularizado pelas barragens de Gove e Calueque conjuntamente. Esta relação será ajustada periodicamente, depois de se terem considerado as quantidades de água retirada para consumo por ambos os países. Para os fins deste Acordo, será aceite uma relação inicial de 40%. Esta relação será também ajustada quando se acordar sobre os resultados dos estudos hidrológicos a que se refere o Artigo 5.3.

5.2.3. Logo que o empréstimo relativo a Gove tenha sido totalmente amortizado, a taxa de "royalty" será fixada em 0,05 cêntimos de Rand por quillowatt-hora produzido em Ruacaná, aplicando-se a relação na altura determinada nos termos do Artigo 5.2.2.

5.3. No início da exploração das obras e, posteriormente, a intervalos que forem acordados, a Comissão Técnica Conjunta Permanente fará a revisão dos estudos hidrológicos realizados por ambos os países, para os fins estabelecidos nos Artigos 4.1.11., 4.1.12. e 5.2.2.

5.4. O Governo Português tomará as providências necessárias para garantir a isenção de direitos alfandegários e semelhantes, relativamente a todas as mercadorias destinadas à construção, exploração e manutenção das obras a construir em território português em Ruacaná e Calueque, em conformidade com este Acordo.

5.5. A todo o pessoal empregado, quer directa quer indirectamente, na construção, exploração e manutenção das obras em conformidade com este Acordo será permitido passar livremente, dentro de limites predefinidos, de um país para o outro, a fim de entrar e sair do local das referidas obras sem quaisquer restrições de emigração, passaportes ou requisitos de mão-de-obra. Cada Governo fornecerá os convenientes meios de identificação ao pessoal por ele empregado nas mencionadas obras. O Governo Sul-Africano fornecerá os certificados de verificação que sejam exigidos pelo Governo Português relativamente a todas as mercadorias importadas por Angola e destinadas às ditas obras.

5.6. As obras a construir pela África do Sul em território português nos termos deste Acordo serão consideradas como de interesse público português, para fins de obtenção, remoção e utilização na sua construção de quaisquer materiais jazentes, para elas necessários.

Será dada, pelo menos com três meses de antecedência, indicação das necessidades daqueles materiais a utilizar na construção das obras.

ANEXO 2

Referências documentais

PLANO PARA A UTILIZAÇÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HIDRICOS DA
BACIA HIDROGRAFICA DO RIO CUNENE

Inventário de Documentos Existentes no LNEC

1990

BACIA DO CUNENE
ESQUEMA DE APROVEITAMENTO HIDRAULICO
1966/67

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.945	Esquema Aprov. Hidráulico / Introdução	1
4.259	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 1 - Texto	1
4.260	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 2 - Quadros	1
4.261	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 3 - Desenhos	1
4.262	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 4 - Desenhos	1
4.263	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 5 - Desenhos	2
4.255	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 6 - Anexo I Aprov. Pecuário	2
4.256	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 7 - Anexo II Estudos Geológicos e Hidrogeológicos	2
4.257	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 8 - Anexo III Estudo Agronômico	2
4.258	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 9 - Anexo IV Estudo Hidrográfico	2

PROJECTO DO APROVEITAMENTO HIDROELECTRICO DO GOVE
(P.A.H. GOVE)
1965/67

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.2345	P.A.H. GOVE / Vol. 1 - Memória Geral	3
4.602	P.A.H. GOVE / Vol. 2 - Barragem Texto e Desenhos	3
4.2346	P.A.H. GOVE / Vol. 3 - Texto - Circuito Hidráulico, Evacuador de Cheias e Desvio Provisório.	3
?	P.A.H. GOVE / Vol. 4 - Desenhos/Circuito Hidráulico, Evacuador de Cheias e Desvio Provisório	N h (*)
4.2347	P.A.H. GOVE / Anexo 1 - Vol. 1 - Estudo Hidrológico - Energético / Texto e Quadros	4
4.603	P.A.H. GOVE/Vol. 5 - Cálculos e Desenhos Circuito Hidráulico, Evacuador de Cheias e Desvio Provisório	4 (*)
4.936	P.A.H. GOVE / Anexo 1 - Vol. 2 - Estudo Hidrológico-Energético / Desenhos	4
4.2348	P.A.H. GOVE / Anexo 3 - Ensaios das Terras da Mancha de Empréstimo	4
4.2349	P.A.H. GOVE / Anexo 4 - Medições	5
4.2350	P.A.H. GOVE / Anexo 5 - Programas de Concurso	5
4.2351	P.A.H. GOVE / Anexo 6 - Caderno de Encargos das Obras de Construção Civil	5
4.2352	P.A.H. GOVE / Anexo 7 - Caderno de Encargos das Injecções	5
4.2353	P.A.H. GOVE / Anexo 8 - Caderno de Encargos do Fornecimento e Montagem dos Equipamentos	5
4.495	Barragem do Gove - Décio Thadeu (1963) Condições Geotécnicas	5

APROVEITAMENTO DE JAMBA-IA-MINA
COBA

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.590 A	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Estudo Prévio - Vol. 1 Memória	6 (*)
4.590 B	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Estudo Prévio - Vol. 2 Gráficos e Quadros	6 (*)
4.590 C	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Estudo Prévio - Vol. 3 Desenhos	6
4.590 D	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Estudo Prévio - Adenda 1	6
4.590 E	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Estudo Prévio - Adenda 2	6
4.590 F	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Estudo Prévio - Adenda 3 Condições Económicas de exploração de aproveitamento	6
4.591	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Estudo Prévio - Anexo 2 Relatório das Sondagens	7
4.592	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Estudo Prévio - Anexo 3 Relatório do LEA	7
4.593	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Estudo Prévio - Anexo 4 Medições e Estimativa Orçamental	7
4.594	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Projecto - Vol. 1 Memória Geral	7
4.595	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Projecto - Vol. 5 Construção do Aproveitamento	7
4.596	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Projecto - Vol. 12 Gráficos	7
4.589	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Projecto - Anexo 1	7
4.960	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Originals em vegetal Estudo Prévio (Vol. 1,2); (Adendas 1,2,3) Projecto (Anexo 1,2)	7

APROVEITAMENTO DE JAMBA-IA-OMA
COBA

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.601	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Esquema Geral. Memória Descritiva e Justificativa	pt
4.396 A	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Estudo Prévio - Vol. 1 Memória	8 (*)
4.396 B	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Estudo Prévio - Vol. 2 Gráficos e Quadros	8
4.396 C	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Estudo Prévio - Vol. 3 Desenhos	8
4.396 D	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Estudo Prévio - Anexo 4 Medições e Estimativa Orçamental	8
4.397 A	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 1 Memória Geral	9
4.397 B	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 2 Exploração da Albufeira e Estudos Hidráulicos	9
4.397 C	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 3 Dimensionamento Estrutural	9
4.397 D	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 4 Equipamentos	9
4.397 E	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 5 Construção do Aproveitamento	9
4.397 F	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 6 Instalações de Exploração	9
4.397 G	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 7 Medições	9
4.397 H	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 8 Estimativa Orçamental	9
4.397 I	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 9 Caderno de Encargos das Obras de Construção Civil (Condições Técnicas)	9
4.397 J	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 10 Caderno de Encargos do Tratamento dos Terrenos (Condições Técnicas)	9

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.397 K	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 11 Caderno de Encargos dos Equipamentos (Condições Técnicas)	9
4.397 L	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 12 Quadros e Gráficos	9
4.398 A	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 13 Desenhos de 1 a 22	10
4.398 B	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Vol. 14 Desenhos de 23 a 44	10
4.398 C	Aprov. Jamba-Ia-Oma/Projecto - Anexo 1 Condições Geotécnicas	10

PROCESSO DE CONCURSO PARA EXECUÇÃO DA LIGAÇÃO
MATALA-JAMBA-TCHAMUTETE

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.1223	I - Programa do Concurso	11
4.1224	II - Caderno de Encargos	11
4.1225	III - Linha a 150 kV/Matala-Jamba Anteprojecto	11
4.1226	IV - Linha a 60 kV/Jamba-Tchamutete Anteprojecto	11
4.1227	V - Ampliação da Subestação da Central Matala Anteprojecto	11
4.1228	VI - Subestação da Jamba, 150/63/6,3 kV Anteprojecto	11
4.1229	VII - Subestação de Tchamutete 60/6,3 kV Anteprojecto	11
4.1230	VIII - Rede de Comunicações Telefónicas e Tele- gráficas entre Tchamutete, Jamba, Matala, Sã da Bandeira e Moçâmedes - Anteprojecto	11

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.890	Proc. de Concurso Linha Matala-Manquete e Subestação de Manquete - Desenhos	12
4.891	Proc. de Concurso Linha Matala-Manquete e Subestação de Manquete - Programa e Caderno de Encargos (1972)	12
4.869	Sist. transporte e Distrib. Energia Eléctrica General Machado - Silva Porto - Vouga	12
4.1028	Conversações com a RAS - 1ª. Fase do Aprov. do Cunene (1967)	12
4.860	Aprov. Hidroeléctrico do Médio Cuanza Escalão de Cambambe/Anteprojecto da Central II (1972)	13
4.861	Aprov. Hidroeléctrico do Médio Cuanza Central II. Potência dos Grupos (1974)	13
4.863	Estudo das Perspectivas Técnico-Económicas da Integração de Potência Térmica no Sistema Produtor da Sonefe em Angola (1973)	13

DOCUMENTOS DIVERSOS

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.897	Panorama Geral do Abastecimento de Energia Eléctrica da Provincia de Angola.	14
9.95	Carta Generalizada dos Solos de Angola	14
9.76	O Baixo Cunene. Subsídios para o seu desenvolvimento. Estudos de Ciências Sociais e Políticas. Junta de Investigações do Ultramar. J.P. Neto, nº 68, 1964.	pt (*)
4.628	Hidrometria - Várias Estações	14
4.582	Brigada de Estudos Rios de Angola. Rio Cunene Gráficos e Desenhos	14
4.506	Plano de Ocupação Hidrométrica dos Rios do Sul de Angola	14
1027	Projectos da Coba. Reprolares	15
4.1936	Catálogos Diversos	16

INFORMAÇÃO CLIMATOLÓGICA 1959/72

Doc. Nº	TÍTULO	Cx.
9.1336	O Clima da Região de Sã da Bandeira - Humpata/Chibia (Sã da Bandeira 1959)	17
4.629	Clima de Angola - Set/1962	17
4.1276	Meteorologia - Relat6rios dos trabalhos executados em 1970, relativos ao conhecimento cientifico do territ6rio, incluindo estruturas e estudos de base.	17
4.1277	Meteorologia - Relat6rios dos trabalhos executados em 1971, relativos ao conhecimento cientifico do territ6rio, incluindo estruturas e estudos de base.	17
4.1279	Meteorologia - Relat6rios dos trabalhos executados em 1972, relativos ao conhecimento cientifico do territ6rio, incluindo estruturas e estudos de base.	17
4.649	Elementos meteorol6gicos de Angola.	17

INFORMAÇÃO METEOROLÓGICA 1968/75

Doc. Nº	TÍTULO	Cx.
4.1303	Decênio Hidrológico Internacional 28/Jun/1968 (Análise de linhas de corrente e de isotáxicas)	18
4.1298	Resultado das observações meteorológicas feitas em Julho de 1968.	18
4.625	Boletim Meteorológico para a Agricultura Mar/68 - Jan/69	18
4.626	Boletim Meteorológico para a Agricultura Abr/69 - Jan 70	18
4.1042	Meteorologia. Relatório dos trabalhos executados em 1970, incluindo estruturas e dados de base. 1971	18
4.4527	Climatologia. Boletins Meteorológicos, nº 136 a nº 171, 1971.	18
4.627	Boletim Meteorológico para a Agricultura, Jun/71-Out/72.	18
4.1243	O Início da estação seca - Mai/72	18
4.1259	Transição da estação seca para a estação das chuvas. Ago/72	18
4.4528	Climatologia. Boletins Meteorológicos, 208 a 243 - 1973. <i>faltam 242 e 234.</i>	18
4.1299	Resultado das observações Meteorológicas - Out 1974.	18
4.1300	Resultado das observações Meteorológicas - Fev 1975.	18

OBSERVAÇÕES METEOROLÓGICAS 1957/67

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.3628	Resultado das observações Meteorológicas/1957	19
4.3629	Resultado das observações Meteorológicas/1958	19
4.3630	Resultado das observações Meteorológicas/1959	19
4.3631	Resultado das observações Meteorológicas/1960	19
4.3632	Resultado das observações Meteorológicas/1961	19
4.3633	Resultado das observações Meteorológicas/1962	20
4.3634	Resultado das observações Meteorológicas/1963	20
4.3635	Resultado das observações Meteorológicas/1964	20
4.3636	Resultado das observações Meteorológicas/1965	20
4.3637	Resultado das observações meteorológicas/1967	20

PRECIPITAÇÃO E ESCOAMENTO

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.1305	Decênio Hidrológico Internacional. (Cartas de valores médios de temperatura, precipitação e evaporação no período de 1959/68)	21
4.1306	Decênio Hidrológico Internacional. 1959/68 (Cartas de valores médios de precipitação durante este período)	22
4.581	Pluviosidade em Angola no ano de 1961.	22
4.928	Bacia do Rio Cunene a montante da Matala. Aproveitamento Hidroelétrico. Plano Geral, Vol. 1, texto, 1962	22
4.929	Bacia do Rio Cunene a montante da Matala. Aproveitamento Hidroelétrico. Plano Geral, Vol. 2, quadros, 1962	22
4.1246	Meteorologia. Aproveitamento de dados sobre a precipitação, 1/Out/1970.	23
9.450	Análise da frequência dos maiores valores anuais da quantidade de precipitação diária em alguns locais do Ultramar, 1971.	23
4.524	Escoamentos (Janeiro a Fevereiro). Índice hidrico. Índice de eficiência térmica de Angola.	23
4.562	Rio Cunene. Precipitação anual. Ocupação meteorológica. Ocupação hidrológica. Escoamento mensal médio.	23
4.484	Cunene. Estudos.	pt

CAUDAIS, ALTURAS LIMNIMÉTRICAS E BACIAS HIDROGRÁFICAS

Doc. Nº	TÍTULO	Cx.
4.587	Anuário das observações das Bacias Hidrográficas do Cunene, Cubango, Cuito e Cuando, em 1962.	24
4.584	Alturas limnimétricas das Bacias Hidrográficas do Cunene, Cubango, Cuito e Cuando, em 1962.	24
4.505	Cunene. Relação de Caudais - 1962. (Cubango e Cuito)	24
4.586	Alturas limnimétricas das Bacias Hidrográficas do Cunene, Cubango, Cuito e Cuando, em 1962/63.	24
4.563	Rio Cunene. Alturas limnimétricas - 1962/63.	24
4.564	Rio Cunene. Bacia Hidrográfica. Ano hidrológico 1964/65. Anuário das observações. Vol. I - 1965.	24
4.564	Rio Cunene. Bacia Hidrográfica. Ano hidrológico 1965/66. Anuário das Observações. Vol. I - 1966	24

RELATORIOS

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.1570	Aproveitamento do Cunene. Esquema Geral. Fotografias sobre o esquema geral de aproveitamento do Cunene - 1954.	25
4.504	Relatório de 1961 - Brigada de Estudos dos Rios de Angola.	25
4.585	Relatório de 1962 - Brigada de Estudos dos Rios de Angola.	25
4.588	Relatório de 1965 - Brigada de Estudos dos Rios de Angola. Plantas de localização de Estações hidrométricas e fotografias.	25
4.507	Relatório do 3º Trimestre de 1966 dos Rios de Angola.	25
4.1274	Hidrologia - Relatório do Biênio de 1968/69.	25
4.1240	Decênio Hidrológico Internacional - Relatório anual de 1969.	25
4.1275	Hidrologia - Relatório do Biênio de 1969/70.	26
4.1264	Decênio Hidrológico Internacional - Relatório anual de 1970.	26
4.1265	Decênio hidrológico Internacional - Relatório anual de 1971.	26
4.1266	Decênio hidrológico Internacional - Relatório anual de 1972.	26
4.1267	Decênio Hidrológico Internacional - Relatório anual de 1973.	26
4.1268	Decênio Hidrológico Internacional - Relatório anual de 1974.	26
4.1241	Decênio Hidrológico internacional - Relatório de 1968 a 1974.	26

DOCUMENTAÇÃO GERAL TÉCNICA

Doc. Nº	TÍTULO	Cx.
4.1106	Decênio Hidrológico Internacional - 1968. Angola, documentação.	27
9.2316	Aproveitamento dos recursos Hídricos na Bacia do rio Cunene, 1969. Elementos Bibliográficos. Vocabulário Inglês-Francês-Português de Hidrologia, 1972.	27
4.2411	Decênio Hidrológico Internacional de 1975, Angola - Documentação técnica.	27

DOCUMENTOS DIVERSOS

Doc. Nº	TÍTULO	Cx.
4.1745	Rio Cunene. Aproveitamento Hidroelétrico do Rio Cunene em Matala. Parecer nº 214/1952.	28
4.900	Matala. Aproveitamento Hidroelétrico. Maio 1963.	28
9.1620	Aprovisionamento de águas superficiais. J.P.F. Brigada de Engenharia. Núcleo de Povoamento do Chitado - 1966.	28
9.446	Balanço Hídrico em Angola para a década de 1958/68 e papel da atmosfera na Hidrologia - 1970. Separata Fomento, nº 10.	28
9.453	Monografia do Cunene. in Decênio Hidrológico Internacional, nº 17, 1972.	28
9.460	Critérios básicos para Estudos Hidrológicos com dados insuficientes, 1974. Separata Fomento, nº 24.	28
4.207	Disponibilidades de água dos Rios Calonga e Colui. Peças escritas, quadros e figuras. Peças desenhadas.	28
	Lista de documentos armazenados no Ministério da Construção em Luanda	pt

PLANTAS DO RIO CUNENE

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.561	Rio Cunene. Reconhecimento hidrográfico. Sã da Bandeira, 1962.	pt
4.503	Baixo Cunene (Distrito de Moçâmedes). Rápidos existentes entre a foz e as quedas de Montenegro. 1962	pt
4.583	Rio Cunene. Gráficos.	pt

PROJECTOS DO RIO CUNENE

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.453	Projecto de Rega da Chibia e Produção de Energia Eléctrica. Vol.I Estudo Hidrométrico e Albufeira. Parte descritiva, 1946.	pt
4.492	Projecto do Rio Cunene. Calueque - Instalações de Bombagem.	pt
4.2631	Transferência de caudais Cului - Calonga. Peças escritas e desenhadas - 1972 C.M.L.	pt

PROGRAMAS DE RECONSTRUÇÃO

Doc. Nº	TITULO	Cx.
	Programas de reconstrução para as Provincias de Huila, Namiba e Cunene. Relatórios sectoriais: <ul style="list-style-type: none"> - Pecuária - Transportes - Agricultura - Pescas - Indústria - Recursos humanos. 	pt
	Programa de reconstrução do Sul. Namibe, Huila, Cuando Cubango, Cunene. Vol.I - Texto	pt
	ICE - Cooperação com a República Popular de Angola. Indústrias extractivas e transformadoras.	pt

PROPOSTAS DO RIO CUNENE

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.475	Missão ao Sul de Angola 1946. Informações e propostas. Tomo 3 (Cunene - Plano de obras e estudos preliminares)	pt
4.494	Proposta SWH 14. Barragem do Calueque. Vol. 4 Desenhos.	pt

APROVEITAMENTO DA MATALA
Ministério do Ultramar. 1951

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.471a)	Aproveitamento Hidroelétrico do Rio Cunene em Matala. Tomo I - Memória (parte descritiva) 1951.	pt
4.472a)	Aproveitamento Hidroelétrico do Rio Cunene em Matala. Tomo II - Cálculos (parte descritiva).	pt
4.473a)	Aproveitamento Hidroelétrico do Rio Cunene em Matala. Tomo III - Medições, Precos, Orçamento.	pt
4.474a)	Aproveitamento Hidroelétrico do Rio Cunene em Matala. Desenhos 1951.	pt

FINANCIAMENTOS E GESTÃO ORÇAMENTAL

Doc. Nº	TITULO	Cx.
9.1320	Desenvolvimento Económico-Social do Sul de Angola. Aprov. Hidráulico do Cunene.	pt
	Instalações do "Contrôle" de Gestão pelo método orçamental. I parte. A.S.J. Meyer, 1974/75	pt

ESTUDOS HIDROLOGICOS

Doc. Nº	TITULO	Cx.
9.488	Colectânea de Estudos Hidrológicos - 1974 D.G.O.P.C.	pt

REPETIDOS

Doc. Nº	TITULO	Cx.
4.254	Esquema Aprov. Hidráulico / Introdução	29
4.948	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 3 - Desenhos	29
4.947	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 2 - Quadros	29
4.949	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 4 - Desenhos	29
4.970	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 5 - Desenhos	29
4.952	Esquema Aprov. Hidráulico / Vol. 8 - Anexo III Estudo Agronómico	29
4.590	Aprov. Jamba-Ia-Mina/Estudo Prévio - Adenda 3	29
4.3945	Hidrogeologia do Sudeste de Angola. Fotografias peças escritas, quadros e cartas.	30
4.930	Bacia do Cunene a montante da Matala. Aprovei- tamento Hidroelétrico. Plano Geral - Vol. 3 Desenhos - 1962	30

NÃO DEVOLVIDOS E SEM CAIXA

Doc. Nº	TITULO	Cx
9.1610	A Hidrologia e o problema de abastecimento de água às regiões pastoris do Sul de Angola 1961	
4.2239	Rio Cunene. Peças escritas. Companhia mineira de Lobito - 1953	
4.763	Relatório dos trabalhos de pesquisa e captação de águas subterrâneas levadas a efeito em 1961	
4.350	Bacia do Cuanza. Anuário Hidrológico - 1971/72	
9.453	Monografia do Cunene in Decênio Hidrológico Internacional, No 17	
4.947	Bacia do Cunene - Vol. II, - Quadros	

ANEXO 3

Ficheiros de caudais

FLOWFILE 0.0333

1963 2 12 1 13 ! inicio ano 1963, 2 anos, 12 periodos, 1 repli

- Samboto 1.0
- GoveII 1.0
- Calai 1.0
- Lucunde 1.0
- JambMina 1.0
- Luceque 1.0
- Catapi 1.0
- Matala 1.0
- Catembul 1.0
- Xangongo 1.0
- Humpata 1.0
- CovaLeao 1.0
- Ruacana 1.0

		! nome das estacoes hidrometricas						
1963	1	1	9.9	33	22.4	19.5	38.1	31.6
	17.4	-28.8	8.7	19.1	2.2	12.0	-26.9	
1963	2	1	19.2	63	32.7	26.2	37.6	44.7
	23.3	-1.5	11.7	-1.7	2.9	16.1	4.5	
1963	3	1	24.1	83	33.9	26.9	43.2	52.4
	23.9	-35.7	12.0	22.1	3.0	16.5	58.4	
1964	4	1	46.7	115	48.5	36.3	84.2	79.5
	32.3	-48.7	16.2	23.0	4.0	22.3	-72.5	
1964	5	1	66.3	165	80.1	56.5	66.4	103.
0	50.3	-62.5	25.1	0.6	6.3	34.7	12.3	
1964	6	1	98.7	240	99.9	85.9	245.9	188.
1	76.5	-44.7	38.2	83.5	9.6	52.8	-190.7	
1964	7	1	78.2	190	91.8	64.0	151.0	139.
1	57.0	-51.0	28.5	20.9	7.1	39.3	361.4	
1964	8	1	37.7	95	30.3	24.6	80.9	64.6
	21.9	-81.4	10.9	-57.0	2.7	15.1	247.5	
1964	9	1	19.0	55	27.4	22.7	53.9	44.5
	20.2	-85.6	10.1	-58.5	2.5	13.9	88.9	
1964	10	1	14.7	50	25.2	21.3	29.2	35.2
	19.0	-50.5	9.5	-46.8	2.4	13.1	63.2	
1964	11	1	10.7	35	16.7	15.8	21.5	24.9
	14.1	-47.5	7.0	-27.3	1.8	9.7	55.9	
1964	12	1	6.6	22	9.1	11.0	11.1	14.9
	9.8	-30.3	4.9	-15.3	1.2	6.8	42.2	
1964	1	1	7.9	20	23.1	20.0	-13.4	5.0
20.0	-10.9	14.0	-40.1	3.5	19.3	12.6		
1964	2	1	13.2	40	33.5	26.6	-19.5	8.1
26.6	-0.7	18.6	-44.9	4.7	25.7	8.3		
1964	3	1	43.4	90	57.0	39.6	-2.0	18.5
	39.6	-30.3	27.7	-99.5	6.9	38.3	-21.0	
1965	4	1	151.9	260	89.0	62.2	75.2	48.6
	62.2	-46.6	43.5	-51.8	10.9	60.1	-186.1	
1965	5	1	139.7	305	113.4	99.0	172.2	69.0
	99.0	97.0	69.3	55.3	17.3	95.6	-227.2	
1965	6	1	199.4	560	141.3	132.9	513.8	134.
8	132.9	573.2	93.0	847.5	23.3	128.4	-159.1	
1965	7	1	144.5	385	131.0	119.2	351.8	98.7
	119.2	259.3	83.4	989.4	20.9	115.1	549.2	
1965	8	1	66.3	215	89.9	62.8	135.1	50.3

Cuneneb0.flw

	62.8	4.4	44.0	516.4	11.0	60.7	49.1	
1965	9	1	47.7	138	54.9	40.4	60.5	29.4
	40.4	17.4	28.3	147.6	7.1	39.0	-41.8	
1965	10	1	39.7	100	37.2	29.0	68.0	23.4
	29.0	20.3	20.3	56.6	5.1	28.0	-29.2	
1965	11	1	26.0	64	18.5	17.1	78.5	17.8
	17.1	-24.0	12.0	31.7	3.0	16.5	-10.3	
1965	12	1	16.0	40	6.8	10.7	70.5	12.8
	10.7	-43.7	7.5	13.1	1.9	10.3	-4.8	

FLOWFILE 0.0333

1 10 12 1 13 Início 1963, 10 anos, 12 períodos, 1 réplica, 13 estações

1	10	12	1	13	Inome das estações hidrométricas												
Samboto	1.0	1.0	9.9	21.5	13.6	19.5	62.1	10.8	12.0	-22.6	5.0	22.7	2.2	12.0	-24.9		
Gove	1.0	1.0	19.2	41.8	21.4	26.2	72.3	15.0	18.3	-25.3	5.7	-4.3	2.9	16.1	7.3		
Catal	1.0	1.0	24.1	58.4	25.9	28.9	78.6	18.5	19.0	-29.7	7.1	19.2	3.0	16.5	61.4		
Lucunde	1.0	1.0	39.9	71.2	38.0	36.3	136.6	28.6	27.8	-6.2	8.0	-86.6	4.0	22.3	-0.7		
Jambúna	1.0	1.0	56.9	101.0	47.0	56.5	153.6	37.3	48.9	-43.7	10.0	-59.5	6.3	34.7	63.2		
Luceque	1.0	1.0	84.9	150.1	75.3	85.9	350.8	68.8	74.6	0.0	13.2	-344.5	9.6	52.8	128.5		
Catapi	1.0	1.0	67.2	118.0	59.9	64.0	246.6	50.8	54.0	-18.5	12.5	-141.4	7.1	39.3	458.4		
Matala	1.0	1.0	32.1	57.8	29.2	24.6	116.5	23.0	16.8	-56.6	6.2	-35.4	2.7	15.1	250.4		
Catambul	1.0	1.0	19.0	32.6	18.3	22.7	84.7	15.6	15.0	-71.7	4.1	-11.4	2.5	13.9	91.9		
Xangongo	1.0	1.0	14.7	30.4	11.8	21.3	58.3	12.1	13.7	-41.1	3.5	-25.4	2.4	13.1	65.9		
Humpala	1.0	1.0	10.7	19.7	5.9	15.8	42.7	6.3	6.5	-39.4	2.8	-0.5	1.8	9.7	58.0		
CovaLeao	1.0	1.0	6.6	13.4	11.1	11.0	22.2	4.6	5.0	-25.0	1.9	3.0	1.2	6.8	43.4		
Ruacana	1.0	1.0	7.9	9.6	11.4	20.0	12.2	4.3	12.5	-23.3	1.2	-20.8	3.5	19.3	15.7		
1	1	1	13.2	24.1	15.6	26.6	16.7	7.5	18.7	-18.8	2.3	-36.1	4.7	25.7	13.0		
2	2	2	43.4	42.5	36.7	41.7	57.0	18.2	32.9	-62.9	4.2	-64.2	6.9	38.3	-14.0		
2	2	2	151.9	98.0	54.9	62.2	174.3	49.5	52.3	-99.8	13.0	-23.3	10.9	60.1	-174.9		
2	2	2	139.7	157.6	105.0	88.0	293.3	70.6	87.0	8.4	19.4	-60.8	17.3	95.6	-209.5		
2	2	2	199.4	357.2	137.1	132.9	658.5	138.9	119.0	450.1	67.1	165.4	23.3	128.4	-135.5		
2	2	2	144.5	226.5	111.5	119.2	496.8	101.5	106.0	150.5	29.8	685.0	20.9	115.1	570.1		
2	2	2	66.3	141.8	59.2	62.8	231.9	51.2	52.8	-49.3	8.7	497.0	11.0	60.7	60.4		
2	2	2	47.7	87.2	35.0	40.4	118.5	29.6	31.7	-14.5	7.1	122.0	7.1	39.0	-35.1		
2	2	2	39.7	58.3	26.8	29.0	109.2	23.4	21.0	-0.7	6.9	26.3	5.1	28.0	-23.6		
2	2	2	26.0	34.7	19.8	17.1	100.3	17.6	9.7	-33.5	6.0	43.9	3.0	16.5	-6.9		
2	2	2	16.0	22.8	14.3	9.6	79.8	12.4	4.2	-47.5	4.5	47.1	1.9	10.3	-2.5		
3	3	3	13.3	19.4	17.1	11.9	71.7	11.2	7.7	-34.7	5.9	25.9	2.2	12.0	-21.4		
3	3	3	17.0	23.4	16.8	15.6	27.4	7.8	7.5	-34.8	4.7	13.6	2.9	16.1	-11.4		
3	3	3	64.3	128.2	95.4	58.1	276.4	53.8	33.6	-101.2	9.5	-163.8	3.0	16.5	-108.2		
3	3	3	116.2	228.8	131.0	74.9	583.1	103.1	50.4	-50.5	11.5	-47.1	4.0	22.3	-356.7		
3	3	3	105.0	172.2	76.2	51.0	242.6	58.3	41.4	-30.9	9.0	493.6	6.3	34.7	-153.3		

7	108.8	209.3	87.6	59.5	195.6	48.8	49.7	46.8	12.4	143.8	7.1	39.3	401.4
7	80.8	193.8	63.5	41.0	133.0	57.8	32.3	-3.7	9.4	74.1	2.7	15.1	36.5
7	49.4	137.0	38.0	27.8	57.8	41.6	19.8	-8.7	6.8	57.8	2.5	13.9	-27.7
7	37.2	110.9	30.4	23.1	38.2	37.3	15.4	-26.2	5.7	56.2	2.4	13.1	-35.8
7	25.3	83.6	22.2	17.8	23.5	26.7	10.4	-26.2	4.8	44.9	1.8	9.7	-17.2
7	15.0	56.0	14.9	12.9	9.6	7.9	6.1	-8.5	4.5	23.8	1.2	6.8	-9.2
7	12.9	30.5	4.8	14.7	31.3	2.5	7.5	6.7	11.9	-30.8	3.5	19.3	-29.2
8	25.0	41.4	25.6	29.8	78.4	41.0	21.7	26.1	11.5	-83.7	4.7	25.7	-52.9
8	17.7	82.7	27.5	29.5	94.6	75.2	21.4	3.0	10.6	-59.6	6.9	38.3	-55.5
8	19.3	129.8	37.5	33.0	189.1	111.5	24.7	-39.5	24.6	-89.4	10.9	60.1	-86.2
8	47.6	80.1	44.5	30.2	170.4	86.2	22.1	-7.6	28.2	-8.1	17.3	95.6	73.0
8	60.4	104.3	53.7	57.0	311.4	160.6	47.4	64.4	43.5	-94.9	23.3	128.4	266.3
8	59.9	102.1	61.4	57.7	255.6	141.4	48.0	190.6	28.8	-148.9	20.9	115.1	179.0
8	40.6	69.7	34.1	30.2	130.6	65.6	23.2	-8.3	11.4	164.9	11.0	60.7	72.1
8	23.9	41.5	23.1	20.1	82.6	46.1	14.5	-26.1	8.3	60.9	7.1	39.0	-78.1
8	16.0	28.2	18.8	17.0	66.8	35.0	11.7	-23.3	7.9	43.1	5.1	28.0	-78.4
8	11.1	18.9	14.8	13.2	44.4	28.0	8.4	-24.4	7.0	28.9	3.0	16.5	-57.7
8	6.8	12.6	10.9	9.3	29.1	15.2	6.0	1.2	5.9	1.0	1.9	10.3	-43.8
9	5.1	9.8	9.7	7.7	23.9	5.3	5.4	4.4	5.4	-2.7	2.2	12.0	-38.0
9	11.3	20.3	14.5	18.9	55.0	9.4	12.1	-27.3	3.7	-34.9	2.9	16.1	-43.9
9	13.3	23.6	14.5	12.6	26.9	7.5	6.4	-16.9	2.3	-5.8	3.0	16.5	-29.5
9	23.0	39.9	21.0	17.4	64.6	14.4	8.5	-42.9	6.1	-5.1	4.0	22.3	-20.4
9	16.7	29.3	15.9	6.2	28.7	14.7	2.9	-23.9	3.3	-3.2	6.3	34.7	-27.8
9	21.6	37.7	20.4	16.2	59.9	7.5	17.9	-18.9	6.0	-10.1	9.6	52.8	-61.2
9	53.3	91.0	40.7	42.7	168.7	-4.4	9.2	-27.3	9.0	-38.0	7.1	39.3	-93.6
9	31.2	53.7	26.7	17.8	92.9	16.6	4.1	-43.6	5.1	87.2	2.7	15.1	-12.7
9	18.5	29.1	16.9	9.3	43.1	17.6	2.1	-33.2	3.2	11.6	2.5	13.9	-18.8
9	13.5	24.0	14.2	7.9	29.5	12.4	2.0	-21.4	2.1	8.2	2.4	13.1	-23.8
9	11.0	19.7	11.1	5.8	15.0	7.3	1.3	-11.8	1.3	8.6	1.8	9.7	-30.7
9	7.9	14.5	8.0	3.5	3.3	4.1	0.3	-5.0	0.7	13.5	1.2	6.8	-31.3
9	7.3	13.7	7.5	3.0	-2.7	0.8	0.0	-1.3	0.2	-4.7	3.5	19.3	-34.3
10	12.0	21.5	12.8	12.8	16.3	2.3	6.9	-8.2	0.0	-34.3	4.7	25.7	-48.8
10	38.5	66.2	27.3	21.9	58.0	-5.5	10.1	28.5	2.7	-91.1	6.9	38.3	-76.9
10	97.9	166.1	70.9	60.1	238.6	17.1	103.7	-4.6	7.2	-178.0	10.9	60.1	-50.5
10	77.0	131.0	57.8	57.9	251.5	46.3	50.2	25.5	6.3	-31.0	17.3	95.6	-45.0
10	63.9	109.0	47.7	51.0	190.9	36.8	45.9	8.0	14.9	31.1	23.3	128.4	-49.7
10	82.9	140.8	68.7	68.6	350.2	110.7	70.1	19.7	31.8	-87.8	20.9	115.1	-19.2
10	52.7	80.1	40.6	30.8	159.0	21.5	14.2	22.2	7.4	190.0	11.0	60.7	39.5
10	30.0	51.8	24.9	17.9	76.2	23.2	6.6	-6.8	3.4	36.8	7.1	39.0	-70.9
10	18.8	32.9	19.1	14.4	57.8	25.6	5.3	-5.4	4.6	8.8	5.1	28.0	-63.6
10	13.2	23.6	15.0	11.2	38.9	17.1	3.9	-4.0	4.2	1.4	3.0	16.5	-45.0
10	20.4	34.1	13.0	8.6	34.1	12.0	2.2	-2.2	3.3	-6.7	1.9	10.3	-33.3

2	162.2	385.3	132.0	189.4	108.4	33.2	57.1	73.0	11.5	-55.5	9.6	52.6
3	192	118.9	65.9	139.8	24.1	1.4	29.8	77.0	10.2	364.3	7.1	39.3
4	52.3	30.3	43.9	136.1	39.6	119.8	11.1	37.4	8.0	92.5	2.7	15.1
5	37.7	61.4	30.3	110.8	75.9	56.4	31.3	-37.4	8.6	55.2	2.5	-20.1
6	27.9	48.1	23.8	187.1	32.4	36.8	5.2	-32.9	8.2	27.7	2.4	-22.0
7	17.6	33.5	16.7	109.4	19.8	11.2	7.7	-24.9	8.1	18.1	1.8	2.4
8	8.8	22.2	14.8	131.8	16.0	3.3	4.7	-40.7	8.3	6.6	1.2	22.6
9	8.8	22.2	14.8	131.8	16.0	3.3	4.7	-40.7	8.3	21.9	3.5	-21.0
10	14.1	28.0	10.4	131.8	13.1	-4.4	7.1	-1.8	8.9	25.7	4.7	-43.6
11	7.5	13.9	9.5	131.8	10.2	2.6	10.0	-3.4	8.9	13.4	8.9	-98.8
12	7.5	13.9	9.5	131.8	6.6	2.6	10.0	6.1	8.9	59.6	16.9	-50.6
1	55.3	66.0	28.5	100.3	15.3	-15.3	18.6	-5.9	8.4	79.4	17.3	26.0
2	138.8	165.1	91.0	81.9	43.4	84.0	5.7	-20.1	5.8	80.7	29.3	128.4
3	180.7	337.9	162.6	100.3	94.6	211.5	20.8	27.0	23.0	-80.7	20.9	115.1
4	120.0	207.3	93.6	69.2	37.2	15.1	28.2	-23.6	25.5	-35.6	11.0	60.7
5	124.7	199.9	103.0	88.1	357.6	28.5	14.5	-40.4	15.6	261.8	7.1	39.0
6	108.4	180.4	80.8	80.3	329.9	-3.0	7.4	-31.6	8.8	76.0	5.1	28.0
7	66.3	127.0	42.1	48.1	179.2	4.0	5.9	-28.5	6.2	42.7	3.0	18.5
8	42.1	75.8	34.0	29.5	111.2	26.5	4.7	-23.4	3.8	37.8	1.9	10.3
9	33.7	51.5	27.2	24.1	86.4	38.3	2.4	2.0	3.4	22.8	2.2	-21.8
10	22.9	31.6	20.2	19.0	65.0	44.5	2.4	-9.5	3.5	6.1	2.2	-27.2
11	13.3	18.8	13.1	13.7	42.1	39.2	8.0	21.9	9.7	-96.1	2.9	16.1
12	8.6	12.4	11.4	12.4	35.0	-2.0	2.4	-9.5	9.7	2.9	3.0	16.5
1	29.5	30.1	23.0	23.6	55.2	16.6	5.7	21.9	36.2	-21.3	3.0	22.3
2	61.3	84.6	37.5	39.9	86.7	3.2	20.8	27.0	41.1	431.8	4.0	22.3
3	124.2	115.0	41.0	32.2	188.3	32.8	52.0	-9.2	41.1	307.9	6.3	34.7
4	132.1	148.6	37.0	57.8	94.6	211.5	88.2	5.8	19.0	307.9	6.3	514.6
5	196.0	303.4	138.7	605.7	37.2	15.1	56.9	5.8	31.7	-172.2	9.6	52.8
6	140.8	195.1	81.8	350.7	37.8	28.5	76.7	90.5	26.7	260.6	7.1	133.8
7	79.8	123.3	49.3	38.2	148.4	3.0	69.3	73.2	15.0	198.9	2.7	130.6
8	48.6	82.5	32.8	88.1	86.4	4.0	39.9	-24.1	15.0	126.5	2.5	-20.9
9	38.1	59.6	26.5	19.2	69.0	26.5	21.4	-57.5	14.3	99.8	2.4	-33.8
10	27.4	40.7	20.0	15.5	55.4	39.2	16.3	-83.8	14.7	28.9	1.8	9.7
11	15.9	23.6	12.0	10.8	39.4	5.5	11.5	-55.9	6.0	19.0	1.2	6.8
12	23.8	46.2	18.4	45.1	41.3	-3.0	8.0	-54.0	4.5	5.3	3.5	-24.1
1	35.6	98.3	36.2	45.1	87.5	12.5	52.0	-12.8	4.5	5.3	3.5	-24.1
2	85.9	222.0	57.6	61.1	219.2	52.6	6.6	-8.7	3.8	-2.0	4.7	-40.4
3	108.8	242.0	80.8	60.6	214.8	33.9	16.3	-8.7	2.1	-40.3	6.9	-94.6
4	128.6	268.4	92.1	94.5	426.8	97.7	11.5	-8.7	9.2	-52.0	4.7	-40.4
5	171.1	351.5	133.7	131.2	659.2	166.0	11.7	-12.8	8.4	-72.1	10.9	18.8
6							16.6	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
7							31.2	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
8							24.0	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
9							48.1	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
10							86.7	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
11							101.7	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
12							188.3	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
1							32.2	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
2							57.8	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
3							121.9	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
4							138.7	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
5							187.7	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
6							350.7	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
7							37.8	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
8							36.5	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
9							29.6	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
10							17.5	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
11							5.5	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
12							-3.0	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
1							41.3	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
2							87.5	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
3							125	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
4							149	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
5							166	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
6							165	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
7							17.4	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
8							34.7	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
9							303.1	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
10							360.7	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
11							347	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6
12							360.7	-8.7	8.4	-40.3	6.9	-94.6

