

República Democrática



de S. Tomé e Príncipe

*Ministério dos Negócios Estrangeiros,
Cooperação e Comunidades
Gabinete do Ordenador Nacional do FED*

*Ministério dos Recursos
Naturais, Energia e Ambiente*

Decisão 20901 “Estratégia, Coordenação e Programação
no Sector da Água e Saneamento em São Tomé e Príncipe”

Actualização do Plano Director de Água e Saneamento do País elaborado em 1996



**Plano de
Monitorização
dos recursos
hídricos**

**Entregável 2 –
Volume 2**

**Janiero de 2011
Versão final**



HYDROCONSEIL

**Consultoria : água potável,
saneamento, serviços públicos**

Índice

A. Objectivos da monitorização	4
B. Metodologia da monitorização	6
Monitorização do caudal dos principais rios do País	6
• Parâmetros a medir	6
• Antiga rede de monitorização	6
• Nova rede de pontos de medição	7
• Frequência das medidas.....	9
• Equipamentos de medição	9
• Procedimentos de controlo da qualidade.....	9
Monitorização dos caudais de estiagem dos principais recursos hídricos	10
• Parâmetros a medir	10
• Rede de pontos de medição	10
• Frequência das medidas.....	12
• Equipamentos de medição	12
• Procedimentos de controlo da qualidade.....	12
• Curvas de secagem	12
Inventário das nascentes	13
• Parâmetros a medir	13
• Frequência das medidas.....	13
• Equipamentos de medição	13
Qualidade da água potável (para beber)	14
• Indicadores utilizados	14
• Rede de pontos de medição e frequência das medições	14
• Equipamentos de medição	15
• Procedimentos de controlo da qualidade.....	15
Vigilância e monitorização das poluições industriais e agrícolas	16
• Parâmetros a medir	16
• Frequência das medições.....	16
• Pontos de medição	16
• Equipamentos de medição	17
Monitorização da salinidade dos aquíferos costeiros	17
• Parâmetros a medir	17
• Frequência das medidas.....	17
• Equipamentos de medição	17
• Procedimentos de controlo da qualidade.....	17
Monitorização do nível dos aquíferos	18
• Parâmetros a medir	18
• Rede de pontos de medição	18
• Frequência das medidas.....	18
• Equipamentos de medição	19
C. Valorização dos resultados da monitorização	20
Validação e arquivo dos dados	20
• Validação dos dados.....	20
• Medidas de confirmação para os resultados duvidosos	20
Recomendações para a Base De Dados (BDD)	20
• Estrutura das bases de dados	20
• BDD mães e filhas	21
Divulgação dos dados.....	21
• Uma BDD à disposição do público	21
• Publicação de uma lista telefónica dos recursos hídricos.....	21
• Respostas aos requerimentos	22

D. Meios necessários para a monitorização dos recursos hídricos	23
Investimentos (equipamentos de medição).....	23
Encargos recorrentes.....	24
• Funcionários	24
• Consumíveis e manutenção dos equipamentos	24
E. Anexos	26
Formulário de preenchimento pelas medidas e pelas bases de dados.....	26
• Pluviometria - totais anuais.....	26
• Ficha de medição de caudal	27
• Base de dados de medição de caudal.....	29
• Base de dados qualidade de água	30
• Formulário de diagnóstico dos chafariz	31
• Programação da campanha anual do monitoramento da estiagem.....	32
Lista dos documentos consultados.....	33
• Relatórios e documentos gerais	33
• Documentos jurídicos	33
• Documentos técnicos.....	34

Agradecimentos

A equipa dos Consultores agradece a toda a equipa da Direcção dos Recursos Naturais e Energia pela sua disponibilidade e pela partilha dos seus conhecimentos no domínio da água e saneamento em São Tomé e Príncipe. A elaboração deste relatório não teria sido possível sem a sua grande dedicação a este projecto.

Os nossos sinceros agradecimentos igualmente para todos os outros interlocutores que dedicaram tempo e atenção à nossa equipa, quer para as entrevistas, quer para as visitas de campo, o que nos permitiu colher valiosas informações; neste sentido, todos contribuíram de maneira determinante para o conteúdo do presente relatório.

A. Objectivos da monitorização

O plano de monitorização dos recursos hídricos tem como objectivo ajudar a DNRE (e as outras instituições de STP), a tomar as melhores decisões (a) para a gestão sustentável dos recursos hídricos e (b) o abastecimento em água da população, dos agricultores e dos industriais.

Este plano foi concebido para fornecer respostas a perguntas concretas. O mesmo não se limita a medir quantidades físicas e arquivar dados, mas também a colocar sob vigilância os recursos hídricos do País para evitar potenciais problemas. Com base nas informações reunidas durante este estudo, o Consultor identificou as prioridades seguintes para a monitorização:

- Evolução do caudal dos principais rios do País;
- Monitorização dos caudais de fim de Gravana em todos os recursos hídricos;
- Inventário das nascentes;
- Monitorização dos níveis das águas subterrâneas;
- Monitorização da salinidade dos aquíferos costeiros;
- Qualidade da água para consumo humano e dos recursos hídricos (geral).

A tabela apresentada na página seguinte explica os desafios de cada monitorização, a metodologia a seguir e o responsável de cada uma delas.

Os parágrafos seguintes detalham cada monitorização (objectivo, parâmetro a medir, equipamentos de medição, pontos de medição, frequência, controlo da qualidade dos dados).

Tabela 1. Objectivos da monitorização dos recursos hídricos

Problemática	Objectivos da monitorização	Responsável
Evolução do caudal dos principais rios do País	a) calcular o caudal de cheia centenária (para a concepção de obras de engenharia civil) b) identificar os recursos disponíveis para a energia hidroeléctrica	DRNE
Monitorização dos caudais de estiagem de todos os recursos hídricos	a) Determinar o caudal máximo utilizável para o abastecimento em água potável b) Identificar o impacto potencial do aquecimento global sobre os recursos hídricos	DRNE
Inventário das nascentes	Identificar os recursos de água adicionais que poderiam ser exploradas para o abastecimento em água rural	DRNE
Monitorização dos níveis das águas subterrâneas	a) Determinar o caudal máximo utilizável para o abastecimento em água potável b) Identificar o impacto potencial do aquecimento global sobre os recursos hídricos	DRNE
Vigilância e monitorização das poluições industriais e agrícolas	Vigilância e monitorização a longo prazo da qualidade da água dos principais recursos em água, na perspectiva de um desenvolvimento de novas actividades económicas poluentes no País.	EMAE
Qualidade da água potável	Monitorização da eficácia dos tratamentos realizados para garantir a boa qualidade da água	EMAE e DRNE
Monitorização da salinidade dos aquíferos costeiros	Monitorização da evolução da intrusão salgada, que poderia prejudicar no futuro alguns poços que se encontram perto da costa	DRNE

B. Metodologia da monitorização

Monitorização do caudal dos principais rios do País

- **Parâmetros a medir**

Para monitorar o caudal dos principais rios, é preciso medi-lo em diferentes épocas do ano (tonelagem) e registar a altura da água no decorrer do ano.

- **Antiga rede de monitorização**

Um primeiro sistema de acompanhamento do caudal de 12 grandes rios foi instalado em STP em 1988. Este sistema era constituído por limnógrafos com gravadores mecânicos, instalados em certos pontos. Funcionou relativamente bem até 1990 (com o ritmo de duas campanhas hidrológicas anuais) e permitiu reunir o essencial da informação hidrológica de que dispomos hoje.

Tabela 2. Rede de limnógrafos instalados em 1988

Codigo	Rio	Punto	Bacia (km ²)	Objetivo do monitorar
T02M/01	Papagaio	Bela Vista	12,7	Projeto hidroelétrico
T17C/01	Ouro	Agostinho Neto	20,3	Projeto hidroelétrico
T18A/01	Cantador	Ponte Rodovia	9	Projeto hidroelétrico
T18C/01	Ouro	Boa Esperança	13,8	Projeto hidroelétrico
T18C/02	Abade	Bombain	12	Projeto hidroelétrico
T18D/01	Aqua Palito	Madalena	7,8	????
T18D/02	Manuel Jorge	Pian Pian	22,6	AEP de São Tomé
T18D/03	Agua Grande	Lucian Cola	23,2	????
T19B/01	Lemba	San Jose	31,9	Projeto hidroelétrico
T19D/01	Abade	Agua Ize	36,5	Projeto hidroelétrico
T20C/01	Io Grande	Manuel Carocha	103,2	Projeto hidroelétrico

Os limnógrafos mecânicos requerem muita manutenção e são muito frágeis no ambiente tropical húmido. Os equipamentos instalados em STP em 1988 deixaram de existir em 1990. Contudo, a DNRE deu continuidade às campanhas de medições de caudal em vários cursos de água em 1990, 1991 e 1992.

Finalmente, em 2009, a DNRE instalou dois limnímetros gravadores de um novo género, com o apoio da cooperação portuguesa. Trata-se de limnímetros com captor piezométrico, reputados por serem menos frágeis do que os equipamentos mecânicos. Ambos os aparelhos estavam também equipados com um emissor GSM e um painel solar para poder transmitir as medições à distancia (até o escritório da DNRE).

A DNRE prepara-se para solicitar um financiamento à Facilidade Africana de Água (financiamento BAD) para estender o seu sistema de medição a outros rios, com o apoio da cooperação portuguesa (AGIP).

• Nova rede de pontos de medição

Recomenda-se a realização de uma monitorização contínua de 11 rios, importantes pelo tamanho da sua bacia hidrográfica (recursos potenciais para a energia hidroeléctrica, como Rio Grande, Rio de Janeiro ou Rio Lemba Abade) e pela sua proximidade com as cidades a abastecer em água (Rio Manuel Jorge, Rio Contador, Ribeira Afonso Angobo ou Rio de Janeiro).

Os melhores pontos de medição são as pontes rodoviárias:

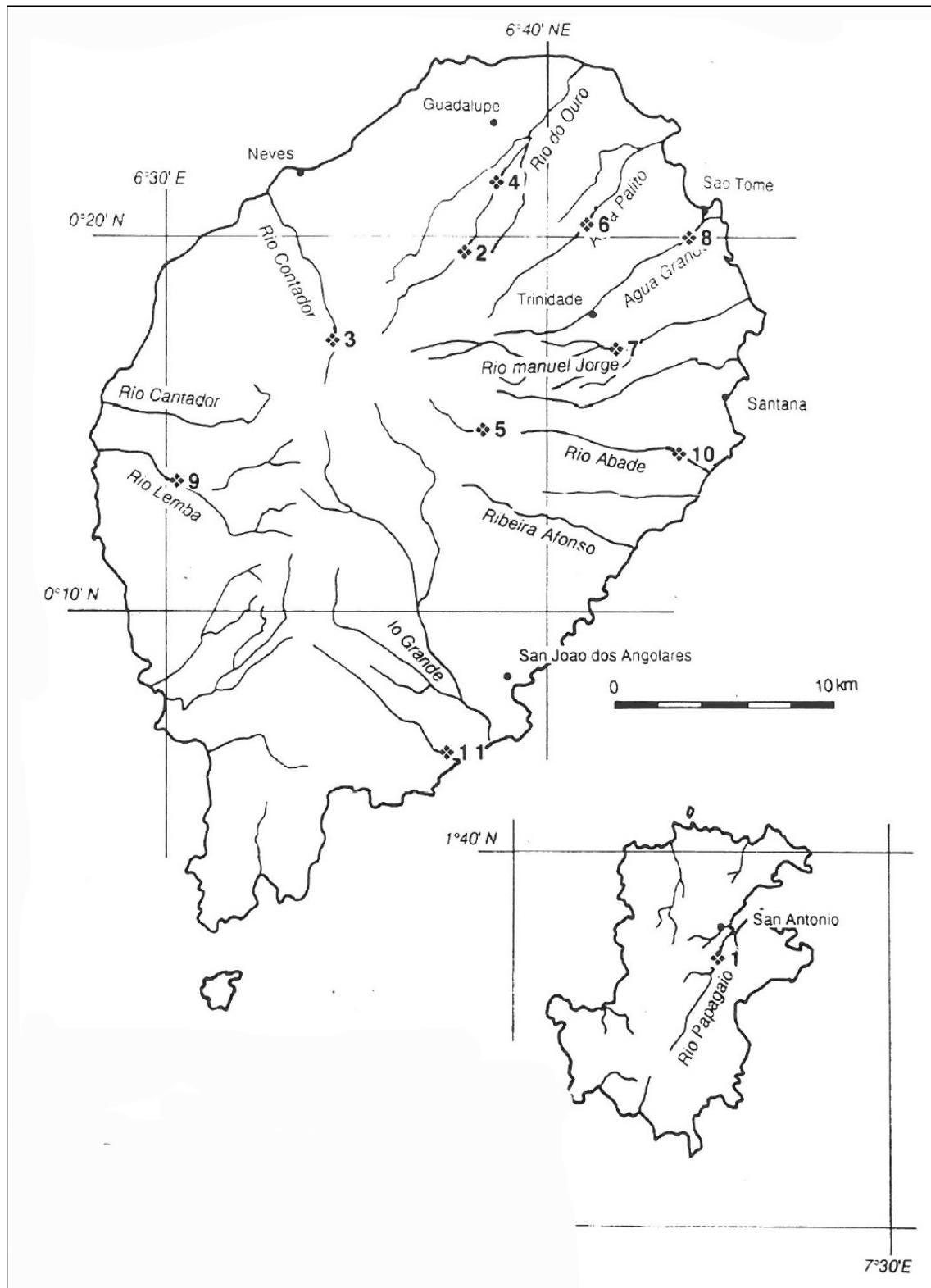
- Porque constituem limiares hidrográficos onde há poucos sedimentos depositados (leito estreito, com aceleração de água);
- Porque são facilmente acessíveis;
- Porque os pilares podem ser utilizados para definir o nível de água bitola

Tabela 3. Estações hidroológicas recomendadas

Codiga	Rio	Punto	Bacia (km ²)	X=6°E+	Y=0°N+	Z	Objetivo do monitorar
5	Manuel Jorge	Ponte de estrada	50	44,671	17,773	27	Projeto hidroeléctrico
54	Manuel Jorge	Captação Milagrosa	10	38,745	16,763	400	Projeto hidroeléctrico + AEP de São Tomé
7	Abade	Agua Ize	36,5	43,758	13,795	10	Projeto hidroeléctrico + AEP de Santana
11	Rib. Afonso	Ponte de estrada	24	41,951	11,573	10	Projeto hidroeléctrico + AEP de R. Afonso
13	Rio Angobo	Ponte de estrada	12	39,69	9,108	10	Projeto hidroeléctrico + AEP de Angolares
14	Io Grande	Manuel Caroça	103	37,71	7,218	20	Projeto hidroeléctrico
30	Lemba	Ponte de estrada	50	28,07	14,84	10	Projeto hidroeléctrico
31A	Cantador A	Ponte Norte	10	28,05	15,75	10	Projeto hidroeléctrico
36	Contador	Ponte de estrada	20	32,76	21,2	25	AEP de Neves
38	D'Ouro	Agostinho Neto	20,3	38,55	21,78	170	Projeto hidroeléctrico
100	Papagaio	Ponte de estrada	12,7			10	Projeto hidroeléctrico

Estação de 1988

Figura 1. Mapa de localização das estações hidrológicas (antigas e novas)



• **Frequência das medidas**

A medição das alturas da água será feita continuamente, com um dispositivo de gravação.

As medidas de caudal serão realizadas quatro vezes por ano para calibrar a curva “altura/caudal”. Estas medidas serão realizadas em água baixa (para calibrar as medidas de estiagem) e depois das tempestades (para calibrar as medidas de cheias).

• **Equipamentos de medição**

Para a medição dos caudais, recomenda-se a aquisição pela DNRE de uma micro-bobina. O modelo que foi utilizado pelo Consultor durante o estudo do plano director de 2010 deu muita satisfação e é bem adaptado às condições de campo em STP:

- Marca OTT (padrão mundial em hidrologia)
- Modelo C20 (tubo de 20 mm de diâmetro, fácil de segurar)
- Hélice de poliestireno, diâmetro de 80 mm (não 0,25 m)
- Contador Z400

Para o registo das alturas das águas, recomenda-se a instalação de limnímetros-gravadores com sensor piezoeléctrico. É um equipamento fiável sem peças mecânicas, bem adaptado às condições severas de São Tomé e Príncipe. O modelo recomendado é aquele que se encontra nas estações hidrológicas do SEEG no Gabão e que é particularmente fiável num ambiente equatorial húmido:

- Marca OTT (padrão mundial em hidrologia)
- Modelo Orpheus Mini
- O sensor piezoeléctrico + o sensor de pressão atmosférica são integrados a uma única sonda de registo, instalada no local, num tubo de aço galvanizado
- O gravador é equipado com uma bateria de longa duração e as gravações podem ser colectadas apenas uma vez por ano. A colecta dos dados faz-se com um laptop e uma aplicação específica (vendida com o limnímetro)
- O equipamento deve ser instalado no leito do rio ao abrigo de choques e vandalismo (as pilhas de pontes rodoviárias apresentam uma óptima configuração)

• **Procedimentos de controlo da qualidade**

Os sensores dos limnímetros podem apresentar um problema de derivação (por causa do envelhecimento do sensor ou do cabo). Por esse motivo, uma calibragem regular é necessária.

Uma calibragem será realizada anualmente (durante a troca de baterias). As informações do limnímetro serão comparadas com as de um marcador colocado num ponto fixado na ponte rodoviária (uma escala limnimétrica, por exemplo).

Monitorização dos caudais de estiagem dos principais recursos hídricos

- **Parâmetros a medir**

Caudal do rio, entre Junho e Setembro, durante a Gravana.

- **Rede de pontos de medição**

Rios

A monitorização abrangerá os principais rios do País. Os mesmos já beneficiaram de uma monitorização hidrológica durante o estudo do presente Plano Director (ver tabela das estações de medição na página seguinte).

Recorda-se que existem mais de 4 rios de superfície relativamente grande no sudoeste da ilha de São Tomé e cujo caudal nunca foi medido devido à sua inacessibilidade pela estrada.

Nascentes

A monitorização abrangerá as principais nascentes utilizadas para o abastecimento em água potável da capital, porque têm uma importância estratégica para o País:

- Água Amoreira 1
- Água Amoreira 2
- Água Clara 1
- Monte Macaco 1
- Monte Macaco 2

Tabela 4. Pontos de medição do caudal

n° punto	X		Y		Rio
	°E	min	°N	min	
5	6	44,671	0	17,773	Manuel Jorge
6	6	44,636	0	16,693	Clara Dia
8	6	43,758	0	13,795	Abade
10	6	43,232	0	12,827	Água Funde
11	6	41,951	0	11,573	Rib.Afonso
12	6	40,187	0	9,608	Anglatodo
13	6	39,690	0	9,108	Rio Angobo
14	6	37,710	0	7,218	lo Grande
24	6	41,580	0	19,013	Água Amoreira 1
25	6	41,535	0	19,032	Água Grande
26	6	39,721	0	19,699	Água Clara
28A	6	38,960	0	20,786	Monte Macaco 1
28B	6	38,960	0	20,786	Monte Macaco 2
51	6	41,631	0	16,671	Manuel Jorge (Ponte Pedroma)
52	6	41,035	0	16,718	Manuel Jorge (Pinha Pinha)
53	6	39,656	0	16,509	Manuel Jorge (Ponte Milagrosa)
54	6	38,745	0	16,763	Manuel Jorge (capt Milagrosa)
30	6	28,070	0	14,840	Lemba
31A	6	28,050	0	15,750	Cantador A
31B	6	28,060	0	15,690	Cantador B
33	6	29,040	0	17,005	Paga Fogo
34	6	29,340	0	17,910	Água domingos
35	6	30,740	0	19,680	Maria Luisa
36	6	32,760	0	21,200	Cantador
37	6	34,683	0	22,139	Ribeira Funda
38	6	38,550	0	21,780	D'Ouro
39	6	33,515	0	20,816	Provaz

- **Frequência das medidas**

Uma primeira série de medições da estiagem foi conduzida pelo Consultor em 2010 e integrada no presente estudo do Plano Director.

Recomenda-se a realização de quatro outras séries (2011 / 2012 / 2013 / 2014) com vista a ter cinco anos de medição, o que constitui o mínimo para caracterizar a variabilidade das estiagens (caudais de baixa) de uma nascente ou de um rio.

Cada estiagem será caracterizada com cinco novas medições anuais (15 de Junho / 05 Julho / 25 de Julho / 15 de Agosto / 05 de Setembro).

- **Equipamentos de medição**

Os equipamentos de medição serão os mesmos que para a monitorização dos principais rios (micro-bobina de marca OTT, modelo C20).

- **Procedimentos de controlo da qualidade**

Durante a estiagem, o nível da água é reduzido a poucos centímetros e medir a sua velocidade torna-se difícil. Deve ajustar-se o leito do rio, deslocando rochas e sedimentos para chegar a um canal estreito, onde a profundidade da água e a velocidade serão suficientes para realizar uma boa medida. Esta operação deve ser repetida no início de cada estiagem, porque as inundações da estação das chuvas afectam o leito dos rios.

- **Curvas de secagem**

Num regime não afectado (sem precipitação), uma nascente é alimentada pelas águas subterrâneas correspondentes às reservas reguladoras, armazenadas no aquífero durante os períodos de recarga (estação chuvosa). A diminuição do caudal ao longo do tempo é relacionada com o declínio dos níveis das águas subterrâneas. A heterogeneidade das condições físicas e climáticas fazem da secagem um fenómeno muito complexo. No entanto, uma lei de decaimento exponencial muito simples (Fórmula de Maillet) permite abordar este fenómeno e fazer comparações entre bacias.

$$\text{Fórmula de Maillet : } Q = Q_0 e^{-a \cdot d}$$

com

Q_0 : caudal no tempo t_0 , em m^3/s ;

Q : caudal no tempo t , em, em m^3/s ;

d : tempo entre os tempos t et t_0 , em dias;

a : coeficiente de secagem, de dimensão t^{-1} .

Esta lei de secagem é relativamente estável de um ano para o outro e representa uma característica da bacia. Ele modela a secagem em curso e, portanto, permite prever o caudal provável dentro de uma semana, um mês... ou até a próxima chuva.

Com base nas medições realizadas durante a Gravana, podemos calcular o coeficiente de secagem em cada bacia e para cada nascente medida.

Inventário das nascentes

• **Parâmetros a medir**

Para abastecer em água as pequenas comunidades rurais, a solução mais frequente em STP (1) consiste na captura de uma nascente localizada acima da aldeia e (2) na construção de uma adução gravitária, com um diâmetro pequeno, a partir da nascente e até um chafariz. Esta solução traz muitas vantagens:

- A água da nascente é filtrada naturalmente (a construção de uma estação de filtração não é assim necessária);
- Não é preciso recorrer a uma bomba.

No entanto, o caudal das nascentes diminui inevitavelmente durante a Gravana.

• **Frequência das medidas**

Antes de decidir pelo investimento num sistema de abastecimento em água, recomenda-se vigiar o caudal da nascente durante pelo menos duas Gravanoas através de duas medições de caudal: em meados de Julho e meados de Agosto.

• **Equipamentos de medição**

Para medir pequenos caudais (1 - 100 L / s), recomenda-se a aquisição pela DNRE de um micro-molinete e, de preferência, um modelo adequado para medir caudais muito pequenos:

- Marca OTT (padrão mundial em hidrologia)
- Modelo C2 (tubo de 8 mm de diâmetro)
- Hélice em latão de 30 mm ou 50 mm de diâmetro
- Contador Z400 (o mesmo que para as tonelagens de rios)

Qualidade da água potável (para beber)

• Indicadores utilizados

Em termos de saúde pública (ou seja, o número de doentes e mortes), os maiores problemas relativos à água potável são problemas de qualidade biológica. A água potável é um importante vector de doenças epidémicas na medida em que a rede de distribuição pode veicular rapidamente, e para um grande número de casas, doenças causadas por patógenos que sobrevivem bem na água:

- Vírus (poliomielite...)
- Bactérias (cólera, disenteria, ...)
- Parasitas (amebas, verme da Guiné...)

Em STP, tal como no resto do mundo, a qualidade biológica da água deve ser monitorada rigorosamente. Recomenda-se monitorar dois indicadores:

- O cloro residual, que é um indicador da qualidade do tratamento da água efectuado pelo operador (ou outro operador EMAE);
- As bactérias de origem fecal (coliformes fecais ou termotolerantes), que são um indicador da qualidade biológica da água.

• Rede de pontos de medição e frequência das medições

O cloro residual

O cloro residual deve ser doseado a jusante da estação de cloração, de preferência, nas extremidades da rede de distribuição de água (onde os níveis de cloro são mais baixos). A EMAE é responsável pela realização de tais medidas, regularmente, em conformidade com o caderno de encargos das especificações.

Além disso, a DNRE realizará medições contraditórias, para verificar se o sistema de cloração funciona bem. Para isso, fará amostras todos os meses de 20 chafarizes nos diferentes sistemas de abastecimento em água do País.

Coliformes fecais na rede de distribuição

As bactérias de origem fecal devem ser totalmente destruídas pelo tratamento com cloro e não devem permanecer na rede, a jusante da estação de cloração. Deve verificar-se que estão ausentes nas extremidades da rede de distribuição de água (onde os níveis de cloro são mais baixos). A EMAE é responsável pela realização de tais medidas, regularmente, em conformidade com o caderno de encargos das especificações.

Além disso, a DNRE realizará medições contraditórias, para verificar se o sistema de cloração funciona bem. Para isso, fará amostras todos os meses de 20 chafarizes nos diferentes sistemas de abastecimento em água do País.

Coliformes fecais nas nascentes

Para determinar se uma nascente pode ser captada para o abastecimento em água potável, o teste mais importante consiste na contagem de coliformes. De acordo com a qualidade bacteriológica da água, a DNRE terá várias opções.

A contaminação fecal é elevada, mas é possível encontrar um outro recurso de água com maior qualidade.	A DNRE pedirá para que a nascente não seja capturada.
A contaminação fecal é elevada, mas não existe outro recurso alternativo a preço razoável.	A DNRE pedirá para que as obras de captação incluam um sistema de captação.
A contaminação fecal é baixa ou nula e a nascente abastece em água uma comunidade muito pequena (menos de 100 pessoas).	Nenhuma cloração será instalada porque representaria uma despesa excessiva para as pequenas comunidades.
A contaminação fecal é baixa ou nula e a nascente abastece em água uma comunidade de tamanho médio (mais de 100 pessoas).	A DNRE pedirá para que as obras de captação incluam um sistema de captação.

- **Equipamentos de medição**
Coliformes fecais ou termotolerantes

A contagem de coliformes fecais é realizada através de amostras de água.

Este procedimento de análise é o padrão internacional. Um pequeno laboratório foi instalado nas instalações da DNRE em 2010, com a ajuda da Cruz Vermelha Espanhola. O laboratório possui um kit de amostragem bacteriológico de marca AQUALAB cujo funcionamento é satisfatório¹. Uma equipe de três jovens da DNRE foi formada para realizar os vários procedimentos (colheita, análise, arquivo de dados).

Cloro residual

O cloro residual é doseado por colorimetria.

Adiciona-se a uma amostra de água um reagente de cor e mede-se a densidade óptica da amostra. A DNRE realiza actualmente esta medida com um comparador simples, idêntico ao utilizado pelo controlo das água de piscina. Este material não tem nem uma precisão nem uma fiabilidade suficiente para a análise da água potável. Recomenda-se a aquisição pela DNRE de um pequeno clorinador de campo. Exemplo de material:

- Marca HANNA Instruments
- Modelo C20 HI 701

- **Procedimentos de controlo da qualidade**

Para as análises bacteriológicas, o maior rigor é necessário para não contaminar as amostras com dedos, instrumentos ou recipientes contaminados por uma análise anterior.

1

Esse kit foi concebido na Inglaterra para as organizações OXFAM e UNICEF. Para o estudo do Plano Director, uma outra campanha de análises bacteriológicas foi realizada pelo Consultor, que recorreu também ao kit AQUALAB e que deu resultados muito satisfatórios.

O kit DelÁgua é muito bem adequado a este tipo de trabalho. Devem apenas respeitar-se alguns procedimentos:

- Preparar regularmente as novas soluções de meio de cultura (lauril sulfato);
- Não usar por mais do que um dia uma garrafa de meio de cultura;
- Esterilizar com um forno as caixas de Petri entre cada medição;
- Esterilizar o equipamento de filtração entre cada medida (ou, pelo menos, limpá-lo cuidadosamente com toalhas de papel).

Vigilância e monitorização das poluições industriais e agrícolas

• **Parâmetros a medir**

O País dispõe actualmente de recursos de água de boa qualidade química, mas essa qualidade resulta da ampliação ainda limitada da indústria e da agricultura intensiva. O desenvolvimento das actividades económicas em STP, infelizmente, induzirá riscos de poluição adicionais, que a DNRE deverá vigiar.

Segue-se a lista dos parâmetros que deverão ser vigiados.

- Nitratos (contaminação por adubos nitrogenados);
- Pesticidas organoclorados e organofosforados (a lista exacta das moléculas a vigiar deve adaptar-se às importações de pesticidas realizadas pelo País);
- Metais pesados (chumbo, níquel, cromo e mercúrio);
- Solventes clorados;
- Hidrocarbonetos totais.

Esta lista de parâmetros deverá ser completada em função do desenvolvimento económico do País e da introdução de novas actividades poluentes.

• **Frequência das medições**

Em STP, o risco apresentado pela poluição química (de origem industrial ou agrícola) é menor em comparação com o risco - bem documentado - que constitui a poluição fecal. Portanto, o País deve concentrar a maior parte dos seus recursos de monitorização na vigilância da qualidade bacteriológica da água destinada ao consumo humano (ver parágrafo anterior) e alocar recursos menores na vigilância dos riscos químicos.

De acordo com este princípio, recomenda-se a realização de uma análise química detalhada todos os anos.

• **Pontos de medição**

Num primeiro tempo (daqui a 2030), recomenda-se a vigilância de três recursos de águas subterrâneas que possuem um papel estratégico importante no abastecimento em água do País:

- Água Amoreira 1;
- Água Clara 1;

- Monte Macaco.

Estas nascentes são exploradas pela EMAE, empresa responsável pela realização das amostras e análises.

• Equipamentos de medição

Para efectuar um número limitado de análises detalhadas (3 análises por ano), a solução mais fiável e barata consiste na realização das análises por um laboratório certificado.

Nesse sentido, não se recomenda a compra do equipamento necessário para a pesquisa de poluentes de origem industrial ou agrícola pelo laboratório da EMAE (nem o da DNRE) na medida em que o número limitado de análises realizadas por ano não justifica um investimento tão importante.

Monitorização da salinidade dos aquíferos costeiros

• Parâmetros a medir

A condutividade eléctrica é o melhor parâmetro para monitorar a contaminação dos aquíferos basálticos pela água do mar. É um parâmetro muito fácil de medir, com um material a preço acessível (um conductivímetro).

• Frequência das medidas

Na área de mistura entre " água do mar" e "água doce", a condutividade da água varia de forma contínua, com a maré, a chuva... Uma medida pontual (um ponto medido apenas uma vez) não é muito relevante. A medida crónica a longo prazo, com intervalos curtos para acompanhar a tendência sazonal, tem demonstrado resultados significativos. Recomenda-se então pelo menos uma medida mensal durante vários anos.

A monitorização da salinidade representa um extenso volume de trabalho. **Tendo em conta a escassez dos recursos da DNRE, não se recomenda a realização dessa monitorização. Convém alocar os recursos disponíveis noutros tipos de monitorização (acima mencionados).**

• Equipamentos de medição

Um conductivímetro de campo é suficiente. Recomenda-se a aquisição pela DNRE de um modelo simples:

- Marca : Hanna Instruments
- Modelo : IP 67

• Procedimentos de controlo da qualidade

Os eléctrodos do conductivímetro oxidam-se, alterando as suas características. Para garantir uma monitorização da condutividade a longo prazo, aconselha-se: calibrar o conductivímetro regularmente (trimestralmente) com uma solução padrão de cloreto de potássio.

Monitorização do nível dos aquíferos

- **Parâmetros a medir**

O nível piezométrico num furo equipado com liners ao nível do aquífero a ser monitorado.

- **Rede de pontos de medição**

A monitorização do nível das águas subterrâneas realiza-se normalmente dentro dos piezómetros ou seja, dentro dos furos ou poços perfurados e através da observação da água subterrânea (sem recorrer à instalação de bombas).

Ainda não existem piezómetros em STP. No âmbito da implementação do Plano Director, o Consultor recomenda a realização de um programa de perfuração. Seria interessante aproveitar esta campanha para construir alguns piezómetros que permitiriam monitorar a longo prazo o nível das águas subterrâneas nos basaltos. Estas medidas permitiriam avaliar o impacto do aquecimento climático sobre as águas subterrâneas.

Recorda-se que o custo de um piezómetro é quase idêntico ao de uma perfuração. Se o orçamento do programa de perfuração não mudar, a implementação de cada piezómetro diminuirá o número de furos realizados nas aldeias. Durante a implementação do programa, seria então necessário realizar arbitragens entre as necessidades imediatas (furos para abastecer as aldeias) e a monitorização dos aquíferos. Tais arbitragens serão efectuadas pela DNRE.

- **Frequência das medidas**

O nível da água em poços e furos varia em função dos bombeamentos, das chuvas, etc. Consequentemente, a realização de uma medida pontual (um ponto de água medido apenas uma vez) não é muito relevante. A medida crónica a longo prazo, com intervalos curtos para acompanhar a tendência sazonal, tem demonstrado resultados. Recomenda-se então uma medida mensal durante vários anos.

A monitorização dos níveis das águas subterrâneas representa um extenso volume de trabalho. **Tendo em conta a escassez dos recursos da DNRE, não se recomenda a realização dessa monitorização. Convém alocar os recursos disponíveis noutros tipos de monitorização (acima mencionados).**

- **Equipamentos de medição**

Para produzir boas séries de medidas, os piezómetros devem ser, preferencialmente, equipados com sensores gravadores ("diver" de acordo com a terminologia inglesa). Recomenda-se a instalação de sondas idênticas às das estações hidrológicas a fim de padronizar o equipamento e o estoque de peças de reposição:

- Marca OTT (padrão mundial em hidrologia)
- Modelo Orpheus Mini

C. Valorização dos resultados da monitorização

Validação e arquivo dos dados

• Validação dos dados

Cada medida deve ser validada antes de ser integrada na base de dados (BDD). O registo de dados errados pode vir a dificultar ou a impossibilitar a exploração da base a longo prazo.

A validação dos dados ocorre a dois níveis: o dos operadores de campo e o dos engenheiros:

- Os operadores vão ao campo com uma tabela que apresenta os valores medidos durante as últimas rondas (caudais, alturas da água, teor em cloro). Caso o operador encontre uma incoerência, a medição deve ser imediatamente repetida. Esta tabela será elaborada pelos operadores de campo para preparar as rondas.
- Os engenheiros devem validar as medidas no dia posterior à ronda. Devem dispôr de todas as medidas, processadas por computador, (de preferência sob a forma de curvas de evolução) para que possam avaliar se a medida transmitida pelo operador segue uma tendência natural já observada ou reflecte um fenómeno único. Neste último caso, o engenheiro deverá decidir se uma medida de controlo é necessária para monitorar o fenómeno ou eliminar um possível erro de medição;
- O preenchimento das informações não é da competência dos cientistas da computação ou dos secretários mas do engenheiro, única pessoa responsável pela validação, ou não, de dados.

• Medidas de confirmação para os resultados duvidosos

Caso uma medida parecer errada, uma verificação de campo é necessária nos dias seguintes.

Recomendações para a Base De Dados (BDD)

• Estrutura das bases de dados

Durante a elaboração deste Plano Director, um grande número de medidas foram realizadas (medições de caudal, análises físico-químicas, análises bacteriológicas). Todos estes dados foram reunidos em cinco bases de dados:

- Totais pluviométricos anuais;
- Medição de caudal;
- Análises físico-químicas, análises bacteriológicas;
- Inventário dos chafarizes;
- Inventário das nascentes.

Para facilitar o trabalho dos engenheiros, todos os dados foram processados em tabelas electrónicas (com o Microsoft Excel ®). A longo prazo, seria interessante consolidar toda a informação recorrendo a uma ferramenta informática mais sofisticada (Microsoft Access ®, por exemplo). No entanto, tal projecto ainda não se encontra na agenda porque o volume da informação é ainda muito modesto (alguns milhares de dados) e é compatível com uma utilização de Microsoft Excel ®, software conhecido pelos engenheiros da DNRE.

Um exemplo de cada uma das BDD é apresentado em anexo.

- **BDD mães e filhas**

Todas as BDD assim como as operações de actualização serão guardadas num único computador.

Os vários especialistas da DNRE poderão fazer cópias das BDD mães para os seus computadores mas essas cópias não deverão ser usadas para inserir ou corrigir dados.

Não se deve inserir dados em vários computadores porque dificulta a consolidação da informação.

Divulgação dos dados

- **Uma BDD à disposição do público**

Os dados reunidos e arquivados pela DNRE terão muito mais valor uma vez divulgados e utilizados. O público interessado neste tipo de informação é diverso:

- Outros serviços do Estado, que devem realizar estudos ou investimentos, relacionados com os recursos hídricos, a qualidade da água e do caudal dos rios (EMAE, INAE, Ministério da Saúde, Câmara Distrital...);
- Pesquisadores, professores e alunos;
- Gabinetes de estudos e consultores do sector das infra-estruturas;
- Jornalistas.

Recomenda-se fornecer gratuitamente ao público a informação para aumentar, o mais possível, a divulgação dos dados e do trabalho da DNRE. Vender os dados não iria dar muito lucro e exigiria a criação de um sistema de contabilidade complexo.

- **Publicação de uma lista telefónica dos recursos hídricos**

Um boletim periódico representa uma boa solução para valorizar rapidamente o trabalho considerável de monitorização dos recursos hídricos feita pela DNRE. É também um meio para promover a instituição, o seu papel e o seu funcionamento.

Uma publicação anual permite divulgar a informação sobre a evolução geral do comportamento dos recursos hídricos de STP (secagem, recarga após as chuvas, movimento da frente salgada...). No entanto, para tornar a leitura do boletim mais atraente, é importante que este não seja muito repetitivo. Muitas listas telefónicas e boletins incluem apenas séries de tabelas, o que não estimula uma grande parte dos potenciais leitores.

Consequentemente, o boletim deverá incluir artigos mais científicos (funcionamento dos aquíferos) ou mais gerais (hidrogeologia de uma ilha ou de uma área), servindo assim de base para os engenheiros que procuram publicar artigos em revistas científicas. Por último, a notoriedade da INGRH junto dos órgãos de cooperação encontrar-se-á reforçada se os

chefes de projecto realizarem, a cada edição, um ponto da situação sobre os estudos em curso e o estado das relações com os parceiros externos.

O boletim poderá também apresentar o balanço do comportamento dos aquíferos monitorados com dados relativos às águas subterrâneas, à recarga, à conductividade através de artigos temáticos (um aquífero, uma ilha, um método de medição) ou de formatos correntes (tabelas de dados, mapas de isovalores).

- **Respostas aos requerimentos**

Os dados hidráulicos gerais não interessam a todas as pessoas. Algumas procuram informações específicas (o caudal de tal rio, a localização de tal nascente, etc.). Para responder a esse tipo de requerimentos específicos, a DNRE poderia propôr um serviço de vistoria, facturado em função do número de dias passados, para os engenheiros para responderem aos pedidos. A definição dessa oferta de serviço "profissional" ultrapassa o âmbito do Plano Director e não será descrita aqui.

D. Meios necessários para a monitorização dos recursos hídricos

Investimentos (equipamentos de medição)

Tabela 1. Orçamento do material de medição recomendado para a DNRE

	Marca e modelo	Número	Preço unitário	Custo total
Medição e gravação do caudal dos rios				
Micro-molineto	OTT C20	1	4 000	4 000
Contador de micro-molineto	OTT Z400	1	1 500	1 500
Escala para medição de caudal		20	100	2 000
Tubo piezométrico		10	1 000	10 000
aparelho de gravação das medições de caudal	OTT Orpheus Mini	10	2 500	25 000
Medição do caudal das nascentes				
Micro-molineto	OTT C2	1	4 000	4 000
Contador de micro-molineto	OTT Z400	0	1 500	pour mémoire
Analises bacteriológicas				
Kit de medição (estudos, filtração, esterilização)	del Agua	1	3 000	pour mémoire
Analises fisico-quimicas				
aparelho de medição da condutibilidade + solução padrão		2	300	600
pH metro + solução padrão		1	500	500
chlorometro + solução padrão		2	200	400
Inventário das nascentes				
GPS	Garmin eTrex	3	300	900
Pluviometria				
Pluviómetro		5	500	2 500
Suporte de pluviómetro com base de betão		5	500	2 500
			Total Capex	53 900
Monitoramento dos mantos subterrâneos				
Construção dum piezometro de 50 m, equipado com um tubo de 3"		5	20 000	100 000
aparelho de gravação das medições de caudal	OTT Orpheus Mini	5	1 000	5 000
Sonde de nível com desenrolador		2	500	1 000
			Total	106 000

Encargos recorrentes

• **Funcionários**

Todas as actividades de monitorização delegadas à DNRE podem ser conduzidas por uma equipa de três pessoas:

- Um engenheiro hidráulico;
- Um operador de medição de caudal;
- Um engenheiro químico ou sanitário.

Para esta equipa de três pessoas, a carga de trabalho corresponderá quase exactamente a um tempo parcial.

• **Consumíveis e manutenção dos equipamentos**

Os equipamentos recomendados acima não usam muitos produtos consumíveis (excepto os reagentes para as análises bacteriológicas e as soluções-padrão para as medições físico-químicas : pH, conductividade e cloro residual).

No entanto, é necessário também incluir no orçamento as manutenções dos equipamentos de medição (especialmente as micro-molinetes), que são bastante caras por se tratarem de equipamentos de precisão. Em caso de avaria, estes devem ser devolvidos ao fabricante.

Tabela 5. Opex para o sistema de monitorização

	Unidade	Número	Preço unitário (€)	Custo total total (€/ano)
Medição e gravação do caudal dos rios e das nascentes				
Engenheiro hidraulico	h-mois	3	150,00	450,00
Operador (e motorista)	h-mois	3	100,00	300,00
Despesas de missão	h-jour	60	15,00	900,00
Carro 4x4	km	6000	0,55	3 300,00
Manutenção do micro-molineto e do seu contador	%	20,00%	5 500,00	1 100,00
Manutenção do aparelho de medição de caudal	%	20,00%	4 000,00	800,00
Análises bacteriológicas e físico-químicas				
Reactivos para 200 análises per ano	kit	1	500,00	500,00
Engenheiro hidraulico (mota)	h-mois	6	150,00	900,00
Despesas de missão	h-jour	90	15,00	1 350,00
Logística (mota)	km	4000	0,35	1 400,00
solução padrão conductimetro	unité	1	20,00	20,00
solução padrão pHmetro	unité	1	20,00	20,00
solução padrão chlorometro	unité	1	20,00	20,00
Inventário das nascentes				
Engenheiro hidraulico	h-mois	3	150,00	450,00
Operador (e motorista)	h-mois	3	100,00	300,00
Despesas de missão	h-jour	40	15,00	600,00
Carro 4x4	km	4000	0,55	2 200,00
Pluviometria				
Subsídios dos observantes	h-mois	48	20,00	960,00
			Total Opex	15 570,00

E. Anexos

Formulário de preenchimento pelas medidas e pelas bases de dados

- Pluviometria - totais anuais**

Sao Tome e Principe - Direcção dos Recursos Naturais e Energia – DRNE

Actualização do Plano Director de Água e Saneamento do País elaborado em 1996

Pluviometria - Totais anuais (mm/ano)

	Aeroporto	A.Netto	M.Café	Anselmo de Andrade	Claudino Faro	A.Izé	Angolares
1926			1 769	1674	2103		
1927			2 369	2563	2335		
1928			2 794	2621	3356		
1929			1 356	1272	1627		
1930			1 778	1700	2086		
1931			1 610	1576	1835		
1932			1 800	1672	2185		
1933			1 996	1844	2440		
1934			3138	2578	4150		
1935			2001	1757	2941		
1936			2211	1491	2709		
1937			2665	2129	4631		
1938			2315	2334	3546		
1939			2525	2185	4347		
1940			1647	1436	3378		
1941			2105	1560	4130		
1942			1956	2060	4377		
1943			2087	1995	5001		
1944			3055	2455	4266		
1945			2824	1764	3518		
1946			2218	1950	2537		
1947			3253	2378	4062		
1948			2151	1784	2862		
1949			2500	2942	3148		

• **Ficha de medição de caudal**

Sao Tome e Principe - Direcção dos Recursos Naturais e Energia – DRNE Actualização do Plano Director de Água e Saneamento do País elaborado em 1996 Dados per medida de caudal					
Pessoal	Helice Ott				
Dia	Hora	Conductividade			
n° punto	Rio	Estação	X = min mas de E06°	Y = min mas de N00°	Z
	X cm	profundidade cm	número da volta n°	duração s	velocidade m/s
Margem	0	0			0,00
Vertical 1			profundidade de água		
Vertical 2			profundidade de água		
Vertical 3			profundidade de água		
Vertical 4			profundidade de água		
Vertical 5			profundidade de água		
Vertical 6			profundidade de água		
Vertical 7			profundidade de água		
Vertical 8			profundidade de água		
Vertical 9			profundidade de água		
Vertical 10			profundidade de água		
Margem					0,00
Equação do hélice			Velocidade (m/s) =		
si n <			+		
si n >			+		
			x n		
			x n		

© Hydroconseil - 2010

- Base de dados de medição de caudal**

Sao Tome e Principe - Direcção de Recursos Naturais e Energia – DRNE										
Actualização do Plano Director de Água e Saneamento do País elaborado em 1996										
Base de Dados de caudal										
n° ponto	Rio	Estação	X = min mas de E06°	Y = min mas de N00°	Z	Dia	Hora	Caudal (l/s)	Caudal (m3/dia)	Cond (microS/cm)
1	Gue gue	Ponte rede nacional	44,496	19,081	1	19/04/2010	9h50	21,4	1 849	300
2	Agua Zatona	Ponte rede nacional	44,436	19,293	1	19/04/2010	10h00	16,0	1 382	300
								102,3	8 839	
3	San Gabriel	Ponte rede nacional	44,475	19,578	1	19/04/2010	10h20	3,9	337	330
4	Petepete	Ponte rede nacional	44,951	18,306	1	19/04/2010	10h40	17,0	1 469	420
5	Manuel Jorge	Ponte rede nacional	44,671	17,773	27	19/04/2010	11h00	679	58 666	86
						26/04/2010		501,0	43 286	102
						14/06/2010		201	17 366	
6	Clara Dia	Ponte Mucharif	44,636	16,693		19/04/2010	11h20	51	4 406	80
						14/06/2010		17	1 469	
7	Ponte Picao	Santana	44,667	15,855		19/04/2010	11h35	20,7	1 788	210
8	Abade	Água Ize	43,758	13,795		19/04/2010	11h55	686	59 270	89
						14/06/2010		377	32 573	
9	Juanice	Água Ize	43,849	13,237		19/04/2010	12h45	0,0	0	
10	Agua Funde	Água Ize	43,232	12,827		19/04/2010		35,1	3 033	100
						14/06/2010		18,3	1 581	
11	Rib.Afonso	Ponte rede nacional	41,951	11,573		19/04/2010		136	11 750	79
						14/06/2010		162	13 997	
12	Anglatodo	Ponte rede nacional	40,187	9,608		19/04/2010		122	10 541	73
						14/06/2010		83	7 171	
13	Rio Angobo	Ponte rede nacional				19/04/2010		117	10 109	70
						14/06/2010		164	14 170	
14	Io Grande	Ponte rede nacional				19/04/2010		639	55 210	62
						14/06/2010		744	64 282	

• **Programação da campanha anual do monitoramento da estiagem**

Sao Tome e Principe - Direcção dos Recursos Naturais e Energia – DRNE										
Medida de caudal durante a Gravana 2011										
n° punto	X		Y		Rio	4-6 Julho	18-20 Julho	1-3 Agosto	15-17 Agosto	29-31 Agosto
	°E	min	°N	min		l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
5	6	44,671	0	17,773	Manuel Jorge					
6	6	44,636	0	16,693	Clara Dia					
8	6	43,758	0	13,795	Abade					
10	6	43,232	0	12,827	Agua Funde					
11	6	41,951	0	11,573	Rib.Afonso					
12	6	40,187	0	9,608	Anglatodo					
13	6		0		Rio Angobo					
14	6		0		lo Grande					
20	6	41,580	0	19,013	Agua Amoreira 1					
21	6	41,535	0	19,032	Agua Grande					
22	6	39,721	0	19,699	Agua Clara					
24	6	38,960	0	20,786	Monte Macaco 1					
	6		0		Monte Macaco 2					
43	6	41,631	0	16,671	Manuel Jorge (Ponte Pedroma)					
44	6	41,035	0	16,718	Manuel Jorge (Pinha Pinha)					
45	6	39,656	0	16,509	Manuel Jorge (Ponte Milagrosa)					
46	6	38,745	0	16,763	Manuel Jorge (capt Milagrosa)					
30	6	28,070	0	14,840	Lemba					
31A	6	28,050	0	15,750	Cantador A					
31B	6	28,060	0	15,690	Cantador B					
33	6	29,040	0	17,005	Paga Fogo					
34	6	29,340	0	17,910	Água domingos					
35	6	30,740	0	19,680	Maria Luisa					
36	6	32,760	0	21,200	Cantador					
37	6	34,683	0	22,139	Ribeira Funda					
38	6	38,550	0	21,780	D'Ouro					
39	6	33,515	0	20,816	Provaz					

Lista dos documentos consultados

• Relatórios e documentos gerais

2010d. Orçamento Geral do Estado para 2010, Ministério do Plano e Finanças, Direcção do Orçamento

2010c. WHO / UNICEF. Progress on Sanitation and Drinking Water. <http://www.wssinfo.org>

2010b. WHO / UNICEF. Joint monitoring program for water and sanitation. Estimates for the use of improved drinking-water sources in Sao Tome.

http://www.wssinfo.org/resources/documents.html?type=country_files

2010a. WHO / UNICEF. Joint monitoring program for water and sanitation. Estimates for the use of improved drinking-water sources in Sao Tome.

http://www.wssinfo.org/resources/documents.html?type=country_files

2009. China – Taiwan. The Overall Water Resource Development Plan of the Democratic Republic of São Tomé and Príncipe.

2009. United Nations Development Programme (UNDP) - Human Development Report 2009

2008. Plano de Desenvolvimento de Caué: Bem estar e qualidade de vida, fevereiro 2008

2007. GIEC. Changements Climatiques 2007: Rapport de Synthèse.

2007. José Munhá, Rita Cladeira, José Madeira, Joao Mata e Rui Afonso. Geologia da Ilha de Sao Tomé. Notícia explicativa da carta geologica na escala 1/25 000.

2006. INES. São Tomé e Príncipe em números

1996. Plano Director de Água e Saneamento de STP, 1996

• Documentos jurídicos

2009. Estrutura orgânica da Direcção Geral de Ambiente

2008. Diário da República N°74 do 01/12/2008, contendo o Decreto n°40/2008 (aprova os estatutos da EMAE)

2007. Diário da República N°2 do 30/01/2007, contendo o Decreto n°02/2007 (estabelece a estrutura orgânica do XI Governo Constitucional)

2005. Lei n°10/2005 (Lei de revisão da Lei quadro das autarquias locais)

2005. Diário da República N°33 do 15/11/2005, contendo o Decreto-Lei n°26/2005 (cria o INAE)

2004. Estatutos da Associação das Autarquias e Região Autónoma de STP

2000. Diário da República N°9 do 28/12/2000, contendo o Decreto-Lei n°19/2000 (define o estatuto do Ministério do Equipamento Social e Ambiente)

1999. Diário da República N°15 do 31/12/1999, contendo a Lei n°10/99 (Lei de base do ambiente)

1977. Diário da República N°27 do 27/07/1977, contendo o Decreto-Lei n°19/77 (extinção das autarquias locais)

- **Documentos técnicos**

2010. Relatório 2009 da Direcção Comercial, EMAE, fevereiro de 2010

2008. São Tomé e Príncipe. Relatório nacional de investimento. A água para agricultura e energia na África. Syrte (Líbia). 15/12/2008.

1996. HIDRORUMO

1994. AMSCO. Missão de avaliação da EMAE.

1982. SAFEGE. Estudo para a reabilitação e a extensão da rede de distribuição de água da cidade de São Tomé.

1981. Hidroprojekt.