



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA**

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante Felizarda de Bessie Tiago Fumo

entregou no dia 30/Março/2023 as duas cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: _____

intitulado: _____

Maputo, 30 de Março de 2023

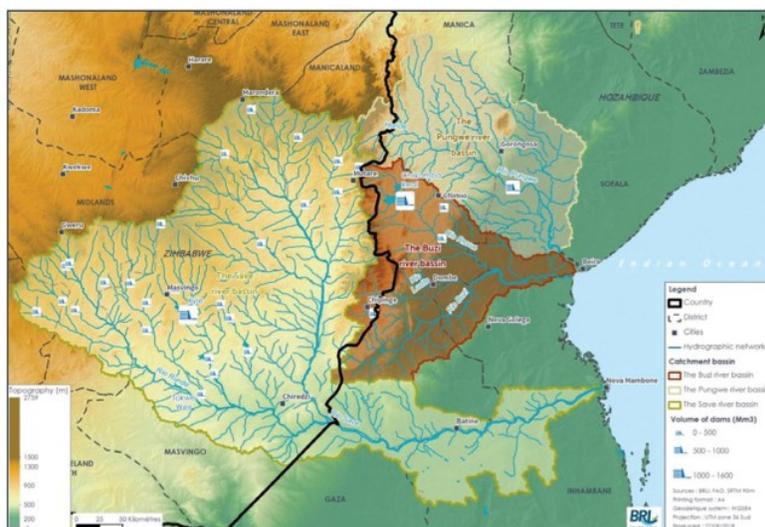
O Chefe de Secretaria



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

DISCIPLINA : Estágio Profissional

TEMA: Sistema de Aviso-Prévio de Cheias Nas Três Bacias Compartilhadas do Búzi, Púngue e Save (BUPUSA)



Nome do Estudante:
Felizarda de Bessie Tiago Fumo

Supervisor:
Prof. Dr Engº Nelson Matsinhe

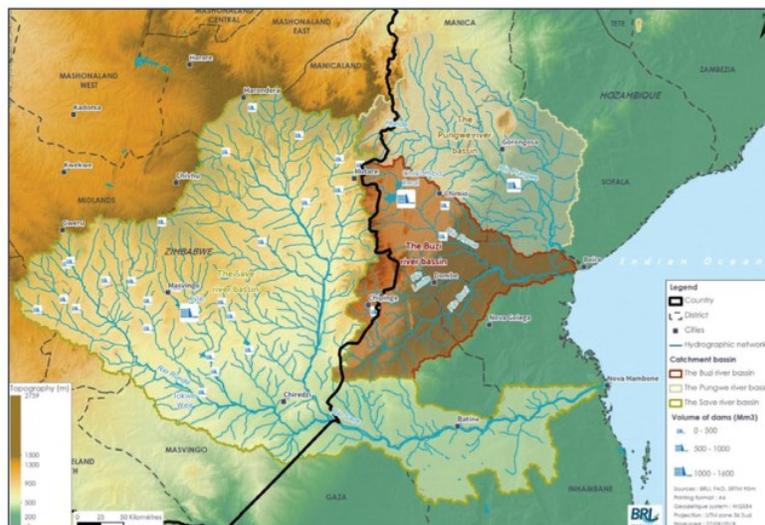
Maputo, aos 30 de Março de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

DISCIPLINA : Estágio Profissional

TEMA: Sistema de Aviso-Prévio de Cheias Nas Três Bacias Compartilhadas do Búzi, Púngue e Save (BUPUSA)



Supervisor:
Prof. Dr Eng° Nelson Matsinhe

Maputo, aos 30 de Março de 2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e ao meu querido Pai, Tiago Afonso Fumo. A Deus por ter me concedido a vida, a possibilidade de ter sempre um amanhã para lutar por aquilo que acredito, e ao meu pai por ele ter representado tudo na minha vida, hoje eu não estaria aqui se não fosse por ele e para ele

AGRADECIMENTOS

- Aos directores da Salomon Lda: Prof. Dr. Eng. Dinis Juízo, Prof. Dr. Eng. Nelson Matsinhe e Dr. Mário Souto por terem-me dado a oportunidade de estagiar nesta empresa;
- Ao Prof. Dr. Eng. Nelson Matsinhe, meu supervisor, exemplo de profissionalismo, dedicação e competência, pela confiança e orientação segura demonstrada neste período;
- Ao meu director Francisco Saimone que com zelo e dedicação conduzi-o este trabalho com zelo e dedicação;
- A minha mãe Helena Fumo, exemplo de mãe, força, espirituosa e que sempre acreditou em mim mesmo em momentos que eu desisti de tudo, muito obrigada minha rainha;
- Ao meu esposo Zacarias Azevedo, meus filhos Ítalo e Helena Azevedo por serem a minha fonte de inspiração e superação de todos os obstáculos nesta vida.
- Aos meus País de criação Daniel Afonso Fumo e Mária Clara Fumo, por me terem acolhido desde pequena, e terem me ensinado, protegido de tudo nesta vida, meu muito obrigada pelo vosso amor incondicional;
- A minha família pela ajuda moral nos momentos difíceis da minha vida. Em especial aos meus irmão Afonso, Suzana, Wilza, António e Raquiba, que tanta força me deram quando eu necessitei nestes anos todos.
- Ao pessoal trabalhador da Salomon Lda, fiéis companheiros na jornada do dia-a-dia, com destaque aos Engenheiros Lucinda companheira de luta, Mucavel, Idílio, Amiro, aos meus colegas da administração Elisa, Jacob, Gaspar, Hélio bem como a Dona Guida, a Dona Eurídice que com paciência trabalharam comigo, ajudando-me na inserção do trabalho;
- Aos demais que por algum motivo tenha-me esquecido endereço os meus mais sinceros agradecimentos pois sem eles a jornada não teria sido tão interessante quanto foi. Muito obrigado

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Enquadramento do estágio profissional.....	12
1.2 Estrutura do relatório	13
2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA	15
2.1 Historial e Organigrama	15
2.2 Organigrama funcional da empresa.....	16
2.3 Experiência Relevante.....	17
3 ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO	20
3.1 Geral.....	20
3.2 ESTUDO DE CASO – SISTEMA DE PREVISÃO DE CHEIAS E AVISO-PRÉVIO PARA O BUPUSA .	22
3.2.1 ANTECEDENTES	22
3.2.2 Objectivo	24
3.2.3 OBJECTIVOS ESPECIFICOS	26
3.2.4 Metodologia de trabalho	28
3.2.5 Compilação da base de dados das partes interessadas.....	29
3.2.6 Localização das Bacias.....	30
3.2.6.1 Bacia do Búzi	30
3.2.6.2 Bacia do Púngoé.....	30
3.2.6.3 Bacia do Save	31
3.2.7 Modelação do BUPUSA FFEWS	32
3.2.7.1 Componentes do sistema de Prévisão de Cheias e Aviso- Prévio.....	33
3.2.7.1.1 HEC-HMS.....	33
3.2.7.1.2 HEC-RAS	39
3.2.7.1.3 Delft fews	40
3.2.7.1.4 HEC-REsSIM.....	42
3.2.8 CONFIGURAÇÃO DOS MODELOS	43
3.2.8.1 CONSIDERAÇÕES CHAVE	43
3.2.8.2 Extensão espacial.....	46
3.2.8.3 Integração de base de dados	48
3.2.8.4 Modelação hidrológica.....	49
3.2.8.5 Modelação hidráulica.....	51
3.2.8.6 Mapeamento de zonas de risco de inundação	53
3.2.8.7 Quantificar o risco de inundação	60

3.2.8.8	Fontes de dados de chuva de satélite previstas e observadas	62
3.2.8.9	Estimativas da precipitação real	62
3.2.8.10	Previsões de precipitação	67
3.2.8.11	Fontes de dados de precipitação pontual.....	69
3.2.8.12	Estações de medição de escoamento e curvas de vazao.....	70
3.2.8.13	Seleção de Estações Hidrométricas Prioritárias	77
3.2.8.14	Lista provisórias das estações prioritárias	80
3.2.8.15	Dados de elevação digital	80
3.2.8.16	Principais infra-estruturas hídricas AO LONGO DAS BACIAS	81
3.2.9	Comunicação de previsões e avisos.....	84
4	CONCLUSÃO	86
4.1	Conclusões relativas às actividades desenvolvidas pelo estagiário.....	86
4.2	Conclusões relativas ao estágio Profissional.....	87
4.3	Recomendações	88
5	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	91
6	ANEXOS	93

Acrónimos

FIPAG -	Fundo de Investimento e Património de Abastecimento de Água;
INE -	Instituto Nacional de Estatística
ARA SUL -	Administração Regional de Águas do Sul
ARA CENTRO NORTE -	Administração Regional de Águas do Centro Norte
HEC_HMS	Sistema de Modelagem Hidrológica
ARA CENTRO	Administração Regional de Águas do Centro
BUPUSA	BÚZI, PUNGUÉ,SAVE
DNA	Direcção Nacional de Águas
DNGH	Direcção Nacional de gestão de recursos Hídricos
FFEWS	Sistema de Previsão de alerta de cheias
GEF	Fundo para o Ambiente Global
GoM	Governo de Moçambique
GoZ	Governo do Zimbabué
GWP-SA	Parceria Mundial de água
INAM	Instituto Nacional de Meteorologia
INGD	Instituto Nacional de gestão e Redução do Risco de Desastre
IUCN	União Internacional para a conservação da Natureza
IWRM	Gestão Integrada de Recursos Hídricos
MLAFWRD	Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural
PP2	Projecto Púngué 2 do Desenvolvimento Internacional da Suécia
SAP	Plano Estratégico de Acção
TDA	Análise de diagnóstico Transfronteiriço
UNDP	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
UNESCO	Programa das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
WRNA	WRNYABEZE AND ASSOCIATES
ZINWA	Autoridade Nacional das águas do Zimbabue
GPM	Medição global de precipitação

GFS	Sistema global de previsão
YR	Ano
ECMWF	Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a Médio Prazo
LIDAR	O LIDAR (Light Detection and Ranging) é um sensor remoto ativo a bordo de plataformas (tripuladas ou não tripuladas) e um método direto de captura de dados, o mesmo possui sua própria fonte de energia, neste caso, uma fonte de luz, o laser.
ALOS 3D WORLD	Modelo digital de superfície global
HEC-RAS	Sistema de Engenharia Hidrológica para Análise de Rios
RSMC	Centro Meteorológico Regional
IUCMA	Incomati-Usuthu Catchment Management Agency
HEC RTS	Centro de Simulação em Tempo Real de Engenharia Hidrológica
POSTGRE SQL	PostgreSQL é um sistema gerenciador de banco de dados objeto relacional, desenvolvido como projeto de código aberto
POST GIS	O PostGIS é uma extensão espacial gratuita e de código fonte livre
m.a.s.l	Altura acima do nível médio do mar

Lista de figuras

Figure 1_ Frequência de ciclones com base em observação em 75 anos.....	24
Figura 2_ Mapa de Localização das 3 Bacias(Buzi, Save e Pungue).....	32
Figura 3_ Interface do HEC-HMS	34
Figura 4_ Princípio da Constância do Tempo de Base.....	36
Figura 5_ Proporcionalidade das Descargas ou Princípio da Afinidade.....	37
Figura 6_ Princípio da Actividade.....	37
Figure 7_ Exemplo de Delimitação da area inundada_ utilizando o HEC_RAS.....	40
Figure 8_ Interface do Sotware DELFT FEWS.....	41
Figure 9- Interface do software HEC-ResSim	43
Figure 10_ BUPUSA_ Arquitectura geral	47
Figure 11_ Divisão de sub-bacias para o modelo hidrologico.....	50
Figura 12_ Exemplo de Mapa de Inundação.....	52
Figure 13_ Mapa de inundações historicas(2013-2020)_Representada pela cor purpurá e zonas de reassentamentos	56
Figure 14_ Mapa de Modelação Hidraulica_ Estações de escoamento de Moçambique e Zimbabwe	61
Figure 15_ Localização aproximada de medidores de caudal	77
Figure 16__ Localização das estações de medição de Escoamento nas bacias do BUPUS-	79

Lista de tabelas

Tabela 1_Principais estações de escoamento	50
Tabela 2_População afectada por cheias pos Idai	57
Tabela 3_População Deslocada pelo Ciclone Idai nas três bacias Moçambicanas	58
Tabela 4_Fontes de estimativas de precipitação por satélite	64
Tabela 5_Escoamento do Save	73
Tabela 6_Estações de escoamento de Runde	75
Tabela 7_Estações prioritárias em 2011	76
Tabela 8_Meanismos de Dessiminação de Mensagens.....	85

Lista de Anexos

Anexo A Estações hidrométricas da bacia do Buzi-----A1

Anexo B – Estações hidrométricas da bacia de Pungoe-----B1

Anexo C – Estações hidrométricas da bacia do Save -----C1

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO ESTÁGIO PROFISSIONAL

O estágio profissional é uma disciplina do quinto nível dos cursos de licenciatura em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane. O estágio profissional é parte integrante do processo de formação do estudante e apoia-se em material de aplicação prática dos princípios de engenharia, e é desta forma que o estudante finalista do curso de licenciatura em Engenharia Civil da UEM, tendo frequentado a disciplina de Estágio Profissional apresenta este relatório que para além de diversas actividades desenvolvidas inclui uma série de elementos aprendidos durante o período estipulado para que o mesmo decorresse.

Este período de consolidação e aplicação prática dos conhecimentos adquiridos na faculdade decorreu de Julho a Novembro de 2022, na área Recursos Hídricos, na Empresa Salomon Lda. A empresa Salomon Lda cujo perfil pode ser visto no capítulo 2 do presente relatório, é uma empresa que presta serviços de consultoria em diversas áreas do sector de Água nacional e internacional, possuindo assim uma elevada experiência profissional.

O estágio profissional cujo carácter é obrigatório é efectuado a tempo inteiro e tem como objectivo principal promover o primeiro contacto entre o estudante pré-finalista e a vida profissional.

O estágio profissional para além de promover o primeiro contacto do estudante com a prática profissional visa dotar o estudante de certa experiência profissional e com isto desenvolver nele habilidades e atitude positiva no exercício de actividades de engenharia.

Este período é de vital importância para o estudante uma vez que permite com que ele tenha uma visão mais ampla das actividades exercidas em Engenharia e assim aliá-los aos conhecimentos teóricos adquiridos na Universidade.

Moçambique e o Zimbabwe partilham pelo menos cinco bacias ou subbacias hidrográficas; nomeadamente Limpopo, Zambeze, Púngoè, Búzi e Save. As bacias do Púngoè, Búzi e Save, conjuntamente conhecidas como BUPUSA, são partilhadas exclusivamente pelos dois países e desaguam no Oceano Índico. O planeamento,

desenvolvimento e gestão dos recursos hídricos de projectos nas bacias dos rios Púngòè, Búzi e Save dependem da cooperação entre os dois países

A gestão das bacias hidrográficas partilhadas BUPUSA é orientada pelo Protocolo Revisto sobre Cursos de Água Partilhados na Comunidade de Desenvolvimento da África Austral (Southern Africa Development Community - SADC). O Protocolo foi assinado em 2000 para promover uma cooperação estreita para a gestão, proteção e utilização judiciousa, sustentável e coordenada dos cursos de água compartilhados; bem como para fazer avançar a agenda da SADC sobre integração regional e redução da pobreza. O Protocolo entrou em vigor em 2003 e apela para a necessidade de estabelecer instituições de gestão de bacias hidrográficas, como comissões de bacias hidrográficas, comissões conjuntas de água e acordos de partilha de água. Em 2002, os governos de Moçambique e do Zimbabwe estabeleceram a Comissão Conjunta de Água para tratar de questões relacionadas às bacias de BUPUSA. O JWC assessora os respectivos governos na conservação, desenvolvimento e utilização de seus cursos de água.

Existem três componentes do projecto que são os objectivos específicos para a sua concretização que são, o aviso e mitigação de cheias e secas, a conservação e restauração dos ecossistemas para meios de vida sustentáveis e Planeamento integrada das bacias dos rios.

Neste relatório, iremos aprender como se projecta um sistema de previsão de cheias, as fases para alcançar este objectivo, os desafios encontrados.

1.2 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O presente relatório tem como objectivo apresentar as actividades desenvolvidas pelo estagiário bem como os conhecimentos práticos adquiridos no período que se estendeu de julho a novembro de 2022. Portanto são apresentados ao longo do relatório novos conceitos que o estagiário aprendeu e que estão ligados aos projectos em que esteve envolvido.

O relatório encontra-se organizado em 6 capítulos que de forma resumida são abaixo apresentados:

- **CAPITULO 1: INTRODUÇÃO** – Neste capítulo faz-se a introdução ao relatório apresentando-se os objectivos do estágio profissional e mostrando a necessidade do mesmo para a vida do estudante finalista no curso de licenciatura em engenharia. É apresentada ainda a estrutura do relatório;

- **CAPITULO 2: DESCRIÇÃO DA EMPRESA** – Faz-se a abordagem neste capítulo do local onde o estudante fez o estágio, falando-se do historial e organização da empresa Salomon Lda e ainda da sua experiência em termos de serviços de consultoria elaborados tanto em Moçambique como na região da África Austral que é o campo de actuação da empresa;

- **CAPITULO 3: ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS** – Este é o capítulo em que são descritas as actividades desenvolvidas pelo estudante nos projectos e estudos em que a empresa está envolvida. Também são apresentados neste capítulo a descrição do projecto que o estudante esteve envolvido;

- **CAPITULO 4: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES** – Aqui são apresentadas algumas conclusões relativas às actividades desenvolvidas pelo estudante, bem como os objectivos que se pretendiam alcançar durante o período de estágio.

- **CAPITULO 5: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** – É apresentado neste capítulo, a bibliografia usada e que inclui o relatório do projecto aqui mencionado, artigos consultados na internet, entre outros.

- **CAPITULO 6: ANEXOS** – São apresentados aqui alguns anexos dos projectos em que o estudante esteve envolvido.

2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

2.1 HISTORIAL E ORGANIGRAMA

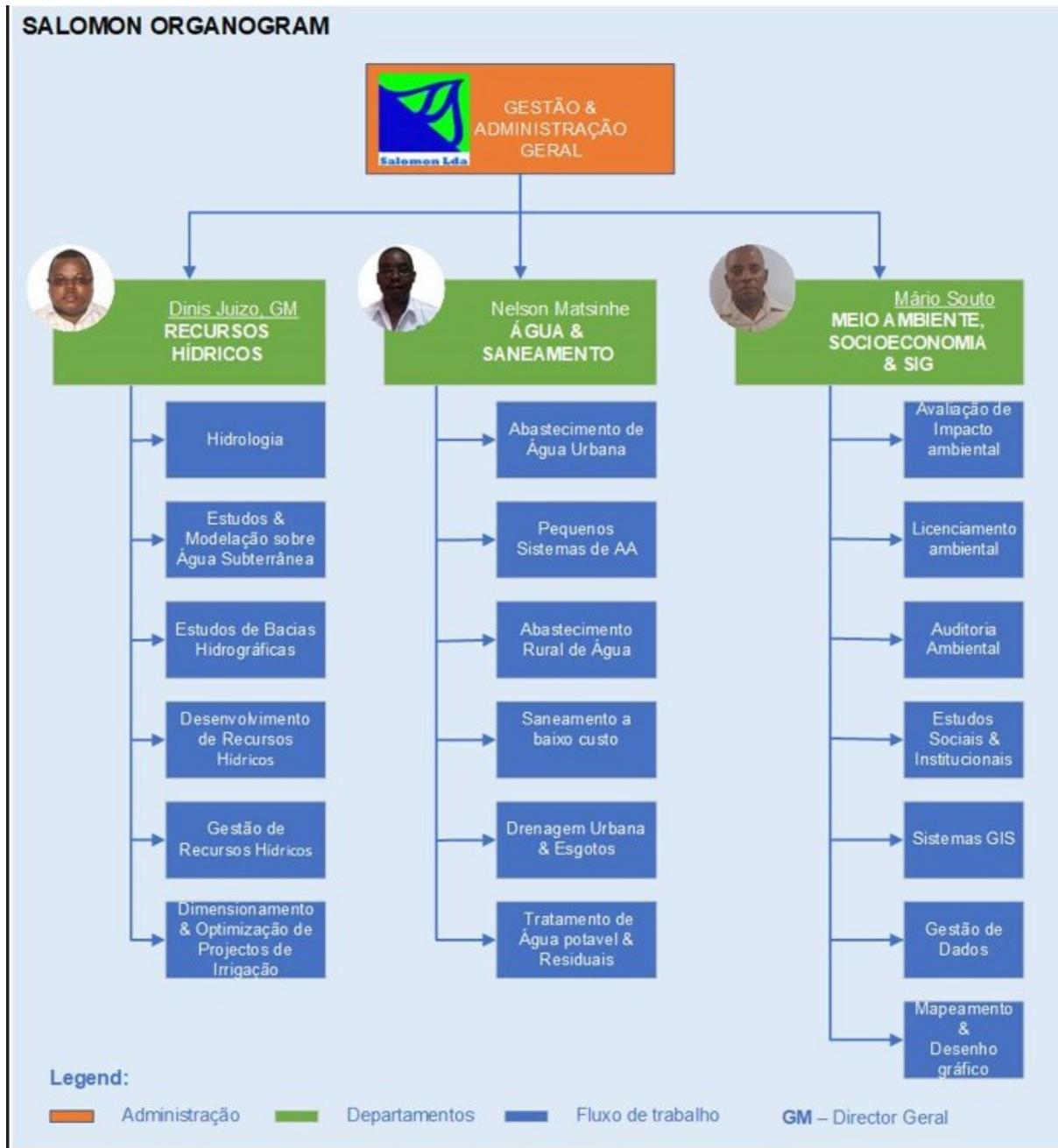
A Salomon, Lda. é uma empresa de consultoria fundada em 2001 por dois dos seus actuais sócios. Na altura da sua constituição, os sócios fundadores da empresa constituíam a chamada força motriz de um projecto denominado **Crash Program** na altura em curso a nível da Direcção Nacional de Águas (DNA), programa este concebido com o objectivo de reabilitar e modernizar a rede hidrométrica nacional, como parte das tarefas atribuídas ao Ministério das Obras Públicas e Habitação. O campo de acção deste projecto foi as províncias de Tete, Zambézia, Nampula, Niassa e Cabo Delgado.

Os sócios da empresa Salomon Lda são moçambicanos e estão envolvidos no sector das águas há mais de 20 anos. Cada um deles é especialista na sua área de formação e detém uma experiência profissional comprovada por um conjunto interminável de projectos e estudos realizados em quase todo o território nacional. A empresa Salomon La é uma empresa de consultoria na em engenharia com um quadro sénior permanente limitado e constituído principalmente por três sócios.

Significa isto que a empresa tem como princípio de funcionamento o recrutamento de capacidades locais e internacionais sempre que as especificidades dos projectos para os quais ela concorre, assim o exigem. Este arranjo organizacional garante flexibilidade na gestão de capacidades da empresa, um aspecto que resulta numa mais-valia para os clientes que apostam nos serviços desta empresa. Tal mais-valia é também conseguida através de parcerias estratégicas com empresas do ramo que actua a nível nacional, regional e internacional, o que garante aos clientes soluções de padrão internacional.

Este grupo de sócios junto com uma equipa de profissionais do sector de águas, ambiente e socio-economia bem como pessoal administrativo, que forma a empresa Salomon Lda., tem sido capaz de garantir uma gestão efectiva das questões administrativas inerentes aos projectos da empresa e prestar serviços de elevada qualidade e objectividade a uma série de clientes.

2.2 ORGANIGRAMA FUNCIONAL DA EMPRESA



O escritório da Salomon Lda. está sediado na cidade de Maputo, e possui todo o equipamento técnico e softwares para apoiar qualquer projecto no sector de águas e ambiente, seja directamente na sua empresa ou através da sua rede de fornecedores locais e regionais.

Isto inclui:

- Equipamento hidrológico e geo-hidrológico;

- Imagens aéreas e de satélite;
- Equipamento topográfico e GPS;
- **Softwares** de GIS e de mapeamento e instalações;
- **Software** para modelação diversa de recursos naturais;
- Testes de água e serviços laboratoriais.

2.3 EXPERIÊNCIA RELEVANTE

A Salomon Lda participou em inúmeros projectos de forma individual e também estabelecendo consórcios com empresas nacionais e estrangeiras. Sendo assim, estão listados abaixo alguns dos mais importantes projectos em que deu o seu contributo.

Recursos Hídricos:

- Elaboração de plano de bacias de gestão de Integrada das bacias Hidrográficas de Abade, Pagaio e Banzú (2020);
- Implementação do quadro de previsão de cheias para as bacias do Búzi, Pungué e Save (BUPUSA) (2021);
- Calibração do modelo hidrológico VIC (Variable infiltration Capacity) e Elaboração da Base de Dados DIF (Dynamic Information Framework) (2012 - 2013);
- Avaliação da necessidade de melhoria da capacidade no sector de irrigação em associação com a CDP e a VHL (2011);
- Revisão de meio-termo do Programa de desenvolvimento e Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia do Púnguè – PP2 (2010-2011);
- Estudo para implementação de uma solução permanente ao desvio do rio na zona baixa do Rio Maputo (Usuthu) em associação com a Técnica e a GeoAmbiente (2010-2011);
- Actualização do Plano Director de Recursos Hídricos da República de São Tomé e Príncipe (2009-2010)

- Monitoria do Programa de Desenvolvimento e Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia do Púngué 2 (PP2) em associação com a Sweco (2009);
- Definição de uma carteira de projectos estratégicos e actividades para o escritório de Rios Internacionais da Direcção Nacional de Água de Moçambique em associação com a Norplan (2003-2004);
- Fase de definição de âmbito e estratégia de desenvolvimento dos recursos hídricos do estudo de Gestão Transfronteiriça da Bacia do Rio Maputo para o comité técnico trigovernamental entre Swazilândia, África do Sul e Moçambique em associação com a Ninham Shand (2003-2005);
- Análise de risco de cheia para oito (8) bacias hidrográficas em Moçambique (2003-2004) como sub-consultor para SMEC;
- Modelação de propagação de ondas de cheias para o Baixo Limpopo (2004-2005) em associação com a Mott MacDonald;
- Componente de água subterrânea e solo para o estudo de viabilidade para um novo local para despejo para cidade de Nampula (2004) em associação com a Consultec;

Água e Saneamento:

- Consultoria para o estudo de viabilidade, projeto detalhado e documentos de licitação B das obras civis para a melhoria do abastecimento de água de Nametil, Malema, Namialo e Namapa (Em curso);
- Elaboração de Estudos de Viabilidade, projecto executivo(cálculos, desenhos etc.), documentos de concurso para contratação de empreitada e operadores dos sistemas e, fiscalização das obras de construção de sistema de abastecimento de água á vila de Murrupula, na província de Nampula(Em Curso);
- Estudo de Viabilidade, elaboração dos Projectos e Fiscalização das obras de construção dos sistemas de abastecimento de água ás sede das localidades de Majaua (Milange), Corromana(Molumbo) e Mepuagiua (Gurué), Lote 1 (Esta na fase de Grantia);

- Contratação de Serviços de Consultoria para Atualizar a Estratégia Participativa para a Água e Saneamento de São Tomé e Príncipe para 2030 (2021);
- Plano de Desenvolvimento e Estudo de Viabilidade Para o Saneamento Urbano, Drenagem e Gestão de Resíduos Sólidos em Chimoio e Inhambane; (em curso)
- Estudo de viabilidade e elaboração de projetos de sistemas de abastecimento de água e saneamento de oito (8) cidades e quarenta (40) vilas em Amhara (1), Oromia (3), Somália (2) e Tigray (2) regiões da Etiópia (2018);
- Estudo de viabilidade para abastecimento de água a quatro (4) cidades da província de Nampula, projecto NAMWASH Fase II (2014);
- Consultoria e supervisão de Obras Sociais e Técnicas para a Distribuição de Água Rural em Cabo Delgado e Nampula em consórcio com a Co water Int. (2009 - 2015);
- Projecto de reabilitação, redução de perdas, reforço e expansão do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito de Boane e Municípios de Matola e Maputo – Componente 2 em consórcio com a Hydroplan, PDNA, Connex (2009-2010);
- Elaboração do plano diretor provincial Integrado de água e saneamento rural de Nampula em associação com a Co water Int. (2009-2010);
- Serviço de consultoria para a elaboração de projectos executivos para a reabilitação do PSAA da comunidade de Mpunguine na Província de Gaza (2009)
- Elaboração do Projecto Executivo e Fiscalização das Obras de reabilitação e expansão do Pequeno Sistema de Abastecimento de Água da vila de Mabalane (2008-2015);
- Elaboração do Projecto Executivo e Fiscalização das Obras de reabilitação e expansão dos Pequenos Sistemas das vilas de Changara, Mutarara e Angónia (2008);
- Elaboração dos Projectos Executivos para Obras de reabilitação e expansão do Pequeno Sistema de Abastecimento de Água das vilas de Nhamatanda

(Sofala), Moma e Namialo (Nampula), Luenha, Nhamayábué e Ulongué (Tete) (2007-2008);

Ambiente, Socioeconomia e GIS

- Preparação da avaliação do impacto ambiental e social da rede de esgoto de Maputo (2022);
- Projecto de melhoria do sector de produção de energia (2021);
- Estudo do impacto Ambiental do Projecto Turístico “Majumbo”, Ponta Madjumbo, Distrito de Matutuine (2012-2015);
- Estudo de Impacto Ambiental do projecto de Construção de Estação de Tratamento de Águas residuais para o Complexo Residencial na zona de Costa do Sol em Maputo (2012);
- Serviços de consultoria para avaliação dos impactos hidrológicos da expansão de área de cultivo de açúcar em Maragra em consórcio com a Impacto Lda. (2010);
- Serviços de consultoria para avaliação dos impactos hidrológicos da expansão de área de Produção de cana em Xinavane em consórcio com a Impacto Lda. (2010);

3 ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO

3.1 GERAL

No presente capítulo são apresentadas as actividades desenvolvidas pelo estagiário tanto no que se refere ao projecto de Sistema de Previsão de Cheias e Aviso prévio para o BUPUSA como no que se refere à outras actividades ligados a outros projectos que a empresa está envolvida.

Foram as seguintes as actividades desenvolvidas pelo estagiário:

- Elaboração de documentos técnicos para fins de participação em concursos públicos (Manifestações de interesses e Propostas técnicas);

Neste tópico, o estagiário aprendeu em como organizar um processo desde de apresentação da manifestação de interesse até apresentação de propostas técnicas e financeiras.

Colocou em prática todos os conhecimentos aprendidos na cadeira de Tecnologia de Organização e Construção II do curso de engenharia civil nesta faculdade, onde aprendemos a conhecer o UFSA (**Unidade Funcional de Supervisão de Aquisições**), e o regulamento de Regulamento de Contratação de Empreitada de Obras Públicas, Fornecimento de Bens e Prestação de Serviços ao Estado

- Levantamento de informações referentes ao projecto de **Elaboração do Plano Estratégico de Pequenas Barragens e Reservatórios Escavados**.

A Política de Águas e Estratégia Nacional de Gestão de Recursos Hídricos , aprovados em 2007 apontaram a necessidade urgente de implementação de acções de reabilitação, promoção e construção de pequenas e médias barragens a curto, médio e longos prazos, como forma de resolver o défice hídrico, assim como fazer o acompanhamento e promover o desenvolvimento socioeconómico do país.

Neste âmbito, o ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos, representado pela Direcção Nacional de Gestão de Recurso Hídricos, adjudicou a **Salomon, Lda.**, para prestar serviços de consultoria na **Elaboração do Plano Estrategico de Pequenas Barragens e Reservatórios Escavados**

Neste tópico, o estagiário teve como missão fazer um levantamento exaustivo nas instituições como **DNNAS, ARA'S, FIPAG, AIAS, LEM e INGD** as seguintes informações:

- **Localização da Infra-estrutura** – coordenadas geográficas (latitude e longitude), nome do rio, província, distrito, localidade e bacia hidrográfica;
- **Detalhes Técnicos** – projecto, nome da infra-estrutura, tipo/material de construção, ano de construção, dimensões (altura, nível máximo, área para o

nível máximo, volume para o nível máximo, largura do coroamento, comprimento), dados dos volumes armazenados (m³), registo de caudais afluentes e efluentes, órgãos hidráulicos, estimativa de custos de construção;

- **Tipos de uso da água** – piscicultura (espécies cultivadas), irrigação (área, tipo cultura, etc.), abastecimento de água (caudal explorado), electricidade,

- **Mecanismos de gestão do empreendimento** – entidade responsável, natureza legal da entidade, contracto de gestão do empreendimento, operação e manutenção, financiamento para acções de gestão e emergência, beneficiários, partes interessadas, tipo e modelos de gestão das infra-estruturas;

- **Relatórios** – Planos Estratégicos de Desenvolvimento de Pequenas Barragens e Reservatórios Escavados, Regulamentos sobre a Gestão de Pequenas Barragens e Reservatórios Escavados, Orientação Estratégica para a Reabilitação e Construção de Pequenas Barragens e Reservatórios Escavados, Estratégia Nacional de Gestão de Recursos Hídricos, entre outros relatórios relacionados.

3.2 ESTUDO DE CASO – SISTEMA DE PREVISÃO DE CHEIAS E AVISO-PRÉVIO PARA O BUPUSA

3.2.1 ANTECEDENTES

Os GoM e GoZ através dos fundos da GWP pretendem ter um sistema de aviso-prévio de cheias nas três bacias compartilhadas do Búzi, Púngue e Save (BUPUSA). Para alcançar este objectivo, foi realizado um estudo de viabilidade que definiu as principais características do sistema. Este estudo recomendou o uso do software hidrológico HEC-HMS e software hidráulico HEC-RAS como modelos a

serem usados no sistema. Igualmente foi recomendada a plataforma DELFT FEWS que irá integrar os modelos atrás mencionados e alimenta-los automaticamente com dados de campo e dados obtidos por satélite para gerar informações úteis de previsão de cheias e minimizar os danos materiais e humanos que tem ocorrido nestas bacias. Para implementar o sistema foi lançado um concurso em que a **Salomon, Lda.**, foi adjudicada.

O sistema foi concebido para usar dados observados no terreno bem como dados de precipitação obtidos por satélite (GPM -Global Precipitation Measurement). Para previsão, serão utilizados dados de satélite GFS (Global Forecast System. Em caso de falha na transmissão de dados observados no terreno, o sistema não vai parar e irá usar dados de satélite. Os dados de terreno serão obtidos através de 12 estações automáticas adquiridas e montadas pelo projecto nas três bacias. Adicionalmente dados históricos colhidos manualmente serão utilizados na configuração dos modelos. Para calibrar os modelos, são necessários dados fiáveis de medição de caudal.

Depois de várias consultas às partes interessadas, o Consultor propôs alguns acréscimos ao sistema, nomeadamente uma rotina automática para "puxar" ou descarregar os dados de satélite de forma automática usando scripts a serem produzidos pelo sistema. Adicionalmente, o Consultor propõe desenvolver uma função adicional que permite enviar alertas por SMS e E-mail. Por fim, o sistema será baseado na web em que pode ser acedido de vários pontos do país nos Estados membros, nomeadamente ZINWA-Runde em Masvingo, ZINWA-Save em Mutare e ZINWA sede em Harare no Zimbabwe e também nas Divisões de Bacia do Púngue, Búzi e Save em Moçambique. O sistema será baseado na DNGRH.

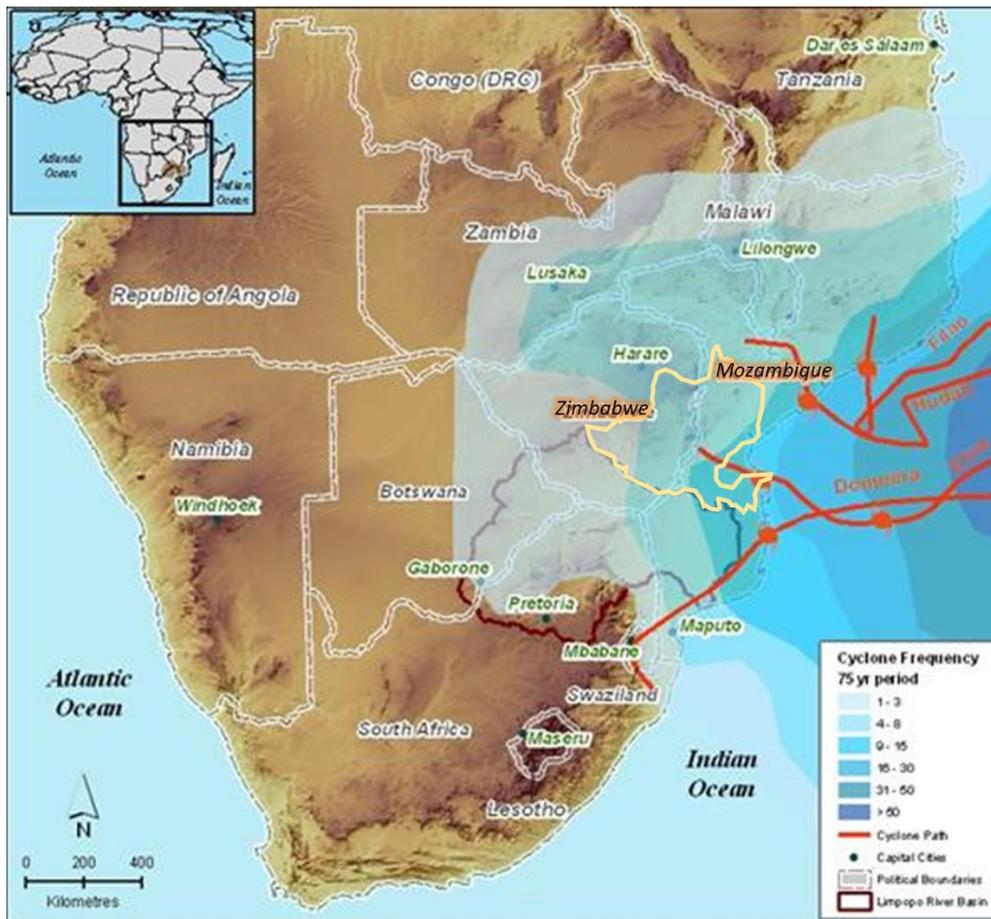


Figure 1_Frequência de ciclones com base em observação em 75 anos

Frequência de ciclone com base em observação em 75 anos (Fonte: Leira, E.M., Rafael, J., Bata, M.O., Mechisso, M., McNabb, M., Engelbrecht, R. Maló, S. 2002. Atlas de Preparação e Resposta a Catástrofes na Bacia do Limpopo)

3.2.2 OBJECTIVO

O principal objectivo do projecto é o elaborar um sistema de aviso-prévio de cheias nas três bacias compartilhadas do Búzi, Púngue e Save (BUPUSA), e reforçar a gestão dos recursos hídricos transfronteiriços e ecossistemas interligados para benefícios ecológicos sustentados e melhorar a resiliência para as comunidades.

Isto contribui para o objectivo Estratégico 1 do Fundo para o Ambiente Global (GEF) que procura conservar, utilizar de forma sustentável, e gerir a biodiversidade, os ecossistemas e os recursos naturais a nível mundial tendo em conta os previstos impactos das alterações climáticas.

Há necessidade de se desenvolver uma cooperação transfronteiriça para os recursos hídricos, há anos que a gestão tem vindo a materializar-se através de várias iniciativas, incluindo a assinatura do **Acordos transfronteiriços de Púngué e Búzi** (o acordo do Save está em preparação), e o desejo de estabelecer uma organização bilateral de bacias hidrográficas(chamado Tri-bacias). Através das 3 componentes seguintes, o projecto contribuirá para apoiar a cooperação transfronteiriça para a gestão dos recursos hídricos, quer com o desenvolvimento de iniciativas conjuntas (campanhas conjuntas de monitorização hidrológica), desenvolvimento de ferramentas comuns Análise de Diagnóstico Transfronteiriço e Plano Estratégico de Acção (TDA/SAP), adopção de directrizes para a implementação de escoamentos electrónicos, reforço da capacidade bilateral ou através da partilha de experiências (sobre sistemas de aviso prévio baseados na comunidade, por exemplo):

- **A Componente 1** contribuirá para reforçar a gestão dos riscos relacionados com a água através do reforço dos sistemas de monitorização, o desenvolvimento de ferramentas operacionais em tempo real, e o empoderamento das comunidades na sua autonomia para a mitigação das cheias.;

- **A Componente 2** irá concentrar-se na melhoria dos serviços ecossistémicos através da gestão da água quantitativa, incluindo a operacionalização dos escoamentos ambientais (avaliação e estabelecimento do quadro), e através da melhoria da qualidade da água;

- **Componente 3:** Os comités inter-ministérios nacionais e as equipas técnicas consultivas contribuirão para o desenvolvimento de uma Análise Diagnóstica Transfronteiriça Regional (TDA) e, subsequentemente, para a preparação de um Plano de Acção Estratégico (SAP);

3.2.3 OBJECTIVOS ESPECIFICOS

Os objectivos específicos do projecto BUPUSA são:

- 1) Conceber o BUPUSA_ Sistema de Previsão de alerta de cheias (FFEWS);
- 2) Obter e configurar conjuntos de dados espaciais e geofísicos relevantes e configurar o sistema espacial para modelação do escoamento pluviométrico, modelação hidráulica e avaliação do impacto das cheias incorporando todas as bacias de captação/áreas impactadas/pontos de preocupação dos estados membros relativamente às cheias;
- 3) Obter e configurar vários conjuntos de dados de séries temporais, incluindo a precipitação e o escoamento para aplicação com softwares seleccionados;
- 4) Configurar e executar o modelo HEC-HMS para a totalidade das bacias do BUPUSA;
- 5) Efectuar levantamentos topográficos e medições de caudal para pontos seleccionados nos rios e desenvolver curvas de vazão;
- 6) Processar os dados disponíveis de levantamento de drones e obter dados topográficos para modelação de cheias;
- 7) Criar e executar o modelo hidráulico HEC-RAS para áreas de estudo seleccionadas.
- 8) Realizar a Avaliação de Risco de Cheias utilizando a produção do HEC-HMS, curvas de vazão desenvolvidas, produção do HEC-RAS, informação histórica para áreas seleccionadas propensas a cheias;
- 9) Configurar um sistema (Delft FFEWS) para gerar previsões e avisos de cheias verificáveis, significativas e de fácil utilização. Parte deste processo deve incluir o desenvolvimento de um sistema de fácil utilização e sistema de notificação tecnológica apropriado para a distribuição de mensagens de aviso de cheias. O método que é adoptado e desenvolvido precisa de ser trabalhado com os estados membros e coordenado com as partes interessadas apropriadas em cada país;

- 10) Desenvolver e implementar um plano de desenvolvimento de capacidades para os estados membros para sustentar o BUPUSA FFEWS;
- 11) Desenvolver protocolos e directrizes para que o centro FFEWS padronize as suas abordagens e responda consistentemente às expectativas dos utilizadores;
- 12) Realizar revisões das previsões e avisos gerados e da sua aplicação e utilizar o resultado para reforçar o ciclo plano-de-revisão;
- 13) Contribuir para o desenvolvimento da Análise Diagnóstica Transfronteiriça (TDA) e da Análise Estratégica de Plano de Acção (SAP) para a Bacia do BUPUSA;
- 14) Incorporar e integrar a igualdade de género e a inclusão social (GESI) no desenvolvimento dos Sistemas de Alerta Rápido BUPUSA;

Para a concretização dos objectivos específicos, os termos de referência sugerem que as actividades se façam em fases, e as fases do projecto são :

- **Tarefa 1**_Modelo de BUPUSA FFEWS;
- **Tarefa 2**_Estabelecer o BUPUSA FFEWS;
- **Tarefa 3**_Apoio em Estudos de Casos;
- **Tarefa 4**_Desenvolvimento de capacidades;
- **Tarefa 5**_Contributo para o Diagnóstico Transfronteiriço, Análise e Plano de Acção Estratégico;
- **Tarefa 6**_Actualização FFEWS;
- **Tarefa 7**_Contribuição para o BUPUSA na Análise de diagnóstico Transfronteiriço (TDA) e Desenvolvimento do Plano de Acção Estratégico (SAP);
- **Tarefa 8**_Incorporar e Integrar Igualdade de Género e Inclusão Social (GESI);

Até ao momento da elaboração do relatório de estágio, a fase concretizada é a tarefa número 1, **Modelo de BUPUSA FFEWS**.

3.2.4 METODOLOGIA DE TRABALHO

Ao longo do estágio, foi necessário recorrer, para além dos conhecimentos adquiridos durante o período de formação na faculdade, a diversos meios materiais e fontes de conhecimento teórico e prático com vista a concretizar com sucesso as actividades a serem realizadas. Sendo assim, as metodologias empregues foram:

- **Consultas bibliográficas** - consulta de manuais e artigos da Internet relativos a Recursos Hídricos em particular uma vez que esta foi a principal área de trabalho;
- **Fontes orais** – aprendizagem de diversos aspectos através de conhecimentos repassados por profissionais altamente qualificados em matéria de modelação hidrológica;
- **Softwares;**
 - **HEC HMS** para modelação hidrológica;
 - **HEC RAS** para modelação hidráulica;
 - **DELFT-FFEWS** como uma plataforma de previsão que integra modelos hidráulicos e hidrologicos, inicia a execução de previsões, injeta dados de entrada, processa modelos de saída, e gera rotinas de aviso;
 - **HEC-REsSIM** (simulação de barragens;

Roteiro para automatizar tarefas de previsão.

Isto inclui o descarregamento de dados de precipitação que irão substituir a previsão de precipitação por precipitação observada à medida que o evento da cheia se desdobra, melhorando assim o desempenho do FFEWS. A automatização incluirá também a execução dos modelos HEC HMS e HEC RAS para produzir a previsão da inundação, bem como avisos automatizados.

Para a realização deste trabalho foi necessário fazer o levantamento dos dados de registo de precipitação e escoamento em Moçambique e no Zimbabwe O registo de dados de precipitação e escoamento da DNNAS apresenta muitas falhas devido a

vários factores, desde a inexistência de estações pluviométricas em alguns pontos da bacia, a falta de leitura por abandono das estações existentes por parte dos leitores.ver nos anexos

3.2.5 COMPILAÇÃO DA BASE DE DADOS DAS PARTES INTERESSADAS

É necessária uma base de dados das partes interessadas para os seguintes fins:

- Consulta em torno da funcionalidade e desenvolvimento da FFEWS;
- Identificação de pontos focais em agências responsáveis pela gestão de catástrofes e aviso prévio - estes pontos focais serão destinatários de avisos gerados pelo FFEWS e será responsável por mais disseminação na última milha;
- Identificação dos pontos focais responsáveis pelo funcionamento do FFEWS e, portanto, chave participantes no desenvolvimento de capacidades e formação;

Na fase inicial, a equipa de consultores visitou e introduziu as equipas dos países das partes interessadas, teve acesso aos dados disponíveis e fez avaliações preliminares para avaliar a capacidade para implementar o BUPUSA FFEWS. Foram também recolhidos relatórios e literatura disponível para apoiar a implementação de projectos durante as próximas fases do projecto.

Os interessados contactados são os envolvidos directamente na previsão de cheias e no início aviso e gestão de catástrofes nas bacias do BUPUSA. De acordo com os ToR, estes incluem:

- Departamentos hidrológicos nacionais;
- Departamentos meteorológicos nacionais;
- Instituições/agências regionais de gestão de bacias hidrográficas, e
- Agências de gestão de catástrofes.

Espera-se que as instituições acima mencionadas forneçam dados livremente, participem no estabelecimento e contribuir para melhorar a base de dados FFEWS.

Outras ONG e parceiros de cooperação, como a UNESCO, estiveram envolvidas durante a pré-época reunião sobre as cheias. Há sinergias que o Projecto pode beneficiar de outras semelhantes intervenções que estão a ser implementadas por outras agências para apoiar o FFEWS, nomeadamente o apoio actividades de recolha de dados, envolvimento da comunidade e instalação de estações automáticas.

A identificação preliminar será seguida nas próximas fases do projecto com reuniões com pessoas focais para fazer avaliações de capacidade e necessidades.

3.2.6 LOCALIZAÇÃO DAS BACIAS

As bacias do Save, Púngóe e Buzi localizam-se em Moçambique e Zimbabwe como já foi dito na introdução deste trabalho.

No proximo ponto iremos fazer uma descrição da localização de cada bacia tanto no território Moçambicano como no território zimbabwiano.

3.2.6.1 BACIA DO BÚZI

A Bacia do Rio Búzi situa-se principalmente em Moçambique, com uma pequena porção da bacia nas zonas orientais de Zimbabué. Tem cerca de 250 km de comprimento com uma bacia de drenagem de cerca de 31.000 km². O rio corre para a Canal de Moçambique a Oeste da Beira, a sul da foz do rio Púngóe.

O rio Búzi inunda frequentemente e depois forma uma planície de inundação juntamente com o rio Púngóe, a Norte.

3.2.6.2 BACIA DO PÚNGOÉ

O rio nasce a 2300 m de altitude, possuindo 50 km em territorio Zimbabweano e 320 km em terrotório Moçambicano. Tem cerca de 31.151 km² de bacia de drenagem.

Esta bacia cobre as Províncias de Manica e Sofala com uma extensão de 400 km que banha o Zimbabwe e Moçambique. Nasce abaixo do Monte Nyangani nos planaltos da África Oriental, Zimbabwe, corre para o leste através das províncias de Manica e Sofala em Moçambique e desagua no Canal de Moçambique, em Beira.

3.2.6.3 BACIA DO SAVE

Save é uma bacia internacional partilhada por Zimbabwe e Moçambique, respectivamente com áreas de drenagem de 83845 Km² e 22575 Km², 79% e 21% da área total, de cerca de 106420 Km². Tem um comprimento total de 735 Km, dos quais 330 km no território moçambicano e 405Km no território Zimbabweano.

A rede de drenagem é bem distribuída. No Zimbabwe, junto a fronteira, confluem duas linhas de água principais, os rios Runde e Save, constituindo naquele país duas bacias hidrográficas independentes.

Nasce na República do Zimbabwe, e corre para Este, entrando em Moçambique pela localidade de Mavue distrito de Massangena. No seu percurso, limita as províncias de Manica e Sofala na região Centro, de Gaza e Inhambane respectivamente na zona sul e desagua no Oceano Índico em Nova Mambone distrito de Govuro.

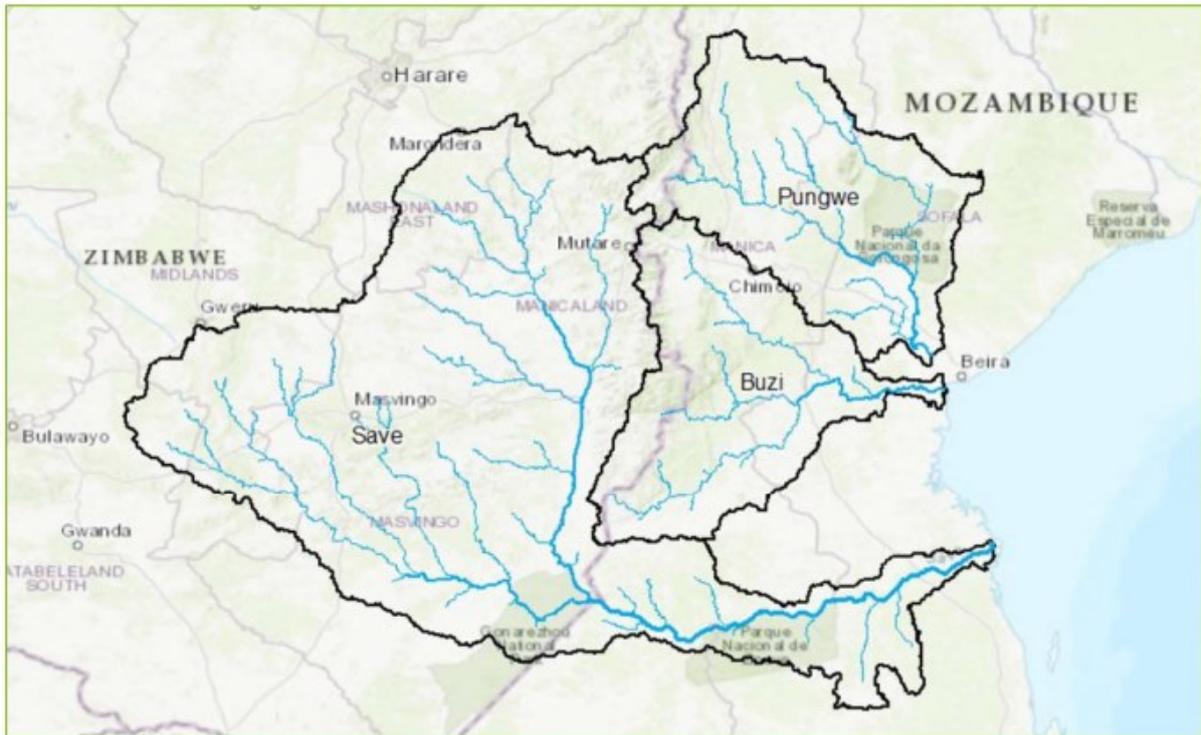


Figura 2_Mapa de Localização das 3 Bacias(Buzi, Save e Pungwe) Elaborado pelo estagiario da Salomon com supervisão do Estagiario

3.2.7 MODELAÇÃO DO BUPUSA FFEWS

A concepção do BUPUSA FFEWS segue princípios que se baseiam na experiência dos membros da equipa de consultores e num corpo considerável de investigação sobre abordagens de modelização, complexidade da modelização, e os efeitos da disponibilidade de dados sobre o desempenho e a confiança.

O princípio fornece orientações sobre a configuração e modelação dos processos hidrológicos nas três bacias para otimizar o desempenho dos dados dos processos em jogo, a informação necessária para a tomada de decisões, a escala de modelação e a disponibilidade de dados. Alguns dos princípios aqui expostos foram formulados com base em décadas de trabalho para estabelecer e aperfeiçoar modelos hidrológicos no Instituto Meteorológico e Hidrológico Sueco (Bergström, 1991), enquanto outros são de outras fontes referenciadas e adaptadas para o desenvolvimento do BUPUSA FFEWS.

O desafio que foi imposto ao consultor foi o de criar uma interface de alto nível que maximiza a utilização de software freeware para assegurar baixos custos operacionais.

Por se tratar de um projecto transfronteiriço, é importante que ambas as partes estejam de acordo com todas as questões pertinentes para a concretização do projecto, por isso, foi feita em estreita consulta com as partes interessadas nesta fase de concepção, fazendo uma avaliação abrangente das necessidades de dados, analisando todas as fontes de dados livres e abertas que sejam mais adequadas à previsão hidrológica e hidráulica nas três bacias hidrográficas.

3.2.7.1 COMPONENTES DO SISTEMA DE PRÉVISÃO DE CHEIAS E AVISO- PRÉVIO

Antes de começar a desenvolver cada passo, é preciso perceber o que se esta a tratar, como foi demonstrado no paragrafo acima, iremos utilizar 4 softwares para a concretização desta primeira etapa.

3.2.7.1.1 HEC-HMS

Os sistema de Modelação Hidrologica foi concebido para simular os processos de precipitação-escoamento de sistemas de bacias hidrográficas.

A concepção do sistema permite a aplicabilidade numa vasta gama de áreas geográficas para a resolução de diversos problemas, incluindo o abastecimento de água a grandes cidades, a hidrologia de cheias, e o escoamento urbano ou natural de pequenas bacias hidrográfica.

Cada modelo matemático incluindo HEC-HMS é adequado em diferentes ambientes e sob diferentes condições. Fazer a escolha correcta requer conhecimento da bacia hidrográfica, dos objectivos do estudo hidrologico. HEC_HMS apresenta um ambiente de trabalho gráfico completamente integrado incluindo uma base de dados, utilitários de introdução de dados, mapa da bacia hidrográfica, motor de cálculo e ferramentas de relatórios de resultados.

Vantagens

O HEC-HMS combina ferramentas para representar a hidrologia de bacias hidrográficas naturais com ferramentas para representar bacias hidrográficas urbanas altamente desenvolvidas, além de estruturas de engenharia tais como como reservatórios, estação de bombagem e desvios. O software é um dos únicos produtos de simulação hidrológica a colocar um valor tão igual em bacias hidrográficas naturais e urbanizadas, e pode manipular bacias hidrográficas com uma mistura de condições de desenvolvimento. É uma das únicas ferramentas de simulação hidrológica a incluir tanto capacidades de simulação de eventos como de simulação contínua.

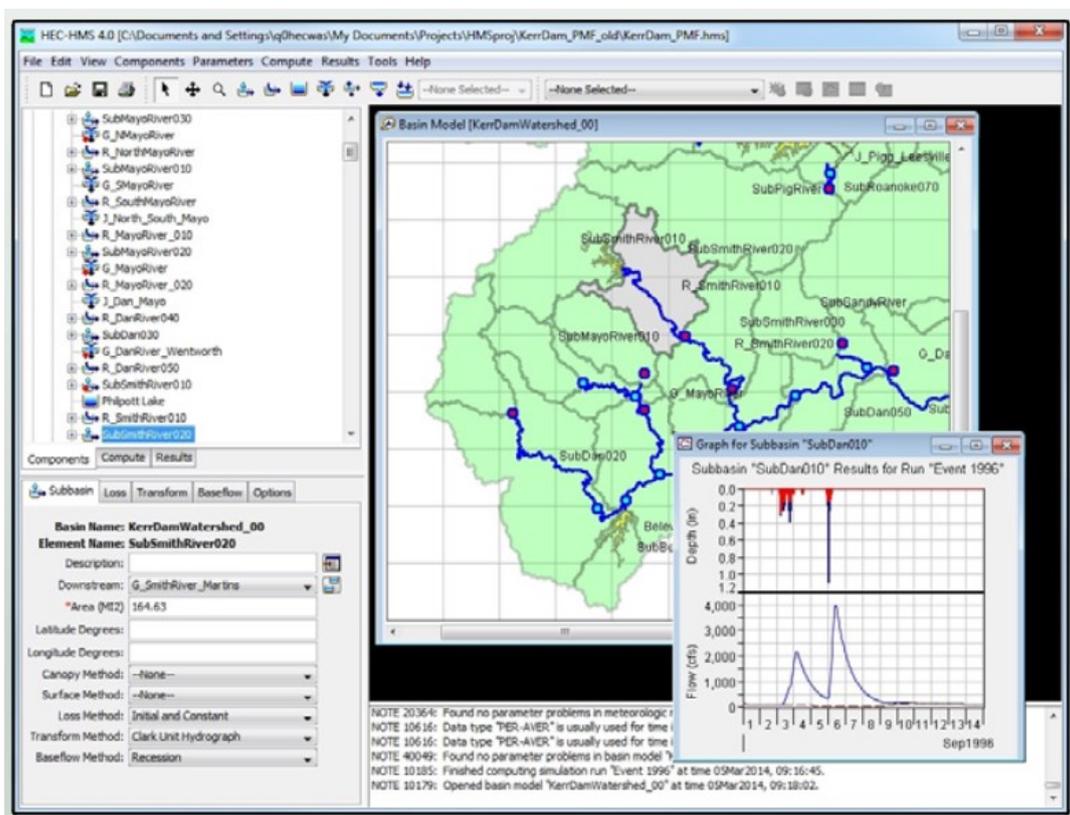


Figura 3_ Interface do HEC-HMS

O Modelo HEC-HMS, conforme o Manual do Usuário (USACE-HEC, 2006), o programa HEC-HMS calcula o hidrograma unitário sintético produzido por uma bacia hidrográfica, utilizando informações das características físicas e da precipitação

dessa bacia. As simulações produzidas geram hidrogramas e tabelas de informações, referentes principalmente aos volumes de escoamento, vazão de pico e tempo de base.

Resumidamente pode-se descrever as quatro fases de operação do sistema como:

- a) Perdas (Loss), nessa fase o programa calcula as perdas de acordo com o método adotado, o que resulta na precipitação efectiva, ou seja, a parte da precipitação que irá gerar escoamento superficial;

A precipitação efectiva corresponde á quantidade de água de chuva que chega ao solo via precipitação interna (PI) e escoamento pelo troco (ET). A quantidade de água resultante desses dois escoamentos hídricos (Leopoldo e Conte, 1985) corresponde água do solo, que vai contribuir para a absorção pelas raízes e transpiração das plantas e, também, pela alimentação dos rios (Arcova et al., 2003).

A quantidade de água dos procesos que compõem a precipitação efectiva, ou seja, na precipitação interna e escoamento pelo tronco, depende de factores relacionados tanto com a vegetação quanto com as condições climáticas nas quais a floresta está inserida (Leopoldo e Conte, 1985).

A precipitação interna refere-se á quantidade de água que atravessa o dossel da vegetação, pela lavagem das copas e espaços entre as copas, segundo Lima (1975) precipitação interna é a chuva que atinge o piso florestal, incluindo gotas que passa directamente pelas aberturas existentes entre as copas e gotas que respigam.

O escoamento pelo tronco é a fração da chuva que é retida temporariamente pelas copas juntamente com aquela que atinge directamente os troncos, e que posteriormente escoam pelo tronco das árvores, chegando ao solo, é denominada escoamento pelo tronco. De acordo com Tucci (2001) esta via corresponde de 1 a 15 % total precipitado.

- b) Transformação (Transform), nessa etapa o programa calcula o escoamento superficial direto produzido pela precipitação efetiva, produzindo o hidrograma unitário;

O **Hidrograma Unitário (HU)** é um hidrograma de escoamento superficial direto, onde a área sob esta curva corresponde a um volume unitário de escoamento superficial direto, resultante de uma chuva efetiva com intensidade e duração unitárias.

O Hidrograma Unitário é um dos métodos mais práticos disponíveis para determinar a relação entre a precipitação e o hidrograma resultante. As informações tiradas do emprego do método, podem ser empregadas na determinação de um hidrograma de projeto para definição de capacidades de obras tais como: galerias de águas pluviais, bueiros rodo-ferroviários, vertedores de barragens e estruturas de proteção contra enchentes.

A obtenção do Hidrograma Unitário é fundada em três princípios básicos que são

i. 1ºPrincípio

Para chuvas efetivas de intensidade constante e de mesma duração, os tempos de escoamento superficial direto são iguais (**Princípio da Constância do Tempo de Base**) (Figura 4)

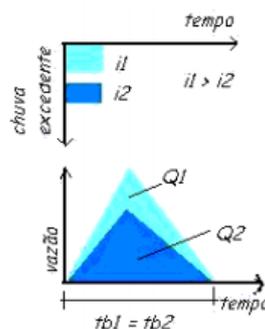


Figura 4_Princípio da Constância do Tempo de Base

ii. 2ºPrincípio

Chuvas efetivas de mesma duração, porém com volumes de escoamento superficial diferentes, irão produzir em tempos correspondentes, volumes de ESD

proporcionais às ordenadas do hidrograma e às chuvas excedentes (**Proporcionalidade das Descargas ou Princípio da Afinidade**) (Figura 5).

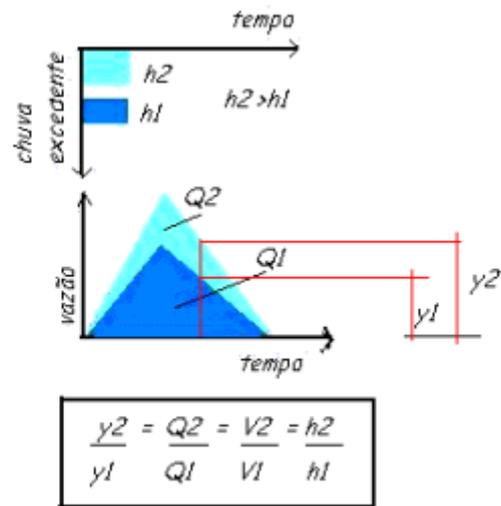


Figura 5_Proporcionalidade das Descargas ou Princípio da Afinidade

iii. 3º Princípio

A duração do escoamento superficial de uma determinada chuva efetiva independe de precipitações anteriores. O hidrograma total referente a duas ou mais chuvas efetivas é obtido adicionando-se as ordenadas de cada um dos hidrogramas em tempos correspondentes (**Princípio da Aditividade**) (Figura 6).

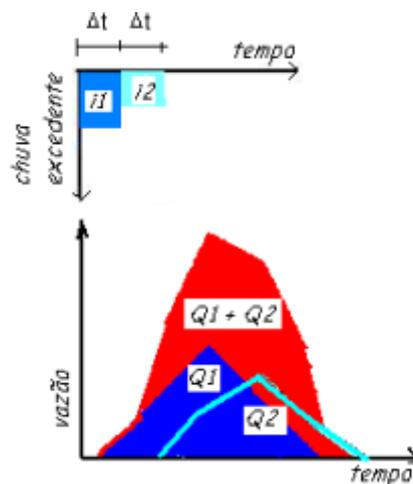


Figura 6_Princípio da Actividade

- c) Escoamento de Base (Baseflow), nessa etapa adiciona o escoamento de base, caso exista, ao escoamento direto, calculando a evolução do escoamento de base ao longo do tempo;
- d) Roteamento (Routing), nessa etapa o programa calcula como um hidrograma evolui à medida que corre ao longo do leito de um rio ou através de um reservatório, o que é chamado de “trânsito do hidrograma”, somando as vazões de entrada e descontando as perdas em cada trecho.

Ainda segundo o mesmo manual, o Software HEC-HMS possibilita a subdivisão da área em várias sub-bacias e realiza os cálculos de vazão para cada uma delas, somando as vazões geradas à montante com as produzidas e transportadas à jusante, até o resultado final no ponto de controle.

Para realizar a modelagem de uma bacia o programa necessita de, pelo menos, quatro componentes nomeadamente:

- I. O Modelo da Bacia (Basin Model)_onde se informa ao programa as sub-bacias e suas características, podendo fazer uso de mapas previamente elaborados da hidrografia e forma da área, facilitando assim a elaboração do modelo;
- II. A segunda componente necessária é denominada série de dados de precipitação (time series data), onde é informado o volume precipitado, o tempo decorrido em um ou mais pluviômetros ou pluviógrafos e sua localização. Pode-se utilizar precipitações reais ou precipitações teóricas, como as informações de chuva conforme o tempo de retorno obtido com as curvas IDF, ou chuvas de interesse do projeto hidráulico. Modelo Meteorológico (Meteorological Model), como é chamado o terceiro parâmetro, consiste na definição das áreas de influência de cada pluviógrafo, necessário para o programa calcular a precipitação em cada sub-bacia. Finalmente,

III. A última componente denominada Especificações de controle (control specifications), é utilizado apenas para especificar o tempo de interesse para o programa realizar a modelagem. Com os elementos fisiográficos da bacia hidrográfica previamente calculados, deve-se escolher os métodos de cálculo de transformação de chuva-vazão, composição do escoamento de base, propagação em rios e perdas, assim como dos parâmetros ligados a cada um desses métodos, como o tempo de concentração, perdas por infiltração e evapotranspiração.

3.2.7.1.2 HEC-RAS

O modelo hidráulico **HEC-RAS** é um dos modelos hidráulicos mais populares na delimitação das zonas inundáveis fluviais (U.S. Army Corps of Engineers, 2008).

Trata-se de um modelo 1D que resolve as equações de Saint-Venant completas, por aplicação do método de diferenças finitas, permitindo simular o escoamento em superfície livre em regime permanente e em regime variável. A lei de resistência aplicada é a Equação de Manning-Strickler e a secção transversal de escoamento é considerada uma secção composta. A topografia do canal é caracterizada pelo resultado do levantamento topográfico de uma série de secções transversais ao longo do troço do rio em estudo. Para delimitar a zona inundada são calculadas as alturas de água nas secções transversais referidas. Dado a cota da superfície livre ser constante na secção, a zona inundada é limitada pela intercepção da topografia do terreno com a superfície livre em cada secção e o resultado da interpolação entre os perfis das secções transversais. O modelo HEC-RAS permite facilmente a integração com um SIG através do software HECGeoRAS. A maior limitação do modelo é o seu carácter unidimensional que, mantendo a cota da superfície livre constante na secção transversal, não é apropriado quando as secções transversais da linha de água apresentam irregularidades acentuadas.

Esse software está disponível gratuitamente e possibilita a análise dos escoamentos em rios e canais abertos.

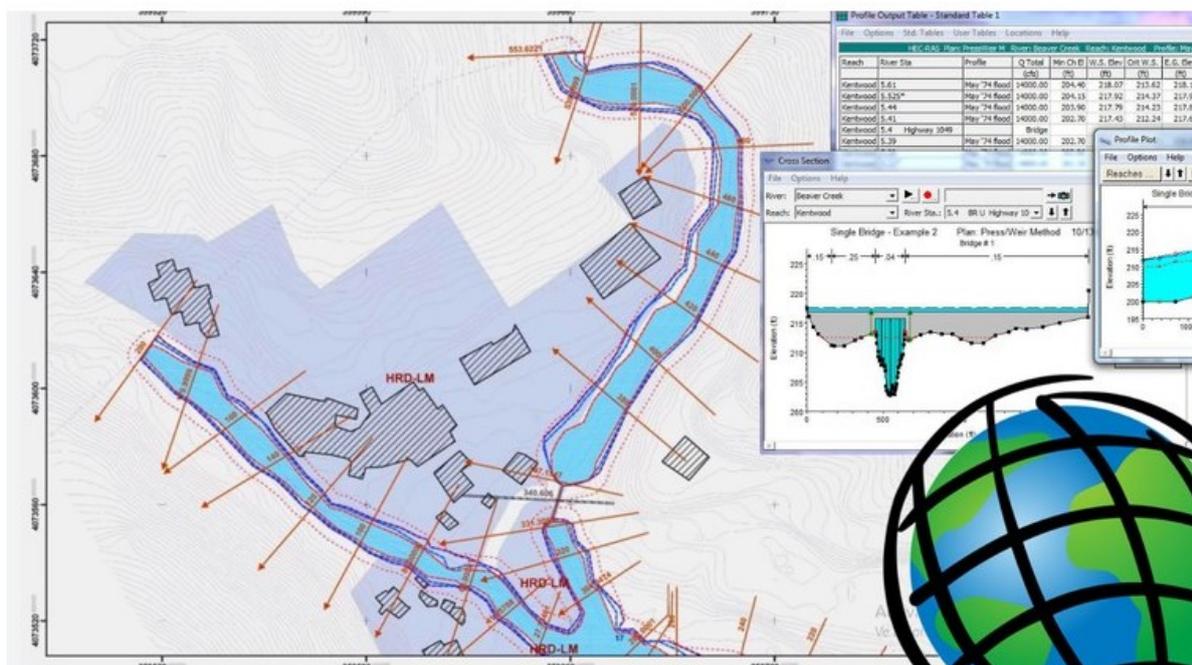


Figure 7_Exemplo de Delimitação da area inundada_utilizando o HEC_RAS

3.2.7.1.3 DELFT FEWS

O **Delft-FEWS** é um sofisticado sistema composto por um conjunto de módulos que podem ser utilizados em cadeia a fim de construir um sistema operacional de gestão de recursos hídricos adaptável às necessidades individuais de cada agência (GIJSBERS, 2010). O sistema foi elaborado pela DELTARES com o objetivo de possibilitar a manipulação e a conexão de uma grande variedade de dados hidrometeorológicos, tanto previstos como monitorados, assim como modelos hidrológicos e hidráulicos. Mais do que um suporte para tomada de decisões estratégicas, o DelftFEWS forma uma classe especial de sistemas de suporte a decisões ambientais, tendo em vista que funciona em tempo real (MATTHIES et al., 2007 apud WERNER et al., 2012).

O sistema **Delft-FEWS** tem como foco central os dados e o processamento dos mesmos. Basicamente, ele disponibiliza um software através do qual o sistema de previsão pode ser desenvolvido atendendo os requisitos específicos de um centro operacional de previsão. Assim, o Delft-FEWS provê os dados de entrada e parâmetros, executa o modelo (hidrológico e/ou hidrodinâmico) e lê os resultados (WERNER et al., 2012), não apresentando recursos de modelagem hidrológica em seu código base.

Todos os componentes do sistema se comunicam através de uma base de dados central que requer que a aquisição e o armazenamento dos dados sejam realizados por um módulo de acesso, o que permite que o sistema seja independente de uma implementação física de uma base de dados. O Delft-FEWS provê um módulo de importação de dados que foi concebido a fim possibilitar a manipulação de uma gama de dados em formatos diferentes, através de uma classificação em JAVA desenvolvida para formato de dados (DELTARES, 2007). Como grande parte dos dados não está em escala temporal e espacial adequada para serem utilizados diretamente como entrada nos modelos preditivos, o sistema é equipado com uma extensa biblioteca de funções e processamento de dados, que incluem algumas funções hidrológicas específicas.

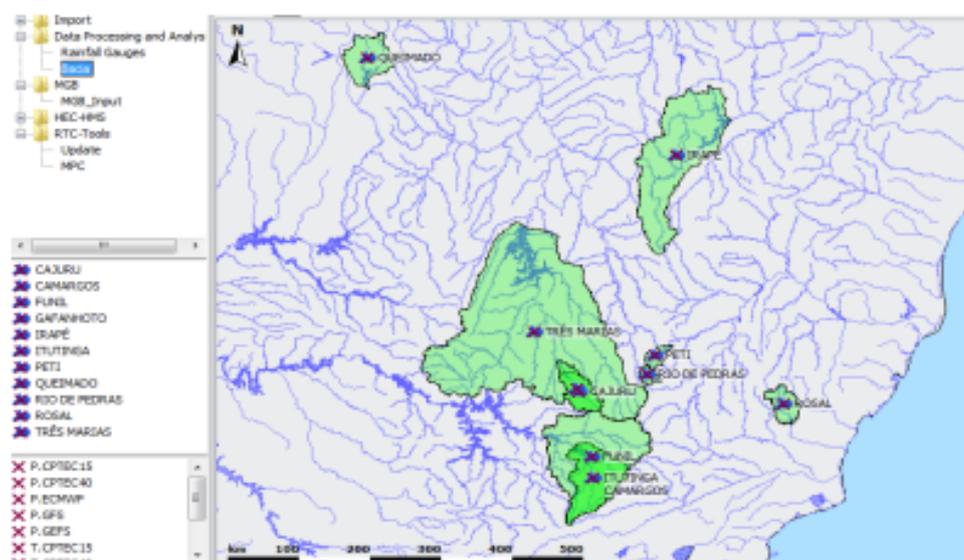


Figure 8_ Interface do Software DELFT FEWS

O passo final no processo de previsão é a geração de produtos que podem ser divulgados num sistema de alerta. O Delft-FEWS pode gerar resultados na forma de gráficos, tabelas assim como resumos dos mesmos. Estes valores podem ser inseridos em base de mapas para permitir a visualização geográfica dos principais resultados. Os produtos gerados pelo sistema podem conter tanto previsões determinísticas quanto probabilísticas. Atualmente informações probabilísticas têm

adquirido maior importância na disseminação dos resultados. No sistema, elas podem ser geradas em gráficos e tabelas, sumários estatísticos, etc

3.2.7.1.4 HEC-RESSIM

O modelo HEC-ResSim (Reservoir System Simulation) foi desenvolvido por Joan D. Klipsch e Marilyn B. Hurst no Hydrologic Engineering Center, que é uma divisão do Institute for Water Resources (IWR,) U. S. Army Corps of Engineers (USACE). O HEC-ResSim é um modelo composto por uma interface gráfica de usuário, um modelo computacional para simular o balanço de água em reservatórios, nomeadamente controlo de cheias, com capacidade de gestão, armazenamento de dados, relatórios e gráficos.

O HEC-ResSim foi desenvolvido para utilização de engenheiros e projectistas na realização de estudos e projectos na área dos recursos hídricos, permitindo estimar o balanço de água e definir regras de operação para controlo de cheias que permitam gerir os reservatórios em tempo real no dia-a-dia e em operações de emergência. O modelo pode ser aplicado na gestão de redes de reservatórios permitindo gerir os volumes de água para os diferentes usos: o abastecimento de água às populações, a rega, o controlo de cheias, a produção de energia, as actividades turísticas e industriais e a navegação.

Neste trabalho foi aplicado para o controlo de cheias.

O modelo HEC-ResSim 3.0 permite incluir vários reservatórios, descarregadores e outras estruturas hidráulicas, um esquema de operações que traduz os objectivos de funcionamento do reservatório e respectivas restrições e, por fim, um conjunto de tipos de regras de operação como sejam: as condições de descarga e restrições; as condições de controlo a jusante; a curva de vazão ou a cota topográfica do reservatório; as condições de uma central hidroeléctrica; as operações de descarregadores de cheias

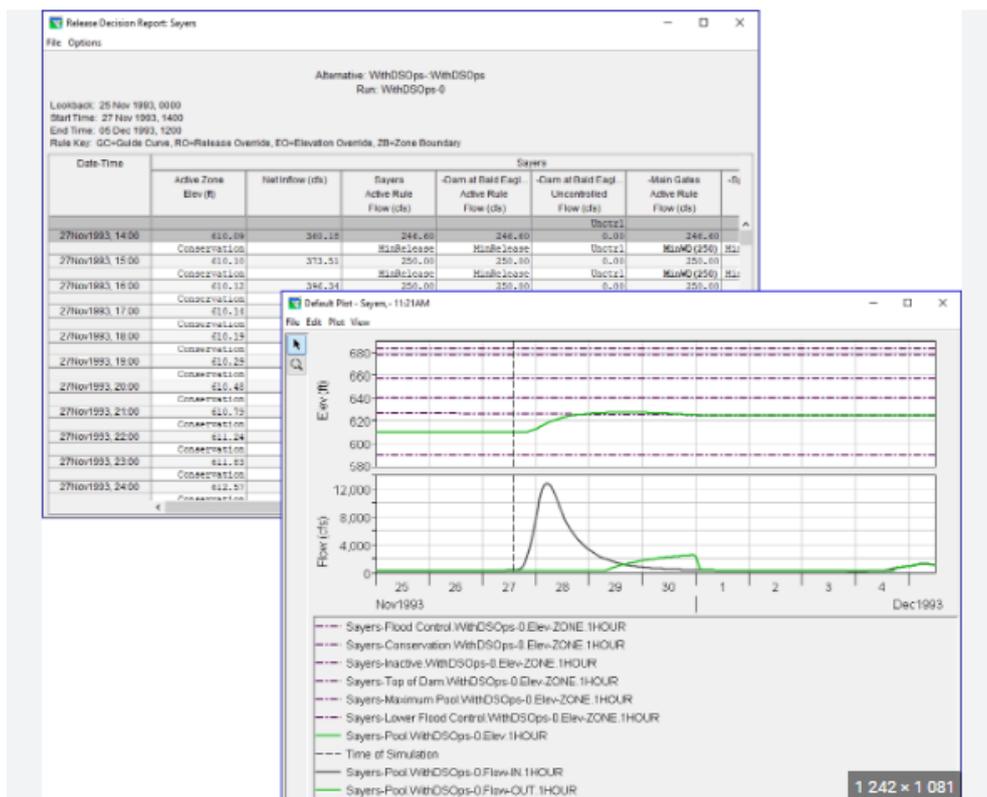


Figure 9-Interface do software HEC-ResSim

3.2.8 CONFIGURAÇÃO DOS MODELOS

3.2.8.1 CONSIDERAÇÕES CHAVE

Espera-se um FFEWS totalmente desenvolvido após a época de 2024. Foi especificado um período de estudo de 1 de Junho de 2022 a 30 de Setembro de 2024, que abrange apenas duas épocas de cheias - 2022/23 e 2023/24. Um início tardio do projecto (18 de Agosto de 2022) complica ainda mais a implementação, uma vez que a concepção e o desenvolvimento da primeira versão só estará em vigor pouco depois da época das cheias de 2022/23. Para utilizar as duas épocas de cheias para melhorar o FFEWS da melhor maneira possível, recomenda-se a seguinte abordagem:

- **Época das cheias de 2022/23:** Os modelos hidrológicos serão configurados e calibrados durante este período. A revisão pós-época será utilizada para realizar uma simulação após a época de cheias, comparação com as descargas observadas, e ajuste fino da calibração para alcançar um desempenho satisfatório;
- **Estação seca de 2023:** Os modelos hidráulicos serão configurados e calibrados para as cheias de rios propensos a cheias até às extensões de inundação dos modelos;
- **Época de cheias: 2023/24:** Esta estação proporciona a primeira oportunidade de operar um sistema completo em tempo real. A revisão pós-época será utilizada para melhorar as calibrações dos modelos hidrológicos e hidráulicos, e se necessário, ajustamentos na selecção do conjunto de dados de entrada;
- **Época seca de 2024:** O trabalho neste período centrar-se-á na transferência da configuração do FFEWS dos servidores de desenvolvimento para a sua casa institucional final no DNGRH, e no trabalho com os operadores para preparar a utilização operacional do FFEWS na época das cheias de 2024/25;

Com base nestas considerações, desenvolvemos uma arquitectura de sistema de alto nível para a BUPUSA FFEWS, apresentado na Figura 10

- No centro da FFEWS encontra-se a plataforma de previsão **DELFT-FEWS**. É uma plataforma modular quadro no qual se baseiam hidrologia, hidráulica e outros tipos de séries temporais que os modelos de simulação podem ser incorporados. O quadro liga os modelos incorporados através de adaptadores específicos do modelo" e pode executar os modelos numa sequência configurada.

- Assim, por exemplo, o adaptador **DELFT-FEWS** alimenta as descargas simuladas por **HEC-HMS** a **HEC-RAS** para modelação hidrodinâmica. Pode trabalhar em modo hindcast (reflorestação) para produzir previsões para tempos passados, usando apenas dados que eram disponível na altura. Este modo é utilizado para avaliar o desempenho do sistema.

- Os modelos que serão incorporados na plataforma para o sistema BUPUSA FFEWS são HEC-HMS (simulação hidrológica), HEC-RAS (simulação hidráulica), e HEC-RESSIM (simulação de barragens).

1. A plataforma de previsão tem um ambiente de roteiro dentro do qual os roteiros personalizados pode ser desenvolvido para:

- aceitar dados quase em tempo real de precipitação e caudal;

- Pré-processar os dados para fornecer dados médios de entrada do modelo a cada unidade de modelação hidrológica (sub bacias)

- Saídas do modelo pós-processo para produzir um conjunto personalizado de produtos de previsão;

- Exportar os resultados para sítios web sob a forma de páginas HTML;

2. Para tal, irá se desenvolver uma ferramenta de agregação de dados (aplicação web) para aceder aos dados pós-processados da Delft-FEWS e para fornecer mecanismos adicionais para divulgar alertas. Recomenda-se que a difusão primária seja realizada com uma combinação de mensagens SMS automáticas e mensagens de correio electrónico.

3.2.8.2 EXTENSÃO ESPACIAL

A configuração do modelo hidrológico **Pitman** existente no rio Púngué, que foi desenvolvida pela Consultec (2004) e modificada em 2014 foi utilizada como base para negociações transfronteiriças (conhecidas como a Estratégia Conjunta) que culminou num acordo formal (o Acordo Bilateral) sobre partilha de recursos hídricos entre o Zimbabué e Moçambique. Com base neste trabalho, a resolução espacial (divisão de sub-bacias hidrográficas, cálculo da média pluviométrica e utilização da água) foi utilizada como ponto de partida. Uma resolução semelhante será utilizada nas bacias de Save e Búzi.

A extensão espacial dos modelos hidrológicos cobrirá a totalidade da extensão das três bacias.

O nível mais grosseiro de subdivisão fará a distinção entre os rios principais e os principais tributários das bacias hidrográficas do Búzi, Púngué e Save com as seguintes unidades de modelação distintas:

- Rio principal do Búzi, rio Revué, que desagua na barragem hidroelétrica de Chicamba, Rio Lucite/Rusitu/Lusitu, Mussapa, Mossurize, Revue e rios Chinhica.
- Rio principal de Púngué, Honde, Nyamukwarara, Nhazonia, Txatora, Vunduzi, Mucambezi, Messambizi, Mavuzi, Mezingazi, Urema, Metuchira e os rios Muda.
- Rio principal de Save e os rios Runde, Ngezi, Mtshingwe, Tokwe, Chiredzi, Mutirikwi. Macheke, Mwerihari. Rios Nyazvidzi, Odzi, Turgwe e Dewure.

Esta subdivisão grosseira precisa então de ser refinada para produzir resultados do modelo hidrológico em pontos de interesse, nomeadamente a montante das cheias de rio, em barragens com capacidade de regular escoamentos a jusante, e nas estações de medição de escoamento utilizadas para o modelo calibração.

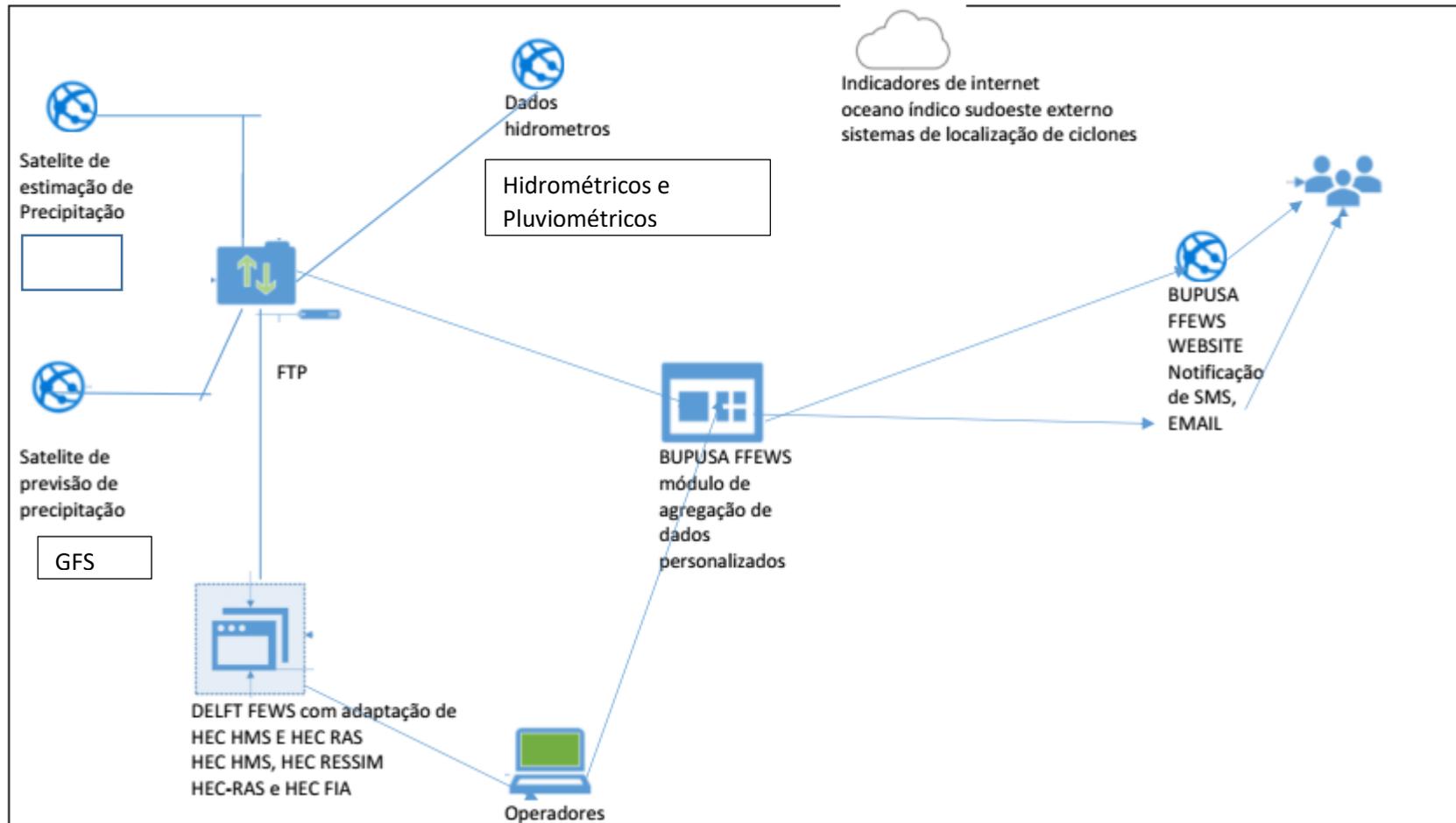


Figure 10_BUPUSA_Arquitectura geral

3.2.8.3 INTEGRAÇÃO DE BASE DE DADOS

A utilização do PostgreSQL (versões 9, 10 ou 11) com adição do PostGIS é recomendada. Para a configuração cliente-servidor do DELFT FEWS é recomendado o PostgreSQL, que é um sistema gratuito e solução de base de dados de código aberto.

O PostgreSQL é uma ferramenta que actua como sistema de gerenciamento de bancos de dados relacionados. Seu foco é permitir implementação da linguagem SQL em estruturas, garantindo um trabalho com os padrões desse tipo de ordenação dos dados.

Nos últimos anos, o uso desse sistema tem crescido consideravelmente, muito por conta de sua praticidade e pela sua alta compatibilidade com diferentes padrões de linguagem. Seu funcionamento é desenvolvido para ser, na prática de grande suporte para que qualquer trabalho seja feito sem maiores dificuldades.

Um de seus pontos principais é sua adequação em padrões de conformidade, ajudando a construir bancos de dados otimizados. Nesse trabalho, com suas qualidades principais, o PostgreSQL ajuda a armazenar informações de forma segura e, se necessário, restaurá-las sempre que houver solicitação de outras aplicações integradas.

O PostgreSQL é um sistema que lida bem com altos volumes de solicitações e com cargas de trabalho grandes, ou seja, funciona muito bem para sites com intensidade de acesso. [E-commerces](#) famosos, por exemplo, é um ótimo exemplo de estrutura que precisa desse sistema para ter um desempenho otimizado, devido ao alto número de acessos simultâneos recebidos.

A base de dados será utilizada para armazenar configurações de modelos, estados modelo, dados de entrada para modelos (temporários), resultados do modelo (temporários), conjuntos de dados espaciais e avisos gerados.

A conectividade hidrológica de bacias hidrográficas, rios e riachos nas bacias Búzi, Púngué e Save serão definidas. O processo básico implicará:

- ❖ Serão analisados modelos de elevação digital (DEMs) disponíveis para áreas elevadas e áreas planas, e será gerado um DEM "sem depressão" no HEC HMS;
- ❖ A direcção do escoamento e acumulação de escoamento serão gerados;
- ❖ Serão geradas bacias hidrográficas em pontos de interesse;

3.2.8.4 MODELAÇÃO HIDROLÓGICA

Os modelos HEC-HMS serão criados para os pontos de interesse espacialmente relacionados, bacias hidrográficas e rios desenvolvidos.

A escala espacial da modelação hidrológica será primeiramente determinada por pontos de interesse.

Os pontos de interesse são :

- Estações de medição do caudal de rios existentes com registos fiáveis; Tabela 2 ;
- Novas estações automáticas com telemetria para serem instaladas através do projecto;
- Áreas sujeitas a inundações;
- Infra-estruturas expostas ao risco de inundações (estradas e pontes, e barragens).

As restantes áreas da bacia serão então divididas em sub-bacias hidrográficas com tamanhos de bacias hidrográficas . Esta resolução espacial corresponde a uma sub-bacia hidrográfica de divisões utilizadas pela SWECO (2004) no estudo hidrológico do rio Púngué.

Os modelos de escoamento da chuva serão configurados para cada uma das sub-bacias resultantes. Os modelos serão calibrados onde existam registos de escoamento fiáveis, e os parâmetros serão transferidos para bacias hidrográficas semelhantes.

O Estudo SWECO (2012) produziu uma monografia para o rio Buzi que reconcilia a informação das bacias hidrográficas existentes de vários relatórios. O relatório fornece bons antecedentes para os actuais desenvolvimento de BUPUSA FEWS. Para o sistema Buzi são considerados onze tributários principais.

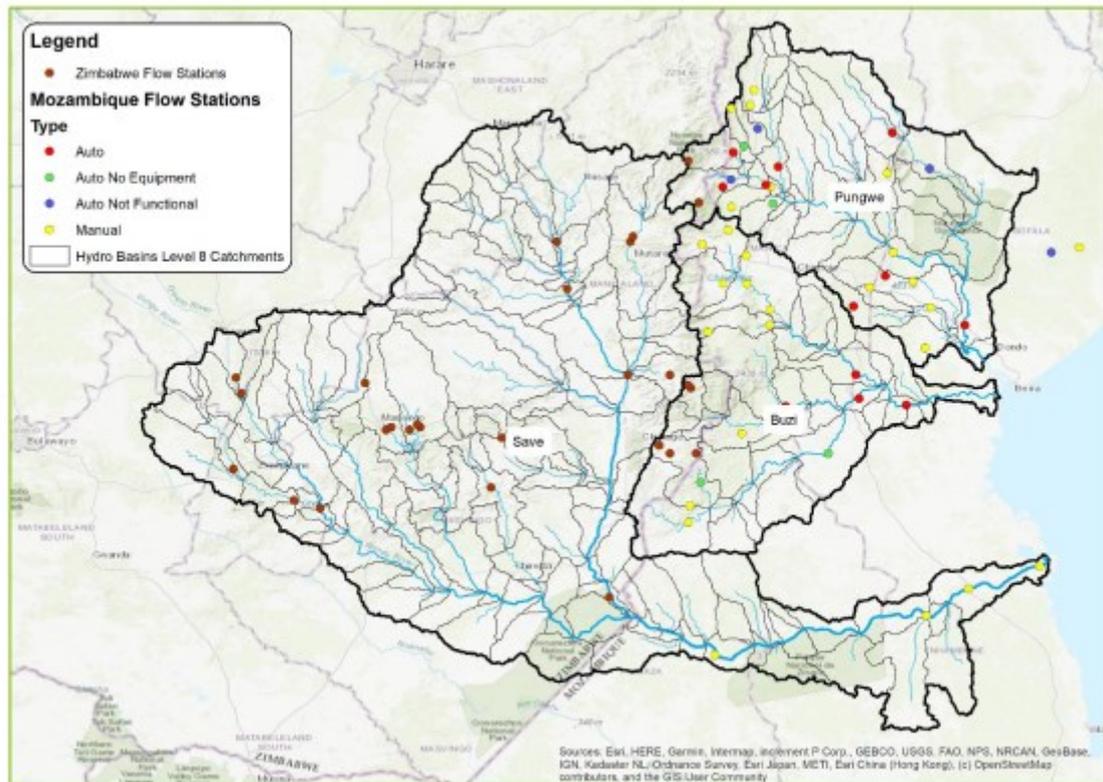


Figure 11_Divisão de sub-bacias para o modelo hidrologico

Para a subdivisão da modelação hidrológica com base na localização das principais estações de escoamento, bem como as características geográficas das bacias hidrográficas foram utilizadas os seguintes dados:

Tabela 1_Principais estações de escoamento

Bacias Nr.	Sub Bacias	Estação de escoamento	Area (km ²)	Area Total (Km ²)
302	Zonwe_z1m-Us_f10	F10	34	31.1
303	Alto_Revue_US_E277	E277	232	
311	Alto_Revue_US_E265	E265	97	

312	Alto_Revue_US_E274	E274	213	
301	Alto_Revue_US_Chicamba	-	2270	2846
321	Medio Revue_US_E263	E263	650	
322	Medio_Revue	-	1816	5312
331	Baixo_Revue	-	3130	8442
201	Rusito_Z1M_US_F7	F7	126	127
202	LUCITO_US_E85	E85	1854	1980
211	Alto_Lucito_US_E246	E246	2821	4801
221	Baixo_Lucito_US_E248	E248	1691	6492
101	Buzi_ZIM_US_F18	-	28	
111	Buzi_ZIM_US_F18	F18	118	146
121	Alto Buzi_US_E84	E84	627	773
131	Alto_Buzi_US_E427	E427	308	
132	Alto_Buzi_US_E276	E276	2946	4027
142	Alto_Buzi_DS_E276	-	2140	6167
141	Médio_Buzi_US_E244	E244	2497	8664
151	Médio_Buzi_US_E456	E456	1703	16859
161	Baixo_Buzi_US_E188	E188	1226	26.527

Tendo em conta a grande extensão espacial dos modelos hidrológicos (aproximadamente 163 000 km²), e a disponibilidade e qualidade dos registos dos caudal observados, previsão de dados de precipitação e os dados topográficos, a calibração dos modelos hidrológicos e previsão será feito numa etapa de tempo diário. As previsões serão repetidas numa base de um dia contínuo.

3.2.8.5 MODELAÇÃO HIDRÁULICA

HEC-RAS será utilizado para modelação hidráulica, para mapear extensões e profundidades de inundação. Para melhorar a robustez e a velocidade do sistema de

previsão, propomos uma combinação judiciosa de modelos 1-D e 2-D. Os modelos 2-D só serão criados em áreas com padrões de escoamentos complexos

Na Fase Inicial, o consultor recomendou a utilização de mapas de inundação que estão associados a intervalos de contínuos. A recomendação foi com base no entendimento de que esta abordagem conduziria a uma abordagem mais simples e robusta, mais com um sistema de previsão com a vantagem adicional de que os avisos de inundação podem ser associados a prováveis períodos de retorno das cheias.

Workshop de 14 de Dezembro de 2022, as partes interessadas manifestaram uma clara preferência por um sistema quase em tempo real de um mapeamento de inundação de cheias.

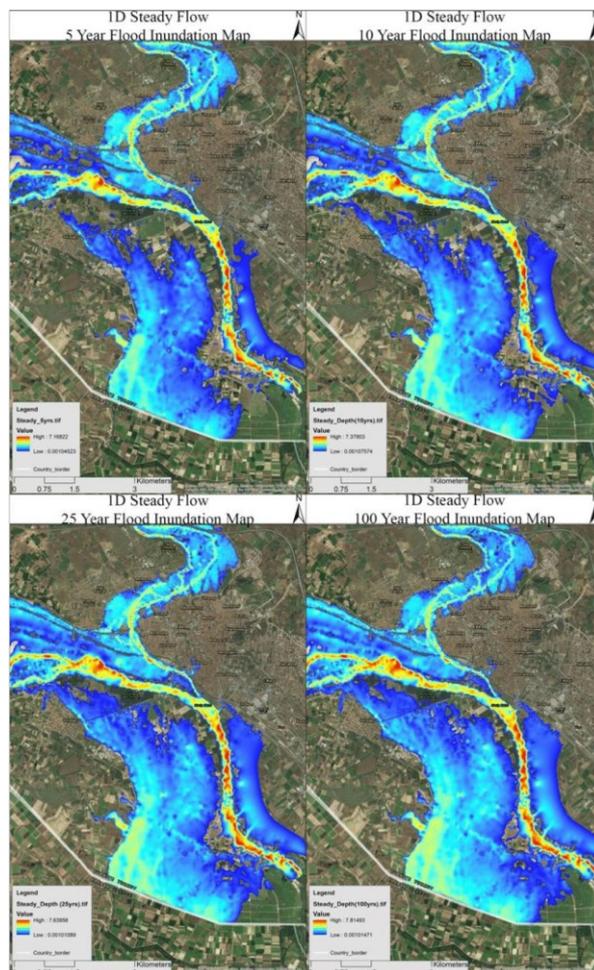


Figura 12_ Exemplo de Mapa de Inundação

3.2.8.6 MAPEAMENTO DE ZONAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO

As áreas sujeitas a inundações nas bacias do BUPUSA são bem conhecidas. No Zimbabué, as áreas sujeitas a cheias estão nos distritos de Chimanimani, Chipinge

Em Moçambique, as zonas propensas a inundações na bacia do Buzi são a cidade e o distrito do Buzi, Estaquinha e Goonda perto da confluência dos rios Buzi e Revue, Dombe e o Distrito de Sussundenga por baixo da barragem de Chicamba.

Na bacia de Púngoé, planícies de inundações na zona de Muda, estrada N6, Nhamatanda, Dondo, Metuchira, Tica, Mafambisse e Beira (Nhangau) são propensas a inundações.

Na bacia do Save, a área propensa a inundações situa-se em redor do estuário, particularmente o Novo Assentamento Mambone.

O Projecto GEF BUPUSA realizou avaliações preliminares de campo nas bacias no Púngoé, Buzi e Save (GWPSA, 2021). As principais conclusões desta avaliação incluem:

- A central hidroeléctrica de Mavuzi está localizada na Revue, que é um afluente do rio Buzi. Durante o ciclone Idai 2019, a área foi inundada, e as cheias causaram erosão em ambas as margens da barragem da Barragem de Mavuzi resultando na destruição do equipamento da hidrometria, a casa de bombas e os portões de barragem;
- A autoridade local de Metuchira está localizada ao longo do rio Metuchira, que é um afluente de Rio Púngoé. A área é afectada por cheias todos os anos hidrológicos, com os mais severos impactos registados no ano 2000 e no ano 2019 devido ao ciclone Eline e Idai respectivamente;
- A Aldeia do Buzi é uma das mais frequentemente afectadas pelas cheias na Bacia do Buzi. Esta é evidenciada pelas inundações mais graves ocorridas em 2000, 2001, 2006, 2007, 2019 e 2020;

- As zonas baixas do rio Púngoé são também frequentemente inundadas. Estas zonas são caracterizadas por vastas áreas baixas que formam extensas planícies aluviais susceptíveis inundações. A estrada da Beira para os países do interior, especificamente o Malawi, Zâmbia, e o Zimbabué passa por esta planície de inundações de tal forma que a cidade da Beira fica completamente isolada durante eventos de cheias;
- Assentamentos mal planeados, infra-estruturas habitacionais deficientes e drenagem deficiente na maioria zonas suburbanas da cidade da Beira exacerbam os impactos das cheias. Algumas dos desenvolvimentos infra-estruturais têm sido feitos em zonas húmidas e, conseqüentemente, o aumento de incidências de cheias;
- O Distrito de Chimanimani no Zimbabué está localizado na parte superior da Bacia do Buzi. A área é propensa a eventos/ciclones extremos. Em particular, o Ciclone Eline e o Ciclone O Idai tem sido devastador em vidas e meios de subsistência.
- O Distrito de Chipinge, no Zimbabué, situa-se nas partes superiores da Bacia do Buzi. O distrito foi impactada pelo ciclone Eline e o ciclone Idai, que destruíram vidas e meios de subsistência. Infra-estruturas tais como estradas, pontes, linhas de comunicação, escolas, instalações de saúde e os serviços governamentais foram destruídos durante o ciclone Idai.
- O campo de refugiados de Tongogara, no distrito de Chipinge, está situado nas margens do Save rio e é frequentemente inundado durante os eventos das cheias. A frequência das cheias é aumentando por causa do assoreamento do canal do rio Save.
- A barragem de Tugwi Mukosi está localizada na bacia hidrográfica de Runde e foi comissionada em 2017. O principal objectivo da barragem é fornecer água

para irrigação na zona propensa à seca. áreas do Lowveld. A barragem reveste-se também de particular importância, uma vez que é significativamente regula os escoamentos, e assim reduz os impactos das cheias a jusante.

- O Rio Lucite antes da confluência dos Rios Lucite e Buzi no Sussundenga, Chibabava e os distritos de Buzi foram identificados por Moçambique partes interessadas como propensas a inundações, e como local para um estudo de caso.
- O rio Lower Runde a jusante da estação hidrométrica E74, nas proximidades de Chilonga, no Distrito de Chiredzi, foi identificada pelos intervenientes zimbabueanos como propensos a inundações, e como local para um estudo de caso

O mapa no verso mostra as extensões máximas anuais de inundação para os anos 2013 a 2020. As extensões de inundação são mostradas em tons de púrpura.

Assentamento em mapa (OSM) locais foram sobrepostos no mapa, e os assentamentos que são vulneráveis às cheias são indicados com ícones de estrelas vermelha

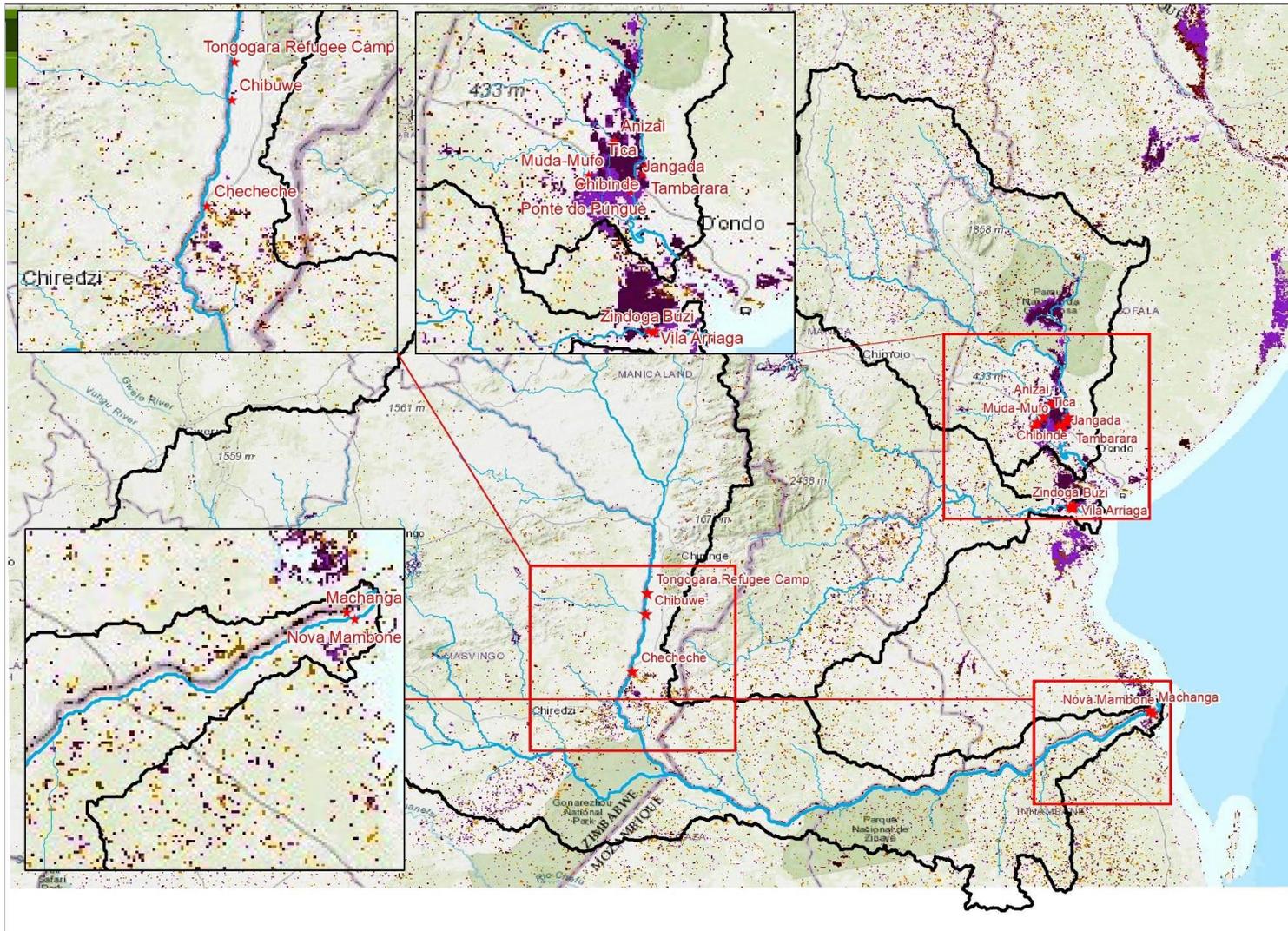


Figure 13_Mapa de inundações históricas(2013-2020)_Representada pela cor púrpura e zonas de reassentamentos

Inquéritos Pós-Ciclone Idai conduzidos pela Organização Internacional para as Migrações (OIM), (2021) fornecer estimativas da população afectada por cheias graves.

Tabela 2_População afectada por cheias pos Idai

Distrito	Localidade	Homens	Mulheres	Pessoas desalojadas	
				Localidade	distrital
Buzi	Bandua	3734	4551	8285	
	Gruja	1030	1229	2259	
	Vila do Buzi	5128	5133	10261	20805
Cidade da Beira	Chaimite	1831	1771	3602	3602
Dombe	Bunga	2070	2624	4694	
	Daure	710	600	1310	
	Javera	68	66	134	
	Mabaia	640	708	1348	
	Matacara	5571	5975	11546	
	Muoco	736	879	1615	20647
Dondo	Samora Machel	938	877	1860	1860
Estaquinha	Estaquinha	2981	3287	6268	6268
Goonda	Chinhica	518	397	915	
	Hamamba	2940	2985	5925	
	Mutindiri	1224	1081	2305	9145
Muoha	Muhoa	325	307	632	632
Nhamatanda	Metuchira	1021	1062	2083	2083
Tica	Lamego	1442	1713	3155	3155
Total		32952	35245	68197	68197

População deslocada pelo Ciclone Idai - porção moçambicana de três bacias

Tabela 3_População Deslocada pelo Ciclone Idai nas três bacias Moçambicanas

Distrito	Localidade	Homens	Mulheres	Pessoas desalojadas		
				Localidade	Distrito	
Chimanimani	1	594	713	1307		
	2	185	198	387		
	3	175	207	382		
	5	542	636	1178		
	6	222	277	499		
	7	728	757	1458		
	8	322	335	657		
	9	10	10	20		
	10	230	265	495		
	12	252	276	528		
	13	522	703	1225		
	14	398	487	885		
	15	152	182	334		
	17	291	356	647		
	18	123	140	263		
	19	109	132	241		
	20	127	196	323		
	21	402	592	994		
	22	347	366	713		
	23	158	115	273	12832	
	Chipinge	1	744	1486	2230	
		2	190	240	430	
		3	587	807	1394	
4		226	252	478		
5		100	140	240		

Distrito	Localidade	Homens	Mulheres	Pessoas desalojadas	
				Localidade	Distrito
	6	70	86	156	
	7	520	663	1183	
	8	370	740	1110	
	9	976	1369	2345	
	10	180	245	425	
	11	78	152	230	
	12	293	363	656	
	13	1222	1833	3055	
	14	250	375	625	
	15	193	211	404	
	16	10	25	35	
	17	325	451	776	
	18	333	208	541	
	19	307	288	595	
	20	193	170	363	
	22	97	193	290	
	24	811	1162	1973	
	27	15	25	40	
	28	39	56	35	19669
Total		14018	18483	32501	32501

A partir da discussão acima referida é possível fazer recomendações sobre os cursos de água que requerem uma modelação hidráulica para prever as extensões de inundação. Os alcances recomendados são mostrados a amarelo na figura no verso.

Os locais dos estudos de caso foram seleccionados em consulta com os Estados-Membros no seminário de início dos trabalhos, realizado na **Beira a 14 de Dezembro de 2022**. encontram-se nos afluentes das zonas propensas a inundações ao longo dos rios principais. São mostrados casos de estudo de alcance de rios em verde na figura no verso. (ver figura 14)

3.2.8.7 QUANTIFICAR O RISCO DE INUNDAÇÃO

Para fornecer uma indicação do risco de inundação, é necessário associar a probabilidade de ocorrência nas áreas afectadas pelas inundações. Introduziremos a probabilidade, associando intervalos de ocorrência (ou seja o número médio de anos entre inundações de uma certa dimensão) com descargas e inundações extensões (onde será realizada a modelação hidráulica).

Propomos uma abordagem que exigirá a calibração dos modelos ao longo de todo o período de precipitação histórica disponível, para além da calibração em eventos de inundação específicos. A vantagem desta abordagem é que as sequências de escoamento simuladas ao longo prazo podem ser usadas para extrair cheias de repetição-intervalo descargas de séries máximas anuais simuladas em qualquer ponto de interesse nas três bacias.

As descargas de inundações com intervalo de ocorrência podem então ser utilizadas para a modelação hidráulica em estado estacionário para associar intervalos de ocorrência com áreas de inundação.

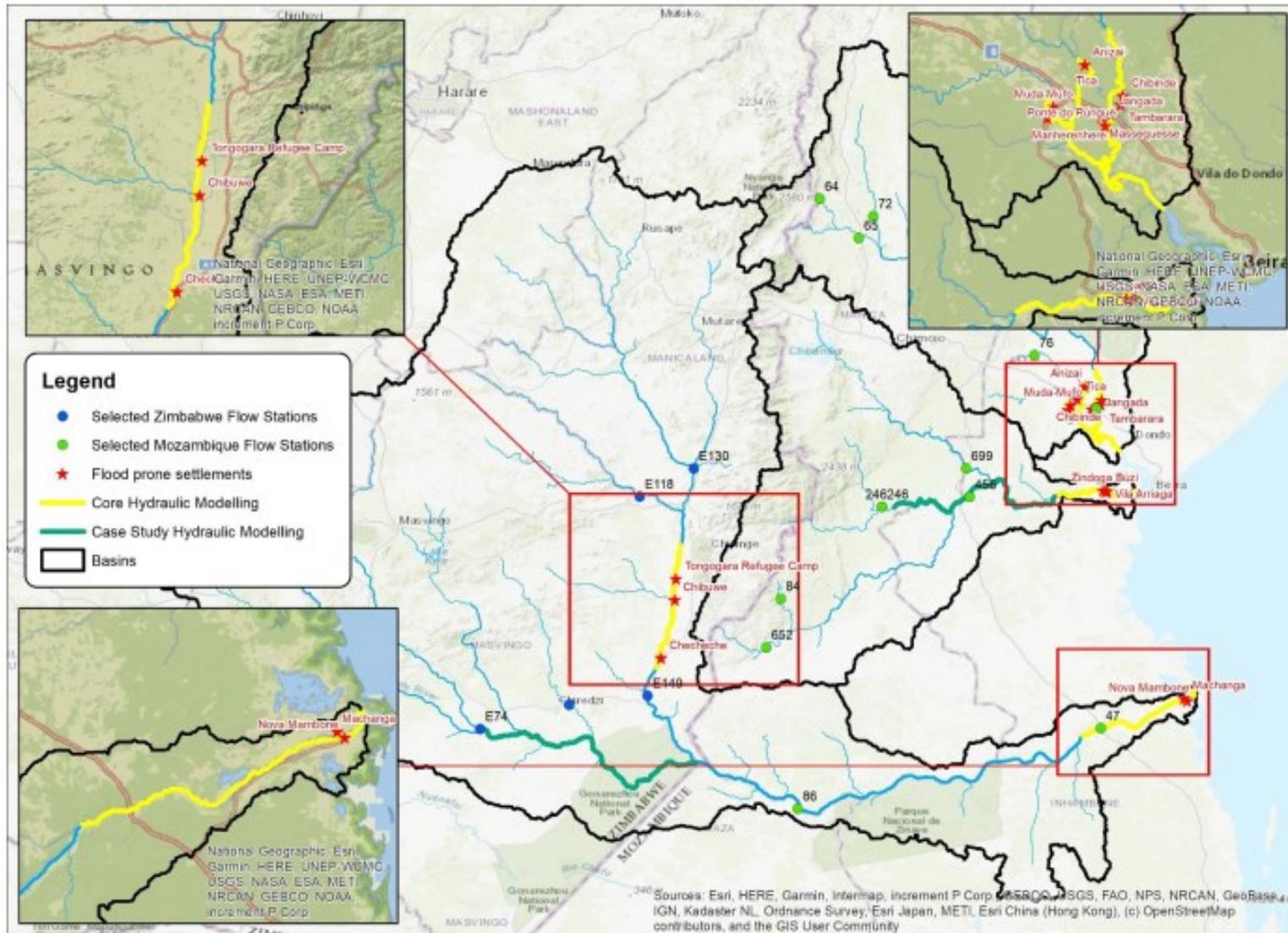


Figure 14_Mapa de Modelação Hidraulica_Estações de escoamento de Moçambique e Zimbabwe

3.2.8.8 FONTES DE DADOS DE CHUVA DE SATÉLITE PREVISTAS E OBSERVADAS

Tanto os dados históricos observados como as previsões de precipitação são necessários para configurar o FFEWS. A precipitação observada é utilizada como entrada para calibrar os modelos hidrológicos em relação ao escoamento observado.

As previsões de precipitação serão unidas com alguns dias de precipitação observada anterior para fazer previsões. Para o BUPUSA FFEWS, as considerações importantes são:

- Os dados devem estar livremente disponíveis para contribuir para a sustentabilidade do sistema;
- Latência - a diferença entre quando os dados se tornam disponíveis e o tempo que os dados representam;
- Resolução espacial - quanto mais fina for a resolução, melhor será a representação da variabilidade espacial ao longo da bacia de captação.

3.2.8.9 ESTIMATIVAS DA PRECIPITAÇÃO REAL

Existem muitas fontes para a medição global de precipitação via satélite. A seguir daremos a conhecer alguns sites onde é possível a verificação da mesma:

1. A missão de Medição Global de Precipitação (GPM) é uma rede internacional de satélites que fornece a próxima geração de observações globais de chuva e neve. Com base no sucesso da Missão de Medição de Precipitação Tropical (TRMM), o conceito GPM centra-se na implantação de um satélite "Core" com um sistema avançado de radar / radiômetro para medir a precipitação do espaço e servir como padrão de referência para unificar as medições de precipitação de uma constelação de satélites de investigação e operacionais. O algoritmo IMERG destina-se a intercalibrar, fundir, e interpolar "todas" as estimativas de precipitação por microondas de satélite, juntamente com estimativas de satélite infravermelho calibrado por microondas (IR), análises de medidores de precipitação, e potencialmente outros estimadores de precipitação a escalas de tempo e espaço fino para as eras TRMM e GPM em

todo o globo. O sistema é executado várias vezes para cada tempo de observação, dando primeiro uma estimativa rápida e fornecendo sucessivamente melhores estimativas à medida que mais conjuntos de dados são integrados. A etapa final utiliza dados de bitola mensal para criar produtos de nível de investigação.

Dados: (<https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/gpm>)

2. Os algoritmos de Mapeamento Global de Precipitação por Satélite (GSMaP) são orientados para produzir as "melhores" estimativas de precipitação. Inicialmente, não permitiam a operação em tempo real e/ou a disponibilidade de dados. Para satisfazer os requisitos dos utilizadores de tais dados em tempo quase real, a JAXA desenvolveu e opera agora um sistema global de produção de mapas de precipitação em tempo quase real desde Outubro de 2008, e os dados e imagens binárias de resolução horária e de 0,1 graus estão disponíveis através da Internet (<http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>) quatro horas após a observação. Os algoritmos centrais para o sistema foram desenvolvidos com base na investigação no Japão no início dos anos 2000.

Dados: (<https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>)

3. O conjunto de dados CHIRPS (Precipitação por Infravermelhos com Estações) do grupo de Perigos Climáticos baseia-se em abordagens anteriores de técnicas de interpolação "inteligentes" e de alta resolução, longo período de estimativas de precipitação recorde baseadas em observações de Duração da Nuvem Fria Infravermelha (CCD) por satélite. O algoritmo i) é construído em torno de uma climatologia de 0,05° que incorpora informação de satélite para representar localizações escassamente aferidas, ii) incorpora estimativas de precipitação diárias, pentadais, e mensais de 1981-presente 0,05° CCD baseado em estimativas de precipitação, iii) mistura os dados da estação para produzir um produto de informação preliminar com uma latência de cerca de 2 dias e um produto final com uma latência média de cerca de 3 semanas, e iv)

utiliza um novo procedimento de mistura incorporando a estrutura de correlação espacial das estimativas de CCD para atribuir pesos de interpolação.

Dados: (<ftp://ftp.chg.ucsb.edu/pub/org/chg/products/CHIRP/daily>)

4. A partir de 1 de Janeiro de 2001, o Algoritmo de Estimativa de Chuva Africana Versão 2 (RFE 2.0) foi transferido para o estado operacional, substituindo o anterior algoritmo (RFE 1.0) (Herman et.al. 1997), utilizado de 1 de Junho de 1995 a 31 de Dezembro de 2000. A técnica de fusão, a espinha dorsal da RFE 2.0, demonstrou reduzir significativamente o enviesamento e o erro aleatório em comparação com fontes de dados de precipitação individuais, aumentando assim a precisão das estimativas de precipitação (Xie e Arkin, 1996). Os dados de entrada utilizados para estimativas de precipitação operacional são de 4 fontes; 1) Dados diários do pluviómetro GTS para até 1000 estações 2) Estimativas de precipitação por satélite de microondas AMSU até 4 vezes por dia 3) Estimativas de precipitação por satélite SSM /I até 4 vezes por dia 4) Estimativas de precipitação por infravermelhos GPI na base de meia hora.

Dados: (<ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/fews/fewsdata/africa/rfe2/geotiff/>)

O quadro abaixo mostra fontes de estimativas de precipitação por satélite.

Tabela 4_ Fontes de estimativas de precipitação por satélite

	PRODUTO	COBERTURA	RESOLUÇÃO TEMPORAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	LATÊNCIA	DISPONIBILIDADE DOS DADOS
1	GPM: Medição Global de	Global	30 minutos	0.1°	4 horas	03/2014 – presente

PRODUTO	COBERTURA	RESOLUÇÃO TEMPORAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	LATÊNCIA	DISPONIBILIDADE DOS DADOS
Precipitação (GPM) v5 - IMERG					
2 GSMaP Operational: Satellite global de Mapeamento de Precipitação	Global	1 hour	0.1°	5 horas	03/2014 – presente
3 CHIRPS Daily: Grupo de Perigos Climáticos Precipitação por Infravermelhos com Dados da Estação (versão 2.0 final)	Global	1 dia	0.05°	3 dias	01/1981 – presente
4 TRMM 3B42: Missão de Medição da Precipitação Tropical Estimativas de Precipitação em 3 horas	Latitudes 60°N-S	3 horas	0.25°	8 horas	01/1998 – 04/2018

PRODUTO	COBERTURA	RESOLUÇÃO TEMPORAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	LATÊNCIA	DISPONIBILIDADE DOS DADOS
- DISCONTINUADA -					
5 RFEv2 : O Centro de Previsão Climática Versão de Algoritmo de Estimativa da Pluviosidade 2	40°N-40°S,20°W-55°E	1dia	0.1°	1 dia	01/2001 - presente
6 CMORPH: Centro de previsão Climática, Técnica Morfológica	Global	3 horas	0.25°	stopped	12/2002-10/2017
7 PERSIANN: Estimativa de Precipitação a partir de Informação Sensível à Distância usando Redes Neurais Artificiais -	Global	1 dia	0.25°	1dia	01/1983/01- presente

PRODUTO	COBERTURA	RESOLUÇÃO TEMPORAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	LATÊNCIA	DISPONIBILIDADE DOS DADOS
Registo de Dados Climáticos					

5. As varreduras passivas de satélite por microondas são propagadas por vectores de movimento derivados de dados de infravermelhos de satélite geoestacionários. O algoritmo CMORPH tem sido adoptado com sucesso em missões contínuas como GPM. CMORPH utiliza exclusivamente estimativas de precipitação derivadas de observações PMW de satélite de baixa orbitação e cujas características são transportadas através de informação de propagação espacial obtida a partir de dados IR de satélite geoestacionários durante períodos em que os dados PMW instantâneos não estão disponíveis num local. O "morphing" das características, produz análises espacialmente completas da precipitação de meia em meia hora.

Dados: (ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/global_CMORPH/3-hourly_025deg/)

6. Entre os algoritmos de estimativa da precipitação de alta resolução, baseados em satélite, PERSIANN, devido à sua dependência primária em informação infravermelha que data de 1979, é muito adequado para estimar a precipitação histórica ao longo das últimas três décadas.

3.2.8.10 PREVISÕES DE PRECIPITAÇÃO

Vários produtos de Previsão Quantitativa de Precipitação (QPFs) estão disponíveis para utilização quase em tempo real. Os dados são tipicamente fornecidos como conjuntos, reflectindo a variação entre execuções de modelos individuais e condições de entrada.

- 1) O conjunto de previsões do ECMWF baseia-se na ideia de que as previsões incorrectas resultam de uma combinação de erros de análise inicial e deficiências do modelo, sendo as primeiras dominantes durante os primeiros cinco dias ou assim. Para estimar o efeito de possíveis erros de análise inicial e a consequente incerteza das previsões, é formado um conjunto de muitos (actualmente 50) estados iniciais diferentes, "perturbados" e uma análise não perturbada (o membro de controlo (CTRL)). As diferentes perturbações são derivadas no momento da análise durante a geração do conjunto. A adição ou subtracção de pequenas perturbações à distribuição inicial de um parâmetro dá vários (50 no ECMWF) membros do conjunto equipável, cada um ligeiramente diferente da análise inicial, não perturbada do membro de controlo (o 51º membro do conjunto).

Dados: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/accessing-forecasts/order-real-time-forecasts>

- 2) O Global Forecast System (GFS) é um sistema global de assimilação de dados espectrais e modelo de previsão. As previsões GFS são produzidas a cada seis horas às 00, 06, 12 e 18 UTC. Os gráficos GFS são baseados numa grelha de 70 km (T190) e estão disponíveis a incrementos de seis horas até 384 horas. A resolução vertical é agora de 64 camadas, com um modelo de topo a 0,2 hPa. O GFS contém um conjunto completo de física parametrizada, bem como modelos de superfície marítima e terrestre. A estrutura do modelo é computacionalmente eficiente e pronta para ESMF (Earth System Modelling Framework) e uma coordenada vertical híbrida (sigma, p). O GFS começou a distribuir dados de maior resolução de 0,25 graus aos utilizadores com a sua actualização de 2015.

Dados: <http://www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/products/gfs/>

- 3) O primeiro Sistema de Previsão Climática (CFS), denominado retroactivamente CFSv1, foi implementado em operações na NCEP em Agosto de 2004 e foi o primeiro modelo quasi-global, totalmente acoplado atmosfero-

ceano-terra utilizado na NCEP para previsão sazonal (Saha et al. 2006). O CFSv2 foi concebido para melhorar a coerência entre o modelo estados e os estados iniciais produzidos pelo sistema de assimilação de dados. As previsões operacionais em tempo real para o CFSv2 obtêm as suas condições iniciais do CDAS operacional em tempo real, versão 2 (CDASv2). Há 16 CFSv2 em funcionamento por dia; quatro a 9 meses, três a 1 estação, e nove a 45 dias.

Dados: ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/NMME/realtime_anom/CFSv2/

- 4) Os produtos ECMWF Extended Range que cobrem o período até ao Dia 46 são derivados de uma extensão da ENS normal de 15 dias duas vezes por semana, às segundas e quintas-feiras. Esta é uma escala temporal que se situa entre a previsão meteorológica de médio prazo (ENS, Dia0 ao Dia15) e a previsão sazonal, mais dependente da previsibilidade dos oceanos e do impacto que as temperaturas tropicais à superfície do mar têm na circulação atmosférica.

Dados: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/accessing-forecasts/order-real-time-forecasts>

3.2.8.11 FONTES DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO PONTUAL

Os dados de precipitação de pontos medidos podem ser utilizados para corrigir a inclinação dos produtos de precipitação por satélite (em grelha). Os dados dos pontos de medição são mais precisos do que as estimativas derivadas de satélite, mas uma condição prévia para aplicações de previsão é que os dados estejam disponíveis em tempo quase real, isto é, significa que as estações devem estar equipadas com gravadores automáticos e telemetria para transmitir os dados para um servidor de dados.

O estudo de viabilidade da GEF BUPUSA para o projecto BUPUSA (WR Nyabeze, 2022) informa que os serviços meteorológicos nacionais para os estados ribeirinhos não fornecem dados de previsão de precipitação nas suas páginas web.

O estudo concluiu também que o Observatório Hidrometeorológico Trans-Africano (TAHMO) instalou 9 estações em Moçambique. Na região, o Centro de Serviços Científicos da África Austral para as Alterações Climáticas e Gestão Adaptativa da Terra (SASSCAL) é uma iniciativa conjunta de Angola, Botswana, Namíbia, África do Sul, Zâmbia e Alemanha que opera estações meteorológicas automáticas e fornece dados abertos através de um portal de dados. A iniciativa não abrange Moçambique ou Zimbabué.

As fontes livres de chuva pontual que estão disponíveis na web são normalmente extraídas de produtos de satélite livremente disponíveis em rede. É importante compreender que modelo de previsão meteorológica subjacente é utilizado para saber se os dados pontuais irão melhorar as estimativas em grelha, a previsão temporal, e o período de previsão.

Yr (<https://yr.no>), é uma colaboração entre a Norwegian Broadcasting Corporation e o Instituto Norueguês de Meteorologia. As previsões pontuais fora da Noruega são extraídas do ECMWF.

Outro produto respeitável é fornecido pela IBM's The Weather Company (<https://www.wunderground.com/>). As previsões pontuais são fornecidas através das suas aplicações Weather Underground e Wundermap. Os dados são obtidos através de uma comunidade global de operadores de estações meteorológicas pessoais e utilizados para previsões localizadas. A empresa vende estações meteorológicas compactas que são compatíveis com os seus sistemas de previsão. A API só é acessível a pessoas que possuem e partilham dados de uma estação meteorológica pessoal.

3.2.8.12 ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE ESCOAMENTO E CURVAS DE VAZAO

A figura 15 mostra a localização das estações de medição do caudal dos rios nas bacias do Buzi, Púngué e Save. A disponibilidade de dados é discutida nas secções que se seguem.

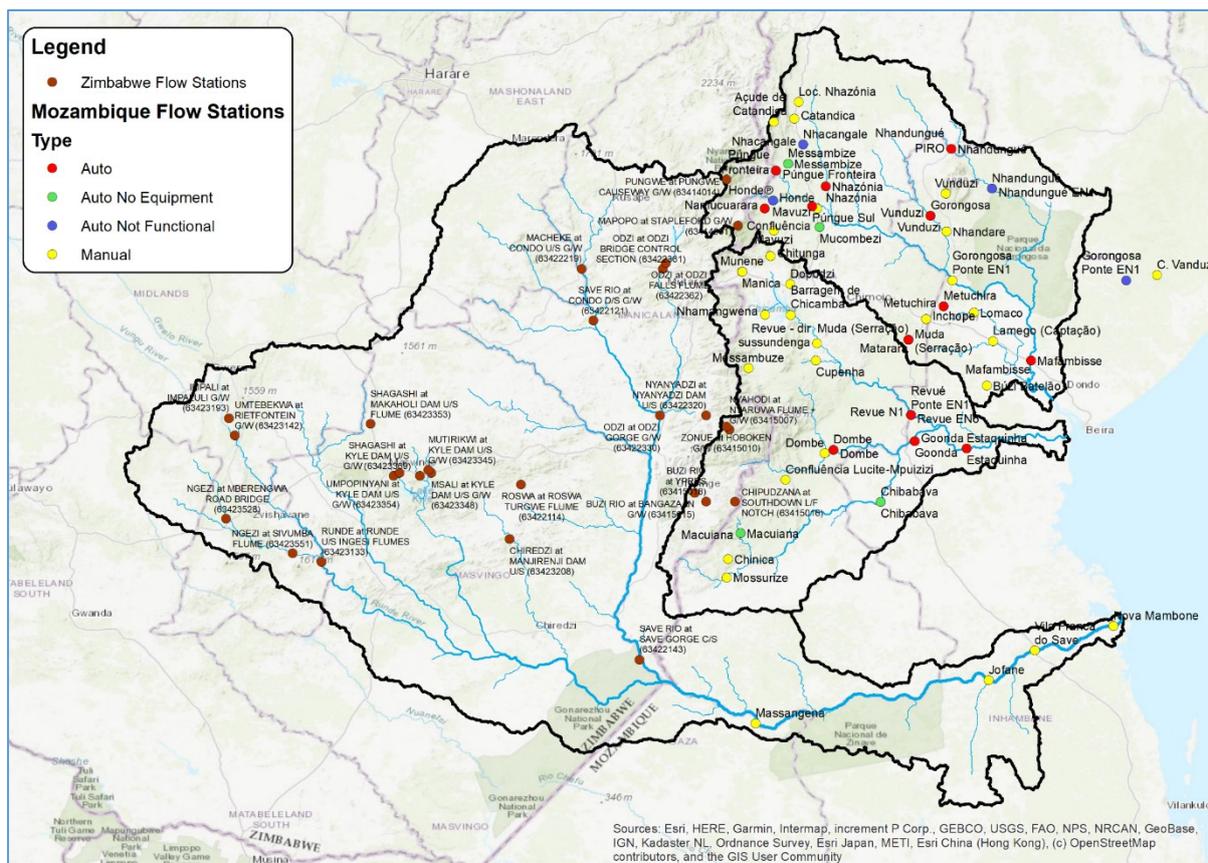


Figura 15-Localização das estações de medição do Caudal

Mozambique

O Estudo SWECO, CONSULTEC produziu uma monografia para o rio Buzi que reconcilia a informação existente de vários relatórios. O relatório fornece bons antecedentes para o actual desenvolvimento do BUPUSA FEWS. Para o sistema do Buzi são considerados onze (11) afluentes principais. A divisão da sub-bacia do rio foi feita para permitir uma descrição da distribuição espacial dos recursos hídricos dentro da bacia e entre os países. Em alguns dos casos, as sub-bacias são subdivididas pelas fronteiras internacionais do país, portanto, não pelas bacias hidrológicas.

A bacia do rio Buzi tem 26 estações de medição de caudal, das quais 20 estão operacionais. 5 medidores de caudal pertencem ao sistema de aviso prévio de cheias

(SAC). Os dados disponíveis não são consistentes, com muitas falhas que ocorrem durante os períodos de registo.

A bacia tem 35 estações de pluviosidade, das quais 33 estão operacionais. Tal como os dados de caudal, os dados de precipitação têm muitos períodos de dados em falta.

As curvas de vazao (fiabilidade desconhecida) estão disponíveis para 12 estações.

O anexo A fornece listas detalhadas de estações de medição de caudal, curvas de vazao, e gráficos de disponibilidade de dados para a bacia do Buzi.

A Bacia do Rio Púngué tem 28 estações de medição de caudal, das quais 23 estão operacionais. 6 medidores de caudal pertencem ao sistema de aviso prévio de cheias (SAC). Os dados disponíveis não são consistentes, com muitas falhas que ocorrem durante os períodos de registo. Neste momento, a ARA-Centro está a actualizar as curvas de vazao para as estações SAC.

A bacia tem 35 estações de pluviosidade, das quais 33 estão operacionais. Tal como os dados de escoamento, os dados pluviométricos têm muitos períodos de dados em falta.

As curvas de vazao (fiabilidade desconhecida) estão disponíveis para 22 estações.

O anexo B fornece listas detalhadas de estações de medição de escoamento, curvas de vazao, e gráficos de disponibilidade de dados para a Bacia de Púngué.

A Bacia do Save River tem 4 estações de aferição de caudal, todas elas operacionais. Nenhuma estação de medição de caudal pertence ao sistema de aviso prévio de cheias (SAC). Os dados disponíveis não são consistentes, com muitas falhas que ocorrem durante os períodos de registo.

A bacia tem 4 estações de pluviosidade, todas elas operacionais. Tal como os dados de escoamento, os dados pluviométricos têm muitos períodos de dados em falta.

As curvas de vazao (fiabilidade desconhecida) só estão disponíveis para 1 estação, nomeadamente E-86.

O anexo C fornece listas detalhadas de estações de medição de caudal, curvas de vazao, e gráficos de disponibilidade de dados para a Bacia Save.

Zimbabué

O Zimbabué está dividido em sete áreas de gestão de bacias hidrográficas. As bacias hidrográficas Save e Runde fazem parte do sistema de águas transfronteiriças entre o Zimbabué e Moçambique. Os dois sistemas fluviais fundem-se no ponto de saída para Moçambique e, por conseguinte, são tratados como bacias hidrográficas separadas no Zimbabué. As bacias do Púngué e do Buzi comandam bacias relativamente pequenas no lado do Zimbabué, mas contribuem com elevada precipitação e escoamento para as bacias do Púngué e do Buzi e, para efeitos administrativos, são consideradas como fazendo parte do sistema do Save River.

As estações estão equipadas com gravadores automáticos. No entanto, muitas estações têm lacunas e têm comprimentos variáveis de registos. Foram desenvolvidas curvas de vazão para cada estação e são utilizadas para estimar a descarga em cada estação.

Estações de escoamento do Save com registos de escoamento diários actualizados e que não são perturbadas por desenvolvimentos a montante

Tabela 5_Escoamento do Save

	Estação	Nome do Rio	Localização	Ano de abertura
1	E12	Odzi	Maranke Wrir	1950
2	E18	Odzani	Municipal intake	1974
3	E21	Save	Cndo Dam	1954
4	E30	Runde	Gwenoro Dam U/S	1956
5	E31	Gwenoro	Killarney	1957
6	E56	Karimba	Igudu	1961
7	E59	Singesi	Wedza	1960

8	E61	Odzi	Ozi Bridge	1960
9	E72	Nyakawunga	Odzani Dam U/S	1961
10	E73	Odzi		1961
11	E105	Odzani		1966
12	E106	Nyambwa		1966
13	E115	Turgwe		1967
14	E118	Devuli		1967
15	E125	Umvumvumvu		1970
16	E127	Nyamazi		1970
17	E128	Nyakupinga		1970
18	E129	Odzi		1970
19	E130	Odzi		1970
20	E132	Umvumira		1970
21	E136	Rusape		1971
22	E144	Impudzi		1972
23	E152	Chimbi		1975
24	F14	Púngoé		1970
25	F18	Busi		1975
26	F10	Zonwi		1966
27	F11	Rusitu		1968
28	F20	Buzi		1987
29	F22	Púngoé		1987

Estações de escoamento de Runde com registos de escoamento actualizados e que não são perturbadas por desenvolvimento a montante

Tabela 6_Estações de escoamento de Runde

	Estação	Nome do Rio	Localização	Ano de abertura da Estação
1	E2	Musshagashi	Waterworks Weir Gwenoro Dam u/s	1928
2	E23	Nyamadziwa	Mberengwa Road	1955
3	E28	Ngezi	Gwenoro Dam U/S	1956
4	E30	Runde	Kilarney	1956
5	E31	Gwenoro	Mberengwa Road	1956
6	E35	Umchingwe	Mt Bougai	1957
7	E40	Litle Umtebekwe	Reitfontein	1958
8	E42	Umtebekwe	Mutirikwi Dam U/S	1959
9	E44	Bevumi	Mutirikwi Dam U/S	1959
10	E45	Mutirikwi	Mutirikwi Dam U/S	1959
11	E48	Msali	Mutirikwi Dam U/S	1959
12	E49	Popotekwe	Mutirikwi Dam U/S	1959
13	E54	Mpopinyani	Mutirikwi Dam U/S	1960
14	E74	Runde	D/S Tokwe Confluence	1961

15	E83	Runde	Tokwe Confluence U/S	1962
16	E84	Tokwe	Runde Confluence U/S	1962
17	E87	Makari	Triangle Regeneration	1962
18	E93	Impali	Impaluli	1965
19	E117	Ngezi	Mushwe	1967
20	E133	Runde	U/S Ingesi Confluence	1970

As estações estão equipadas com gravadores automáticos. No entanto, muitas estações têm lacunas e dispõem de comprimentos variáveis de registos. As curvas de vazão foram desenvolvidas para cada estação e são utilizadas para estimar a descarga em cada estação.

O estudo do Sistema **Avançado de Conhecimento e Informação** (EKIS) de 2011 identificou a prioridade estações para uma melhor gestão transfronteiriça da água. Estas estações também podem ser utilizadas para monitorização e gestão de inundações. As estações são apresentadas no quadro abaixo:

Tabela 7_Estações prioritárias em 2011

Sub_Bacia	Pais	Estação Identificada	Rio
Buzi	Zimbabwe	F10	Zonwe
		F18	Buzi
Save	Zimbabwe	E130	Odzi
		E43	Save
		E186	Odzi
		E118	Devure
		E21	Save

Runde	Zimbabwe	E133	Runde
		E6	Mutirikwi
		E74	Runde/Tokwe
		E176	Tokwe
		E17	Chiredzi

3.2.8.13 SELECÇÃO DE ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS PRIORITÁRIAS

O projecto BUPUSA GEF deu prioridade a 12 das 38 estações hidrométricas existentes para implementando o BUPUSA FFEWS (BUPUSA GEF, 2021). De acordo com este relatório, algumas destas estações têm equipamento de telemetria instalado pelos projectos PP2, GIZ e Hidrometria enquanto outros têm instrumentos analógicos.

A Figura 16 mostra a localização aproximada do escoamento de medidores.

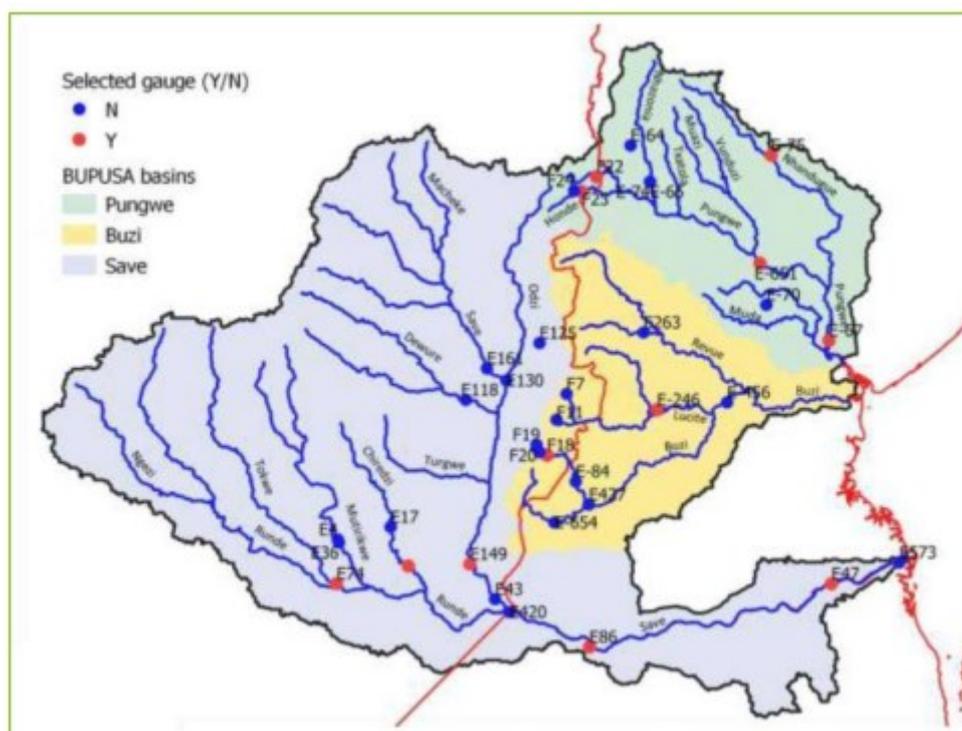


Figure 16_Localização aproximada de medidores de caudal

A figura acima mostra a localização das estações de medição do escoamento das bacias do rio no Buzi, Púngoé e Save.

Informação detalhada sobre o estado operacional da medição do escoamento das estações do Zimbabué não estavam disponíveis no momento da redacção e serão estabelecidas numa ronda de acompanhamento de recolha de dados. É discutida uma revisão da lista de estações prioritárias e a disponibilidade de dados nas secções que se seguem.

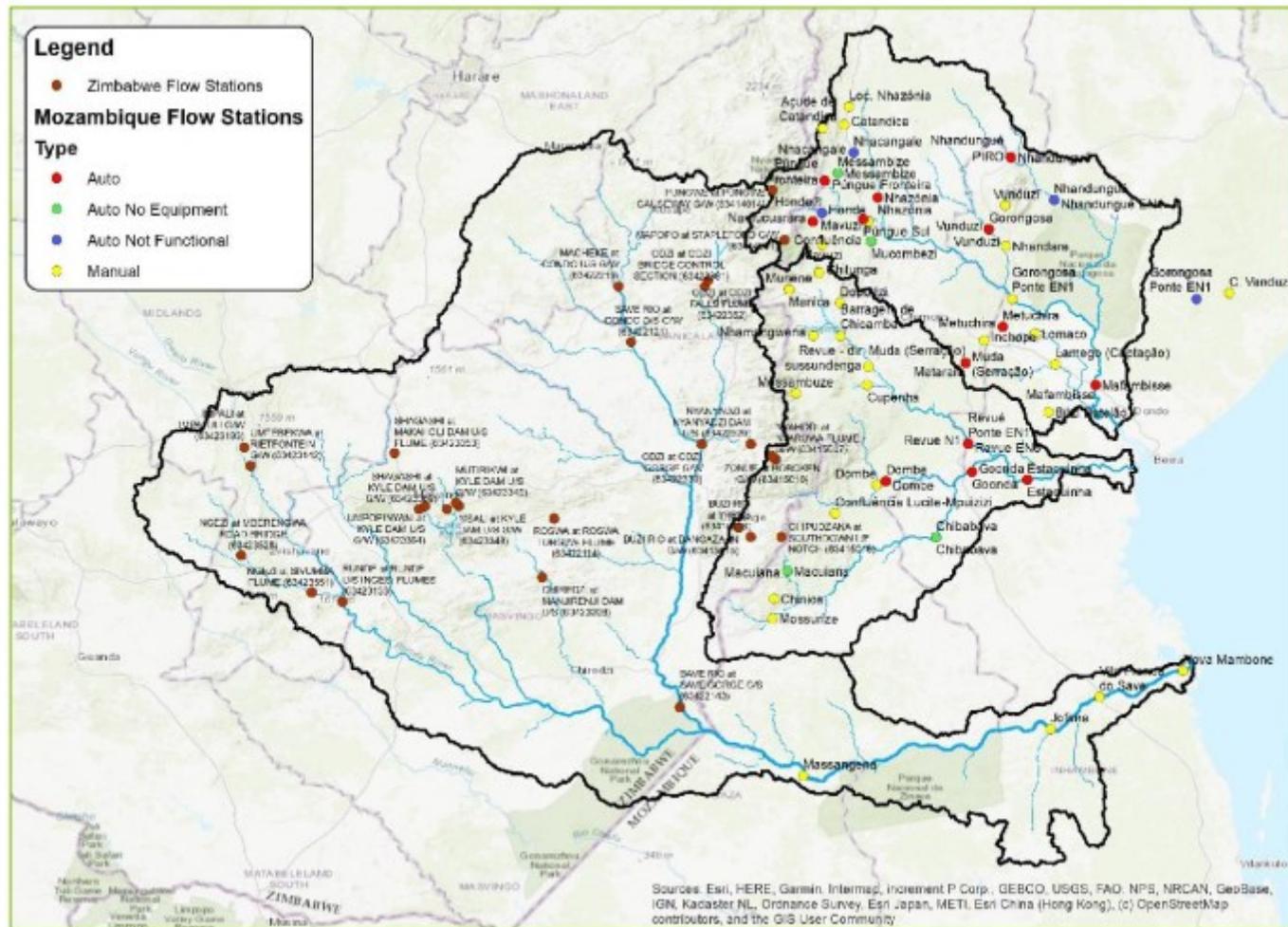


Figure 17__Localização das estações de medição de Escoamento nas bacias do BUPUSA

3.2.8.14 LISTA PROVISÓRIAS DAS ESTAÇÕES PRIORITÁRIAS

Considerando a identificação inicial das zonas propensas a inundações e os locais de escoamento actualizados das estações de medição mostradas na Figura 17, recomenda-se que a prioritização inicial (GEF BUPUSA, 2021) seja alargado com as seguintes estações:

- E130 Nyanyadzi na Barragem de Nyanyadzi para medição de afluências afluentes de Save e Odzi a montante do rio Tongogara / Chibuwe, com tendência para as cheias.
- E118 Devuli em Chisurgwe para medição dos inescoamentos tributários de Dewure a montante de o alcance das cheias de Tongogara / Chibuwe.
- Estações que estão actualmente a ser utilizadas pela ARA-Centro para aviso prévio de cheias:
 - E-84 Macuiana
 - E-456 Goonda
 - E-652 Mossurize
 - E-699 Revué EN-1
 - E-64 Pungue Fronteira
 - E-65 Pungue Sul
 - E-72 Nhazónia
 - E-76 Lomaco
 - E-651 Gorongosa

A selecção final das estações será actualizada durante o processo de calibração do modelo, com base no qualidade das calibrações, e tendo em conta os requisitos de assimilação de dados para a previsão.

3.2.8.15 DADOS DE ELEVAÇÃO DIGITAL

Vários modelos de terreno digital aberto tornaram-se disponíveis nos últimos anos. Os modelos considerados para a implementação deste projecto são os a seguir:

1. Missão de Topografia de Radar de Vaivém Espacial (SRTM). Em finais de 2014, o governo dos Estados Unidos divulgou ao público a SRTM DEM de maior resolução. Este modelo de elevação digital global de 1-arco segundo tem uma resolução espacial de cerca de 30 metros. Além disso, cobre a maior parte do mundo com uma precisão vertical absoluta de altura inferior a 16m. Embora isto possa ser adequado para rios fortemente incisos, a (in)precisão vertical pode levar a grandes erros nas extensões de inundação em planícies aluviais e áreas planas.
2. Modelo de Elevação Digital Global ASTER. O conjunto de dados foi desenvolvido conjuntamente pela NASA e pelo Japão. O ASTER GDEM tem uma resolução global de 90 metros com uma resolução de 30 metros nos Estados Unidos. Apesar da sua alta resolução e cobertura (80% da Terra), foram observados problemas com os seus artefactos, muitas vezes em áreas nubladas.
3. JAXA's Global ALOS 3D World. ALOS World 3D é um modelo de superfície digital com 30 metros de resolução capturado pela Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA). Recentemente, este DSM foi colocado à disposição do público. O conjunto de dados é agora o mais preciso dos dados de elevação à escala global. Utiliza o satélite avançado de observação terrestre "DAICHI" (ALOS) baseado no mapeamento estéreo da PRISM.

De acordo com o estudo de viabilidade GEF BUPUSA (WR Nyabeze, 2022), foi feito um levantamento por drone da bacia hidrográfica do rio Buzi com INGD e foi mapeada uma grande área de 850kmx 850km.

A adequação destes dados para utilização é questionável. As nossas informações é que os inquéritos foram feitos antes do ciclone Idai, mas isto ainda tem de ser confirmado. Recomenda-se que o conjunto de dados JAXA Global ALOS seja utilizado como uma fonte primária de dados topográficos.

3.2.8.16 PRINCIPAIS INFRA-ESTRUTURAS HÍDRICAS AO LONGO DAS BACIAS

Moçambique

Bacia do Buzi

As principais barragens na bacia do rio Buzi são poucas e limitadas. As duas barragens hidroelétricas, a barragem de Chicamba (2.020 Mm³) e a barragem de Mavuzi (1,8 Mm³) (SWECO, 2011). Ambas encontradas no rio Revue em Moçambique. A barragem de Chicamba é a maior das duas, mas Mavuzi tem uma maior capacidade para gerar energia. As características mais relevantes destas barragens estão resumidas no quadro abaixo.

Barragem	Características da Barragem	Localização		
Barragem de Chicamba	Capacidade da Barragem NPA	2.020M Mm ³	-19.1534	33.1443
	Área da Superfície	120 Km ²		
	NPA	625 m.a.s.l		
	Cumprimento	52 m		
	Número de Turbinas	2		
	Capacidade Total de energia gerada	48MW		
Barragem de Mavuzi	Capacidade da Barragem NPL	1.8 Mm ³	20.1366666	33.49308
	Área da Superfície	26 Km ²		
	NPA	345 m.a.s.l		
	Cumprimento	160 m		
	Número de Turbinas	5		
	Capacidade Total de energia gerada	50MW		

Bacia de Púngué

A infra-estrutura actual inclui apenas a barragem de Muda, no rio Muda, na parte inferior da bacia do Púngué (Consultec, 2013). As características mais relevantes desta barragem estão resumidas na tabela abaixo.

Variáveis	Unidade	Barragem de Muda
Nível mínimo de operação	m	90.4
Nível normal de pleno funcionamento	m	107.5
Capacidade	hm ³	53.1
Capacidade Total	hm ³	55.7
Altura Total	m	28.0
Volume morto	Hm ³	2.9
Capacidade de descarga	m ³ /s	832.0
Latitude	Graus	19°23'8.81"s
Longitude	Graus	34°1'39.54"E

Fonte: Consultec (2013)

Bacia do Save

Todas as principais barragens desta bacia hidrográfica estão localizadas no Zimbabué. De acordo com o Zimbabué Water Act (1998), as barragens no Zimbabué são classificadas como pequenas se armazenarem menos de 1 Mm³ de água ou se a altura estiver entre 8 e 15m. As grandes barragens armazenam mais de 1 Mm³ ou têm um altura acima dos 15 metros. Isto sugere que a maioria das barragens no país são demasiado pequenas para serem classificadas, pelo que não estão a ser contabilizados na base de dados nacional.

. As grandes barragens na bacia BUBUSA têm uma capacidade combinada de 4951 Mm³.

3.2.9 COMUNICAÇÃO DE PREVISÕES E AVISOS

Para o alerta precoce de catástrofes, a melhor prática é a de utilizar dois ou três mecanismos diferentes para alcançar uma audiência tão vasta quanto possível, e fazer corresponder os mecanismos de disseminação com os grupos alvo. Uma outra consideração para o BUPUSA FFEWS é que a disseminação precisa de reforçar e complementar os protocolos de disseminação que são seguidos por agências de gestão de catástrofes nos estados parceiros, e não para introduzir novas agências, possivelmente conflituosas para as vias de disseminação.

A disseminação às comunidades em risco deve permanecer com as agências de gestão de catástrofes e utilizando mecanismos que foram experimentados e testados em situações de catástrofe. Em Moçambique as discussões com o INGD mostram que estas iniciativas estão em curso e uma vez que o sistema tenha sido configurado, espera-se que os FFEWS comuniquem informações directamente ao novo sistema. A DNGRH deve certificar-se de que durante a implementação do sistema nacional pelo INGD os protocolos de comunicação entre o futuro sistema nacional e o FFEWS para BUPUSA são desenvolvidos e implementados.

Recomenda-se que os alertas sejam categorizados de acordo com os Protocolo de gestão de catástrofes em Moçambique:

1. **Alerta amarelo** - activado quando se espera que ocorra um evento capaz de causar danos humanos, danos ambientais ou materiais;
2. **Alerta laranja** - activado quando há uma ocorrência iminente de um fenómeno capaz de causar danos humanos, ambientais e materiais, mas com a possibilidade de inversão;
3. **Alerta vermelho** - quando o evento é irreversível, e é esperado que seja humano, material e danos ambientais de grande magnitude.

Tabela 8_Meanismos de Dessiminação de Mensagens

Mecanismos de Dessiminação	Público Alvo	Observações
Serviço de mensagem	Publico alvo são agencias com responsabilidade na gestão dos disastres	Sms não precisa de conexão a internet nem o uso de smartphone
Email	Publico alvo são agencias com responsabilidade na gestão dos disastres	Para fornecer redundância, SMS bem como mensagens de correio electrónico deve ser enviado para o centro pessoas. O e-mail deve contém um link clicável (URL) para um website (ver abaixo).
Website	Publico alvo são as agencias com responsabilidade na gestão dos disastres e o público em geral	O site irá conter informação de previsão detalhada que não sera possivel mostrar na sms ou no email

Estes níveis de alerta estarão ligados a descargas e correspondentes níveis de água.

Delft-FEWS não suporta SMS e alertas por e-mail. Para a BUPUSA FFEWS, a Salomon Lda desenvolverá uma aplicação web para aceder aos dados pós-processados da Delft-FEWS e para divulgar alertas Isto será muito importante, especialmente para assegurar que os avisos sejam divulgados às mulheres, homens e outras populações vulneráveis utilizando plataformas/canais comum e de fácil acesso.

4 CONCLUSÃO

4.1 CONCLUSÕES RELATIVAS ÀS ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS PELO ESTAGIÁRIO

As comunidades estão e são expostas a vulneráveis riscos resultantes de várias ameaças. É importante que os próprios membros da comunidade estejam cientes desses riscos e vulnerabilidades.

Uma das formas de desenvolver essa tomada de consciência e entendimento no seio da comunidade é mediante a avaliação do risco e através de exercícios do risco para ajudar a definir prioridades em termos das ameaças que devem merecer a atenção do sistema de alerta prévio e orientar as actividades de preparação para a resposta, bem como a prevenção do desastre.

Ao mesmo tempo devem ser envidados esforços para apoiar a evolução dos mecanismos de monitoramento e alerta tradicionais e garantir a sua adaptação aos contextos e ameaças em constante evolução.

Quando as comunidades locais usam tecnologia acessível para fazer o rastreio de algumas ameaças, tais como o nível do rio, os medidores dos índices da precipitação, elas podem monitorar as ameaças e recorrerem a etapas simples previamente acordadas para iniciar os alertas. Estes podem até servir para alimentar sistemas de monitoramento de maior envergadura.

O alerta/aviso tem de chegar as comunidades/populações que estão em risco. São essenciais mensagens claras que contenham informações simples e úteis de modo a permitir respostas adequadas e atempada, que ajudarão a salvaguardar vidas e meios de subsistência.

O objectivo principal deste projecto é a criação de um sistema de aviso-prévio de cheias para três bacias e até o momento é que estão criadas todas as condições para se poder criar este modelo. Todas as interfaces, dados de entrada, fontes de dados e organização dos mesmos já foram recolhidos, discutidos e aceites pelo cliente.

Até o momento do fim do estágio profissional, o consultor já havia submetido o relatório de implementação dos modelos, uma vez que ainda não foi apresentado, discutido e aceite pelo cliente, não poderia apresentar os resultados preliminares do projecto.

Existem alguns problemas inerentes ao processo de determinação do HU com base em dados históricos, os quais são relacionados a seguir:

- Erros de observação nos dados de vazão (Q), os quais podem ser gerados pela manipulação errada do molinete (instrumento de medição, usado na determinação das vazões). Curvas-chave com problemas. Outros erros podem ser gerados pela leitura errada nos limnígrafos;
- Erros na obtenção de P, os quais são obtidos das leituras dos pluviógrafos. Pelo método de Thiessen são obtidas as precipitações médias na bacia hidrográfica. A natureza não segue perfeitamente o modelo do hidrograma unitário (HU);
- Importante observar que os erros gerados na primeira equação são propagados para a Segunda equação e assim por diante, este processo pode resultar em $q < 0$.

4.2 CONCLUSÕES RELATIVAS AO ESTÁGIO PROFISSIONAL

O presente relatório é um sumário das actividades desenvolvidas ao longo do período de estágio, e pode ser visto ao longo do mesmo, que o estagiário esteve envolvido num ambiente de trabalho com bastante rigor, e, portanto, houve a necessidade da sua integração na equipa de trabalho com muita disciplina e responsabilidade.

Estagiar na Empresa Salomon Lda, foi uma experiência de importância vital para o crescimento do estudante, permitindo que o mesmo trabalhasse com profissionais de elevada experiência na área de recursos hídricos. Portanto a experiência por ele

adquirida durante este período, será extremamente importante para o desempenho das suas funções como futuro Engenheiro Civil.

Pode se dizer ainda que o estágio efectuado na Empresa Salomon Lda, permitiu atingir os objectivos do estágio profissional não só promovendo o seu primeiro contacto com a actividade profissional em Engenharia Civil, como também dotando de alguma experiência que lhe será bastante útil futuramente.

4.3 RECOMENDAÇÕES

A avaliação das necessidades de dados do FFEWS e da disponibilidade de dados levou às seguintes recomendações:

1. Curvas de vazao. As curvas de vazao são necessárias nos cursos de água onde a modelação hidráulica será realizada para prever as extensões de inundação. As curvas serão usadas para calibrar as asperezas hidráulicas (valores n de Manning) nos modelos HEC RAS. Existem 29 estações de medição de caudal no Zimbabué com curvas de vazao, e 35 estações com curvas de vazao em Moçambique. A precisão das curvas individuais não é conhecida, mas o nosso entendimento é que muitas curvas estão desactualizadas devido a alterações nas secções transversais dos rios resultantes de inundações, erosão e deposição de sedimentos. A ARA Centro está actualmente a actualizar as curvas de vazao na bacia do Púngué. O desenvolvimento de curvas de vazao fiáveis é um processo contínuo que requer a realização de medições de descarga através de uma vasta gama de condições de escoamento, abrangendo muitas estações secas e de cheias. Vamos seguir uma abordagem pragmática para o desenvolvimento do BUPUSA FFEWS:

- Estabeleceremos a qualidade e validade de curvas de vazao individuais com base no aconselhamento de hidrólogos nas ARAs e na ZINWA, e avaliando a gama de medições de descarga e as datas das medições para seleccionar curvas de vazao de qualidade aceitável

- Onde as curvas de vazao são pobres, e onde a modelação hidráulica é necessária:

O nó no rio chega onde existem dados topográficos de boa qualidade (LiDAR / Drone surveys), iremos desenvolver curvas de vazao modeladas com os modelos hidráulicos.

Quando não estiverem disponíveis bons dados topográficos, consideraremos levantamentos de secção transversal para estabelecer curvas de vazao modeladas.

2. Dados históricos e previsão de precipitação.

- Recomendamos que os conjuntos de dados GPM sejam utilizados para estimativas de dados "agora" para definir as condições de início das previsões, e para a calibração dos modelos hidrológicos durante todo o período de registos de dados GPM (2014-presente). Os dados GPM são gratuitos, têm uma baixa latência e uma resolução adequada (0,1o).
- Utilizaremos as previsões de precipitação GFS para as FFEWS. Os dados são gratuitos, são amplamente utilizados pela comunidade científica e, o que é importante, têm um período de previsão de 14 dias, relativamente mais longo do que outros produtos. Se for possível obter dados ECMWF do INAM sem custos, consideraremos isto, mas os dados GFS têm a vantagem de acesso directo e rápido a partir de servidores globais.
- A maioria das previsões pontuais de precipitação disponíveis livremente são derivadas de dados de satélite em grelha. Os dados de pontos Yr são derivados de dados ECMWF fora da Noruega. Não é um dado adquirido que a fusão de dados de Yr point irá melhorar o enviesamento dos dados GFS em grelha. Utilizaremos a estação de chuva 2022/23 para comparar dados Yr e GFS em estações de chuva autografadas em funcionamento.

3. Dados topográficos. Utilizaremos os dados de levantamento de drones ou LiDAR, quando disponíveis. Quando este tipo de dados de alta resolução não estiver disponível, recomendamos a utilização de dados de ALOS 3D World.

4. Modelação das regras de funcionamento de barragens. As grandes barragens podem fornecer armazenamento de cheias se os níveis de água forem arrastados para baixo antes de uma inundação. Para o desenvolvimento do BUPUSA FFEWS, será seguida uma abordagem conservadora, não simulando o funcionamento das barragens para regular as águas das cheias.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

João Reis Hipólito e Álvaro Carmo Vaz (2011), Hidrologia e Recursos Hídricos.

Brakenridge, G. (2010). Arquivo global activo de grandes inundações. Inundação de DartmouthObservatório. Universidade do Colorado. Obtido em:

<http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html>

BUPUSA GEF (2021). Uma Avaliação da Rede Hidrométrica e Recomendações para Actualização na Bacia do Rio Bupusa, Gestão de Usos de Água Competentes e Associados Ecossistemas em Buzi, Púngoé e Save Basins.

Organização Internacional para as Migrações (OIM) (2021). Matriz de Rastreo de Deslocações (DTM) DTM Mozambique Site Assessment Round 21 realizado entre 14 de Setembro e 1 Outubro 2021. <https://data.humdata.org/dataset/mozambique-displacement-data-siteassessment-idai-iom-dtm>

Acessado a 17 de Novembro de 2022.

Organização Internacional para as Migrações (OIM) (2021). Matriz de Localização de Deslocações (DTM) Linha de base do Zimbabué (Ronda 7) realizada entre 26 de Abril e 13 de Maio de 2021. <https://data.humdata.org/dataset/zimbabwe-idps-returnees-cyclone-idai-baselineassessment-iom-dtm>

Acessado a 17 de Novembro de 2022.

Midgley, S. J. E., R. A. G. Davies & S. Chesterman. (2011). Risco e vulnerabilidade climática cartografia na África Austral: status quo (2008) e futuro (2050). Relatório produzido para a Programa Regional para as Alterações Climáticas na África Austral (RCCP), Departamento do Reino Unido para Desenvolvimento Internacional (DFID). Cidade do Cabo, África do Sul: OneWorld Sustentável Investimentos SWECO (2004). Desenvolvimento da Bacia Hidrográfica Conjunta do Rio Púngoé Recursos Hídricos Integrados .Estratégia de Gestão - Relatório Monográfico e Anexos.

SWECO (2012). Desenvolvimento da Monografia da Bacia do Rio Buzi e Estratégia Conjunta de Gestão da GIRH - Relatório de Cenário de Desenvolvimento.

Thow, A., & M. de Blois. (2008). Alterações climáticas e vulnerabilidade humana: Mapeamento tendências emergentes e pontos quentes de risco para os actores humanitários. Bath, Reino Unido e Genebra, Suíça: Maplecroft, e CARE International.

Grupo do Banco Mundial (2019). Perfil de Risco de Catástrofe em Moçambique. África ACP-UE financiada pela UE.

Programa de Financiamento de Riscos de Catástrofes, gerido pelo Fundo Mundial para a Redução de Catástrofes e Recuperação

WR Nyabeze and Associates (2022). Estudo de Viabilidade para o Projecto BUPUSA Flood Sistema de Previsão e Alerta Precoce (FFEWS). Relatório preparado para o Global Water parceria (GWP) África Austral.

6 ANEXOS

Anexo A – Estações Hidrométricas de Buzi

A1 – Lista de Estações de Caudal

Estado: 1 – Operacional; 0 – Não operacional

Operacional; Negrito – Pertence ao sistema de

aviso prévio de Chuvas

Nr	Station ID	Nome da estação	Latitude	Longitude	Estado
1	E-84	Macuiana	-20.44694	32.85869	1
2	E-188	Estaquinha	-19.95875	34.19314	1
3	E244	Chibabava	-20.26833	33.67139	1
4	E-246	Dombe-Lucite	-19.97836	33.39253	1
5	E248	Matarara	-19.32911	33.83103	1
6	E-251	Mussapa			0
7	E-256	Barragem de Chicamba	-19.18528	33.15389	1
8	E-262	Rotanda/Messambuze	-19.49403	32.91042	1
9	E-263	Cupenha	-19.44911	33.29889	0
10	E-277	Vila de Manica	-18.93425	32.873	1
11	E281	Chitunga/Garvin	-18.84417	33.03778	1
12	E-415	Dopozi	-19.00647	33.15094	1
13	E-427	Chinhica	-20.59925	32.79311	1
14	E-456	Goonda	-19.9167	33.8667	1
15	E-652	Mossurize	-20.70639	32.785	1
16	E-681	Dombe-Mussapa	-19.98675	33.34817	1
17	E-699	Reuvé EN-1	-19.76478	33.84613	1
18	E-sn	Machire	-20.07639	33.25667	1
19	E-sn	Banguira	-21.0233	32.5849	1
20	E-sn	Zonue	-19.03639	32.88472	0
21	E-sn	Revue-Manica	-18.91333	32.93417	0
22	E sn	Messica-Revue	-18.93111	33.09611	0
23		Revue - dir sussundenga	-19.35033	33.30506	0
24	E s/n	Vila do Buzi	19 53 13,3	34 35 40,9	1
25	E s/n	Guara- Guara	19 53 39,1	34 28 38,6	1
26	E s/n	Grudja			1

Managed by
EDM

Lista de Curvas de Vazão

Nr	Station	Nome da estação	Medição de escoamento		Curva de Vazão (RC) = $a \cdot (h-c)^b$				
			Cobertura	Nr	a	b	c	Nr de curves	Ultima actualização
1	E-84	Macuiana	1960-1975	121	59.604	2.698	1.729	4	09-Oct-73
2	E-188	Estaquinha	1965-1994	139	10.811	2.664	-0.081	5	27-Aug-75
			2013-2015	5					
3	E244	Chibabava	1968-1977	158	17.535	1.64	1.885	6	27-Aug-75
4	E-246	Dombe-Lucite	1970-1977	82	32.044	1.675	0.459	1	15-Oct-70
5	E248	Matarara	1972-1979	57	43.747	2.587	2.948	2	07-Feb-74
6	E-251	Mussapa							
7	E-256	Barragem de Chicamba							
8	E-262	Rotanda/Messambuze	1970-1977	101	3.244	2.649	1.672	3	05-Mar-76
9	E-263	Cupenha	1953-1981	200	13.276	2.138	3.545	4	28-Feb-75
10	E-277	Vila de Manica	1953-1996	111	1.067	1.61	0.293	7	27-Apr-91
11	E281	Chitunga/Garvin	1996	7	1.118	2.8	1.596	1	04-Sep-96
12	E-415	Dopozi	1970-1991	170	0.122	2.8	1.876	10	10-May-88
13	E-427	Chinhica	1970-1976	87	5.027	2.8	1.604	1	29-Dec-70
14	E-456	Goonda	1973-1981	60	95.563	2.005	1.023	4	24-Feb-76
			2014	1					
15	E-652	Mossurize							
16	E-681	Dombe-Mussapa	2015	3					
17	E-699	Revué EN-1							
18	E-sn	Machire							

Nr	Station	Nome da estação	Medição de escoamento		Curvas de classificação(RC) = $a*(h-c)^b$				
			Cobertura	Nr	a	b	c	Nr de curves	
19	E-sn	Banguira							
20	E-sn	Zonue							
21	E-sn	Revue-Manica	2015	1					
22	E sn	Messica-Revue							
23		Revue - dir sussundenga							
24	E s/n	Vila do Buzi	2015	1					
25	E s/n	Guara- Guara							
26	E s/n	Grudja							

Lista de Estações de precipitação (Estado: 1 - Operacional ; 0 - inoperacional)

Nr	Station	Nome da estação	Latitude	Longitude	Estado
1	P-66	Chitunga/Garvin	-18.8283611	33.0270833	1
2	P73	Comp. Buzi	-19.8365278	34.0835	1
3	P-77	Estaquinha	-19.9588	34.1931	1
4	P-91	Garuso	-18.9762222	33.1723333	1
5	P-93	Vila Manica	-18.9377778	32.8761111	1
6	P-145	Penhalonga	-18.8592778	32.7575556	1
7	P212	Chiraurue	-20.4569444	32.6802778	0
8	P-284	Machaze	-20.8319444	33.3730556	1
9	P-336	Macuiana	-20.4511	32.8636	1
10	P-359	Chibabava	-20.2683333	33.6713889	1
11	P-422	Dombe	-19.9759	33.3955	1
12	P-484	Rotanda	-19.5013611	32.9013056	1
13	P-487	Ampara	-20.3633611	34.5517778	1
14	P-785	Espungabera	-20.4511111	32.8636111	1
15	P-1274	Goonda	-19.9167	33.8667	1
16	P-1070	Revué Ponte EN-1	-19.7653	33.8436	1
17	P-1088	Buzi	-19.8791389	34.0984167	1
18	P-351	Mavita/Moa	-19.5197222	33.1512778	1
19	P-356	Bandua	-19.9658056	34.4161944	1
20	P358	Matarara	-19.9308333	33.6775	1
21	P-1065	Muxungue	-20.3908889	33.9380278	1
22	P-1067	Mangunde	-20.1955556	33.7053333	1
23	P-1087	Nova Sofala	-20.08725	34.7408333	1
24	P-1090	Chaiva	-20.7032222	32.8003056	1
25	P-1096	Chissunguana	-20.2038889	34.1569444	1
26	P-1109	Bagonhe	-20.1272222	33.1213889	1
27	P-1110	Dacata/Goi-Goi	-20.3044444	32.9877778	1
28	P-1163	Matongue	-20.1452222	34.0691667	1
29	P-1163	Vanduzi	-18.9528056	33.2637222	1
30	P-sn	Dopozi	-19.0064722	33.1509444	1

N	ID	Nome da estação	Latitude	Longitude	Estado
31	P-sn	Macate	-19.4049722	33.51825	0
32	P-sn	Machire	-20.0702778	33.2638889	1
33	P-sn	Buene			1
34	P-sn	Darue			1
35	P-sn	Gruja			1

ARA-Centro: ESTAÇÕES DE PRECIPITAÇÕES

ARA-Centro: ES1

#	Nr da estação	Nome	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	66	Chitunga/Garv				f			f							f	f	f		f							f	f	f	f	f	f			
2	73	Comp. Buzi								f								f	f	f															
3	77	Estaquinha																																	
4	91	Garuso																			f														
5	93	Vila Manica												f	f	f	f	f	f	f	f														
6	145	Penhalonga			f				f							f	f	f	f	f	f														
7	212	Chiraurue																f	f	f	f														
8	284	Machaze						f						f	f		f	f	f	f	f	f													
9	336	Macuiana																																	
10	351	Mavita/Moa																																	
11	356	Bandua																																	
12	358	Matarara																																	
13	359	Chibabava	f		f			f							f	f	f	f	f	f		f													
14	422	Dombe									f			f	f	f	f			f	f		f	f											
15	484	Rotanda																f		f	f														
16	487	Ampara																																	
17	785	Espungabera						f			f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f													
18	1065	Muxunque														f	f	f		f	f														
19	1067	Mangunde													f	f	f			f	f														
20	1070	Revué Ponte																																	
21	1087	Nova Sofala																																	
22	1088	Buzi	f	f			f				f				f	f	f	f	f	f	f														
23	1090	Chaiva														f	f	f			f														
24	1096	Chissunquana																																	
25	1109	Bagonhe																		f															
26	1110	Dacata/Goi-									f			f	f	f	f	f	f	f	f	f													
27	1163	Matonque																																	
28	1163	Vanduzi																																	
29	1274	Goonda									f	f	f	f	f	f	f	f			f	f		f											
30	S/N	Dopozi																																	
31	S/N	Macate													f	f																			
32	S/N	Machire																				f													
33	S/N	Buene																				f													
34	S/N	Darue																				f													
35	S/N	Gruja																				f													

Anexo B– Estações Hidrometricas da bacia de Púngoé

B1 – Lista de estações de caudal

Estados: 1 – Operacional ; 0 – Não operacional; Negrito _ Percente ao

sistema de aviso prévio de cheias

Nr	Station ID	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Estação
1	E-42	Nhandare	-18.7000	33.0500	1
2	E-64	Púngue Fronteira	-18.3484	33.0695	1
3	E-65	Púngue Sul	-18.5547	33.2769	1
4	E-66	Bue Maria	-19.0252	34.1800	0
5	E-67	Mafambisse	-19.4494	34.5375	1
6	E-68	Catandica	-18.0665	33.0559	0
7	E-69	Catandica (Captação)	-18.0473	33.1749	1
8	E-70	Nhacangale	-18.1976	33.2247	1
9	E-71	Messambize	-18.3079	33.1373	1
10	E-72	Nhazónia	-18.4397	33.3547	1
11	E-73	Mavonde	-18.5219	33.0523	1
12	E-74	Metuchira N6	-19.1868	33.8754	1
13	E-75	Metuchira N1	-19.1338	34.0340	0
14	E-76	Lomaco	-19.1703	34.2086	1
15	E78	Muda Serração	-19.3292	33.8313	1
16	E79	Lamego	-19.3361	34.3194	1
17	E-80	Vanduzi	-18.6091	33.9593	1
18	E-82	Mucombezi	-18.6755	33.3201	1
19	E-83	Mavuzi (Pungue Sul)	-18.5681	33.3056	1
20	E-392	Mavuzi (Estrada Mavonde)	-18.6972	33.0568	0
21	E-414	Nhandungue/EN1	-18.2224	34.0775	1
22	E-483	Nhazónia	-17.949	33.2022	1
23	E-651	Gorongosa	-18.9859	34.0851	1
24	E-677	Nhandungue	-18.4514	34.3132	0
25	E-678	Nhancuarara	-18.5668	33.00221	1
26	E-679	Companhia de Vanduzi	-18.8413	33.2805	1
27	E-680	Vunduzi	-18.48207	34.21273	1
28	E-sn	Massimino	-18.1204	33.3006	1

Lista de curva de vazão

Nr	Station	Nome da estação	Medição de Caudal		Cvas de Vazão (RC) = $a*(h-c)^b$				
			Cobertura	Nr	a	b	c	Nr de curves	Ultima actualização
1	E-42	Nhandare	1969-1978	63	8.053	2.8	1.512	1	26-Aug-69
2	E-64	Pungue Fronteira	1956-1973	248	35.551	1.667	1.883	2	10/10/1962
			2013-2015	7	34.612	0.792	1.161	1	2022
3	E-65	Pungue Sul	1953-2011	669	26.749	2.131	2.541	4	03-Mar-04
			2013-2015	11	29.961	0.135	0.270	1	2022
4	E-66	Bue Maria	1953-2003	624	9.061	1.3	1.993	14	14-Nov-01
5	E-67	Mafambisse	1955-2011	221	3.221	1.3	1.486	14	05-Jun-92
6	E-68	Catandica							
7	E-69	Catandica (Captação)	1957-1980	425	2.088	1.643	1.111	13	17-Aug-78
8	E-70	Nhacangale	1956-2006	489	6.318	1.3	2.042	15	04-Mar-04
9	E-71	Messambize	1956-2011	364	5.237	1.586	1.293	3	13-Nov-74
10	E-72	Nhazónia	1956-2011	345	9.894	1.482	1.433	9	23-Apr-80
			2004-2014	22	3.573	1.006	2.113	1	2022
11	E-73	Mavonde	1956-1976	318	4.947	2.8	1.505	7	17-Jul-75
12	E-74	Metuchira N6	1956-2011	535	1.039	1.3	1.717	14	19-Oct-89
13	E-75	Metuchira N1	1958-2011	178	1.96	2.017	1.43	5	02-Sep-66
14	E-76	Lomaco	1958-2002	400	5.64	2.189	0.455	19	13-Aug-91
15	E78	Muda Serração	1958-1965	92	2.978	2.182	1.581	3	13-Jan-62
16	E79	Lamego	1963-1973	88	9.346	2.653	1.793	2	25-Apr-67
17	E-80	Vanduzi	1958-1980	143	8.947	2.8	1.472	2	28-Dec-72
18	E-82	Mucombezi	1958-2011	340	4.09	2.8	1.373	5	21-Mar-72
19	E-83	Mavuzi (Pungue Sul)	1956-1982	470	27.858	1.636	1.727	7	16-Jun-81
20	E-392	Mavuzi (Estrada Mavonde)	1963-1976	255	15.475	2.8	2.047	6	22-Dec-69
21	E-414	Nhandungue/EN1							
22	E-483	Nhazónia	1972-1982	107	5.087	1.3	2.551	4	29-Nov-78
23	E-651	Gorongosa	2002-2010	21	96.624	1.3	1.313	2	17-Sep-04
			2004-2010	22	4.064	0.036	2.683	1	2022
24	E-677	Nhandungue							
25	E-678	Nhancuarara							
26	E-679	Companhia de Vanduzi							
27	E-680	Vunduzi							
28	E-sn	Massimino							

Lista de Estações de Precipitação (Estado: 1- operacional ; 0- Não operacional)

Nr	Station ID	Nome da estação	Latitude	Longitude	1
1	P-90	Nhamatanda	-19.2667	34.1975	1
2	P-96	Dondo	-19.617501	34.74158	1
3	P-99	Siluvo	-19.2440	34.0254	1
4	P-103	Cafumpe	-19.1011	33.5716	1
5	P-104	Inchope	-19.2075	33.8317	1
6	P105	Lamego Norte	-19.327	34.32666	1
7	P-106	Gondola	-19.0863	33.653	1
8	P-211	Chimoio	-19.13043	33.5021	1
9	P-368	Murrombozi	-18.5264	34.0178	1
10	P-372	Mavonde (Sede)	-18.6244	33.0379	1
11	P-373	Chitengo	-18.9784	33.353	1
12	P-375	Púngue Sul	-18.5561	33.2806	1
13	P-378	Púngue Fronteira	-18.3474	33.0687	1
14	P-478	Piro	-18.3581	34.3896	1
15	P-484	Savane	-19.38789	34.70765	1
16	P-498	Nhazónia	-17.95700	33.20063	1
17	P-502	Macossa	-17.9008	34.9361	1
18	P-521	Maringue	-17.9670	34.3839	1
19	P-536	Chuala/Honde	-18.32556	33.20204	1
20	P-569	Nhampassa	-17.79645	33.21886	1
21	P-614	Zimpinga	-19.11433	33.8302	1
22	P-685	Serra Choa	-17.9928	33.0151	1
23	P-687	Tica	-19.40265	34.4329	1
24	P-718	Companhia de Vanduzi	-18.8395	33.2828	1
25	P-728	Muda Serração	-19.3318	33.8239	1
26	P-812	Gorongosa	-18.6872	34.0706	1
27	P-862	Catandica	-18.0591	33.1708	1
28	P-963	Muanza	-18.9077	34.7882	1
29	P-1068	Muera	-18.2517	34.052	1
30	P-1269	Macuti	-19.8447	34.895	1
31	P-1272	Metuchira	-19.8447	34.8950	1
32	P-1313	Gorongosa	-18.9859	34.0850	1
33	P-1370	Amatongas	-19.10264	33.81097	1
34	P-1371	Bue Maria	-19.0166	34.1833	0
35	P-1373	Nhamagua	-17.8423	33.4566	1
36	P-1377	Messambize	-18.307	33.1369	1
37	P-1378	Mucombezi	-18.66593	33.31687	1
38	P-1379	Deca	-18.5881	33.1354	0
39	P-1380	Nhacangale	-18.1976	33.2247	1
40	P-1415	Mafambisse	-19.4494	34.5375	1
41	P-1416	Ponta Gea	-19.8411	34.8456	1
42	P-1417	Inhamizua	-19.7271	34.7957	1
43	P-sn	Mavonde (EPC Nhandanga)	-18.51748	33.05043	0
44	P-sn	Cagole	-18.1171	33.3547	1
45	P-sn	Nhangau	-19.7158	35.0106	1
46	P-sn	Barragem de Muda	-19.3881	34.0264	1

ARA-Centro: Estações Hidrometri

#	Nr da estação	Nome	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022			
1	42	Nhandare em Vila Paiva de Andrad																				f	f	f	f			f		f	f				f	f			
2	64	Púngoè em Fronteira																										f	f										
3	65	Punque em E.N.102					f	f	f	f	f		f	f	f	f	f			f						f		f	f	f	f								
4	66	Punque em Bue Maria					f	f	f	f		f																			f								
5	67	Púngoè em Mafambisse EN6		f	f	f	f	f	f	f	f	f		f	f		f	f	f	f				f	f	f													
6	68	Catandica																																					
7	69	Turanhanga em E.N.102 V. Gouveia																				f	f	f	f			f											
8	70	Nhacangara em E.N. 102																									f	f	f										
9	71	Messa. em Antiga Est. de Tete																				f		f	f		f	f											
10	72	Nhazónia em J.E. da Costa										f	f	f	f		f	f	f	f				f	f	f						f	f	f	f				
11	73	Honde em Mavonde																				f	f	f	f	f	f	f											
12	74	Metuchira em E.N.6				f	f	f	f	f		f	f	f	f		f	f	f	f	f				f	f	f	f											
13	75	Metuchira em Serracao																							f														
14	76	Metuchira em E.N.218 Bue Maria	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f		f	f	f	f	f	f						f	f										f	
15	78	Muda em Antiga Serração																					f	f	f	f	f	f	f				f						
16	79	Muda em Lamego	f	f		f			f	f													f	f				f					f						
17	80	Vanduzi em V.Paiva Andrade																					f	f	f	f	f												
18	82	Mucombeze em E.N.102																										f											
19	83	Mavuzi em Confluência																																					
20	392	Mavuzi em Estrada de Mavonde																							f	f	f	f											
21	414	Nhanduque em Massara																					f	f	f	f													
22	483	Nhazonia em E.N.102																																					
23	651	Púngoè em EN1 Ponte Gorongosa															f		f		f	f	f	f				f						f		f			
24	677	Nhandungue																																					
25	678	Nhancuarara																										f											
26	679	Companhia de Vanduzi																										f											
27	680	Vanduzi																						f				f											
28	E-s/n	Massimino																																					

n dados completos

Anexo-C Estação Hidrometrica da Bacia do Rio Save

Lista de estação de Caudal

Estado : 1 – Operacional; 0 – Não operacional **Negrito** _pertence ao sistema de aviso previsto de cheias

Nr	Estação	Nome da Estação	Latitude	Longitude	estação
1	E-47	Vila Franca	-21.14167	34.53333	1
2	E-48	Jofane	-21.31361	34.30444	1
3	E-86	Massangena	-21.55	32.95	1
4	E-573	Nova Mambone	-20.98758	35.01119	1

Lista de Curvas de Vazão

	Estação ID		Medição de caudal		Curvas de Vazão (RC) = $a*(h-c)^b$				
			Cobertura	Nr	a	b	c	Nr of curves	Last update
1	E-47	Vila Franca	1960/2019	342					
2	E-48	Jofane							
3	E-86	Massangena	1959/1974	15	2.508	1.3	-0.743	1	27-Oct-59
4	E-573	Nova Mambone							

Lista de estação de precipitação (Estado: 1 – Operacional ; 0 –Não operacional)

	estação	Nome da estação	Latitude	Longitude	estado
1	P-110	Massangena	-21.577167	32.952722	1
2	P-338	Jofane	-21.316667	34.3	1
3	P-1112	Vila Franca do Save	-21.158333	34.566667	1
4	P-1167	Milindile	-21.468056	33.433333	1

ARA-Sul: Estações de Precipitação

#	Nr da estação	Nome	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	
1	P110	Massangena		f						f				f			f	f	f																					
2	P338	Jofane								f																				f		f	f	f						
3	P1112	Vila Franca do Save																																f		f				
4	P1167	Madindire																								f	f					f	f							

f Ano com dados em a

ARA-Sul: Estações de Pre

#	Nr da estação	Nome	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022			
1	P110	Massangena																			f	f	f	f			f				f											
2	P338	Jofane														f	f		f				f		f			f	f		f	f		f	f							
3	P1112	Vila Franca do Save														f			f	f		f	f	f	f					f												
4	P1167	Madindire																						f	f			f	f													

■ Ano com dados completos

