

RESPONDENDO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM MOÇAMBIQUE



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL
INSTITUTO NACIONAL DE GESTÃO DE CALAMIDADES



Instituto Nacional de
Gestão de Calamidades

Compreendendo os Impactos Socioeconómicos das
Mudanças Climáticas e o Desenvolvimento de uma
Estratégia de Resistência às Alterações Climáticas na
bacia do rio Limpopo, Moçambique

Relatório de Resultados 1
Impactos físicos e socioeconómicos das mudanças
climáticas na Bacia do rio Limpopo

Outubro 2012

ESTUDO DE CASO

Climate Risk Management, Kulima,
Climatus, C4 EcoSolutions, CSIR
Instituto Nacional de Gestão de
Calamidades

Financiado pelo:



Implementado por:

Climate Risk Management, Kulima, Climatus, C4 EcoSolutions, CSIR
Instituto Nacional de Gestão de Calamidades



Director do Projecto: Joao Tiago MM Ribeiro
Coordenadora do Projecto: Barbara van Logchem
Coordenador Científico: Antonio J Queface
Tradução: Gil Lauricaino

Relatório a ser referenciada como:

Climate Risk Management, Kulima, Climatus, C4 EcoSolutions, CSIR, Instituto Nacional de Gestão de Calamidades. 2012. Compreendendo os impactos socioeconómicos das mudanças climáticas e o desenvolvimento de uma estratégia de resistência às alterações climáticas na bacia do rio Limpopo, Moçambique. Relatório dos Resultados 1. Impactos físicos e socioeconómicos das mudanças climáticas na bacia do rio Limpopo. Maputo: INGC.

Report layout:



Contact details: magdelvdm@gmail.com

SUMÁRIO EXECUTIVO

Como parte da fase 2 do programa do Instituto Nacional de Gestão de Calamidades (INGC) sobre as mudanças climáticas, o projecto “Compreendendo os Impactos Socioeconómicos das Mudanças Climáticas e Desenvolvimento de uma Estratégia de Resistência às Mudanças Climática na Bacia do rio Limpopo” está a levar a cabo uma avaliação de: i) potenciais impactos das mudanças climáticas na bacia do rio Limpopo em Moçambique (províncias de Gaza e Inhambane); ii) vulnerabilidade das comunidades aos impactos das mudanças climáticas dentro da bacia; iii) opções de adaptação requeridas para construir uma resistência da comunidade e reduzir o risco de desastre; iv) a estratégia de resistência às mudanças climáticas para o Limpopo. Os distritos localizados na bacia são muitas vezes expostos às cheias (o que exacerba a vulnerabilidade na medida em que as actividades de subsistência estão situadas nas baixas férteis) e secas (o que contribui para a escassez de água e a perda de culturas).

Este relatório representa as deliberações chave do resultado 1 do projecto. Ex: Melhor compreensão dos impactos físicos e socioeconómicos das mudanças climáticas na bacia do rio Limpopo. As principais actividades envolvidas na recolha de Informação contida neste relatório foram:

- Gerar projecções climáticas reduzidas para a bacia e modelar os impactos sobre os recursos hídricos e

produtividade das culturas sob três diferentes cenários de mudanças climáticas;

- Levar a cabo uma análise da informação disponível sobre a vulnerabilidade socioeconómica e social para compreender os impactos sobre sectores económicos chave, e colectar informação relevante para desenvolver um índice de vulnerabilidade social.

As projecções climáticas reduzidas, produzidas para este projecto, são as mais extensivas jamais produzidas para a África Austral. A variedade de cenários reduzidos que foram usados na fase 1 do INGC foi expandida para incluir um conjunto extra que foi criado usando uma configuração diferente do modelo de redução, o que resultou em climas geralmente mais secos do que a configuração usada anteriormente. Usando ambos, os sete Modelos de Circulação Global (MCGs) reduzidos a partir da redução da escala mais húmida e os sete MCGs reduzidos a partir da redução da escala mais seca trazem um conjunto total das futuras projecções climáticas usadas para os modelos de impacto para 14. Ex: duas reduções estatísticas (uma das quais é uma série temporal da pluviosidade diária, temperaturas mínima e máxima para os períodos de 1960-2000 e 2046-2065) para cada um dos MCGs usados. Esta informação foi depois usada para produzir um período futuro de 840 anos (14 reduções de um período de controlo

de 40 anos e 20 anos de um período futuro) de mapas diários (em 0.1 cobrindo a bacia), que foram depois integrados em modelos agrícolas e hidrológicos. A análise foi repetida para climas futuros, tanto húmido (1), como seco (2) e combinados (3) cenários de mudanças climáticas futuras com o objectivo de reflectir as incertezas em como a redução é construída. A informação apresentada neste relatório está baseada num cenário combinado (3) usando 14 modelos reduzidos (sete modelos húmidos e sete secos) no cálculo da média, percentagem e probabilidades de mudança. Os resultados foram modelados para todas as 355 sub-bacias da bacia do rio Limpopo. Destes, 49 ocorrem em todo ou em partes de Moçambique.. Do you also have analysis and findings for the other 355 subbasins?

O Modelo de Vazões Geoespacial (GeoSFM) (Geospatial Streamflow Model) foi usado para estimular a geração do escoamento da queda das chuvas, transferências das águas escoadas da terra para os rios e o fluxo de água através de uma rede de rios para a bacia de saída. As simulações dos fluxos diários foram feitas usando 40 anos de historial da queda das chuvas gerado pelo MCG e 20 anos de quedas das chuvas futuras previstas pelos sete modelos climáticos.

Os principais resultados do modelo foram os fluxos diários a partir dos quais uma media dos fluxos anuais assim como a magnitude e frequência das cheias em cada sub-bacia foram computados.

No caso da modelação agrícola, foi usado o modelo do Índice de Satisfação de água Requerido (Water Requirement Satisfaction Index (WRSI) para estimar o impacto das mudanças climáticas no desempenho das culturas. O montante

de água necessário por uma cultura para cada período durante o período de crescimento é estimado como uma função do tipo de cultura, o estágio do crescimento da cultura e as condições climáticas locais. Milho de 90 dias foi usado como cultura indicadora e foram simulados dois períodos de plantio – Outubro a Dezembro e Janeiro a Março. O modelo produz duas medidas do desempenho das culturas: i) fim da época WRSI (um indicador de quão bem as necessidades de água da cultura foram satisfeitas e isso é geralmente relacionado com a safra ou desempenho da cultura); assim como ii) probabilidade anual de perda de cultura.

Os resultados de modelação do fluxo variam, com a maioria das sub-bacias a mostrarem mudanças limitadas em média do fluxo anual isn't this because it's averaging out too much? Theme 6 had this problem, a magnitude e frequência das cheias (uma mudança de-10% a 10%). Contudo, a tendência geral na modelação dos resultados das culturas é de uma redução do desempenho das culturas by how much? E um aumento da probabilidade de fracasso das culturas by how much? Na época de plantio de Outubro-Novembro-Dezembro. A tendência contrária é prevista para a época de plantio de Janeiro-Fevereiro-Março, EX: um aumento do desempenho das culturas e redução perdas de culturas. How does this compare to current trends?

Uma análise dos impactos das variações climáticas correntes e as projectadas mudanças climáticas em sectores importantes na bacia é apresentada com um enfoque para Moçambique. É descrito o perfil económico da bacia assim como os impactos económicos das mudanças climáticas nos sectores mais importantes. É igualmente apresentada a vulnerabilidade social assim como os

factores da vulnerabilidade no contexto da bacia do rio Limpopo. O próximo passo no projecto será o desenvolvimento de um índice de vulnerabilidade para a secção de Moçambique da bacia, usando indicadores apropriados. O resultado será usado para interpretar a vulnerabilidade social das comunidades numa resolução tão alta ao ponto que a informação o permitir. Isto será geograficamente intersectado com os resultados de modelação do fluxo e das culturas, usando projecções reduzidas

para sublinhar as áreas prioritárias e actividades económicas chave que precisam de resistência climática. Os resultados combinados serão usados para desenvolver um conjunto de intervenções de adaptação para as actividades socioeconómicas identificadas, vulnerabilidades e locais geográficos. Isto vai constituir a base de deliberações chave para o Resultado 2. Ex: identificação e acordo sobre as actividades prioritárias, iniciativas e áreas para resistência climática na secção de Moçambique da bacia do rio Limpopo.



CONTEÚDOS

1:	INTRODUÇÃO	8
2:	ANTECEDENTES E CONTEXTO	9
2.1	CONTEXTO GEOGRÁFICO	9
2.2	CONTEXTO SOCIOECONÓMICO	11
3:	PROJEÇÕES REDUZIDAS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS	14
4:	IMPACTOS DA MUDANÇA CLIMÁTICAS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS E PRODUÇÃO AGRÍCOLA NA BACIA DO RIO LIMPOPO	16
5:	IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS ECONOMIAS LOCAIS, ESTRATÉGIAS DE SOBREVIVÊNCIA E BEM-ESTAR HUMANO	31
5.1	IMPACTOS DA ACTUAL VARIABILIDADE CLIMÁTICA E DAS PROJECTADAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM IMPORTANTES SECTORES DA BACIA	31
5.2	CONSEQUÊNCIAS ECONÓMICAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM SECTORES CHAVE NA BACIA	36
5.2.1	<i>Perfil económico da bacia do rio Limpopo</i>	36
5.2.2	<i>Impactos económicos das mudanças climáticas na bacia</i>	38
5.2.3	<i>Impactos económicos das mudanças climáticas para os principais sectores na bacia</i>	40
5.2.4	<i>Sumário das consequências económicas das mudanças climáticas na bacia</i>	46
5.3	VULNERABILIDADE SOCIAL DAS COMUNIDADES LOCAIS NA BACIA	47
5.3.1	<i>Introduzindo vulnerabilidade social</i>	47
5.3.2	<i>Determinantes/componentes da vulnerabilidade social</i>	49
5.3.3	<i>Vulnerabilidade social na bacia de Limpopo</i>	51
5.3.4	<i>Quantificando a vulnerabilidade social</i>	53
5.3.5	<i>Fontes de informação para a avaliação da vulnerabilidade social da bacia do Limpopo</i>	54
6:	CAMINHO A SEGUIR	55

Figuras & Tabelas

Figura 1:	A Bacia em relação as fronteiras do país e as características físicas.	10
Figura 2:	Rede tectónica generalizada da África Austral.	10
Figura 3:	As formas de terra dominantes na Bacia.	11
Figura 4:	Mapa da paisagem de Gaza, Moçambique.	11
Figura 5:	Diagrama do fluxo de modelação hidrológica.	16
Figura 6:	Sub-bacias da bacia do rio Limpopo.	18
Figura 7:	Percentagem média da mudança no fluxo médio anual (Cenário 3).	19
Figura 8:	Probabilidade de mudança no fluxo média anual (cenário 3).	19
Figura 9:	Percentagem média de mudança na magnitude das cheias (Cenário 3).	20
Figura 10:	Probabilidade de mudança na magnitude das cheias (Cenário 3).	20
Figura 11:	Percentagem média da mudança na frequência das cheias (Cenário 3).	21
Figura 12:	Probabilidade de mudança na frequência das cheias (Cenário 3)	21
Figura 13:	Cálculo do WRSI.	22
Figura 14:	Indicador dos resultados 7 de milho.	23
Figura 15:	Mudança média anual no desempenho da cultura (WRSI) OUT-NOV-DEZ (Cenário 3).	25
Figura 16:	Probabilidade de mudança no desempenho da cultura (WRSI) OUT-NOV-DEZ (Cenário 3).	25
Figura 17:	Mudança média no desempenho da cultura anual (WRSI) JAN-FEV-MAR (Cenário 3).	26
Figura 18:	Probabilidade de mudança no desempenho das culturas (WRSI) JAN-FEV-MAR (Cenário 3).	26
Figura 19:	Mudança média na probabilidade anual de perda de culturas (WRSI <50) for OCT-NOV-DEC (Cenário 3).	27
Figura 20:	Probabilidade de mudança na probabilidade anual de perda de culturas (WRSI<50) OUT-NOV-DEZ (Cenário 3).	27
Figura 21:	Mudança média na probabilidade anual de perda de culturas (WRSI <50) JAN-FEV-MAR (Cenário 3).	28
Figura 22:	Probabilidade de mudança na probabilidade anual perda de culturas JAN-FEV-MAR (Cenário 3).	28
Figura 23:	Análise da frequência do fluxo das sub-bacias 281 para os períodos 1961-2000 e 2046-2065.	30
Figura 24:	Composição do PIB em Moçambique (CIA Word Factbook, 2009)	37
Figura 25:	A mudança da vulnerabilidade ao choque climático à medida que a economia desenvolve de simples para complexa (Benson & Clay 2001).	39

Tabela 1:	Demografias, PIB e prevalência do HIV em países da Bacia.	13
Tabela 2:	MCGs usados nas projecções reduzidas.	14
Tabela 3:	Macro-economias nos países da bacia do Limpopo (2010/2011)	36
Tabela 4:	Consequências económicas para a Bacia do Rio Limpopo (impactos primários e secundários) como resultado dos impactos das mudanças climáticas (aumento da intensidade e frequência das secas e cheias).	40
Tabela 5:	Impactos económicos das mudanças climáticas expressas como impactos absolutos em mil milhões de dólares em 2100; impactos absolutos como fracção do PIB de 2100; impactos absolutos como fracção do PIB da agricultura em 2100.	41
Tabela 6:	A média da percentagem de mudança em termos de rendimento das culturas como resultado das mudanças climáticas no sul de Moçambique, estipulada ao longo de 50 anos. Os resultados são apresentados a partir de dois modelos globais (CSIR30a2 – dry, e ncarca2 - wet) assim como dois modelos locais (ukmo1_1a1b – dry, e apsl_a2 - wet).	42
Tabela 7:	Custos (USD) das mudanças climáticas como resultado do aumento das necessidades de manutenção para os diferentes tipos de estradas em Moçambique até 2050. Os custos são estimados usando quatro modelos diferentes, ncar_ccsm3_0_a2; csiro_mk3_a2; ipsl_cm4_a2 e ukmo_hadgem1_a1b.	43
Tabela 8:	impactos das mudanças climáticas e consequências económicas para Moçambique.	47
Tabela 9:	Indicadores potenciais de vulnerabilidade social.	54

1: INTRODUÇÃO

Este projecto, como parte da Fase 2 do programa do Instituto Nacional de Gestão de Calamidades (INGC) sobre mudanças climáticas está a proceder a uma avaliação de: i) potenciais impactos das mudanças climáticas na bacia do Limpopo em Moçambique (províncias de Gaza e Inhambane); ii) vulnerabilidade das comunidades aos impactos das mudanças climáticas dentro da bacia; e iii) opções de adaptação requeridas para construir a resistência das comunidades e reduzir o risco de desastres. Os distritos localizados na bacia são muitas vezes expostos às cheias (o que exacerba a vulnerabilidade na medida em que as actividades de subsistência estão situadas nas baixas férteis) e secas (o que contribui para a escassez de água e perda de culturas).

Dadas actuais vulnerabilidades aos riscos induzidos pelas mudanças climáticas, a existência marginal das actuais estratégias de sobrevivência e as mudanças do clima da região esperadas no futuro (subida das temperaturas com o potencial de mudança de calendário e magnitude das chuvas), é importante avaliar onde os riscos associados com as mudanças climáticas poderão aumentar no futuro e identificar acções que podem ajudar a aumentar a resistência a tais riscos. Este projecto vai avaliar os impactos das mudanças climáticas e vulnerabilidade através da combinação das mudanças climáticas esperadas no futuro para a bacia (e as implicações que isto tem para a disponibilidade dos recursos de água e culturas em crescimento) com as actuais vulnerabilidades sociais e económicas a estas mudanças, incluindo como as actuais estratégias de sobrevivências poderão ser afectadas.

Avaliar os projectados impactos das mudanças climáticas e vulnerabilidade é um passo no caminho para construir resistência e reduzir o risco de desastres na bacia. Construindo a partir da informação existente nas instituições internacionais e nacionais, e trabalhando com parceiros chave (incluindo Universidade Eduardo Mondlane, e Secretariado Técnico de Segurança Alimentar e Nutricional), o INGC vai comunicar esta informação aos decisores e planificadores chave nos governos locais (ajudando a aumentar a consciência e construir capacidade para levar a cabo actividades apropriadas de redução do risco). A intenção é começar um processo colaborativo para garantir uma planificação no futuro que incorpora as mudanças climáticas e medidas para reduzir o potencial das vulnerabilidades às mudanças projectadas. As opções para incluir potenciais medidas de adaptação vão ser discutidas com os decisores locais de forma que eles possam se apropriar do processo no futuro.

Este relatório representa a deliberação chave do Resultado 1 do projecto. Ex: Melhor compreensão dos impactos físicos e socioeconómicos das mudanças climáticas na bacia do rio Limpopo. As principais actividades envolvidas na recolha de informação contida neste relatório foram:

- Gerar projecções climáticas reduzidas para a bacia e modelar os impactos sobre os recursos hídricos e produtividade das culturas sob três diferentes cenários de mudanças climáticas;
- Levar a cabo uma análise da informação disponível sobre a vulnerabilidade socioeconómica e social para compreender os impactos sobre sectores económicos chave, e colectar informação relevante para desenvolver um índice de vulnerabilidade social.

2: Antecedentes e contexto

2.1 CONTEXTO GEOGRÁFICO

O Rio Limpopo¹ nasce na região central da África Austral e flui para o leste em direcção ao Oceano Índico, formando parte da fronteira entre a África do Sul e Zimbabwe, e toda a fronteira entre a África do Sul e o Zimbabwe. Tem um comprimento de aproximadamente 1,750 quilómetros e um caudal médio anual de 170m³/s na sua foz em Xai-Xai², provincial de Gaza, Moçambique. A bacia de drenagem do rio cobre uma área de 416,296 km² e está situada no leste da África Austral (entre 20° e 26°S e 25° e 35°E), cobrindo quatro países, nomeadamente: África do Sul, Moçambique, Botswana e Zimbabwe, o que representa 45%, 21%, 19% e 15% da área total da bacia, respectivamente³ (Figura 1). A bacia está localizada na borda nordeste de Kaap-Vaal ou Kalahari craton (KvC), que é predominantemente de rochas sedimentares e estende-se a parte sul do Zimbabwe craton (ZwC)⁴ (Figura 2). Os dois “cratons” formam um escudo estável, predominantemente de rochas ígneas e metamórficas, e estão separados por uma correia de granulito faceis (a correia móvel do Limpopo) e o Complexo de Estepe Ignea.

Muita da actual paisagem da bacia reflecte eventos geológicos recentes e vários ciclos de erosão⁵. A bacia é caracterizada por vários tipos⁶, incluindo: i) granite e gneiss (que são os tipos mais dominantes de rochas), quartzitos, granodioritos, e rochas ligeiramente metamorfoseados sedimentários na Estepe alta e escarpa da África do Sul; ii) Sedimentos do Karoo incluindo arenitos, pedras de argila, xisto e depósitos de carvão, na parte sul da Estepe alta; iii) Sedimentos e basalto numa tira que corre do nordeste do Botswana e atravessa o sul do Zimbabwe; iv) sedimentos cretáceo (arenitos, grãos e conglomerados) entre o Zimbabwe e Moçambique; e vi) Formações do Karoo e intrusão de dolerite na tira a leste da Estepe baixa e o Cume do Libombo.

Em Moçambique, o rio Limpopo flui da fronteira entre a África do Sul e o Zimbabwe para o sul da cidade de Xai-Xai (a foz do rio Limpopo e a capital da província de Gaza em Moçambique), onde drena-se para o Oceano Índico. Na sua foz, o rio Limpopo tem aproximadamente uma largura de 300 m⁷. A secção de Moçambique da bacia é quase plana (< 400 m acima do nível do mar) e a planície fluvial consiste de terraços com 1-3 km de largura antes e 2-5 km de largura depois da confluência com o rio dos Elefantes⁸. As figuras 3 e 4 mostram as formas da terra dominantes na bacia; e as principais características fisiográficas da bacia em Moçambique, respectivamente.

Na grande parte da bacia, os solos estão relativamente em condições avançadas de corrosão como resultados de repetidos ciclos de erosão e são muitos mais novos do que os menos

¹ O Limpopo é o Segundo maior rio em África que desagua no oceano Índico, depois do rio Zambezi

² Mikiyasu, N. 2003. International Waters in Southern Africa. United Nations University Press.

³ Zhu, T. & Ringler, C. 2010. Climate Change Implications for Water Resources in the Limpopo River Basin. Environment and Production Technology Division, International Food Policy Research Institute.

⁴ FAO. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin (<http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e0b.htm>).

⁵ Moon, B.P. & Dardis, G.F., eds. 1988. The geomorphology of southern Africa. Cape Town, South Africa, Southern Books.

⁶ FAO. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin (<http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e0b.htm>).

⁷ Amaral, H. & Sommerhalder, R. 2004. The Limpopo River basin: Case study on Science and Politics of International Water Management. (http://www.eawag.ch/research_e/apec/seminars/)

⁸ FAO. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin (<http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e0b.htm>).

corroídos das áreas envolta. Existem duas categorias⁹, nomeadamente: i) velhos solos formado em materiais de origem fortemente intemperizados, influenciados por erosões anteriores; e ii) Solos relativamente mais novos formados sobre as superfícies de erosão mais recentes ou sobre depósitos aluviais. Os solos antigos fortemente intemperizados ocorrem principalmente na Estepe alta da África do Sul e do Zimbabwe e em algumas áreas protegidas da zona de escarpa, Os mais novos e menos intemperizados ocorrem nas colinas desnudadas e cumes das montanhas, na Estepe baixa e planícies costeiras de Moçambique, e também em grande parte das planícies altas dentro da bacia onde erosões recentes removeram os solos fortemente intemperizados. A maioria dos solos é i) baixios (restringindo as reservas de água para as plantas; ii) com alta componente de argila (causando escoamento e pouca disponibilidade de água; ou iii) excepcionalmente com baixa componente de argila (causando altos índices de drenagem e restringindo a disponibilidade de água para as plantas)¹⁰. Não obstante estes factos, os melhores solos na Bacia ainda absorvem, armazenam e disponibilizam água a partir da geralmente baixa e errática precipitação anual (200 – 1500 mm) dentro da Bacia^{11,12}.

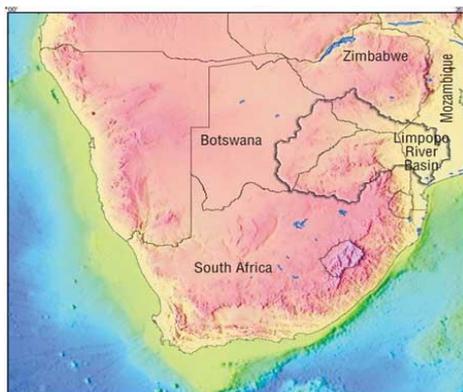


Figura 1: A Bacia em relação as fronteiras do país e as características físicas.

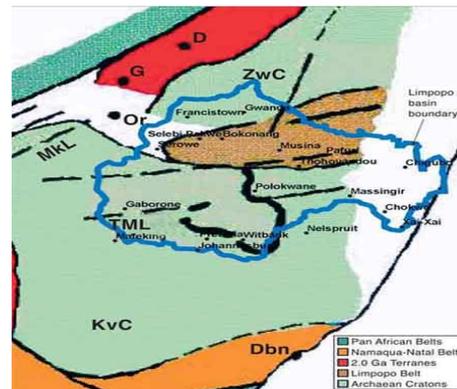


Figura 2¹³: Rede tectónica generalizada da África Austral.

⁹ Ibid.

¹⁰ Ibid.

¹¹ Ibid.

¹² Zhu, T. & Ringler, C. 2010. Climate Change Implications for Water Resources in the Limpopo River Basin. Environment and Production Technology Division, International Food Policy Research Institute.

¹³ McCourt, S. & Armstrong, R.A. 2001. *The architecture and evolution of the northern Kaapvaal-Limpopo terrane, southern Africa* (available at www.cg.nrcan.gc.ca)

A secção da bacia localizada em Moçambique está quase inteiramente na província de Gaza que cobre uma área de aproximadamente 75,000 km² e tem uma população de 1.3 milhões de pessoas (estimativas de 2006)¹⁸. Ela cobre ainda partes de três distritos na província de Inhambane. A área de captação representa 11% do total da área de superfície e aproximadamente 7% da população total de Moçambique com uma densidade que varia de uma pessoa por km² no distrito de Chigubo a 100 pessoas por km² no distrito rural de Xai-Xai¹⁹. Os assentamentos humanos na área são fortemente influenciados pelas zonas agro-ecológicas, características biofísicas, acesso aos mercados e infra-estruturas.

Os quatro países da bacia estão entre os países mais severamente afectados pela pandemia do HIV/SIDA. Zimbabwe e Moçambique, em particular, têm um PIB muito baixo e estão entre os países mais pobres do mundo (veja Tabela 1). A maioria da população dentro da bacia consiste em comunidades rurais pobres e de subsistência que dependem largamente da base dos recursos naturais (particularmente agricultura alimentada pelas chuvas) para a sua sobrevivência.²⁰ Estas comunidades são também caracterizadas por um elevado índice de analfabetismo, alto índice de crescimento da população e infra-estruturas de comunicação inadequados²¹. Devido a sua dependência da base dos recursos naturais, estas comunidades são altamente vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas e a sua vulnerabilidade vai possivelmente ser exacerbada a medida que a magnitude das mudanças climáticas e os desastres a elas associadas aumentarem. Por exemplo, a população poderá tornar-se mais vulnerável a doenças epidémicas como resultado das mudanças previstas de temperaturas e regimes das chuvas²² (particularmente doenças transmitidas pela água e vectores).

A sobre-utilização dos recursos hídricos do rio Limpopo para a agricultura, mineração e uso industrial e a poluição resultante pode criar efeitos sociais, económicos, políticos e ambientais adversos, que precisam de ser considerados para uma gestão efectiva da bacia. De facto, por causa da forma como os recursos hídricos do rio Limpopo são explorados, a qualidade da água (poluição e contaminação) e a quantidade deteriora a medida que o corre rio abaixo. Má qualidade de água pode causar e espalhar doenças derivadas da água e reduzir a disponibilidade de água potável, com sérias implicações socioeconómicas.²³

¹⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/Gaza_Province.

¹⁹ Ibid.

²⁰ National Adaptation Plan of Action 2007.

²¹ 2010 estimate from www.cia.gov.

²² Such as cholera, malaria and dysentery.

²³ Louw, A. & Gichuki, F. 2003. Limpopo Basin Profile: Strategic research for enhancing agricultural water productivity. CPWF (Challenge Program on Water and Food). www.waterforfood.org. Cited in Amaral, H. & Sommerhalder, R. 2004. The Limpopo River basin: Case study on Science and Politics of International Water Management. (http://www.eawag.ch/research_e/apec/seminars/).

Tabela 1: Demografias, PIB e prevalência do HIV em países da Bacia²⁴.

	Botswana	Moçambique	África do Sul	Zimbabwe
População	2,029,307	22,061,451	49,109,107	11,651,858
% da População (Masculina: Feminina)	50:50	49:51	50:50	47:53
População da faixa etária dos 15-65 (%)	61	53	65.8	52
Esperança de Vida ao nascimento para a população total	35 ²⁵	41	49	47
PIB (PPP ²⁶) em USD	25 Mil milhões (estimativa de 2009)	20 Mil milhões (estimativa de 2009)	505 Mil milhões (estimativa de 2009)	4 Mil milhões (estimativa de 2009)
Porcentagem da população total com HIV	15 (estimativas de 2007)	7 (estimativas de 2007)	12 (estimativas de 2007)	11 (estimativas de 2007)
Taxa de prevalência do HIV em adultos (%)	24 (estimativas de 2007)	13 (estimativas de 2007)	18 (estimativas de 2007)	15 (estimativas de 2007)

²⁴ CIA World Fact Book (<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/.html>.)

²⁵ <http://en.wikipedia.org/wiki/Botswana>.

²⁶ Purchasing Power Parity.

3: Projecções reduzidas de mudanças climáticas

Um dos maiores problemas em usar informação modelada de mudanças climáticas futuras é o facto de se ter que ter em conta várias fontes de incertezas: Muitos Modelos de Circulação Geral (MCG) para uma amostra a gama de possíveis futuros climas globais dentro de qualquer cenário de emissões e uma gama de modelos de redução para uma amostra de possíveis reduções funções de transferência relacionando o modelo de clima global aos climas locais experimentados dentro da bacia do rio Limpopo. Dentro da Fase I do projecto do INGC concentramo-nos no anterior e reduzimos o maior número de MCGs possível (sete) para envolver o máximo da incerteza do modelo global que pudéssemos, mas ignoramos potenciais incertezas vindas do processo de redução. Por isso, nós expandimos a gama de cenários de redução que foram usados no INGC, Fase I, para incluir um conjunto extra que foi criado usando uma configuração diferente do modelo de redução e que resultou em climas geralmente secos do que na configuração usada anteriormente. Essencialmente, a diferença entre os dois modelos de redução reside nas variáveis atmosféricas usadas para caracterizar dos estados (tempo) sinópticos. No primeiro conjunto nós usamos oito variáveis do MCGs: temperatura a superfície, margem de erro de 850-500hPa, ventos “u” e “v” a 700hPa e 10m, humidade relativa e específica a 850hPa. Na segunda versão (mais seco) da redução nós usamos as mesmas variáveis sem uma humidade específica.

Juntas, estas duas ‘versões’ de redução envolvem uma gama de possíveis maneiras nas quais o clima pode ser reduzido e assim produzir a amostra da segunda fonte de incertezas mencionada acima (isso relacionados ao processo de redução). Usando ambos, os sete MCGs reduzidos da redução do mais húmido e os sete MCGs reduzidos da redução mais seca dá-nos o conjunto total de futuros climas usado para modelo dos impactos para 14, ex. duas reduções estatísticas (cada um dos quais é um seriado de tempos das precipitações diárias, temperaturas mínima e máxima para os períodos 1960-2000 e 2046-2065) para cada MCGs anotados na Tabela 2.

Tabela 2: MCGs usados nas projecções reduzidas.

Grupo(s) de origem	Pais	I.D.
Canadian Centre for Climate Modelling & Analysis	Canadá	CGCM3.1(T63)
Météo-France / Centre National de Recherches Météorologiques	França	CNRM-CM3
Meteorological Research Institute	Japão	MRI-CGCM2.3.2
Max Planck Institute for Meteorology	Alemanha	ECHAM5/MPI-OM
US Dept. of Commerce / NOAA / Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	EUA	GFDL-CM2.0
Institut Pierre Simon Laplace	França	IPSL-CM4
Center for Climate System Research (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change (JAMSTEC)	Japão	MIROC3.2(medres)

Os climas reduzidos produzidos Para este projecto representam uma colecção das mais extensivas alguma vez produzidas na África Austral. A Informação sobre precipitação usada como observações para treinar a redução é o pacote de Informação RFE produzido pelo NOAA, nos Estados Unidos da América, e cobre a bacia do Limpopo na resolução espacial 0.1° e é um seriado de tempo diário do primeiro de Janeiro de 1998 até 31 de Dezembro de 2009. A informação para toda a bacia foi necessária na medida em que o modelo de vazão requeria precipitação em toda a

bacia de forma a avaliar o fluxo na parte moçambicana. Esta informação foi usada para produzir 840 anos (14 reduções de um período de controlo de 40 anos e 20 anos um período futuro) de mapas diários (0.1° cobrindo a bacia), que depois foram passados pelos modelos de agricultura e hidrológico. A Informação sobre as temperaturas foi criada de maneira similar, exceptuando o facto de que usamos a reanálise ERA-Interim como observações então esta Informação foi produzida numa grelha de 0.75°. Contudo, esta baixa resolução não se prevê que seja um problema maior na medida em que a informação sobre as temperaturas foi usada para calcular mudanças na evapotranspiração ao longo da bacia com um todo (veja abaixo)

4: Impactos da mudanças climáticas sobre os recursos hídricos e produção agrícola na bacia do rio Limpopo

Os cenários mencionados acima foram passados pelos modelos de agricultura e hidrológicos. O processo de modelação hidrológica é mostrado na figura 5 abaixo.

Para as simulações de mudanças climáticas, estimativas de precipitação de satélite, previsão e as estimativas do potencial evapotranspiração (PET) foram substituídos com os resultados dos climas reduzidos notados na secção anterior. No caso de PET, a mudança estimada a partir da linha base de observações foi calculada com base nas mudanças de temperaturas e o método Priestly-Taylor para estimar o PET. O Modelo das Vazões Geospaciais (The Geospatial Streamflow Model (GeoSFM) foi usado para simular a geração da precipitação, transferência por terra da água das chuvas para os rios e o fluxo de água através da rede dos rios para a saída da bacia. Simulações do fluxo diário foram realizadas usando o historial das precipitações gerado pelo MCG de 40 anos e 20 anos de futuras precipitações previstas pelos sete modelos climáticos. Os ao resultados primários do modelo foram os fluxos diários a partir dos quais a média dos fluxos anuais assim como a magnitude e a frequência das cheias em cada sub-bacia foram computados. Mudanças nestas estimativas do fluxo usando climatologias históricas e futuros foram igualmente computados como uma medida do impacto das mudanças climáticas. Os resultados foram modelados Para todas as 355 sub-bacias a bacia do rio Limpopo. Destas, 49 ocorrem total ou parcialmente em Moçambique (Figura 6).

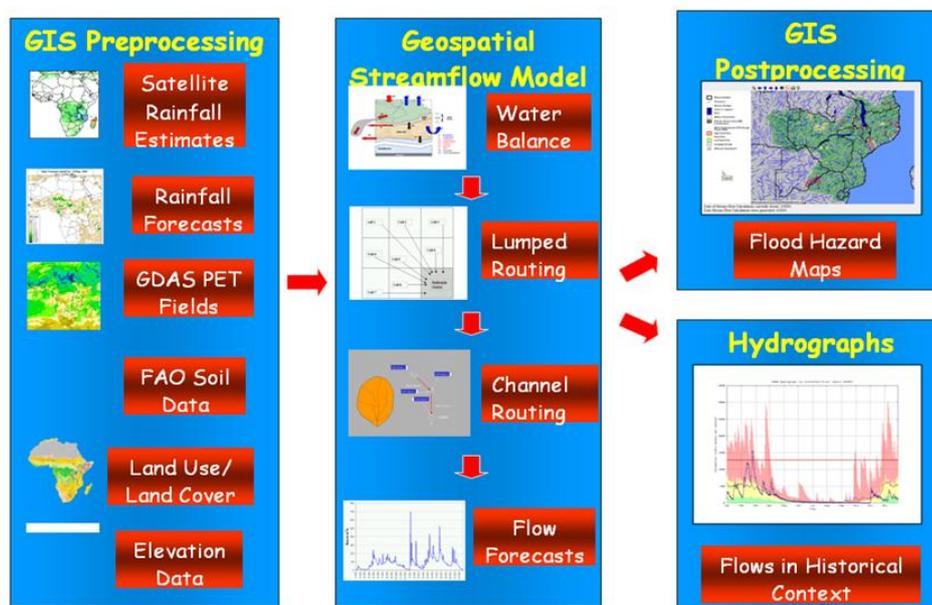


Figura 5: Diagrama do fluxo de modelação hidrológica.

GIS preprocessing – Preprocessamento GIS
 Geospatial Streamflow Model – Modelo de vazão Geospacial
 GIS Postprocessing – Pós-processamento GIS

Satellite Rainfall Estimates – Estimativas de precipitação do satélite

Rainfall Forecasts – Previsão da precipitação

GDAS PET Fields – Campos do GDAS PET

Fao Soil Data – Informação da FAO sobre o Solo

Elevation Data – Informação sobre elevação

Water Balance – Balanço de água

Lumped Routing – aglomerados de roteamento

Channel Routing – Canal de roteamento

Flow forecasts – Previsões do fluxo

Flood hazards map – Mapas dos riscos de inundações

Flows in Historical Context – Fluxos num context hist'órico

Diferenças existem em impactos de mudanças climáticas que resultam de cada uma dos sete modelos climáticos. Estas diferenças são sumarizadas em termos do quanto a mudança está prevista a ocorrer e a probabilidade de a mudança ocorrer (50º percentil) dos sete modelos é a medida da magnitude da mudança enquanto o número de modelos que prevêem aumenta, decresce ou nenhuma alteração futura é tomada como medida da probabilidade da mudança. Por exemplo, se todos os sete modelos prevêem um pequeno aumento no fluxo, o aumento previsto é assumido como o provável de ocorrer do que um maior aumento previsto por apenas dois dos sete modelos. Os mapas GIS que seguem foram preparados para cada um dos três cenários climáticos (veja Anexo A para a lista completa):

- Fluxo médio:
 - Percentagem média da mudança do fluxo médio;
 - Probabilidade de um maior fluxo médio anual;
 - Percentagem de não mudança no fluxo médio anual; e
 - Probabilidade de um fluxo médio reduzido.
- Magnitude das cheias:
 - Alteração percentual na magnitude das cheias;
 - Probabilidade de uma maior magnitude das cheias;
 - Probabilidade de uma magnitude das cheias que permanece inalterável; e
 - Probabilidade de uma magnitude das cheias reduzida.
- Frequência das cheias:
 - Alteração percentual média na frequência das cheias;
 - Probabilidade de uma maior frequência das cheias;
 - Probabilidade de a frequência das cheias permanecer inalterável; e
 - Probabilidade de frequência das cheias reduzida.

A análise acima foi repetida para futuros cenários de mudanças climáticas da época chuvosa (1), seca (2) e combinadas (3) que tinham como intenção reflectir as incertezas sobre como a redução é construída – veja a secção anterior. Então, enquanto os sete modelos são reduzidos para cada cenário, época chuvosa e seca respectivamente, o cenário combinado (3) usa sete (chuvosa) + sete (seca) = 14 modelos reduzidos, quando calcularmos a percentagem média das probabilidades da mudança. A Informação a seguir é baseada no cenário combinado (3) usando 14 modelos.

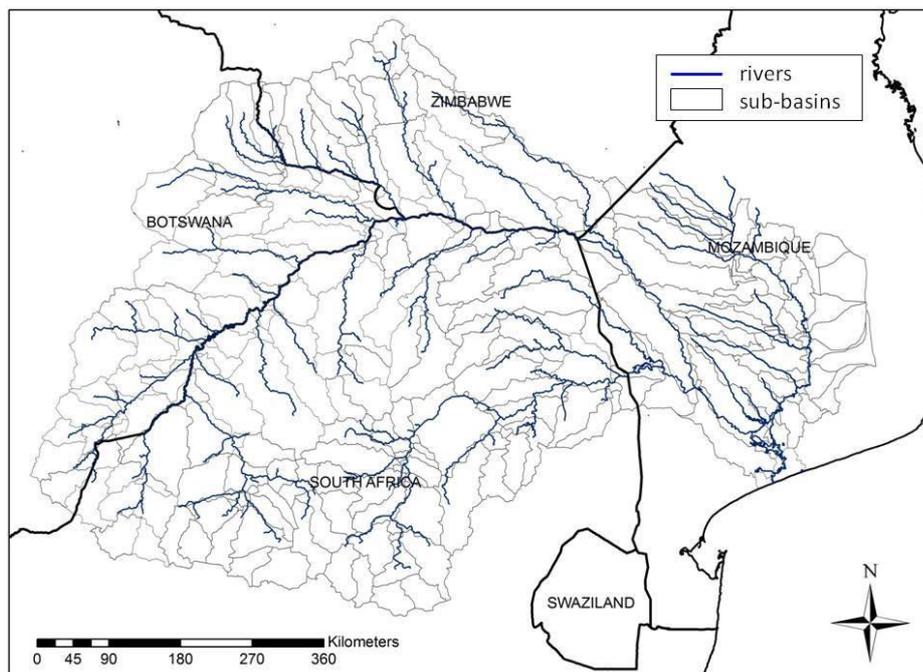


Figura 6: Sub-bacias da bacia do rio Limpopo.

Rivers – Rios

Sub-basins – Sub-bacias

Os resultados da mudança média do fluxo médio (Figura 7) indicam uma mudança limitada para a maioria das sub-bacias (mudança de -4% a 4%). Prevê-se um aumento em termos de fluxo anual em 5% a 11% num número de sub-bacias no norte enquanto em duas prevê-se um aumento na ordem de 12% a 20%. A Figura 8 mostra a probabilidade de mudança do fluxo médio anual por cada sub-bacia e, é uma combinação de três resultados ex: o número de modelos ilustrando um: i) decréscimo; ii) aumento; ou iii) não há alteração no fluxo anual. Para as sub-bacias mais azuladas, a maioria dos modelos mostra um aumento no fluxo anual enquanto para aquelas com cor mais avermelhada, a maioria dos modelos prevêem um decréscimo no fluxo. As cores pálidas indicam mais modelos sugerindo inalteração no fluxo anual

De forma similar à mudança do fluxo médio, os resultados da mudança média na magnitude das cheias (Figura 9) indicam uma mudança limitada para grande parte das sub-bacias (mudança de -10% a 10%). Contudo, os resultados prevêem uma mudança de até 100% em algumas sub-bacias, para ambos aumento e decréscimo na magnitude das cheias. Tal como com a probabilidade de mudança no fluxo médio anual, as sub-bacias mais azuladas na figura 10 indicam mais modelos prevendo aumento na magnitude das cheias e, com resultados vice-versa para as bacias mais avermelhadas. As de cor rochas indicam o mesmo número de modelos prevendo um aumento tal como aqueles que prevêem um decréscimo.

A figura 11 mostra os resultados da mudança média na frequência das cheias. Enquanto o mapa mostra sub-bacias com vermelho pálido e azuis, estes indicam uma mudança na frequência das cheias de -7% a 7% ex: uma mudança limitada. Tal como com as figuras 8 e 10, a figura 12 mostra um número de modelos prevendo um aumento, decréscimo ou sem alteração nas frequências das cheias, representados pelas cores azul, vermelho ou cores pálidas respectivamente.

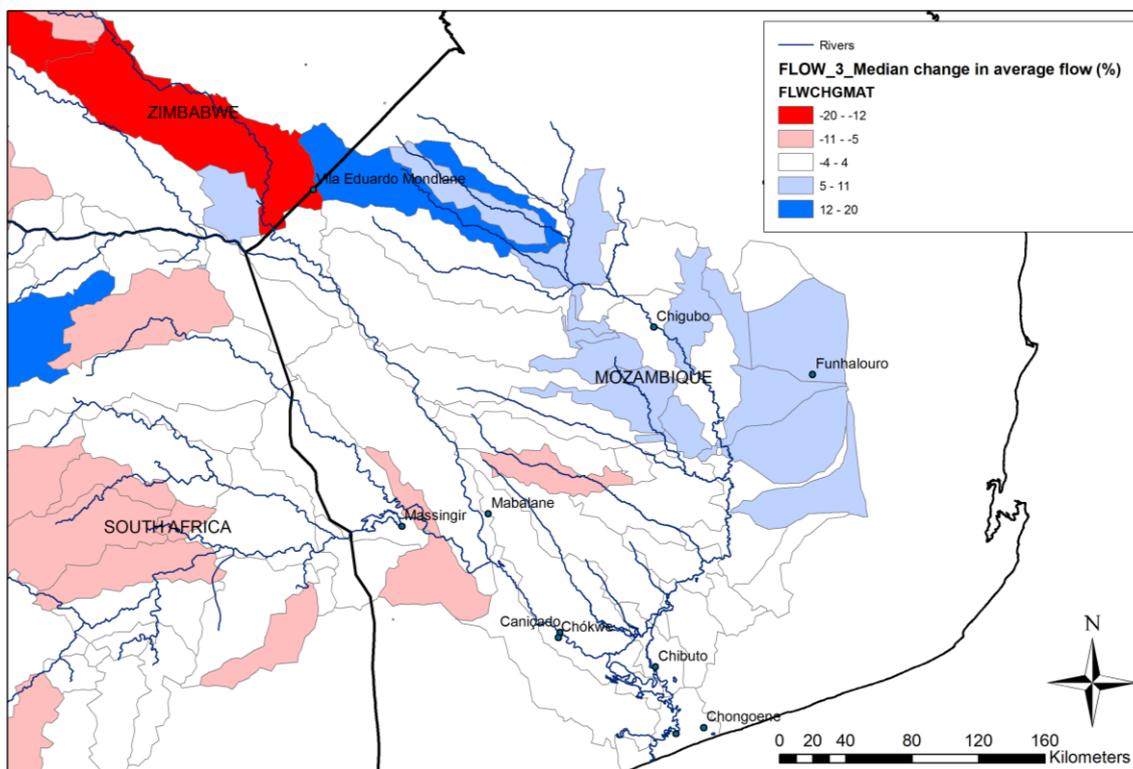


Figura 7: Percentagem média da mudança no fluxo médio anual (Cenário 3).

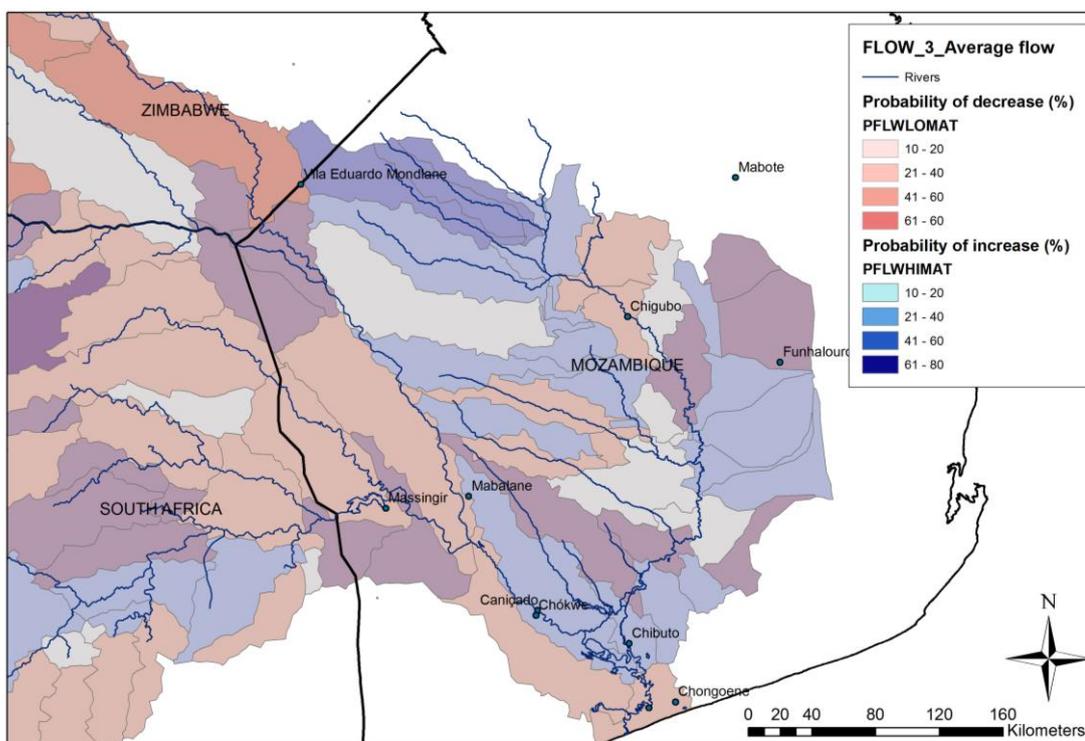


Figura 8: Probabilidade de mudança no fluxo média anual (cenário 3).

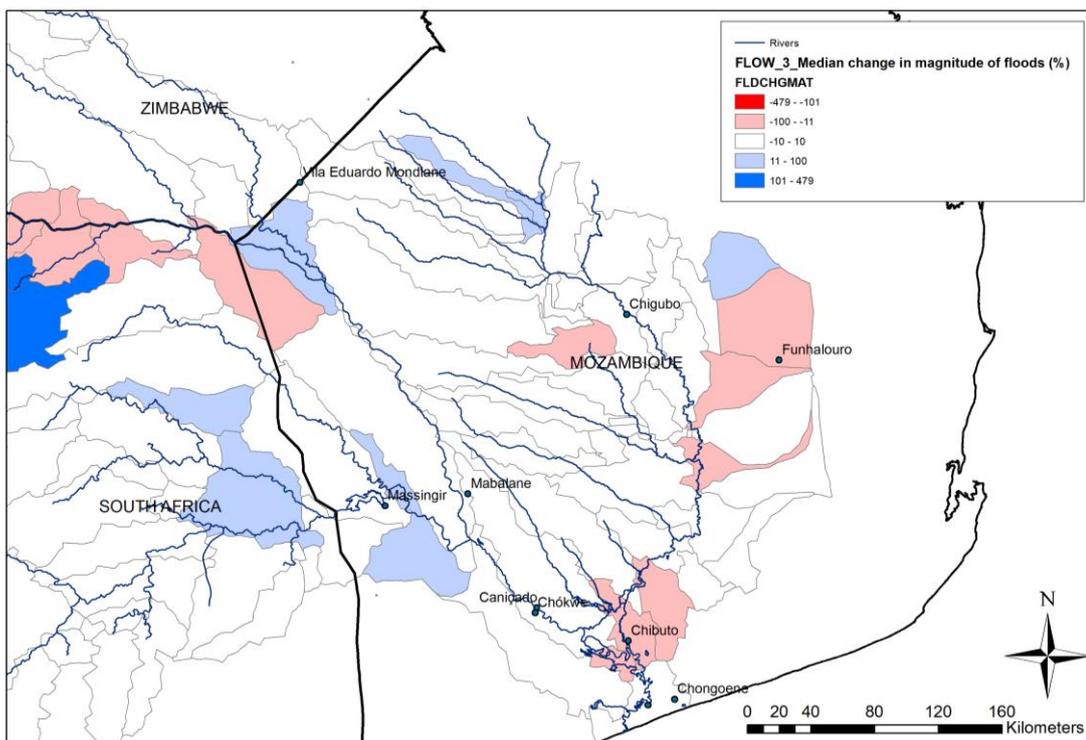


Figura 9: Percentagem média de mudança na magnitude das cheias (Cenário 3).

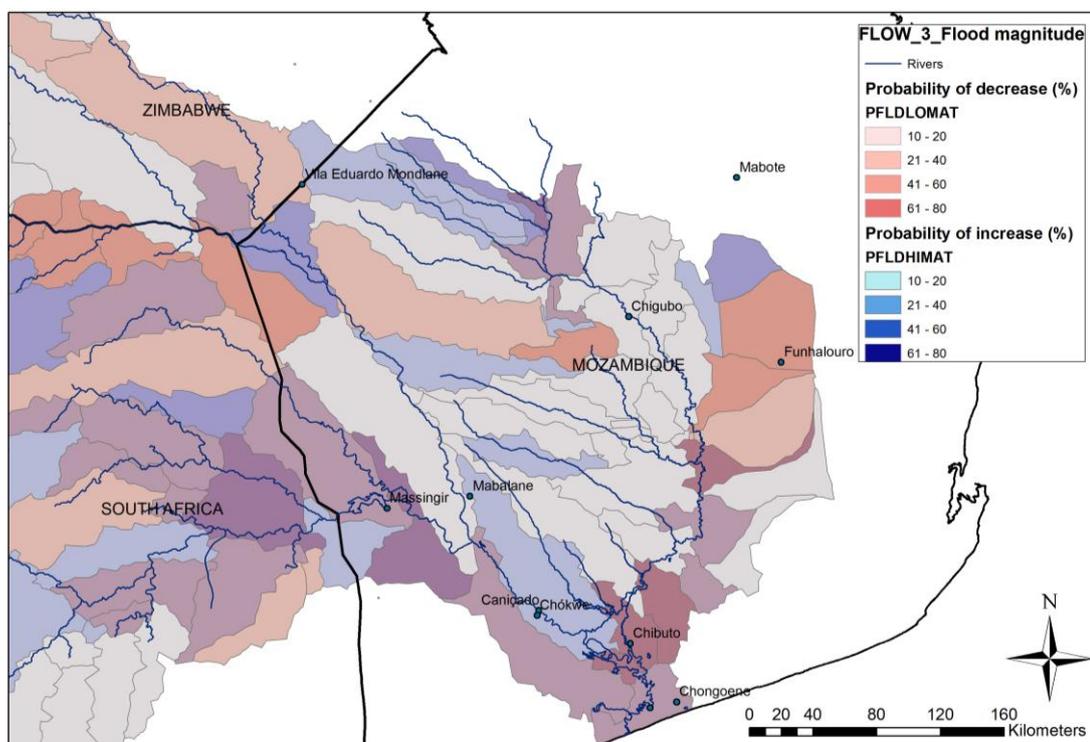


Figura 10: Probabilidade de mudança na magnitude das cheias (Cenário 3).

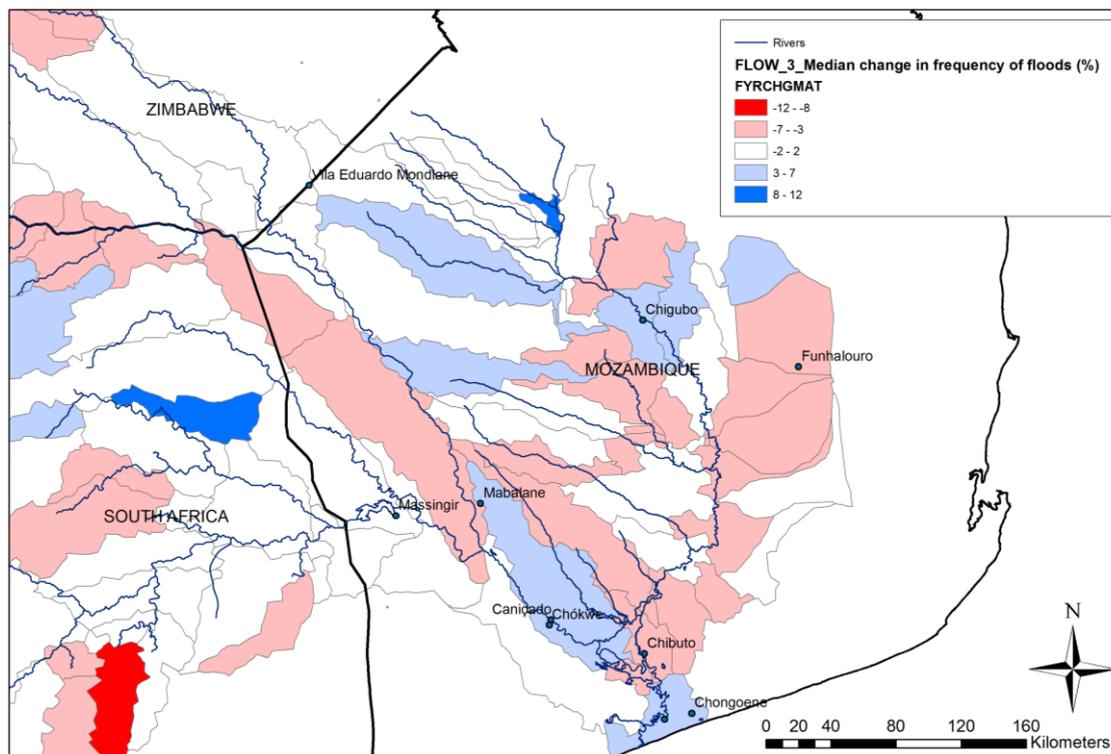


Figura 11: Percentagem média da mudança na frequência das cheias (Cenário 3).

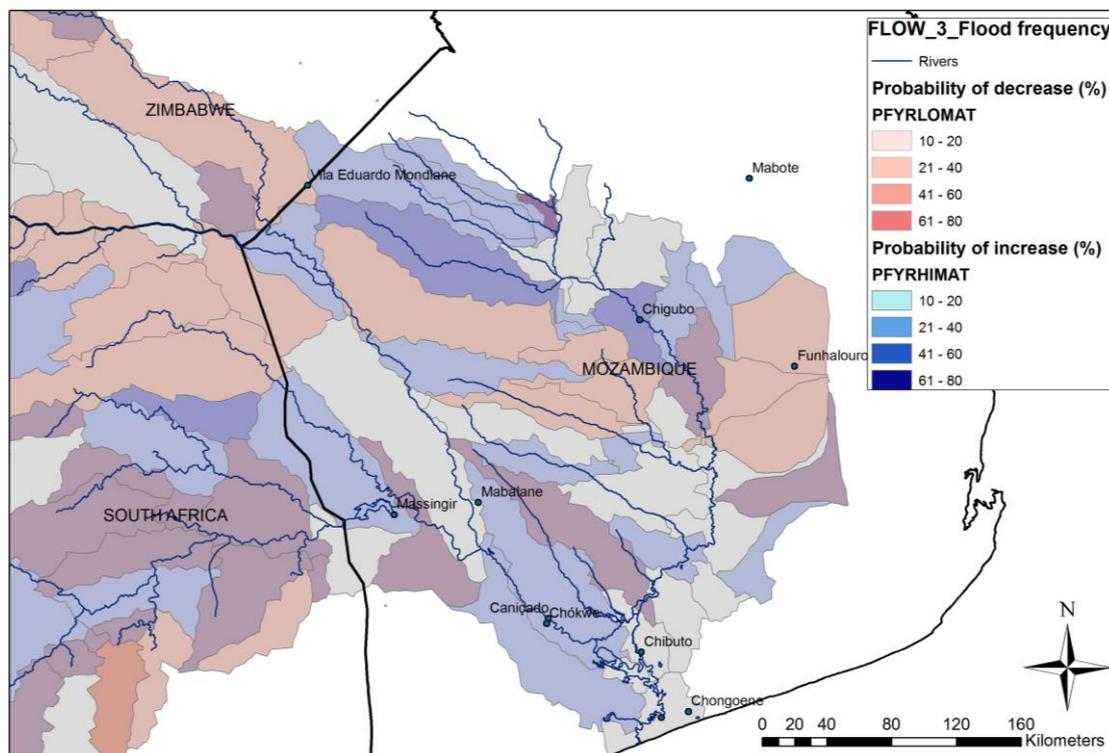


Figura 12: Probabilidade de mudança na frequência das cheias (Cenário 3)

No caso de modelação da agricultura, o modelo de Índice de Satisfação do Requerimento de Água (Water Requirement Satisfaction Index (WRSI)) foi empregue para estimar o impacto das mudanças do clima no desempenho das culturas (Figura 13). WRSI é um modelo de água para as culturas desenvolvido pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) para ajudar a monitorar a seca e previsão de irrigação. A quantidade de água necessária por cada cultura para cada período durante a época de crescimento é estimada em função do tipo de cultura, o estágio do ciclo de crescimento da cultura e as condições climáticas locais. Começando a partir do dia do plantio, o desempenho da cultura é presumida como óptima desde que haja água suficiente para satisfazer as necessidades dessa cultura. Este é irreversivelmente reduzido durante cada período para o qual não há água suficiente para satisfazer as necessidades. A ocorrência dos valores de WRSI inferior a 50 implica uma perda da cultura irreversível, enquanto valores de WRSI mais altos no final da época de maturação tem mostrado uma correlação forte com colheitas boas em várias regiões.

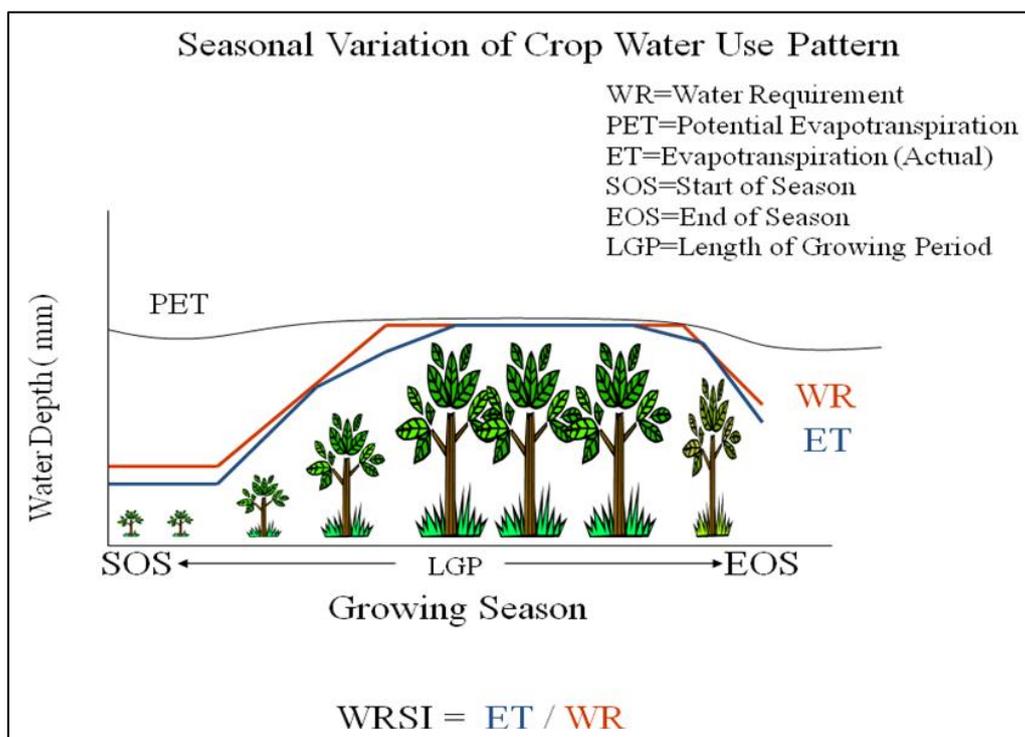


Figura 13: Cálculo do WRSI.

Seasonal Variation of Crop Water Use Pattern – Variação Sazonal do padrão do uso da água

WR = Water Requirement – Necessidades de água

PET= Potencial de evapotranspiração

ET = Evapotranspiration (Actual) = Evapotranspiração (Actual)

SOS = Start of Season – Início da época

EOS= End of Season – Fim da Época

LGP= Length of Growing Period – Duração do Período do Crescimento

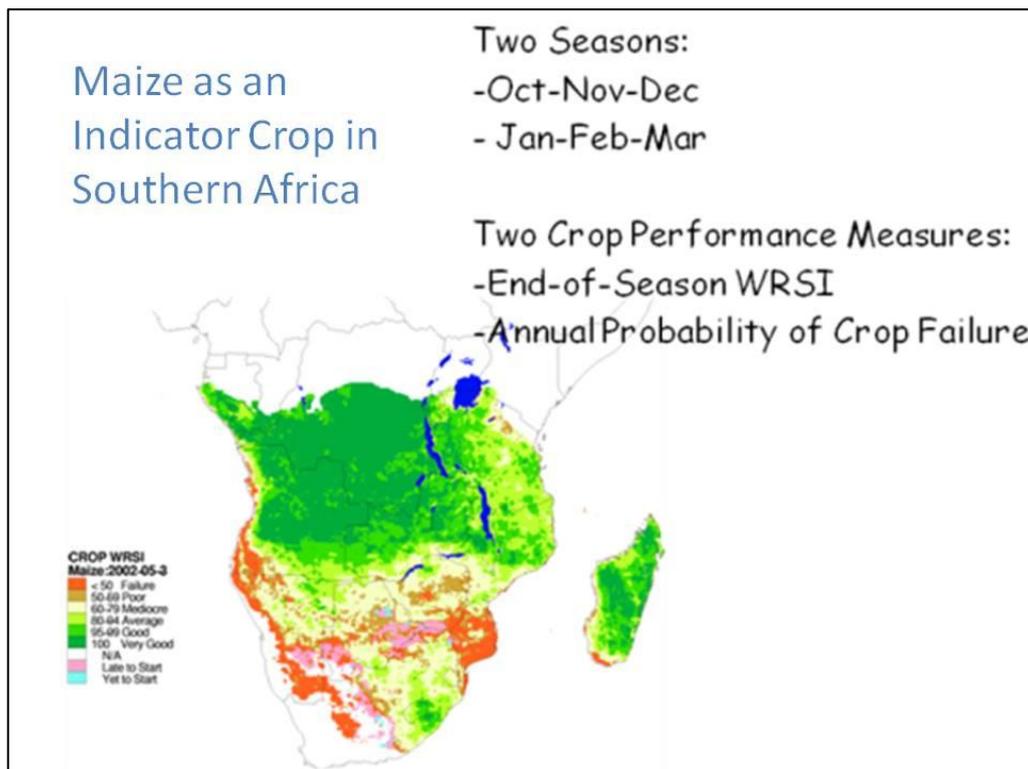


Figura 14: Indicador dos resultados 7 de milho.

Maize as an Indicator Crop in Southern Africa – Milho como Cultura Indicador na Africa Austral

Two Seasons – Duas Epocas

Two Crop Performance Measures – Duas Medidas do Desempenho da Cultura:

End-of-Season WRSI – WRSI Final da Epoca

Annual Probability of Crop Failure – Probabilidade anual de Perca da Cultura

Milho de noventa dias foi usado como cultura indicadora e duas épocas foram simuladas – de Outubro a Dezembro e Janeiro a Março (Figura 14). O modelo produz duas medidas do desempenho das culturas: i) WRSI do final da época (um indicador de quão bem as necessidades de água da cultura foram satisfeitas e frequentemente relacionado à quantidade da colheita ou desempenho); assim como ii) a probabilidade anual do fracasso da cultura. Os mapas GIS que se seguem foram preparados para cada um dos três cenários. (veja Anexo B para a lista completa dos resultados):

- Desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ:
 - Mudança média no desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ;
 - Probabilidade de aumento da média anual do desempenho da cultura (WRSI) Percentagem média na magnitude das cheias;
 - Probabilidade de decrescimento da média anual do desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ; e
 - Probabilidade de média anual de desempenho da cultura inalterada (WRSI) para OUT-NOV-DEZ.
- Desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR:
 - Mudança média no desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR;
 - Probabilidade de aumento da média anual do desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR;

- Probabilidade de decréscimo da média anual do desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR; e
- Probabilidade de média anual de desempenho da cultura inalterada (WRSI) para JAN-FEV-MAR.
- Probabilidade anual de perda de culturas (WRSI <50) for OCT-NOV-DEZ:
 - Mudança média na probabilidade anual de fracasso da cultura (WRSI <50) para OUT-NOV-DEZ;
 - Probabilidade de aumento da média anual da probabilidade de perda de cultura (WRSI <50) para OUT-NOV-DEZ;
 - Probabilidade de decréscimo da média anual da probabilidade de perda de culturas (WRSI <50) para OUT-NOV-DEZ; e
 - Probabilidade de média anual da probabilidade de perda de cultura inalterada (WRSI <50) para OUT-NOV-DEZ.
- Probabilidade anual de perda de culturas (WRSI <50) para JAN-FEV-MAR:
 - Mudança média na probabilidade anual de perda de cultura (WRSI <50) para JAN-FEV-MAR;
 - Probabilidade de aumento da média anual da probabilidade de perda de culturas (WRSI <50) para JAN-FEV-MAR;
 - Probabilidade de decréscimo da média anual da probabilidade de perda de culturas (WRSI <50) for JAN-FEV-MAR; e
 - Probabilidade de média anual da probabilidade de perda de culturas inalterada (WRSI <50) para JAN-FEV-MAR;

Os resultados da modelação de culturas estão sumarizados em termos de quanta mudança se prevê que ocorra e a probabilidade de a mudança ocorrer. A percentagem média da mudança no fim da época WRSI a partir dos sete modelos é uma medida da magnitude da mudança no desempenho da cultura ou colheita como uma função das condições climáticas. Probabilidade de aumento ou decréscimo do desempenho da cultura a ocorrer é indicado pela percentagem dos sete modelos prevendo aumentos e decréscimos ou não ocorrência de alterações em mudanças futuras no desempenho anual da cultura ou índice de fracasso.

A tendência geral nos resultados é de um decréscimo no desempenho da cultura e um aumento na probabilidade de perda de culturas na época do plantio de Outubro - Novembro – Dezembro. A tendência oposta é prevista para a época de plantio de Janeiro – Fevereiro – Março ex: um aumento do desempenho da cultura e um decréscimo no fracasso da cultura. Os resultados médios do desempenho anual da cultura para Outubro – Novembro – Dezembro indica uma mudança de -8% a -3.1% para a maioria das sub-bacias ex: um aumento no desempenho (Figura 15). A combinação dos resultados da probabilidade indica que, enquanto 10% a 20% dos modelos previram um aumento no desempenho da cultura, a maioria dos modelos previram um decréscimo para todas as sub-bacias (cor vermelha na Figura 16). Para a época de plantio de Janeiro – Fevereiro – Março é previsto um aumento do desempenho da cultura na ordem de 3.1% a 17.5% para todos mas principalmente em duas sub-bacias (Figura 17). A natureza azul das sub-bacias na Figura 18 indica que os modelos geralmente concordam com esta previsão.

A previsão média para a época de plantio Outubro – Novembro – Dezembro é de um aumento na probabilidade de fracasso na ordem de 15% a 75% (Figura 19). Para duas bacias (de cor azulada na Figura 20), 21% a 40% dos modelos previram um decréscimo na probabilidade de perda de culturas daí a cor vermelha das sub-bacias. Para a época de plantio Janeiro – Fevereiro – Março, um decréscimo na probabilidade de perda de culturas de 23% a 115% está prevista em todas mas em duas sub-bacias (Figura 21). A natureza azul das sub-bacias na Figura 22 indica que os modelos geralmente concordam com esta previsão.

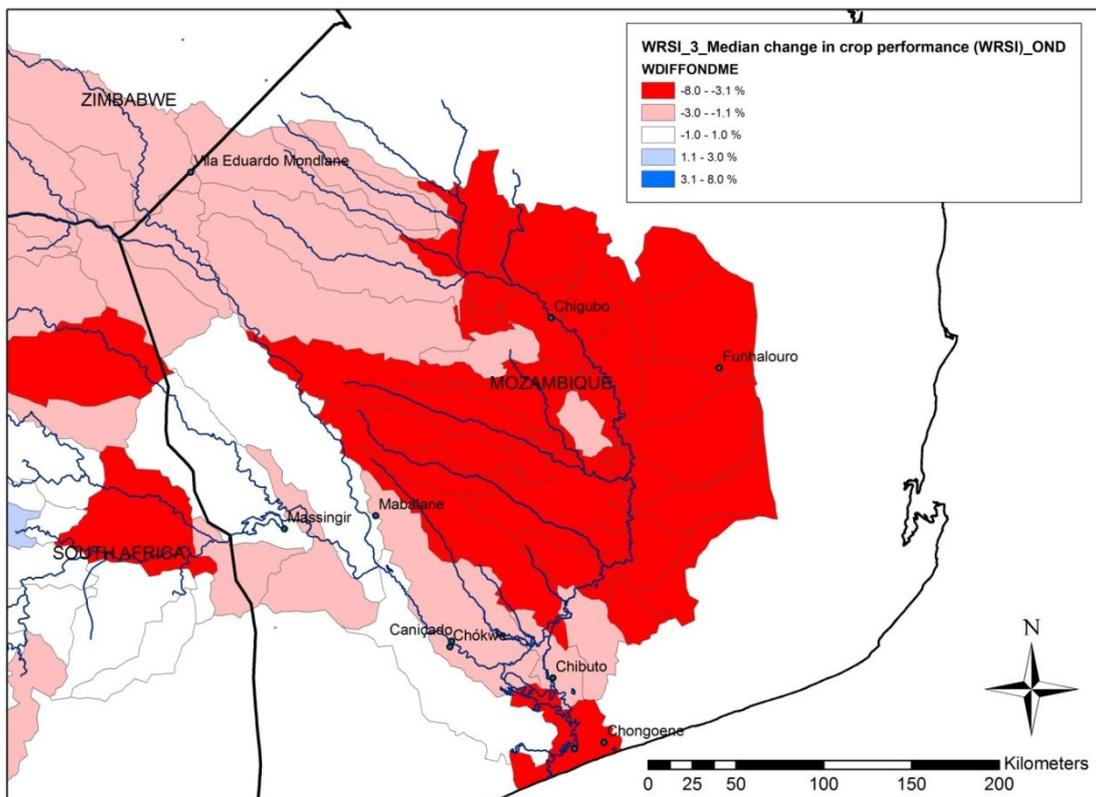


Figura 15: Mudança média anual no desempenho da cultura (WRSI) OUT-NOV-DEZ (Cenário 3).

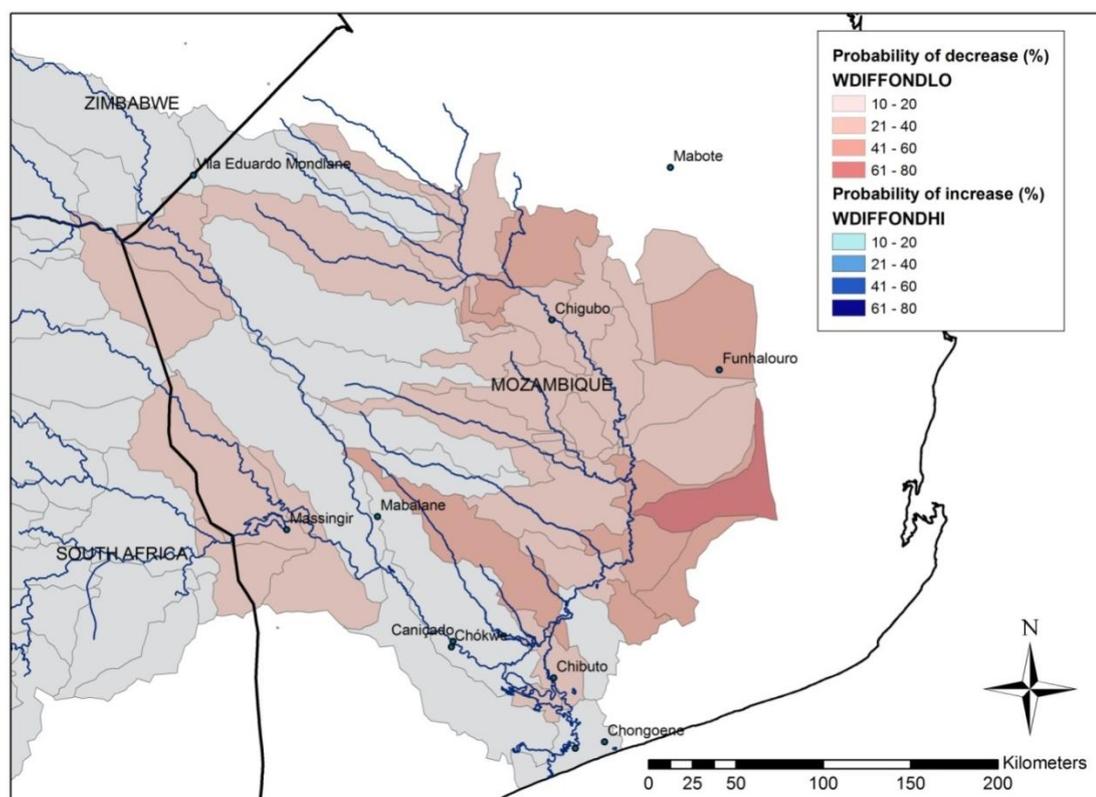


Figura 16: Probabilidade de mudança no desempenho da cultura (WRSI) OUT-NOV-DEZ (Cenário 3).

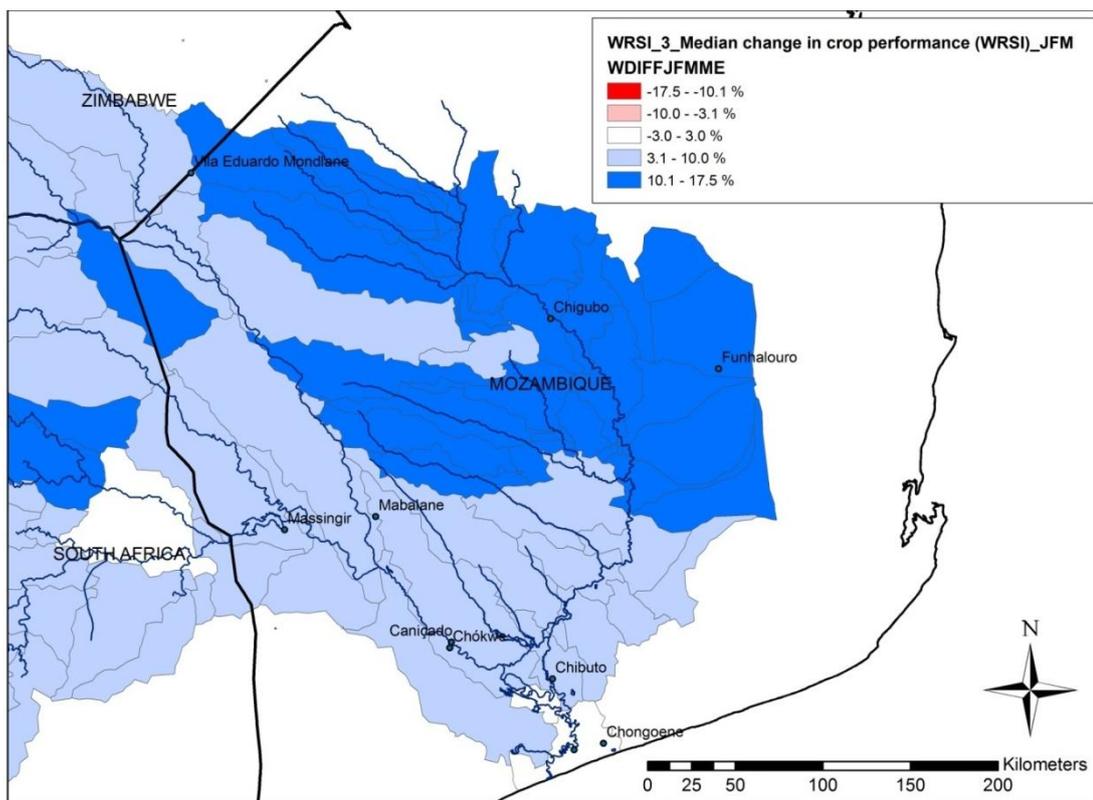


Figura 17: Mudança média no desempenho da cultura anual (WRSI) JAN-FEV-MAR (Cenário 3).

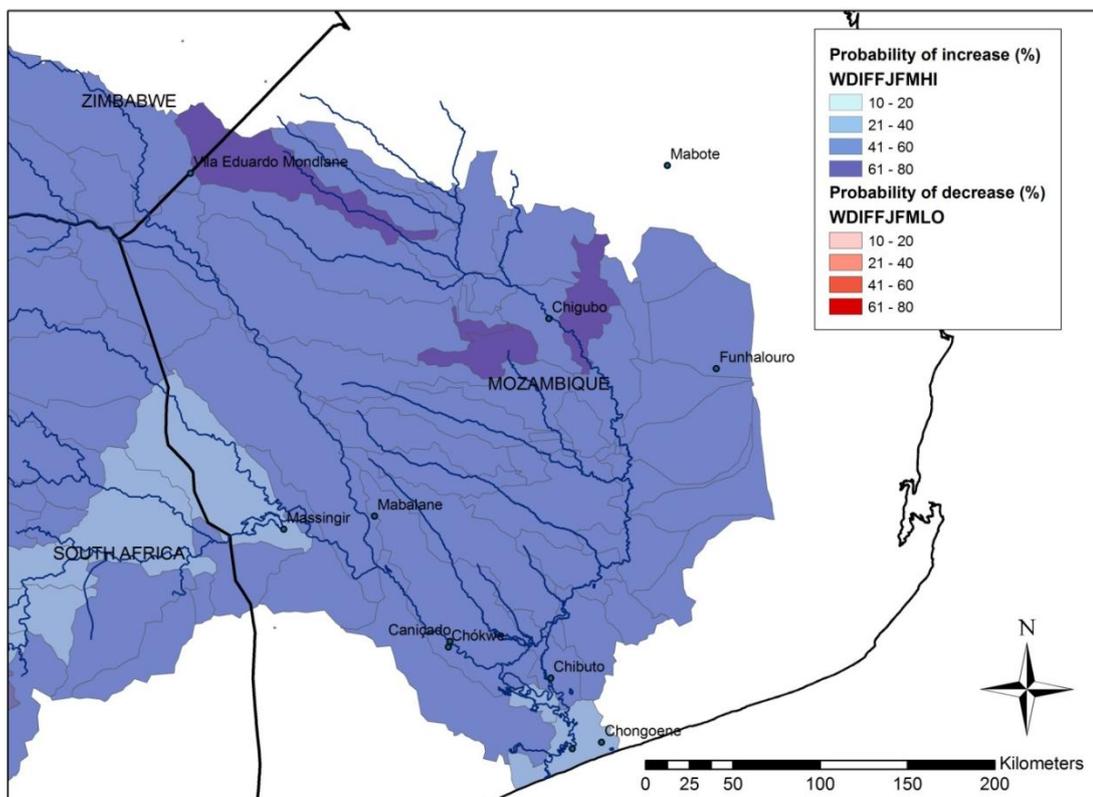


Figura 18: Probabilidade de mudança no desempenho das culturas (WRSI) JAN-FEV-MAR (Cenário 3).

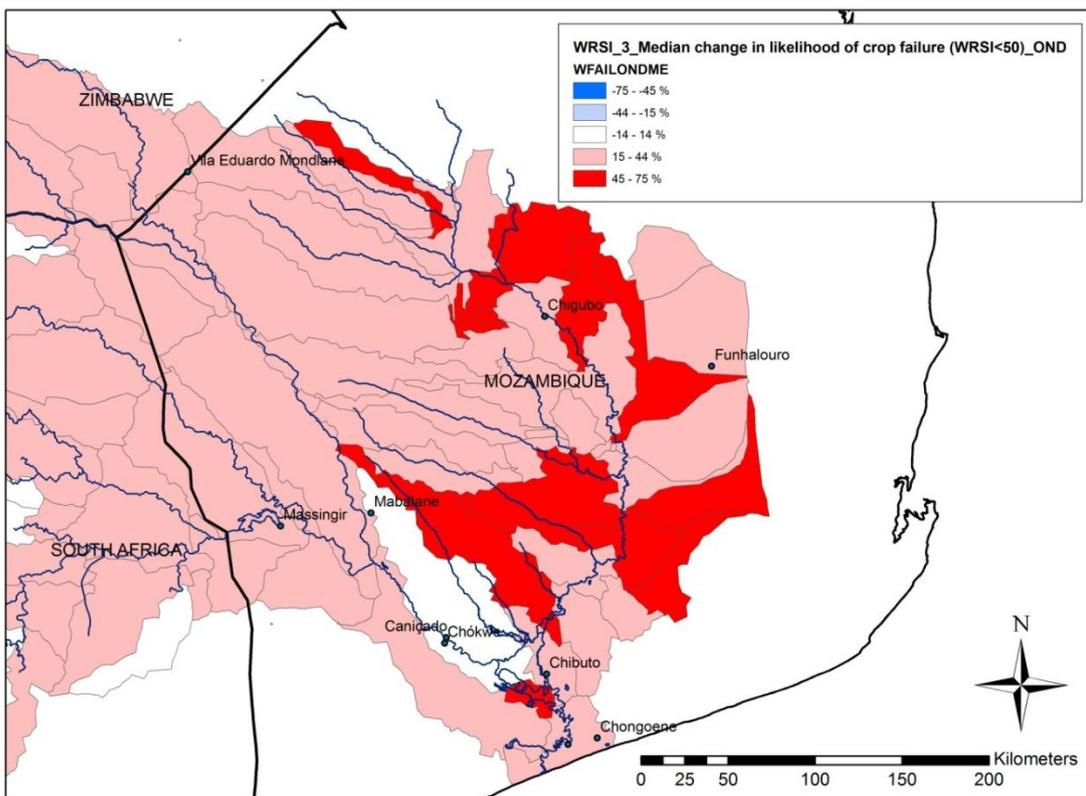


Figura 19: Mudança média na probabilidade anual de perda de culturas (WRSI < 50) for OCT-NOV-DEC (Cenário 3).

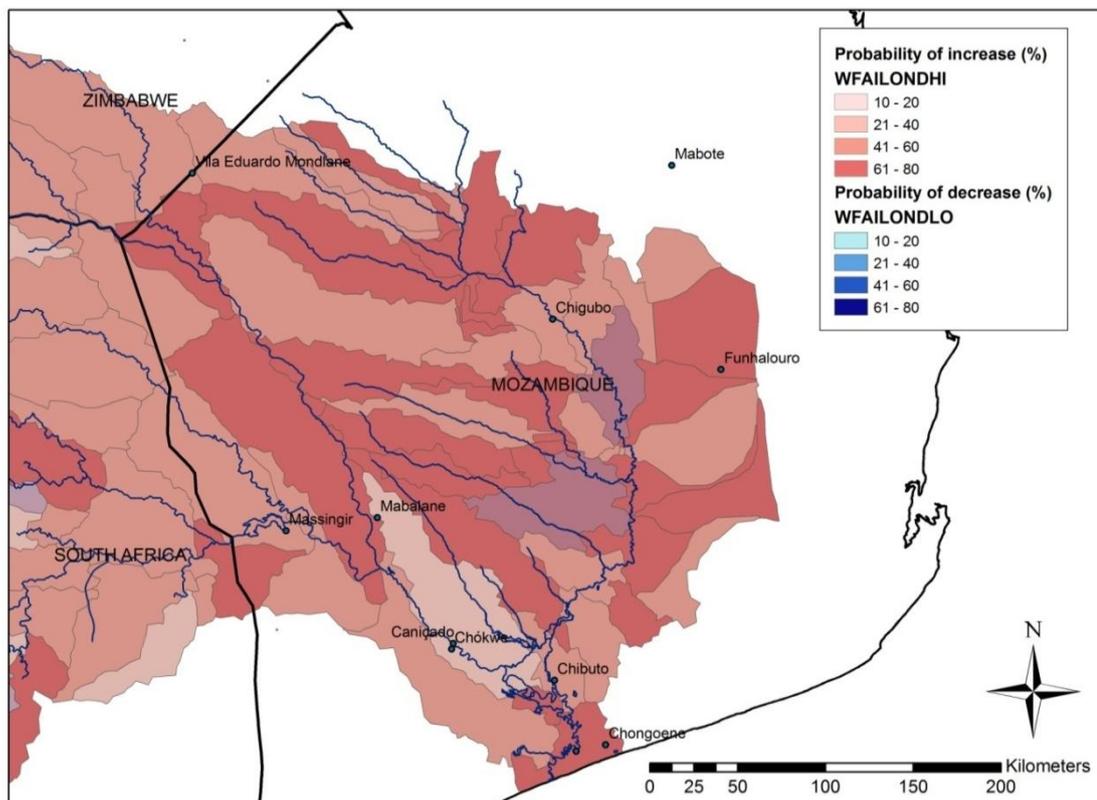


Figura 20: Probabilidade de mudança na probabilidade anual de perda de culturas (WRSI < 50) OUT-NOV-DEZ (Cenário 3).

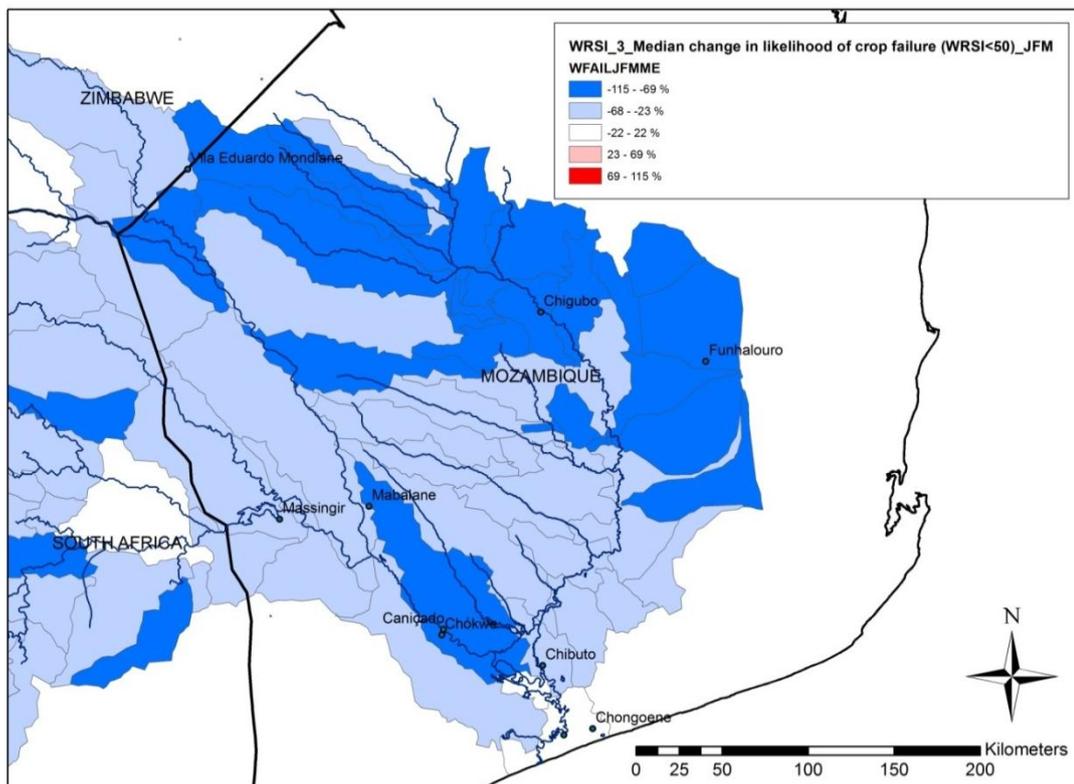


Figura 21: Mudança média na probabilidade anual de perda de culturas (WRSI < 50) JAN-FEV-MAR (Cenário 3).

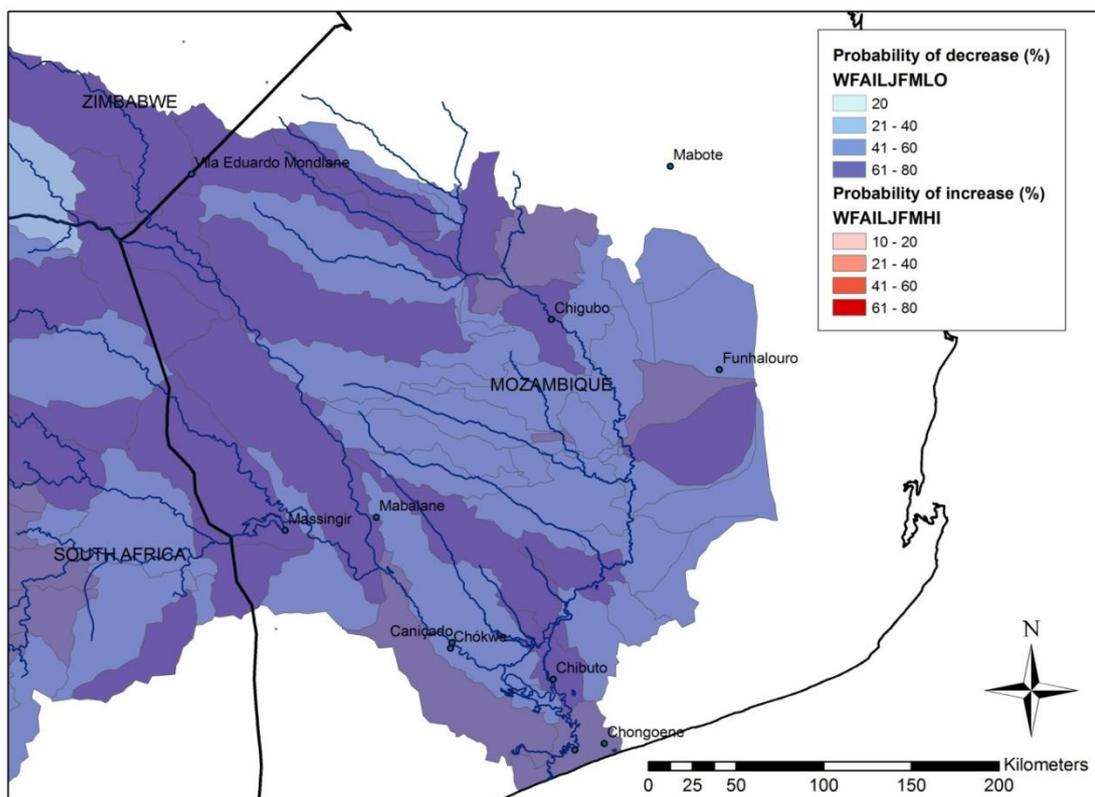


Figura 22: Probabilidade de mudança na probabilidade anual perda de culturas JAN-FEV-MAR (Cenário 3).

A análise anterior dos impactos das mudanças climáticas fornece uma indicação sobre potenciais mudanças para condições médias ao longo prazo. Tais previsões das mudanças são adequadas para os propósitos de plantio, contudo, os gestores operacionais estão mais interessados em saber a probabilidade de eventos hidrológicos extremos que ocorrem num determinado ano. A análise da frequência, historicamente, tem sido usada pelos hidrólogos operacionais e gestores de risco na indústria de seguros para atribuir as probabilidades de excedência de eventos extremos. Estes valores da probabilidade são muitas vezes aplicados para estimativas financeiras dos danos ou benefícios associados com diferentes limiares do fluxo para efeitos de seguro, cálculo do valor da água e estudos de custo/benefício similares. A técnica de avaliação do risco foi similarmente empregue para examinar as mudanças no risco das cheias na bacia do rio Limpopo sob condições de mudanças climáticas.

A análise da frequência de cheias é iniciada gerando uma série temporal de 1-dia no máximo em cada sub-bacia cada ano, a partir da simulação dos resultados de vazões descritas anteriormente. A partir desta série temporal, parâmetros estatísticos tais como a média, o desvio padrão, coeficiente de assimetria e curtosis são computados. Estes parâmetros são usados para encaixar a distribuição de valores extremos que não ocorrem durante o período da série temporal observada. Para este estudo, a distribuição do Parâmetro 3 do tipo 3 de Pearson foi usada porque ele oferece uma boa combinação com a série temporal anual máxima da informação hidrológica. Depois de encaixar a distribuição, a probabilidade de fluxos dia máximo exceder diferentes limiares (anual de 1 em cada 10,000 eventos anuais) são computados e apresentados geograficamente. A curva do risco de cheias, para ambos históricos e futuras climatologias, são desenhados no mesmo gráfico para cada sub-bacia para permitir que os impactos das mudanças climáticas sejam comparados. Por exemplo, na Figura 23 abaixo, um fluxo de 1,800 m³/s foi um 1 em eventos de 10 anos entre 1961 e 2000 na sub-bacia 281. Contudo, para o período 2046-2065, este fluxo está previsto para ser um 1 em eventos de 100 anos. As curvas foram preparadas para todas as sub-bacias na porção moçambicana da bacia do rio Limpopo.

Figura 23/...

Flow Frequency Analysis for Sub-basin 281 with ECHAM data – Análise da Frequência do Fluxo com Informação ECHAM

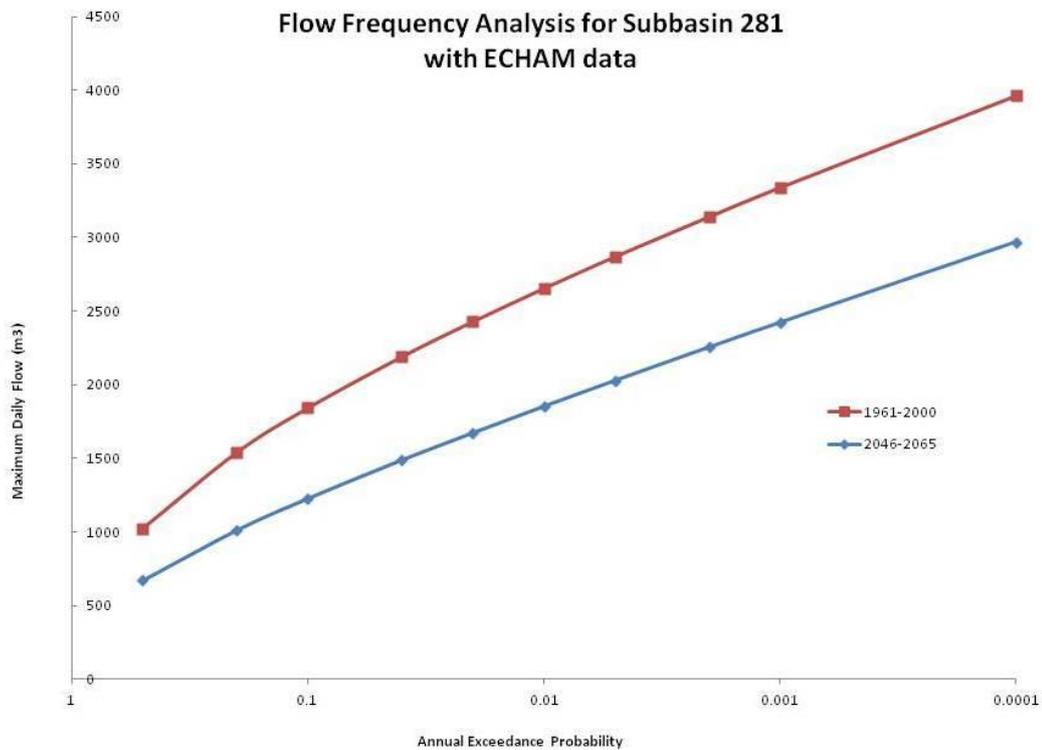


Figura 23: Análise da frequência do fluxo das sub-bacias 281 para os períodos 1961-2000 e 2046-2065.

Os resultados apresentados acima vão formar a base para estimar os impactos das mudanças climáticas projectadas em cada sub-bacia da porção moçambicana da bacia do rio Limpopo, e quando combinados com os meios de subsistência e comunidades vulneráveis identificadas, serão usados para atingir as áreas onde estes riscos são mais prováveis de ocorrer e impactar de forma considerável as comunidades. O resultado será interpretado no relatório do Resultado 2.

5: Impactos Socioeconómicos das mudanças climáticas nas economias locais, estratégias de sobrevivência e bem-estar humano

5.1 IMPACTOS DA ACTUAL VARIABILIDADE CLIMÁTICA E DAS PROJECTADAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM IMPORTANTES SECTORES DA BACIA

Recursos hídricos: A bacia do rio Limpopo alimenta importantes recursos hídricos transfronteiriços a África do Sul e Botswana (nos cursos mais altos) e Moçambique e Zimbabwe (no cursos mais baixos). A bacia suporta um grande número de pessoas, contém grandes vilas e cidades assim como um número de barragens que exercem uma pressão considerável nos recursos hídricos da área. A demanda de água é espacialmente desnivelada e dominada pela indústria, mineração e agricultura de irrigação²⁷. Particular influência em períodos secos é exercida pelos aquíferos aluviais associados com o rio Limpopo²⁸, que são altamente susceptíveis a sobre exploração em climas de alta variabilidade. No Zimbabwe, os recursos hídricos alimentados pelo rio já foram reconhecidos como não confiáveis devido à variabilidade do clima, por isso muitas vezes dependem de água subterrânea. Contudo, a África do Sul depende de recursos de água proveniente do Rio Limpopo para irrigação na agricultura e na mineração, e no Botswana e Moçambique, o rio alimenta as áreas mais populosas e urbanizadas. A despeito de depender fortemente do rio, Moçambique é muitas vezes afectado de forma adversa pela escassez de água por que está a jusante. Adicionalmente, devido a forma como os recursos de água do Rio Limpopo são exploradas, a qualidade da água deteriora (poluição e contaminação) e a quantidade reduz à medida que o rio flui para a jusante. Com o clima a mudar, prevê-se que a disponibilidade de água reduza, assim como se torne cada vez errática. Precipitações extremas vão se tornar mais comuns, agravando as condições da já degradada terra devido ao aumento do escoamento e cheias. Estes riscos induzidos pelo clima exacerbam os problemas socioeconómicos e reduzem de forma global a segurança de subsistência daqueles que vivem dentro da bacia. Em virtude da sua proximidade do Rio Limpopo e as baixas das áreas costeiras, a província de Gaza, no sul, é uma das províncias mais propensas às secas e cheias em Moçambique²⁹. As mudanças climáticas projectadas provavelmente exacerbam os efeitos negativos causados pela actual variabilidade do clima. Em adição ao causar o declínio do escoamento, uma redução adicional na precipitação poderá levar a um declínio acentuado da densidade de drenagem, causando a seca permanente de muitos pequenos rios ou seus tributários³⁰. O aumento previsto em PET associado com um aumento com a variabilidade de temperatura sazonal e interanual levará à seca dos corpos de água e dessecção e endurecimento dos solos³¹.

²⁷ Rapid Environmental Appraisal of the Limpopo River Basin, Southern African Research and Documentation Centre (SARDC) <http://www.sardc.net/Imercsa/Limpopo/pdf/Limpopo3.pdf>.

²⁸ Ibid.

²⁹ FAO. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin (<http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e0b.htm>).

³⁰ De Wit, M., & Stankiewicz, J. 2006. Changes in surface water supply across Africa with predicted climate change. *Science* 301: 1917–1921.

³¹ Preparation of a Strategic Program for Climate Resilience (SPCR), Mozambique: Proposal for Phase 1 Funding, May 18, 2010.

Agricultura: Cerca de 28% ou 2.9 milhões de hectares da bacia do rio Limpopo são cultivados. Aproximadamente 91% destes são cultivados em condições de dependência das chuvas^{32,33}. Por esta razão, a produção de culturas na bacia é caracteristicamente variável e não confiável devido a precipitações erráticas. As colheitas globais na bacia são mais baixas do que as das áreas de alta precipitação e existe uma grande variabilidade sazonal no desempenho das culturas. Por causa das características do clima desfavoráveis, o risco de perda de colheitas na agricultura dependente da água das chuvas pode atingir 75% no interior da provincial de Gaza³⁴. Espera-se que as melhorias projectadas na eficiência da irrigação na bacia e aumento de capacidade infra-estruturas de irrigação (armazenamento, saída e transporte) melhorem a situação de irrigação na bacia até 2030, Contudo, sob cenários de mudanças climáticas alternativos, espera-se que as condições se deteriorem significativamente comparadas ao cenário de 2030 sem mudanças climáticas³⁵. Provavelmente, a situação vai ser exacerbada ainda mais por uma redução da eficácia das infra-estruturas melhoradas causado por eventos extremos como as cheias. No sul de Moçambique, vastos regadios, tal como o regadio de Chokwé são largamente dependentes do Rio Limpopo³⁶. A alteração dos níveis de precipitação, temperaturas altas e seca prolongada afectam a disponibilidade e o abastecimento de água à agricultura, causando produtividade agrícola incerta e possivelmente reduzida³⁷. A seca também, onde ela ocorre, actua como um catalisador forte, acelerando a desertificação e exacerbando o processo de degradação da terra. A intrusão de águas salgadas nos solos costeiros na época seca, exacerba o risco de salinização, particularmente durante os períodos de marés altas. Isto é observado nas áreas costeiras do distrito de Xai-Xai onde a salinização dos recursos hídricos estende-se por mais de 50 Km para o interior. De facto, solos salgados ocupam 8% do total da área produtiva na região alta, 30% por cento nas áreas do meio e 70% nas regiões baixas do vale do rio Limpopo³⁸. Os problemas de salinidade causados pela presença de depósitos estuarinas e salgadas debaixo do limite do aluvião limitam o uso da terra preparada para ser irrigada na área da foz do rio Limpopo³⁹. O aumento da variabilidade de temperaturas inter-anual e sazonal previsto, e o aumento previsto do PET poderá levar à seca dos corpos de água potável assim como a dessecação dos solos, reduzindo a sua capacidade de absorver a água das chuvas. Isto vai resultar em défice de água para as culturas nos momentos críticos e vai reduzir a resistência destas áreas, particularmente a sua capacidade de resistir aos efeitos das cheias⁴⁰. As populações rurais que carecem de capacidade para lidar com tais mudanças serão as mais ameaçadas. Dado que as culturas anuais dependem do abastecimento de água durante o período de maturação, mudança das variáveis hidrológicas sob mudanças climáticas são de particular importância para o uso da água na agricultura.

³² Zhu, T. & Ringler, C. 2010. Climate Change Implications for Water Resources in the Limpopo River Basin. Environment and Production Technology Division, International Food Policy Research Institute.

³³ Rapid Environmental Appraisal of the Limpopo River Basin, Southern African Research and Documentation Centre (SARDC) <http://www.sardc.net/Imercsa/Limpopo/pdf/Limpopo3.pdf>

³⁴ <http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e0a.htm>.

³⁵ Zhu, T. & Ringler, C. 2010. Climate Change Implications for Water Resources in the Limpopo River Basin. Environment and Production Technology Division, International Food Policy Research Institute.

³⁶ Amaral, H. & Sommerhalder, R. 2004. The Limpopo River basin: Case study on Science and Politics of International Water Management. (http://www.eawag.ch/research_e/apec/seminars/).

³⁷ Zhu, T. & Ringler, C. 2010. Climate Change Implications for Water Resources in the Limpopo River Basin. Environment and Production Technology Division, International Food Policy Research Institute.

³⁸ FAO. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin (<http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e0b.htm>).

³⁹ Ibid.

⁴⁰ Midgeley S.J.E. 2010. Climate change and African food crops. OneWorld Sustainable Investments (www.oneworldgroup.co.za).

Mineração: a bacia é particularmente rica em depósitos minerais e contrai significativamente para os ricos minerais e produtos mineiros na África Austral, particularmente na África do Sul e Botswana nos cursos mais altos. Estes produtos incluem (em ordem de importância): ouro, diamantes, carvão, platina, ferro, cobre, calcário, níquel e cromo⁴¹. No Zimbabwe, os principais depósitos da bacia incluem ouro, carvão, asbestos, calcário e Esmeraldas. Para o processamento destes depósitos minerais requer-se largas quantidades de água e é adversamente afectada pela imprevisibilidade e redução da disponibilidade de água. Por causa da dominância económica deste sector, em vez de reduzir a produtividade em resposta a variabilidade e redução da disponibilidade da água, muitas companhias mineiras já sobre-utilizam os recursos hídricos disponíveis, o que contribui para os efeitos adversos que este sector está a experimentar nos recursos hídricos à jusante. Isto, por sua vez, contribui para os efeitos dos eventos extremos como secas e cheias. Com as mudanças climáticas, o previsto aumento da imprevisibilidade da disponibilidade de água poderá agravar os efeitos que as actividades mineiras produzem nas reservas de água subterrâneas assim como a oferta de água a jusante.

Turismo: esta é uma das indústrias em rápido crescimento na bacia do rio Limpopo e muitas regiões na bacia dependem largamente do turismo para a sua subsistência⁴². A bacia é bem conhecida pelos seus largos parques (ex: Parque Nacional Kruger na África do Sul e Gonarezhou no Zimbabwe) que atraem muitos turistas. Existem várias iniciativas nas áreas de conservação transfronteiriças na região da SADC que têm sido propostas, incluindo algumas na bacia. A mais publicitada e a conservação transfronteiras do Parque do Grande Limpopo, que envolve um plano de manejo para três áreas protegidas, nomeadamente Coutada 16, em Gaza, Moçambique, o Parque Nacional Kruger na África do Sul e Gonarezhou no Zimbabwe⁴³. Igualmente, nos últimos anos, tem havido um aumento da participação do sector privado no turismo na bacia. Por exemplo, na cidade de Xai-Xai, um crescente assentamento de casas, mercados e lojas, situada ao longo da principal estrada costeira entre Maputo e as praias de Inhambane, é um importante destino para turistas como a baía tem um coral que se prolonga por aproximadamente um quilómetro de mar e que oferece águas protegidas para o nado e mergulho submarino. Contudo, devido a proximidade aos bancos do Rio Limpopo, Xai-Xai é regularmente afectado pelas cheias que afectam negativamente o seu sector do turismo. À medida que a variabilidade do clima aumenta e eventos extremos se tornam mais frequentes, destinos como este podem se tornar incapazes de manter a sua atracção aos turistas devido aos perigos, imprevisibilidade e geralmente condições de vida pobres e condições ambientais associadas com eventos extremos tais como cheias e secas.

Energia e infra-estruturas: A rede de estradas e linhas férreas estão em condições diferentes em cada um dos quartos países. A África do Sul é altamente desenvolvida com estrada em condições extremamente boas. Estradas no Botswana e Zimbabwe são igualmente e geralmente bem ligadas. Contudo, a Guerra civil prolongada e cheias severas, em Moçambique, destruíram a sua rede de estradas⁴⁴. Estas serão adversamente afectadas por cheias extremas, sendo a capacidade de combater estes efeitos dependentes da robustez económica de cada país. A bacia depende de centrais térmicas a carvão e de energia hidroeléctrica gerada nos poucos reservatórios fora da bacia. A imprevisibilidade da disponibilidade da água vai afectar a geração de energia

⁴¹ FAO. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin (<http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e0b.htm>).

⁴² Rapid Environmental Appraisal of the Limpopo River Basin, Southern African Research and Documentation Centre (SARDC) <http://www.sardc.net/lmercsa/Limpopo/pdf/Limpopo3.pdf>.

⁴³ Ibid.

⁴⁴ Ibid.

hidroelétrica. Muitas comunidades rurais vivendo na bacia dependem da lenha como fonte de energia⁴⁵. O previsto aumento de cheias extremas terá consequências directas nas infra-estruturas (edifícios, transporte e infra-estruturas de saúde e saneamento) que terá consequências indirectas em todos os sectores da sociedade. Uma incapacidade de ter uma sobrevivência bem sucedida a partir da agricultura de subsistência devido a variabilidade do clima poderá encorajar movimentos massivos das populações rurais para os centros urbanos. Isto colocará as infra-estruturas desses centros sob uma pressão sem precedentes.

Pescas e subsistência costeira: Pesca na bacia é largamente uma actividade de subsistência⁴⁶. Os tributários permanentes e as tantas barragens construídas dentro da área de captação albergam aproximadamente 30 espécies de peixe, o que é relativamente pouco quando comparado com outros rios em África. Isto deve se primeiramente ao ambiente severo com a sua larga variação das temperaturas, períodos secos prolongados e níveis do rio muito variáveis. Existem maiores populações de peixe nos tributários permanentes e nas tantas barragens construídas nas áreas de captação, principalmente na África do Sul⁴⁷. Não obstante, o peixe que lá está garante sobrevivência a muitas comunidades que vivem ao longo das margens do rio. A zona baixa do sistema do rio Limpopo é particularmente importante para Moçambique porque contribui para a produtividade das áreas costeiras de águas salobras, onde a produção do peixe e do camarão constitui uma fonte proeminente de alimentos e de rendimento para população local⁴⁸. Os níveis de salinidade no rio poderão aumentar, tornando-o potencialmente inabitável para muitas espécies de peixe. Se largas secções do rio secarem durante as secas mais regulares, muitas espécies de peixes serão incapazes de sobreviver. Isto vai afectar a capacidade de as comunidades que vivem ao longo do rio continuarem com o seu estilo de vida. Os mangais jogam um papel vital para a vida marinha e pescas ao providenciar alimentos e abrigo para um largo e variado grupo de organismos marinhos, incluindo peixe, amêijoas e espécies crustáceas, que são fonte de alimentos e rendimento para as populações locais, especialmente aquelas que vivem na foz do Rio Limpopo. Os mangais providenciam a ponte entre a terra e as comunidades do mar raso, tais como os corais e plantas aquáticas. Extensivas florestas de mangais também suportam uma variedade terrestre de vida selvagem, tais como pequenos mamíferos, répteis e fauna aviária. A subida do nível das águas do mar (sea level rise (SLR) vai resultar na salinização das fontes de água potável (rios, estuários, aquíferos costeiros) e solos, particularmente na foz do Rio Limpopo. Estes são impactos adversos consideráveis para as fontes de água potável e produção agrícola costeira. Contudo, as raízes dos mangais retêm sedimentos e servem como zona de amortecimento de desastres relacionados com SLR como ciclones tropicais, tsunamis, tempestades, furacões e erosão. Os mangais, por consequência, jogam um papel importante na mitigação dos efeitos de cheias severas e elevada salinização, por isso, é importante que eles sejam protegidos contra possível degradação.

Florestas: Isto compreende em larga medida as florestas naturais e bosques⁴⁹, mas apenas uma quantidade limitada de florestas comerciais existe dentro da bacia⁵⁰. Na África do Sul, florestas de grande escala estão confinados ao norte de Mpumalanga e ao longo do

⁴⁵ Ibid.

⁴⁶ Ibid.

⁴⁷ <http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e07.htm#TopOfPage>.

⁴⁸ FAO. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin (<http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e0b.htm>).

⁴⁹ FAO. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin (<http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e0b.htm>).

⁵⁰ Rapid Environmental Appraisal of the Limpopo River Basin, Southern African Research and Documentation Centre (SARDC) <http://www.sardc.net/Imerca/Limpopo/pdf/Limpopo3.pdf>.

escarpamento a leste. Uma floresta comercial limitada também ocorre em Moçambique. Por outro lado, bosques naturais são extensivos dentro da bacia e são a maior fonte de produtos madeireiros, especialmente, material de construção e lenha. Eles também providenciam produtos florestais não madeireiros (PFNMs) tais como frutas indígenas, cogumelos sapos e produtos medicinais⁵¹. À medida que a variabilidade do clima reduz a segurança alimentar na área, as comunidades locais são susceptíveis a virar mais e mais para estes produtos para sobreviver, resultando eventualmente no esgotamento destes recursos.

Saúde e saneamento: a sobre-utilização dos recursos hídricos do rio Limpopo para a agricultura, mineração e uso industrial e a poluição resultante, tem efeitos sociais, económicos, políticos e ambientais adversos, que precisam de ser tidos em conta para a gestão efectiva da bacia. À medida que a variabilidade do clima e a imprevisibilidade da precipitação aumentam, devido às mudanças climáticas, estes efeitos serão agravados. Para além de serem uma ameaça para a vida, as cheias reduzem o acesso à água limpa, resultando em doenças relacionadas com a água, tais como diarreias⁵². Mais ainda, a falta de precipitação, resultando em seca conduz à escassez de água, resultando, por seu turno, numa qualidade de água reduzida, e colocando os serviços de saneamento sob pressão e sérias ameaças a saúde⁵³. Qualidade de água pobre reduz a disponibilidade de água potável provocando implicações socioeconómicas muito sérias⁵⁴.

Biodiversidade: os ecossistemas na bacia foram a base dos recursos naturais da qual grande parte dos habitantes pobres depende para a sua sobrevivência. Como já foi mencionado, são as florestas que são importante fonte de lenha e mangais que quase sempre são considerados como sendo de importância económica e têm uma gama de utilizações⁵⁵. Como um ecossistema, as funções dos mangais de longe excedem o uso dos produtos florestais. Embora a biodiversidade seja geralmente alta na bacia, existem duas áreas específicas referenciadas como pontos nevrálgicos, nomeadamente as florestas costeiras da África oriental e o Maputoland-Pondoland-Albany. Estas são primeiramente costeiras, mas a Maputoland-Pondo-Albany estende-se para o Grande escarpamento⁵⁶. Considerando a vulnerabilidade da área costeira da bacia do rio.

⁵¹ FAO. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin (<http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e0b.htm>).

⁵² Sasman, N. 2010. Impacts of climate change and variability on urban areas in Southern Africa. One World Sustainable Investments (www.oneworldgroup.co.za).

⁵³ Van Hasselt, J. & Chapman A. 2010. Climate change and health in the water sector. One World Sustainable Investments (www.oneworldgroup.co.za).

⁵⁴ Louw, A. & Gichuki, F. 2003. Limpopo Basin Profile: Strategic research for enhancing agricultural water productivity. CPWF (Challenge Program on Water and Food). www.waterforfood.org. Cited in Amaral, H. & Sommerhalder, R. 2004. The Limpopo River basin: Case study on Science and Politics of International Water Management. (http://www.eawag.ch/research_e/apec/seminars/).

⁵⁵ PERSGA, 2004. Status of mangroves in the Red Sea and Gulf of Aden.

⁵⁶ <http://www.limpoporak.com/en/river/ecology+and+biodiversity/biodiversity/biodiversity+in+the+basin.aspx>.

5.2 CONSEQUÊNCIAS ECONÓMICAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM SECTORES CHAVE NA BACIA

As mudanças climáticas afectam grande parte das actividades económicas que têm lugar na bacia, Agricultura, energia, manufacturação e turismo serão os sectores mais afectados na medida em que eles ocorrem em quase todo o lado. Actividades florestais e piscatórias também serão afectadas, contudo, em escala menor⁵⁷. Mesmo sem as mudanças climáticas, existem sérias preocupações sobre a sustentabilidade, a longo termo, de vários sectores económicos na bacia por causa da variabilidade da disponibilidade da água, degradação e secas recorrentes e cheias. Os impactos das mudanças climáticas vão exacerbar estas ameaças e tornar as actividades económicas ainda mais difíceis.

Poucos estudos tentaram quantificar os custos das mudanças climáticas ao nível dos países. Mais ainda, os cálculos da análise do custo/benefício das intervenções de adaptação são ainda mais escassos⁵⁸. Contudo, é possível estimar os custos indicativos examinando os custos dos estragos de eventos extremos passados tais como as secas e as cheias. Estes custos dos estragos resultam da inacção ou baixo nível da capacidade adaptativa dentro dos países como resultado de constrangimentos humanos e financeiros⁵⁹.

5.2.1 Perfil económico da bacia do rio Limpopo

Em termos do PIB, existem vastas disparidades na bacia. Botswana e África do Sul têm um PIB per capita de mais de US\$10,000 enquanto Moçambique e Zimbabwe de menos de US\$1,500 (Tabela 3)⁶⁰.

Tabela 3: Macro-economias nos países da bacia do Limpopo (2010/2011)⁶¹

Pais	População (,000)	Taxa de Cresco. PIB (%)	Inflação (%)	BIP/capita (US\$)
Botswana	2,065	8.6	7	14,000
Moçambique	22,948	7.0	13	1,000
África do Sul	49,004	2.8	4.1	10,700
Zimbabwe	12,084	9	3.7	500

Agricultura: Esta é a actividade económica mais comum dentro da bacia. A contribuição da agricultura para o PIB nos países da bacia varia de ~2% no Botswana e África do Sul para cerca de 20% no Zimbabwe⁶² e 24% em Moçambique. A economia de Moçambique é largamente dominada pelo sector da agricultura (o sector da agricultura emprega 70% da população). É por isso surpreendente que a agricultura represente apenas 24% do PIB⁶³ (28% em 2010)⁶⁴ (Figura

⁵⁷ Limpopo River Basin Fact Sheet. Economic Profile. <http://www.sardc.net/imercsa/limpopo/pdf/Limpopo3.pdf>. [Accessed 8 November 2011].

⁵⁸ Midgley, G., et al. 2007. Impacts, Vulnerability and Adaptation in Key South African Sectors. An input into the Long Term Mitigation Scenarios process Prepared for: Department of Environment Affairs and Tourism South Africa.

⁵⁹ Ibid.

⁶⁰ Central Intelligence Agency (CIA). The World Fact Book. [Accessed 14 November 2011].

⁶¹ Ibid.

⁶² Ibid.

⁶³ The World Bank Group. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Mozambique. The World Bank Group, Washington.

⁶⁴ Central Intelligence Agency (CIA). The World Fact Book. [Accessed 14 November 2011].

24). Isto é, contudo, resultado das contribuições indirectas do sector da agricultura para o PIB, tais como contínua segurança alimentar, geração da renda, alívio da pobreza e emprego, não sendo adequadamente reflectido no PIB. Estes factores são as vezes mais substanciais e vitais para a economia dos países⁶⁵.

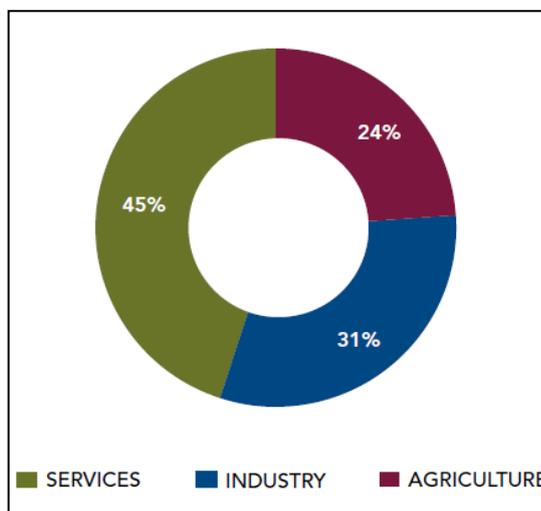


Figura 24: Composição do PIB em Moçambique (CIA Word Factbook, 2009)⁶⁶

Services – Serviços

INDUSTRY – INDUSTRIA

AGRICULTURE – AGRICULTURA

A pecuária constitui a principal forma de agricultura dentro da bacia e compreende ambos os sistemas comercial e comunais^{67,68}. A pastagem comunal é caracterizada pela propriedade e gestão do gado para valor social e poder. Raças comuns de gado criado são de baixa produção mas estão bem adaptadas as severas condições climáticas da bacia. Pequenas espécies tais como cabritos, carneiros e galinhas são usadas como fonte de renda das famílias assim como para o consumo. A pecuária comercial ocorre nas savanas da bacia, embora seja principalmente importante para a actividade económica no Zimbabwe e África do Sul. Embora Moçambique tenha um grande potencial para o desenvolvimento da pecuária, a contribuição da actividade pecuária para a economia nacional tem sido relativamente pequena. Mesmo em 1980/81 quando o número de cabeças de gado bovino atingiu o pico, contou apenas para 5% do total da produção Agrícola⁶⁹.

⁶⁵ Natural Resources Management and Environment Department. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin. <http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e00.htm> FAO Document Repository. [Accessed 8 November 2011].

⁶⁶ The World Bank Group. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Mozambique. The World Bank Group, Washington.

⁶⁷ Natural Resources Management and Environment Department. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin. <http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e00.htm> FAO Document Repository. [Accessed 8 November 2011]

⁶⁸ Limpopo River Basin Fact Sheet. Economic Profile. <http://www.sardc.net/imercsa/limpopo/pdf/Limpopo3.pdf>. [Accessed 8 November 2011].

⁶⁹ Natural Resources Management and Environment Department. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin. <http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e00.htm> FAO Document Repository. [Accessed 8 November 2011]

Energia: Grande parte das comunidades rurais da bacia usam lenha como fonte de energia, O resto da bacia depende de centrais térmicas a carvão e barragens hidroeléctricas situadas tanto dentro da bacia como fora da bacia⁷⁰. As minas de carvão operacionais incluem a Bobonong no Botswana assim como as minas de carvão da província do Limpopo na África do Sul. Em ambos países, África do Sul e Botswana, a maioria das pessoas na bacia vive em áreas urbanas, e muitas têm acesso a energia eléctrica. Apenas 7% de Moçambicanos tem acesso a energia eléctrica e esta procura é respondida por uma mistura de energia gerada termicamente e hidroeléctrica. A procura anual de electricidade em Moçambique era de 2,099 GWh em 2007 e esta procura deverá crescer para 8,290 GWh em 2030⁷¹.

Moçambique possui quatro estações hidroeléctricas de geração de energia. Contudo, estas quatro estações estão situadas na bacia do rio Zambeze. Existem planos de construir mais barragens hidroeléctricas para aumentar as exportações para a África do Sul e para aumentar o abastecimento de energia a população local. Estes planos para desenvolver o potencial hidroeléctrico incluem o projecto da barragem de Massingir que está a ser implementado na barragem de Massingir na bacia do rio Limpopo⁷². Este projecto estava em implementação em 2010⁷³.

Turismo: Esta é uma das indústrias em rápido crescimento na bacia e grande fonte de desenvolvimento da renda nos estados da bacia. Em Moçambique, existe um interesse considerável no turismo, na área costeira da província de Gaza, particularmente em Xai-Xai. Esta área costeira da bacia do rio Limpopo tem característica ambiental única e já está a atrair visitantes provenientes da África do Sul. Os turistas visitam a costa e acampam em parques de campismo nas praias de Zongoene e de Xai-Xai na foz do rio Limpopo⁷⁴. Contudo, a actual contribuição do turismo para o PIB é relativamente baixa. Em 2003, o turismo foi responsável por 1.2% do PIB do país⁷⁵.

Outras actividades económicas: Existe um número de actividades económicas que estão a ter lugar na bacia, e que contribuem para as economias dos quatro países. As comunidades levam a cabo actividades pesqueiras principalmente para a subsistência e há uma quantidade limitada de floresta comercial.

5.2.2 Impactos económicos das mudanças climáticas na bacia

Estudos baseados em observações históricas demonstram que a sensibilidade económica aos choques climáticos é largamente dependente do estágio de desenvolvimento económico do país. A economia de Moçambique está no estágio "intermediário" e é particularmente vulnerável aos choques climáticos tais como secas e cheias como resultado da sua economia de semi-subsistência e um largo sector da agricultura. Países como Moçambique reagem imediatamente

⁷⁰ Limpopo River Basin Fact Sheet. Economic Profile. <http://www.sardc.net/imercsa/limpopo/pdf/Limpopo3.pdf>. [Accessed 8 November 2011].

⁷¹ The World Bank Group. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Mozambique. The World Bank Group, Washington.

⁷² The World Bank Group. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Mozambique. The World Bank Group, Washington.

⁷³ Ibid.

⁷⁴ Limpopo River Basin Fact Sheet. Economic Profile. <http://www.sardc.net/imercsa/limpopo/pdf/Limpopo3.pdf>. [Accessed 8 November 2011].

⁷⁵ The World Bank Group. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Mozambique. The World Bank Group, Washington.

aos choques climáticos com um declínio do PIB, exportações na agricultura, oportunidades de emprego, pobreza rural e impacto negativo na balança de pagamentos (Figura 25)^{76,77}.

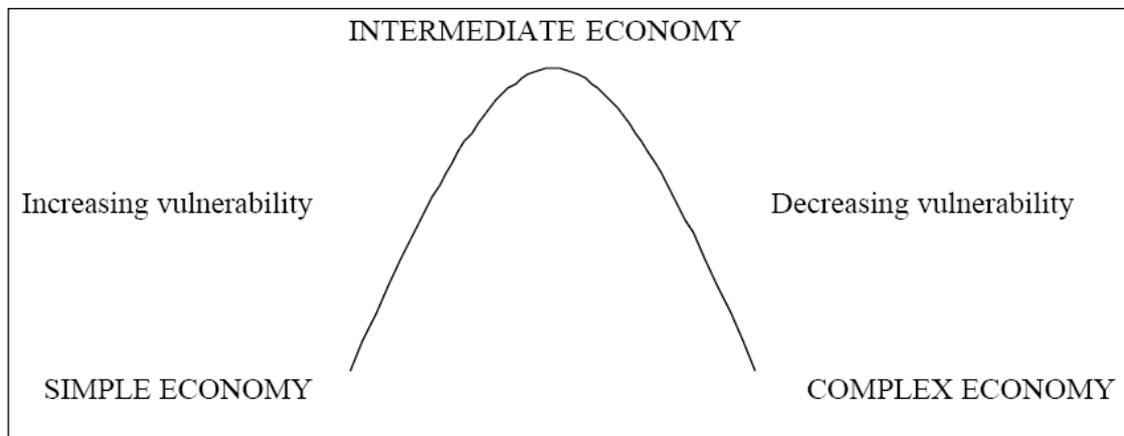


Figura 25: A mudança da vulnerabilidade ao choque climático à medida que a economia desenvolve de simples para complexa (Benson & Clay 2001)⁷⁸.

INTERMEDIATE ECONOMY – ECONOMIA INTERMEDIA
 Increasing Vulnerability – Aumento da Vulnerabilidade
 Decreasing Vulnerability – Decréscimo da Vulnerabilidade
 SIMPLE ECONOMY – ECONOMIA SIMPLES
 COMPLEX ECONOMY – ECONOMIA COMPLEXA

Espera-se que as mudanças climáticas tenham ambos impactos primário e secundário (knock-on) que afectam as famílias e a economia nacionais dos países da bacia (Tabela 4). Os impactos primários vão incluir: i) agricultura, pescas e produção florestal; ii) turismo; iii) geração de energia hidroeléctrica; iv) produção de bens não agrícola mas de consumo de água intensiva (têxteis); e v) disponibilidade doméstica de água. Os efeitos na disponibilidade doméstica de água terão implicações sérias na saúde. Os impactos secundários dos efeitos posteriores tais como o decréscimo da procura, despesa e poupança afectam o PIB⁷⁹.

⁷⁶ World Bank. 2005. MEMORANDUM - The Role of Water in the Mozambique Economy Identifying Vulnerability and Constraints to Growth.

⁷⁷ Benson C. and E. Clay. The Impact of Drought on Sub-Saharan African Economies. Technical paper 401, World Bank, 2001.

⁷⁸ World Bank. 2005. MEMORANDUM - The Role of Water in the Mozambique Economy Identifying Vulnerability and Constraints to Growth.

⁷⁹ Natural Resources Management and Environment Department. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin. <http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e00.htm> FAO Document Repository. [Accessed 8 November 2011].

Tabela 4: *Consequências económicas para a Bacia do Rio Limpopo (impactos primários e secundários) como resultado dos impactos das mudanças climáticas (aumento da intensidade e frequência das secas e cheias)⁸⁰.*

Impactos Económicos	
Impactos primários	Impactos secundários
Negocio reduzido com retalhistas	Aumento do preço dos insumos agrícolas
Carências de alimentos e energia	Subida drástica de preços; Importações caras/substitutos
Perca de culturas para alimentos e renda	Aumento na compra de alimentos, perda da renda
Redução da qualidade pecuária	Venda de produtos de pecuária a um preço de Mercado baixo
Escassez da água	Alto preço dos transportes
Perda do emprego, renda e propriedade	Agravamento da pobreza; subida do desemprego
Menos renda proveniente do turismo e recreação	Agravamento da falta do capital
Contração forçada de empréstimos	Aumento da dívida; aumento do risco de crédito para instituições financeiras

Em Moçambique, os quatro sectores mais vulneráveis às mudanças climáticas incluem: i) agricultura, que emprega 70% da população; ii) energia, particularmente a geração hidroeléctrica; iii) infra-estruturas de transporte, notavelmente as estradas; e iv) áreas costeiras embora não constituam sector, elas directamente caracterizam certas áreas geográficas vulneráveis às cheias e ciclones relacionados ao SLR⁸¹. Mudanças climáticas vão influenciar o crescimento e desenvolvimento da economia de Moçambique através de cinco mecanismos principais: i) mudança da produtividade na agricultura de sequeiro; ii) disponibilidade da água; iii) manutenção de infra-estruturas e sua modernização; iv) eventos extremos; e v) subida dos níveis do mar⁸².

5.2.3 Impactos económicos das mudanças climáticas para os principais sectores na bacia

Agricultura: É geralmente aceite que, em África, o sector da agricultura vai ser, de forma especial, sensível as futuras mudanças climáticas e aumentos na variabilidade do clima. Isto é porque o actual clima já é marginal e é provável que mais aquecimento e mudanças na precipitação terá consequências severas. Estudos agrónomicos sugerem que as colheitas agrícolas e a produção poderão reduzir consideravelmente na ausência de medidas de adaptação climática⁸³.

⁸⁰ Ibid.

⁸¹ The World Bank Group. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Mozambique. The World Bank Group, Washington.

⁸² Ibid.

⁸³ Mendelsen et al 2000. Climate Change Impacts on African Agriculture.

As estimativas existentes indicam que os países da bacia vão sofrer perdas médias de USD 2.39 mil milhões até 2100 como resultado dos impactos das mudanças climáticas sobre o sector da agricultura⁸⁴ (Tabela 5). Danos resultantes das mudanças climáticas no sector da agricultura poderão situar-se entre 0.2–8% do PIB até 2100, com Moçambique a sofrer as perdas mais altas em termos do PIB. A razão porque os impactos económicos sobre a agricultura apenas contam para uma pequena fracção do futuro PIB em 2100 é o facto de que se espera futuro crescimento noutros sectores da economia. Contudo, é possível que esse crescimento noutros sectores seja igualmente prejudicado pelas mudanças climáticas⁸⁵.

Tabela 5: *Impactos económicos das mudanças climáticas expressas como impactos absolutos em mil milhões de dólares em 2100; impactos absolutos como fracção do PIB de 2100; impactos absolutos como fracção do PIB da agricultura em 2100*⁸⁶.

País	Magnitude dos custos como resultado dos danos das futuras mudanças climáticas		
	USD mil milhões	% do PIB	% PIB da agricultura
África do Sul	4.91	0.23	19
Moçambique	2.43	8.02	61
Zimbabwe	2.05	1.33	51
Botswana	0.17	0.61	85

Moçambique é particularmente susceptível às mudanças climáticas como resultado da sua posição geográfica, grande proporção de pessoas que dependem da agricultura de sequeiro, e as fortes ligações que existem entre a agricultura e o resto da economia⁸⁷. Um estudo recente conduzido em Moçambique, usando o modelo Clicrop em combinação com mudanças na precipitação e temperatura de cinco Modelos Globais de Circulação estimou as mudanças de rendimento por ano para as culturas de sequeiro. O rendimento produzido reflectia a redução em termos de rendimentos tanto como resultado da falta de disponibilidade da água assim como encharcamento. Focalizando na porção sul de Moçambique, onde a bacia está localizada, em todos o cenários climáticos, a média líquida do rendimento das culturas foi estimada como baixa relativamente ao rendimento base sem as mudanças climáticas (Tabela 6). Foi estimado que o impacto das mudanças climáticas nos próximos 40 anos iria resultar numa redução do rendimento das maiores culturas em 0.1-5%. Isto, em combinação com os efeitos do aumento na frequência e ocorrência das cheias e secas, vai resultar na perda do PIB da agricultura de 4.5% (conservador) a 9.8 %⁸⁸.

⁸⁴ Ibid.

⁸⁵ Ibid.

⁸⁶ Mendelsen et al 2000. Climate Change Impacts on African Agriculture.

⁸⁷ Natural Resources Management and Environment Department. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin. <http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e00.htm> FAO Document Repository. [Accessed 8 November 2011].

⁸⁸ The World Bank Group. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Mozambique. The World Bank Group, Washington.

Tabela 6: A média da percentagem de mudança em termos de rendimento das culturas como resultado das mudanças climáticas no sul de Moçambique, estipulada ao longo de 50 anos. Os resultados são apresentados a partir de dois modelos globais (CSIR30a2 – dry, e ncarca2 - wet) assim como dois modelos locais (ukmo1_1a1b – dry, e apsi_a2 - wet).

Cultura	Sul de Moçambique				Média
	Seca Global	Pluv. Global	Moçambique Seco	Moçambique húmido	
Mandioca	-3.27	-9.36	-3.2	0.36	-3.8675
Sorgo	0.55	-1.57	1.33	-0.68	-0.0925
Soja	-1.32	-6.06	5.91	1.47	0.00
Batata-doce e Inhame	-0.32	-3.69	-4.45	-0.63	-2.2725
Trigo	-1.64	5.11	2.48	0.2	1.5375
Amendoim	-1.66	-2.9	-3.72	0.58	-1.925
Milho	6.37	3.49	-3.95	-4.36	0.3875
Mapira	-2.78	-10.07	7.85	0.29	-1.1775
Batata	-4.09	-6.78	-3.1	1.29	-3.17
Média	-0.91	-4.67	-0.09	-0.45	-1.53

Energia: planos para desenvolver e expandir energia hidroeléctrica na bacia assim como os recursos que foram alocados a barragem hidroeléctrica de Massingir vão ser seriamente prejudicados pelos impactos das mudanças climáticas. Na medida em que grande parte da energia gerada em Moçambique é exportada para a rede regional, a queda do potencial eléctrico representa perda de renda para Moçambique⁸⁹.

Um estudo recente analisou os potenciais impactos das mudanças climáticas sobre a geração da energia hidroeléctrica em Moçambique. Os autores usaram o modelo Clirun para estimar o fluxo de água nas 18 barragens de geração de energia hidroeléctrica, incluindo a de Massingir, localizado na bacia, considerando quatro cenários climáticos. Os autores usaram as estimativas do fluxo num modelo IMPEND para estimar a geração de energia. O que foi evidente neste estudo foi que a simulação histórica providenciava uma produção máxima de energia hidroeléctrica; enquanto que todos os quatro futuros cenários mostravam uma tendência de diminuição da energia gerada⁹⁰. O potencial défice de energia devido às mudanças climáticas relativamente ao potencial de geração de base de 2005-2050, foi estimada em ~110,000 GWh.

Considerando todos os cenários, excepto o mais pessimista, o impacto das mudanças climáticas no fornecimento de energia era modesta (1.4% menos electricidade gerada do que seria “sem” mudanças climáticas). Dado que a barragem de Massingir foi incluída, este resultado é de esperar na bacia também. Este impacto limitado é porque os planos para novas barragens de geração de energia tomam em consideração padrões de mudança da temperatura e precipitação. Contudo, o impacto mais significativo sobre o sector de energia vai resultar do aumento da evapotranspiração (água disponível para a geração de electricidade) a partir de barragens. Isto não foi considerado neste estudo e, por isso, os impactos das mudanças climáticas sobre o potencial energético da bacia poderá ser ainda maior. Uma das principais fontes de energia na

⁸⁹ Ibid.

⁹⁰ The World Bank Group. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Mozambique. The World Bank Group, Washington.

porção Moçambicana da bacia é a lenha, o efeito das mudanças climáticas sobre esta parte do sector de energia deveria ser considerado em estudos futuros⁹¹.

Transporte: Mudanças de temperatura e precipitação, como resultado das mudanças climáticas vão influenciar as necessidades de manutenção das infra-estruturas em Moçambique. É provável que as infra-estruturas, particularmente estradas, vão necessitar de manutenção mais frequente e mais cara⁹². Um estudo que modelou o impacto de chuvas severas sobre as estradas em Moçambique estimou que os custos acrescidos de manutenção, por ano, ao longo dos próximos 50 anos, directamente atribuível às mudanças climáticas vai variar entre: i) USD 0.5 milhões e USD5 milhões por ano para ambas, estradas pavimentadas e não pavimentadas; e ii) US\$2 milhões e US\$11 milhões por ano para todas as superfícies de estradas. Este impacto económico resultaria da perda do acesso de estradas danificadas, aquedutos e pontes. Dado que o Rio Limpopo é um dos maiores rios em Moçambique, a danificação de aquedutos e pontes seria significativa na bacia. A perda global será substancial por causa da importância dos actuais investimentos necessários no sector⁹³ (Tabela 7).

Tabela 7: Custos (USD) das mudanças climáticas como resultado do aumento das necessidades de manutenção para os diferentes tipos de estradas em Moçambique até 2050. Os custos são estimados usando quatro modelos diferentes, *ncar_ccsm3_0_a2*; *csiro_mk3_a2*; *ipsl_cm4_a2* e *ukmo_hadgem1_a1b*⁹⁴.

	<i>ncar_ccsm3_0_a2</i>	<i>csiro_mk3_a2</i>	<i>ipsl_cm4_a2</i>	<i>ukmo_hadgem1_a1b</i>
Cumulative cost increase for maintaining paved roads	40.3 million	66.0 million	30.7 million	8.9 million
Cumulative cost increase for maintaining gravel and earth roads	87.3 million	180.5 million	67.4 million	50.8 million
Total cumulative maintenance costs from climate change	127.6 million	246.5 million	98.1 million	59.7 million

Cumulative cost increase for maintaining paved roads – Aumento do custo cumulativo para a manutenção das estradas pavimentadas

Cumulative cost increase for maintaining gravel and earth roads - Aumento do custo cumulativo para a manutenção das estradas de terra batida

Total cumulative maintenance costs from climate change – Custos totais cumulativos das mudanças climáticas

Zona Costeira: a zona costeira da bacia tem solos relativamente ricos e um clima favorável a produção Agrícola. Famílias que vivem nas áreas costeiras têm o potencial de produzir 50-60% das suas necessidades básicas. Contudo, futuras mudanças climáticas vão reduzir severamente este potencial⁹⁵. SLR causado pelas mudanças climáticas terá ambos, danos residuais (não monetários) assim como custos totais dos danos residuais (monetários). A subida dos níveis do mar vai de forma significativa aumentar o risco de impactos negativos na terra costeira, particularmente nas áreas baixas e adjacentes. Efeitos a longo termo incluem o aumento da erosão da linha da costa, intrusão de água salgada e perda das terras aráveis costeiras. Efeitos

⁹¹ Ibid.

⁹² Ibid.

⁹³ Ibid.

⁹⁴ Ibid.

⁹⁵ The World Bank Group. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Mozambique. The World Bank Group, Washington.

imediatos incluem também danos de bens de capital situados ao longo das linhas da costa, efectivamente, levando a altos índices de depreciação do capital como resultado da inundação da costa e aumento de ciclones. Migrações forçadas serão igualmente um grande problema nas zonas costeiras. As pessoas serão forçadas a migrar ou da terra definitivamente perdida devido a erosão ou como resultado das cheias ocorrendo mais do que uma vez por ano⁹⁶.

Os resultados dos modelos integrados dos sistemas costeiros mostram que Moçambique vai perder até 0.6% da sua terra como resultado ou da submersão ou erosão costeira nos próximos 50 anos. Isto vai resultar em 2.3% da população sendo forçada a migrar para fora da costa. No pior cenário, o total do custo anual dos danos é estimado a atingir USD103 milhões por ano durante os anos 2040. O potencial da área de terra perdida devido à erosão em Moçambique foi estimado como se situando entre 1 e 3.3 km²/ano nos anos 2040 com uma perda de terra acumulativa até 2050, devido à erosão, de entre 39 e 106 km². Aproximadamente 5% do total da terra vai ocorrer na porção da bacia da provincial de Gaza. O potencial da perda de terra como resultado da submersão está estimado em 105km²/ano nos anos 2010 e mais de 38km²/ano nos anos 2040 com uma perda de terra acumulativa devido a submersão até 2050 a se situar entre 2,655 e 4,744 km². Contudo, estes danos estão principalmente concentrados na província da Zambézia (~49%), Nampula (~25%) e Sofala (~20%)⁹⁷.

Migrações forçadas vão resultar na perda de terra devido a submersão e erosão. Os resultados mostram que aproximadamente 916,000 pessoas vão ser deslocadas até 2040 como resultado das cheias e perda de terra. Províncias como Maputo, Inhambane, Gaza e Cabo Delgado colectivamente contam para 8 por cento destes danos⁹⁸. O resto dos migrantes está distribuído da seguinte maneira: 52% na Zambézia, 23% em Nampula, em 16% em Sofala.

O custo total dos danos residuais para: i) perda de terra; ii) migração; iii) cheias do mar; e iv) cheias dos rios, para Moçambique foram estimados como situando-se entre USD8.9-11.2 milhões por ano nos anos 2010. Nos anos 2040, os custos dos danos foram estimados como estando entre USD31.6-87.0 milhões por ano. É importante notar que cerca de 70% dos danos nos anos 2040 poderão ocorrer mesmo na ausência de mudanças climáticas⁹⁹.

Secas e cheias: dois dos principais impactos das mudanças climáticas que vão contribuir para as perdas, não apenas no sector da agricultura, mas em todos os sectores na bacia, são as cheias e as secas¹⁰⁰. Estes já estão a afectar a bacia resultando em grandes impactos económicos. As mudanças climáticas vão exacerbar isto a medida que a intensidade e ocorrência de cheias e seca aumentar, resultando em consequências económicas para todos os sectores. Grande parte dos modelos prevêem que a probabilidade de ciclones atingirem a costa Moçambicana vai provavelmente aumentar¹⁰¹. Os distritos de Xai-Xai, situados rio acima do vale do rio Limpopo são especiais por serem os mais altamente expostos a ambos, cheias e secas do rio. Estas áreas têm uma densidade populacional relativamente alta e elevado número de pessoas pobres¹⁰².

⁹⁶ Ibid.

⁹⁷ Ibid.

⁹⁸ Ibid.

⁹⁹ Ibid.

¹⁰⁰ Shewmake, S. 2008. Davis. Vulnerability and impact of CC in SA Limpopo River Basin University of California.

¹⁰¹ The World Bank Group. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Mozambique. The World Bank Group, Washington.

¹⁰² Ibid.

- Os custos das cheias e secas incluem¹⁰³:
 - Custos directos dos danos físicos dos bens do capital e inventários, que podem ser avaliados usando os custos de restauração dos bens para o seu padrão anterior (custos de reposição do mesmo padrão);
 - Custos indirectos das perdas dos rendimentos que cessaram; e
 - Custos de assistência, incluindo (i) a provisão de serviços de apoio à vida (e.g. ajuda em alimentos, cuidados de saúde, água própria e saneamento) para as populações cujo acesso a esses serviços foi perdido como resultado do desastre; e (ii) assistência a estas populações para poderem retomar as actividades de subsistência¹⁰⁴.

As cheias na bacia deixam vastas áreas agrícolas submersas. As cheias de 1984, na África do Sul e em Moçambique resultaram em centenas de hectares de cana-de-açúcar a serem arrastados pelas águas, resultando em grandes perdas de solos férteis e aluviais. As casas caíram e pontes e estradas foram arrastadas. Danos em estradas e pontes foram estimados USD2.7 milhões. Os custos das cheias de 2000 foram estimados em USD550 milhões incluindo os custos directos, indirectos e de assistência¹⁰⁵.

As secas de 1991/1992 que ocorreram na África Austral foram tão destruidoras em termos de disponibilidade de água e alimentos. Um total de 86 milhões de pessoas foram consideradas como estando em sério risco de passar fome e as exportações de cereais da SADC caíram de uma média de 11.3 milhões de toneladas para 6.2 milhões de toneladas. Mais aproximadamente 11.4 milhões de toneladas tiveram que ser importadas¹⁰⁶. As secas causam uma perda/fracasso de culturas generalizadas e mortalidade de gado para os países da bacia, assim como a degradação ambiental¹⁰⁷. No Zimbabwe, durante a seca de 1991/92, 70 por cento das cabeças de gado e 98 por cento de berros morreram ou foram eliminados das vendas de emergência ou abate. O Programa Mundial para Alimentação (PMA), sozinho, gastou quase USD200 milhões na provisão de alimentos de emergência. Na África do Sul apenas, aproximadamente 50,000 postos de trabalho foram perdidos no sector da agricultura e mais 20,000 em sectores relacionados, afectando pelo menos 250,000 pessoas.

Os impactos no sector da agricultura impactam seriamente a economia através de ligações com outros sectores. Por exemplo, o sector da agricultura suporta outros sectores através da compra de bens como fertilizantes, químicos e insumos assim como o fornecimento de matéria prima para a indústria. Por isso, embora a contribuição directa da agricultura para o PIB seja pequena, os impactos neste sector tem efeitos que se replicam através de outros sectores e assim afectar a economia nacional. A perda do PIB durante a seca de 1992, na África do Sul foi calculada em 1.8%, representando USD500 milhões¹⁰⁸. Secas como estas vão ser experimentadas com frequências e intensidades maiores e tem potencial de causar reduções sérias dos rendimentos

¹⁰³ World Bank. 2005. MEMORANDUM - The Role of Water in the Mozambique Economy Identifying Vulnerability and Constraints to Growth.

¹⁰⁴ Ibid..

¹⁰⁵ Arndt C., M. Bacou, and A. Cruz. Climate Forecasts in Mozambique: An Economic Perspective. In: Coping with Climate Variability: The Use of Seasonal Climate Forecasts in Southern Africa. Ed. K. L. O'Brien, C. H. Vogel, Ashgate Publishing, England, 2002.

¹⁰⁶ Natural Resources Management and Environment Department. 2004. Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin. <http://www.fao.org/docrep/008/y5744e/y5744e00.htm> FAO Document Repository. [Accessed 8 November 2011].

¹⁰⁷ Ibid.

¹⁰⁸ Ibid.

agrícolas resultando na redução do crescimento da economia e perda de divisas derivadas das exportações agrícolas¹⁰⁹.

Em média, Moçambique experimenta cheias que custam aproximadamente USD240 milhões¹¹⁰ todos os quatro anos e secas que custam aproximadamente USD45 milhões todos os 3-4 anos. Isto traduz-se numa responsabilidade fiscal de longo termo de mais de USD70 milhões anualmente. Os custos totais de choques de água no período 1980-2003 foram de aproximadamente USD1.75 mil milhões¹¹¹. Foi estimado que durante o período 1981 – 2004 o crescimento do PIB de Moçambique foi reduzido numa média de 5.5% cada vez que um choque de água ocorreu. Isto traduz-se numa média de 1% do PIB perdido em cada ano devido aos impactos dos choques de água. Se não forem tomadas medidas os custos futuros a economia nacional serão ainda mais altos. Presumindo que 5% do PIB anual, até 2030 os custos económicos totais devido as cheias e secas vão atingir um valor de cerca de USD3 mil milhões¹¹².

5.2.4 Sumário das consequências económicas das mudanças climáticas na bacia

Os países da bacia diferem na sua capacidade de adaptar-se a mudança da disponibilidade e procura de água em curso, e eventos climáticos extremos, como indicado pelas suas diferenças nos recursos económicos, a vulnerabilidade social, arranjos institucionais e níveis de desigualdade¹¹³. De forma a, de forma adequada, estimar as consequências económicas das mudanças climáticas na porção de Moçambique da bacia do rio Limpopo, os impactos das mudanças climáticas devem ser considerados em todos os países da bacia. Mais ainda, vai ser importante avaliar toda informação local de base que existe. A situação de base deve ser descrita por forma a interpretar como é que os impactos das mudanças climáticas vão desviar desta linha de base. Os distritos da bacia, em Xai-Xai (situado rio acima), em Moçambique, foram estudados extensivamente e existe uma informação de base significativa. Os custos residuais totais dos danos das mudanças climáticas para um país como Moçambique foram bem estudados. Contudo, estes custos precisam de, de forma adequada, serem reduzidos para que possam ser relevantes para o nível da bacia.

A Tabela 8 mostra um sumário dos impactos económicos das mudanças climáticas para Moçambique.

¹⁰⁹ Ibid.

¹¹⁰ All costs quoted in this section are in constant 2004 prices.

¹¹¹ Benson C. and E. Clay. The Impact of Drought on Sub-Saharan African Economies. Technical paper 401, World Bank, 2001

¹¹² World Bank. 2005. MEMORANDUM - The Role of Water in the Mozambique Economy Identifying Vulnerability and Constraints to Growth.

¹¹³ Goulden, M; Conway, D & Persechino, A., (2009): Adaptation to climate change in international river basins in Africa: a review / Adaptation au changement climatique dans les bassins fluviaux internationaux en Afrique: une revue, Hydrological Sciences Journal, 54:5, 805-828.

Tabela 8: *impactos das mudanças climáticas e consequências económicas para Moçambique.*

Impacto das mudanças climáticas	Magnitude dos custos (Potenciais perdas ou ganhos)
Mudanças de produtividade em terras secas para agricultura	Perdas de USD 2.43 mil milhões em 2100; que se traduz em 8.02% do PIB em 2100 e 61% do PIB agrícola em 2100.
Redução dos campos agrícolas como resultado da falta disponibilidade de água e excesso de água causando alagamentos.	Nos próximos 40 anos, impactos das mudanças climáticas vão levar a redução de 0.1 – 5% nos campos agrícolas da parte sul de Moçambique. Isto em combinação com os efeitos de cheias mais frequentes vai resultar na perda do PIB agrícola entre 4.5% (conservador) e 9.8% ¹¹⁴ .
Aumentos na intensidade e frequência das cheias e secas	Moçambique experimenta cheias que custam cerca de USD240 milhões ¹¹⁵ a cada 4 anos e secas que custam cerca de USD45 milhões a cada 3-4 anos. As mudanças climáticas vão provavelmente acelerar as reduções associadas aos eventos extremos. Se nenhuma medida for tomada os futuros custos para a economia nacional serão muito maiores. Pressupondo um crescimento do PIB anual agrícola em 5%, em 2030 os custos económicos totais devido às cheias e secas vão atingir o valor de cerca de USD3 mil milhões ¹¹⁶ .
Danos em todas superfícies de ruas	Aumento dos custos de manutenção entre USD 2 – 11 milhões por ano até 2050.
Danos em ruas pavimentadas e não pavimentadas, directamente atribuíveis às mudanças climáticas.	Ruas pavimentadas: Aumento dos custos de manutenção entre USD 0.5-5 milhões por ano até 2050. Ruas não pavimentadas: Aumento dos custos de manutenção entre USD 0.5-5 milhões até 2050.
Reduzido fluxo de água nas instalações hidroeléctricas.	Défice do potencial energético devido a mudanças climáticas foi estimado em aproximadamente 110,000 GW/h.
Perda de terras costeiras como resultado do aumento do nível do mar	Moçambique vai perder até 0.6% da área terrestre nacional (4,850 km ² de terra) nos próximos 50 anos. No pior cenário, os custos dos danos anuais totais estimados poderão atingir USD103 milhões por ano nos anos 2040.
Migração forçada como resultado do aumento do nível do mar	Aproximadamente 2.3% da população (~916,000 pessoas) serão forçadas a migrar para longe da costa nos próximos 50 anos
Perda de terra; migrações; inundações de mares e rios	Custos estimados dos danos variam entre USD 8.9-11.2 milhões por ano em 2010. Nos anos 2040, os custos dos danos foram estimados em USD31.6-87.0 milhões por ano ¹¹⁷ .

5.3 VULNERABILIDADE SOCIAL DAS COMUNIDADES LOCAIS NA BACIA

5.3.1 Introduzindo vulnerabilidade social

Tal como muitos países africanos, Moçambique exhibe alta vulnerabilidade perante exposição as mudanças climáticas. Vulnerabilidade é um termo contestado e tem as suas origens na literatura sobre desastres naturais e segurança alimentar, e é agora muitas vezes aplicado na avaliação dos

¹¹⁴ The World Bank Group. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Mozambique. The World Bank Group, Washington.

¹¹⁵ All costs quoted in this section are in constant 2004 prices.

¹¹⁶ World Bank. 2005. MEMORANDUM - The Role of Water in the Mozambique Economy Identifying Vulnerability and Constraints to Growth.

¹¹⁷ The World Bank Group. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change, Mozambique. The World Bank Group, Washington.

impactos das mudanças climáticas. Contudo, uma evolução no entendimento da vulnerabilidade foi ocorrendo ao longo do tempo. Nas avaliações do impacto anteriores, o foco era colocado somente sobre a exposição de risco de um ecossistema a um desastre. Neste caso, as apresentações precedentes da exposição às mudanças climáticas proposta e seus efeitos na produção de culturas e disponibilidade de água teriam sido considerados suficientes. Isto pode ser definido como “resultado da vulnerabilidade”¹¹⁸. Contudo, mais recentemente, tem se reconhecido que as pessoas medeiam a maneira na qual elas vão experimentar os choques e riscos ambientais. Como resultado, a vulnerabilidade social é tida como a capacidade antecipar, resistir, lidar e responder a um perigo¹¹⁹. A vulnerabilidade social refere a um grupo particular ou unidade social de exposição, e especialmente as estruturas e instituições – económica, política e social – que governam vidas humanas. Contrariamente a ser o que restou depois de uma exposição climática ter ocorrido (os impactos residuais das mudanças climáticas), esta “vulnerabilidade contextual” esta enraizada nas actuais condições social, económica e política¹²⁰. Determinar os impactos das mudanças climáticas projectadas reflecte não apenas possível exposição e vulnerabilidade biofísica (do ecossistema), mas também a vulnerabilidade social das pessoas na bacia.

Em comparação com a avaliação da possível exposição às mudanças climáticas ou vulnerabilidade biofísica, os métodos para determinar a vulnerabilidade social são de certa forma diferentes. Para avaliar uma possível exposição às mudanças climáticas e vulnerabilidade biofísica, os modelos são usados trazendo à superfície os possíveis resultados. A vulnerabilidade social, contrariamente, em vez de ser vista como resultado, é vista mais como um potencial estado das sociedades humanas que pode afectar a maneira como elas experimentam os desastres^{121,122,123}. Este potencial estado está em constante fluxo, reflectindo a sua dependência da interacção dinâmica com uma gama de processos sociais que influenciam a capacidade de indivíduos, grupos sociais, sectores, regiões e ecossistemas a responder a vários choques socioeconómicos e biofísicos^{124,125}. Os mais vulneráveis são aqueles que estão expostos a perturbações, que possuem uma limitada capacidade de lidar e aqueles que são menos resistentes à recuperação¹²⁶. Assim, determinar a vulnerabilidade social, tipicamente, envolve avaliar o actual estado da vulnerabilidade social caso um desastre natural venha a ocorrer no futuro. Desta maneira, determinar as pessoas ou lugares de alta vulnerabilidade social, destaca as áreas prioritárias para a adaptação através da redução da vulnerabilidade.

¹¹⁸ O'Brien, K., Eriksen, S., Nygaard, L.P. and Schjolden, A., 2007: Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses, *Climate Policy*, 7, 73 – 88.

¹¹⁹ Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., and Wisner, B., 1994: *At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters*, Routledge, London.

¹²⁰ O'Brien, K., Eriksen, S., Nygaard, L.P. and Schjolden, A., 2007: Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses, *Climate Policy*, 7, 73 – 88.

¹²¹ Adger, W.N., 1999: Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam. *World Development*, 27, 249-269.

¹²² Adger, W.N. and Kelly, P.M., 1999: Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4, 253-266.

¹²³ Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., and Wisner, B., 1994: *At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters*, Routledge, London.

¹²⁴ Leichenko, R.M. and O'Brien, K.L., 2002: The dynamics of rural vulnerability to global change: the case of Southern Africa. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7, 1-18.

¹²⁵ Comfort, L., Wisner, B., Cutter, S., Pulwarty, R., Hewitt, K., Oliver-Smith, A., Wiener, J., Fordham, M., Peacock, W., and Krimgold, F., 1999: Reframing disaster policy the global evolution of vulnerable communities. *Environmental Hazards*, 1, 39-44.

¹²⁶ Bohle, H.G., Downing, T.E., and Watts, M.J., 1994: Climate change and social vulnerability. *Global Environmental Change*, 4, 37-48.

Dadas as evidências do diferencial da vulnerabilidade social perante os perigos ou riscos de exposição ambiental mais amplos, um número de estudo tem tentado caracterizar as determinantes que podem contribuir para a vulnerabilidade ou o seu estado recíproco de Resistência^{127,128}. Então, vulnerabilidade é uma função de bens económicos, sociais, políticos, ambientais e tecnológicos. Quem, onde, e quando a vulnerabilidade e o desastre atacam é determinado por forças humanas e físicas definem a alocação desses bens na sociedade¹²⁹. Isto é dependente da escala do inquérito. Em larga escala, processos macro serão mais importantes em determinar a distribuição e produção dos direitos. Na bem avançada literatura sobre segurança alimentar, as fomes são explicadas com a teoria dos direitos¹³⁰, onde a distribuição e reprodução dos direitos depende de factores estruturais da economia política que precipita o fracasso dos direitos^{131,132,133}. Perante exposição às mudanças climáticas, algumas populações vão ser capazes de chamar pelos seus direitos para se adaptarem ao risco, por exemplo através da consciência e preparação, seguro para as perda e diversificação das estratégias de sobrevivência. Um estudo mostra como a vulnerabilidade colectiva (ao nível da comunidade ou ao mais alto) até ao extremo na costa de Vietname é determinada pelas estruturas institucionais e do mercado¹³⁴. Em contraste, a escala local, o papel da agência humana tem maior influência no acesso aos recursos e estatuto social ao nível da família. Em tais casos os direitos são socialmente e espacialmente diferenciados de acordo com factores tais como o género, etnicidade, religião, classe e idade^{135,136,137,138}. O facto de a vulnerabilidade estar embebida em processos largos também cria a oportunidade de redução ou aumento através da amplificação social do risco¹³⁹.

5.3.2 Determinantes/componentes da vulnerabilidade social

A vulnerabilidade social e pobreza são muitas vezes combinadas embora, de facto, elas não sejam a mesma coisa. No seu lugar, muitas vezes, os determinantes da vulnerabilidade social e determinantes da pobreza são similares. Em Moçambique, ao nível macro, a história política do país tem sido a força determinante por detrás da vulnerabilidade social. A história colonial, seguida de uma guerra civil e as limitações económicas associadas, significa que os níveis da pobreza são altos e a economia é naturalmente dependente de recursos, com a maioria da

¹²⁷ Pelling, M., (ed). 2003: *Natural disasters in a globalising world*. Routledge, London.

¹²⁸ Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., and Wisner, B., 1994: *At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters*, Routledge, London.

¹²⁹ Pelling, M. and Uitto, J., 2001: Small island developing states: natural disaster vulnerability and global change. *Environmental Hazards*, **3**, 49-62.

¹³⁰ Sen, A., 1981: *Poverty and famines: an essay on entitlement and deprivation* Clarendon Press, Oxford.

¹³¹ Downing, T.E., (ed.) 1996: *Climate change and world food security*. Springer, Heidelberg.

¹³² Bohle, H.G., Downing, T.E., and Watts, M.J., 1994: Climate change and social vulnerability. *Global Environmental Change*, **4**, 37-48.

¹³³ Watts, M.J. & Bohle, H.G., 1993: The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine. *Progress in Human Geography*, **17**, 43-67.

¹³⁴ Adger, W.N., 1999: Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam. *World Development*, **27**, 249-269.

¹³⁵ Denton, F., 2002: Climate change vulnerability, impacts, and adaptation: why does gender matter? *Gender and Development*, **10**, 10-20.

¹³⁶ Enarson, E., 2000: Gender issues in natural disasters: talking points and research needs. In ILO InFocus Programme on Crisis Response and Reconstruction Workshop, Geneva.

¹³⁷ Wisner, B., 1998: World views, belief systems, and disasters: implications for preparedness, mitigation and recovery, Vol. 2003.

¹³⁸ Cutter, S.L., 1995: The forgotten casualties: women, children and environmental change. *Global Environmental Change*, **5**, 181-194.

¹³⁹ Kasperson, R.E., Kasperson, J.E.X., & Turner, B.L.; 1995: *Regions at risk: comparisons of threatened environments* United Nations University Press, Tokyo.

população engajada na agricultura e pesca. Tal como outros países da África Austral, a migração internacional da força de trabalho tem sido tradicionalmente alta, particularmente para a África do Sul¹⁴⁰.

Alcançar segurança alimentar desde há muito que tem sido um problema em Moçambique. Isto reflecte não apenas as condições do tempo variáveis, mas também a vulnerabilidade social criada através de uma economia dependente da agricultura. A guerra civil impediu o desenvolvimento efectivo do mercado e levou a sérios fracassos do mercado em várias partes do país, com os resultantes altos níveis de dependência na produção dos países vizinhos¹⁴¹. O país tem uma longa história de dependência da ajuda alimentar importada, tanto ao nível bilateral como multilateral. A grande seca de 1992 levou a dependência da ajuda alimentar, mas as evidências mostraram que a gestão da ajuda alimentar teve efeitos positivos no desenvolvimento de sector informal de comercialização de alimentos e no sector de moagem de pequena escala, tendo os dois contribuído para o desempenho melhorado do mercado e segurança alimentar observados desde esse tempo¹⁴².

Outro determinante importante do nível de vulnerabilidade social é a disponibilidade do capital social. Capital social é um atributo a indivíduos e suas relações que reforça a sua capacidade de resolver os problemas de acção colectiva. As noções comuns que aparecem na definição do capital social incluem reciprocidade e trocas, regras comuns, normas e sanções e conectividade, redes e grupos¹⁴³. As maiores distinções são derivadas entre vínculos e capital social de redes. O capital social do vínculo refere-se às ligações familiares e amigos relacionados ao parentesco, obrigação e reciprocidade¹⁴⁴. Capital social de redes é um conceito mais distante e relaciona-se com as ligações com pessoas fora do parentesco ou grupos de amizade que são baseados na confiança e crenças e objectivos comuns. Capital social muitas vezes é visto para desenvolver, particularmente na ausência de um estado provedor, onde as instituições locais são um substituto das estruturas de governação formais.

As mudanças climáticas agem como um stress adicional para as famílias que já estão sujeitas ao stress económico e político. Mais ainda, a interacção combinada de múltiplos stresses pode afectar a capacidade das famílias rurais de responder aos riscos climáticos. Isto é particularmente importante para o caso de Moçambique onde a história política recente afectou o ambiente económico, com a recente liberalização, integração do mercado e privatização das indústrias estatais. Um estudo de duas aldeias rurais na província de Gaza, avaliou como pessoas se relacionavam com o mercado, ao mesmo tempo que lidavam com a seca de 2002-03¹⁴⁵. Muitas pessoas aumentaram o comércio informal e empregos ocasionais quando a sua produção Agrícola fosse afectada – mas as diferenças na capacidade de se envolver em actividade baseadas no mercado foram observadas, dependendo da capacidade económica das famílias. Pequenos agricultores tinham a tendência de se ocuparem em actividades que mal asseguravam

¹⁴⁰ Muanamoha, R. C., Maharaj, B., and Preston-Whyte, E., 2010, Social networks and undocumented Mozambican migration to South Africa, *Geoforum*, 41, 885–896.

¹⁴¹ Tschirley, D. L. and Weber, M. T., 1994, Food Security Strategies Under Extremely Adverse Conditions: The Determinants of Household Income and Consumption in Rural Mozambique, *World Development*, 22 (2), 159-173.

¹⁴² Tschirley, D. L., 1998, Planning for Drought in Mozambique: Balancing the Roles of Food Aid and Food Markets, Ministry of Agriculture and Fisheries, Directorate of Economics, Research Report No. 29.

¹⁴³ Adger, W.N., 2003: Social Capital, Collective Action and Adaptation to Climate Change. *Economic Geography*, 79, 387-404.

¹⁴⁴ Ibid.

¹⁴⁵ Eriksen, S. and Silva, J.A., 2009, The vulnerability context of a savanna area in Mozambique: household drought coping strategies and responses to economic change, *Environmental Science and Policy*, 12, 33 – 52.

sobrevivência económica e as quais, as vezes, perigavam a capacidade de resposta, enquanto que apenas os agricultores de grande escala tinham o capital e habilidades requeridas para negociar uma boa posição nos mercados urbanos¹⁴⁶.

Múltiplos stresses são também diferencialmente experimentados pelas comunidades, dependendo da sua localização geográfica. Adicionalmente às áreas rurais do interior, o estudo olhou para as percepções dos stressores e suas fontes, impactos e consequências que as comunidades costeiras têm, incluindo em volta de Maputo¹⁴⁷. Reflectido as pressões colocadas pela actividades humana sobre os recursos costeiros, em conjunto com os riscos de exposição das mudanças climáticas para o ecossistema, uma Gestão Integrada da Zona Costeira há muito que tem sido defendida¹⁴⁸. Stressores climáticos (ex: aumento da temperatura e chuvas erráticas) são classificados em alta na lista dos stressores humanos e naturais que têm impactos negativos nas famílias e no bem-estar. Tal como acontece com as áreas do interior, há evidências de que stressores climáticos interagem com os relacionados com o ambiente económico. Os respondentes reportaram machambas perdidas e crescente dependência de recursos marinhos, altos preços de alimentos e de combustíveis e dependência de comerciantes afundada pelas tendências negativas do mercado global¹⁴⁹.

5.3.3 Vulnerabilidade social na bacia de Limpopo

Desde que a bacia de o azar de experimentar muitas cheias anteriores, alguns estudos foram feitos para avaliar os factores que contribuíram para a vulnerabilidade social. Os resultados destes estudos sublinham a importância das forças determinantes da vulnerabilidade social sublinhadas acima, nomeadamente os níveis de riqueza/pobreza, diversificação dos meios de subsistência, a extensão da integração do mercado, e capital social.

A seguir às cheias de 2000, o Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural, em conjunto com a Universidade de Estado de Michigan conduziram uma análise usando a informação existente sobre as famílias rurais para descrever as características sociais e económicas chaves de pequenos agricultores nas zonas atingidas pelas cheias¹⁵⁰. Dez dos 22 distritos afectados pelas cheias tinham sido inqueridas como parte de uma pesquisa dos pequenos agricultores em 1996, e assim as características foram consideradas representativas das famílias afectadas pelas cheias. Famílias chefiadas por mulheres existem em número considerável na região e representam 20% do total das famílias afectadas pelas cheias. A maioria das famílias são dependentes do cultivo do milho, e minorias substanciais (entre 21% em Manica e 47% em Gaza) reportaram ter machambas nas baixas - deixando implícito que eles teriam perdido as suas culturas devido às cheias. Para além disso, um número significativo de famílias era dependente da renda resultante da vendada da sua força de trabalho, particularmente para os agricultores vizinhos. Dado que estas oportunidades terão reduzido em consequência das cheias, famílias adicionais terão sofrido consequências negativas para a sua renda e subsistência.

¹⁴⁶ Ibid.

¹⁴⁷ Bunce, M., Rosendo, S and Brown, K., 2010, Perceptions of climate change, multiple stressors and livelihoods on marginal African coasts, *Environment, Development and Sustainability*, 12, 407–440.

¹⁴⁸ Chemane, D., Motta, H. and Achimo, M., 1997, Vulnerability of coastal resources to climate changes in Mozambique: a call for integrated coastal zone management, *Ocean and Coastal Management*, 37 (1), 63-8.

¹⁴⁹ Bunce, M., Rosendo, S and Brown, K., 2010, Perceptions of climate change, multiple stressors and livelihoods on marginal African coasts, *Environment, Development and Sustainability*, 12, 407–440.

¹⁵⁰ Benfica, R., Arlindo, P., Weber, M. T. and Tschirley, D., 2000, *Representative Characteristics of Rural Households in Areas of Central and Southern Mozambique Affected by the 2000 Floods*, Ministry of Agriculture and Rural Development, Department of Policy Analysis.

As respostas da comunidade às cheias de 2000 foram igualmente afectadas pela natureza das estratégias de subsistência e a extensão da diversificação na bacia. Olhando para duas comunidades do interior do Limpopo, um dos "papers" mostra que as cheias de 2000 ultrapassaram a capacidade de resposta do conhecimento e capital social em ambas as comunidades¹⁵¹. Adicionalmente, as cheias tiveram um grande impacto negativo nas famílias mais ricas já que os bens perdidos incluem capital físico de alto valor como casas e gado, quando comparados com o baixo valor do capital físico e culturas das famílias mais pobres.

Pesquisas igualmente sublinharam o papel da “dupla exposição” aos stressores económicos e ambientais – e como a interacção entre os dois afecta os pequenos agricultores na bacia do rio Limpopo. No geral, as pessoas são resistentes aos stressores ambientais, mas mostram pouca Resistência aos stressores socioeconómicos e choques que tem sido intensificados pela globalização económica¹⁵². Mais importante ainda, responder as condições económicas muitas vezes torna as pessoas mais vulneráveis aos riscos e desastres climáticos. Políticas de ajustamento estrutural que resultaram da liberalização económica alteraram as abordagens da agricultura o que por sua vez aumenta a vulnerabilidade às mudanças ambientais. Muitos pequenos agricultores têm tentado participar no Mercado, mas isto tem requerido deles a deslocação das técnicas de cultivo que estavam adaptadas às condições da bacia – por exemplo semear muitas parcelas – na medida em que estas não são comercialmente viáveis¹⁵³. Um "paper" similar reitera estas conclusões, mostrando que instituições informais, diversificação da subsistência e sistemas de uso colectivo da terra que permitem reciprocidade, flexibilidade e a capacidade de abafar os choques são essenciais para as famílias serem resistentes perante a exposição¹⁵⁴.

O capital humano também tem sido mostrado como determinante da vulnerabilidade social na bacia. Capital humano refere-se a quantidade de características pessoais, e personalidade. A província de Gaza, que abrange grande parte da bacia em Moçambique, tem um dos mais altos índices de prevalência do HIV no país, cerca de 16% e também maior prevalência de malária, cerca de meio milhão de pessoas em 2002¹⁵⁵. Ambos, o estado do HIV e a incidência da malária afectam capacidade de uma pessoa responder às mudanças climáticas, e por isso poder torná-lhes mais vulneráveis perante a exposição. Existem igualmente diferenças de género no capital humano entre homens e mulheres, o que significa que o género joga um papel importante na determinação da vulnerabilidade social¹⁵⁶. Ao mesmo tempo, estudo mostrara que a capacidade de adaptação aos riscos climáticos depende das percepções desses riscos – se as pessoas não percebem clima como sendo um problema, elas são menos prováveis de apoiar as acções de adaptação¹⁵⁷.

¹⁵¹ Brouwer, R. and Nhassengo, J., 2006, About bridges and bonds: community responses to the 2000 floods in Mabalane District, Mozambique, *Disasters*, 30(2): 234–255, Overseas Development Institute, Blackwell Publishing, Oxford.

¹⁵² Silva, J. A., Eriksen, S. and Ombe, Z. A., 2010, Double exposure in Mozambique’s Limpopo River Basin, *The Geographical Journal*, 176 (1), 6 – 24.

¹⁵³ Ibid.

¹⁵⁴ Osbahr, H., Twyman, C., Adger, W. N. and Thomas, D. S. G., 2008, Effective livelihood adaptation to climate change disturbance: Scale dimensions of practice in Mozambique, *Geoforum*, 39, 1951–1964.

¹⁵⁵ MICOA, 2003: Mozambique Initial National Communication to the UNFCCC. Maputo, MICOA.

¹⁵⁶ Ribeiro, N. and Chauque, A., no date, *Gender and Climate change: Mozambique Case Study*, Heinrich Boll Stiftung Southern Africa.

¹⁵⁷ Patt, A. G. and Schroeter, D., 2008, Perceptions of climate risk in Mozambique: Implications for the success of adaptation strategies, *Global Environmental Change*, 18, 458– 467.

5.3.4 Quantificando a vulnerabilidade social

Um número de avaliações da vulnerabilidade a escala macro foi levado a cabo na África Austral e em Moçambique¹⁵⁸. Estes incluem a avaliação regional anual Comité Regional da Avaliação da Vulnerabilidade (CRAV) a insegurança alimentar (complementado pela avaliação equivalente do Comité Nacional de Avaliação da Vulnerabilidade). Outras avaliações regionais foram igualmente conduzidas, olhando para aspectos de mudanças ambientais¹⁵⁹. Existem também avaliações da vulnerabilidade da bacia internacional do rio Limpopo, comparando a situação em Moçambique com a do Zimbábue, África do Sul e Botswana¹⁶⁰.

No outro extremo da escala, muitas avaliações da vulnerabilidade e do risco ao nível da comunidade têm sido levados a cabo em Moçambique. Uma abordagem de mapeamento participativo foi realizada na bacia do¹⁶¹. Um projecto de adaptação climática em África desenvolveu uma metodologia para a avaliação da vulnerabilidade baseada na comunidade, numa variedade de contextos, incluindo Moçambique¹⁶². Como parte do estudo sobre Adaptação Económica às Mudanças Climáticas, abordagens de desenvolvimento de cenários participativo foram criadas usando as ferramentas de visualização com base no GIS¹⁶³.

Dado o tempo e as condições dos recursos desta avaliação, trabalho de campo primário não é apropriado para determinar vulnerabilidade social. Em vez disso, nós colectamos informação como parte das pesquisas existentes e manipula-la ao nível do distrito. O método mais apropriado para usar ao nível de análise do distrito é o desenvolvimento de indicadores de vulnerabilidade. Por forma a reflectir as múltiplas forces motrizes da vulnerabilidade, os indicadores podem ser combinados para formar um índice. Isto foi feito para Moçambique com o desenvolvimento do Índice da Vulnerabilidade de Subsistência (IVS) para os distritos de Mabote e Moma¹⁶⁴. Considerando que vulnerabilidade é contexto específico, o índice será desenvolvido para reflectir indicadores que são apropriados para captar a variabilidade da vulnerabilidade social ao nível dos distritos na bacia do Limpopo. A Tabela 9 fornece a lista de potenciais indicadores que serão usados para desenvolver o índice de vulnerabilidade.

¹⁵⁸ Eriksen, S., Vogel, C., Ziervogel, G., Steinbruch, F. and Nazare, F. 2009, Vulnerability assessments in the developing world: Mozambique and South Africa, in A. Patt, R. Klein, A. de la Vega-Leinert (eds), *Environmental Vulnerability Assessment for Policy and Decision-Making*, Earthscan, London.

¹⁵⁹ Swatuk, L.A., 2007, Southern Africa, Environmental Change and Regional Security: An assessment, Wissenschaftlicher Beirat Der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU).

¹⁶⁰ UN-HABITAT/UNEP, 2007, *Limpopo Basin Strategic Plan for Reducing Vulnerability to Floods and Droughts*, Draft for Discussion with Riparian Governments.

¹⁶¹ Kienberger, S., 2008, *Toolbox & Manual Mapping the vulnerability of communities. Example from Búzi, Mozambique*, Funded by Munich Re Foundation and supported by INGC, Maputo –Mozambique and CIG-UCM, Beira – Mozambique.

¹⁶² Annecke, W., 2010: Assessing vulnerability, *Tiempo*, Issue 77, 7 – 9.

¹⁶³ Kuriakose, A.T., Bizikova, L. and Bachofen, C. A., 2009, Assessing Vulnerability and Adaptive Capacity to Climate Risks: Methods for Investigation at Local and National Levels, Social Dimensions of Climate Change, Social Development Papers, Paper No. 116.

¹⁶⁴ Hahn, M. B., Riederer, A.M., and Foster, S., 2009: The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change--A case study in Mozambique, *Global Environmental Change*, 19 (1), 74-88.

Tabela 9: Indicadores potenciais de vulnerabilidade social.

Determinante da vulnerabilidade	Indicadores potenciais
Capital humano	Rácio da dependência
	Proporção de famílias chefiadas por mulheres
	Proporção de famílias onde o chefe nunca frequentou escola
	Proporção de famílias com órfãos
	Proporção de famílias com um membro em estado de doente crónico
Capital Social	Proporção de famílias com um membro a trabalhar noutra comunidade
	Proporção de famílias que nunca procuraram assistência do governo no último ano
Capital natural	Proporção de famílias que somente depende da agricultura
Capital físico	Proporção de famílias com instrumentos agrícolas próprios
	Proporção de famílias que não tem acesso as fontes de água
	Distância média da Estrada mais próxima
Capital financeiro	Número médio dos meses em que famílias lutam para encontrar alimentos

5.3.5 Fontes de informação para a avaliação da vulnerabilidade social da bacia do Limpopo

A intenção é usar informação do nível familiar de diferentes distritos dentro da bacia para desenvolver o índice. Esta informação será buscada a partir dos conjuntos de informação seguintes:

- Pesquisas sobre subsistência baseadas no HEA¹⁶⁵;
- Informação do Comité de Avaliação de Vulnerabilidade (CAV) de Moçambique

¹⁶⁵ No author, 2007, The Household Economy Analytical Framework, *The links between HEA and the IPC*. Version 1.1.

6: Caminho a seguir

O próximo passo no projecto será o desenvolvimento do índice de vulnerabilidade para a secção de Moçambique da bacia usando indicadores apropriados. O resultado será usado para interpretar a vulnerabilidade social das comunidades com uma resolução boa a medida do que a informação permite. Isto será geograficamente intersectado com os resultados do fluxo e modelação de culturas usando projecções reduzidas para sublinhar as áreas prioritárias e actividades económicas chave que necessitam de verificação climática. Os resultados combinados serão usados para desenvolver um conjunto de intervenções de adaptação apropriadas para as actividades socioeconómicas identificadas, vulnerabilidades e localizações geográficas. Isto vai formar a base dos produtos chave para o Resultado 2 ex: Identificação das actividades e iniciativas prioritárias e áreas para verificação climática, na secção de Moçambique da bacia do rio Limpopo. Este relatório estará disponível em meados de Dezembro de 2011.

**Anexo A: Lista de resultados modelados para análise do
fluxo (gerados três cenários de mudanças climáticas).**

Campo No.	Nome do Campo	Descrição
1	ID	ArcView's sistema de numeração interna (IGNORE)
2	GRIDCODE	Único ID da Bacia
3	echampstflwavg	ECHAM Media do fluxo annual anterior (1961-2000)
4	chamfutflwavg	ECHAM Media do fluxo annual futura (2046-2065)
5	chamflwavgpct	ECHAM Percentagem da mudança no fluxo medio anual
6	champstfldmrk	ECHAM Magnitude anterior de cheias típicas (80th percentuais de fluxos anuais)
7	chamfutfldmrk	ECHAM Magnitude de cheias típicas futuras(80th percentuais dos fluxos anuais)
8	echamfldmrkpct	ECHAM Percentagem de mudança em magnitude de cheias típicas
9	echamfldyrspct	ECHAM Percentagem de mudança na frequência das cheias
10	gfdlpstflwavg	GFDL Media annual do fluxo anterior (1961-2000)
11	gfdlfutflwavg	GFDL Media annual do fluxo futura(2046-2065)
12	gfdflwavgpct	GFDL Percentagem de mudança na media annual do fluxo
13	gfdlpstfldmrk	GFDL Magnitude anterior de cheias típicas (80th percentuais de fluxos anuais)
14	gfdlfutfldmrk	GFDL Magnitude de cheias típicas futuras(80th percentuais dos fluxos anuais)
15	gfdlfldmrkpct	GFDL Percentagem de mudança em magnitude de cheias típicas
16	gfdlfldyrspct	GFDL Percentagem de mudança na frequência das cheias
17	ipslpstflwavg	IPSL Media annual do fluxo anterior (1961-2000)
18	ipslfutflwavg	IPSL Media annual do fluxo futura(2046-2065)
19	ipsflwavgpct	IPSL Percentagem de mudança na media annual do fluxo
20	ipslpstfldmrk	IPSL Magnitude anterior de cheias típicas (80th percentuais de fluxos anuais)
21	ipslfutfldmrk	IPSL Magnitude futura de cheias típicas(80th percentuais dos fluxos anuais)
22	ipslfldmrkpct	IPSL Percentagem de mudança em magnitude de cheias típicas
23	ipslfldyrspct	IPSL Percentagem de mudança na frequência das cheias
24	cccmapstflwavg	CCCMA Media annual do fluxo anterior (1961-2000)

Campo No.	Nome do Campo	Descrição
25	cccmafutflwavg	CCCMA Media annual do fluxo futura(2046-2065)
26	cccmafllwavgpct	CCCMA Percentagem de mudança na media annual do fluxo
27	cccmapstfldmrk	CCCMA Magnitude anterior de cheias típicas (80th percentuais de fluxos anuais)
28	cccmafutfldmrk	CCCMA Magnitude futura de cheias típicas(80th percentuais dos fluxos anuais)
29	cccmafldmrkpct	CCCMA Percentagem de mudança em magnitude de cheias típicas
30	cccmafldyrspct	CCCMA Percentagem de mudança na frequência das cheias
31	cnrmpstflwavg	CNRM Media annual do fluxo anterior (1961-2000)
32	cnrmfutflwavg	CNRM Media annual do fluxo futura(2046-2065)
33	cnrmflwavgpct	CNRM Percentagem de mudança na media annual do fluxo
34	cnrmpstfldmrk	CNRM Magnitude anterior de cheias típicas (80th percentuais de fluxos anuais)
35	cnrmfutfldmrk	CNRM Magnitude futura de cheias típicas(80th percentuais dos fluxos anuais)
36	cnrmfldmrkpct	CNRM Percentagem de mudança em magnitude de cheias típicas
37	cnrmfldyrspct	CNRM Percentagem de mudança na frequência das cheias
38	cgcmpstflwavg	CGCM Media annual do fluxo anterior (1961-2000)
39	cgcmfutflwavg	CGCM Media annual do fluxo futura(2046-2065)
40	cgcmflwavgpct	CGCM Percentagem de mudança na media annual do fluxo
41	cgcmpstfldmrk	CGCM Magnitude anterior de cheias típicas (80th percentuais de fluxos anuais)
42	cgcmfutfldmrk	CGCM Magnitude futura de cheias típicas(80th percentuais dos fluxos anuais)
43	cgcmfldmrkpct	CGCM Percentagem de mudança na frequência das cheias típicas
44	cgcmfldyrspct	CGCM Percentagem de mudança na frequência das cheias
45	miubpstflwavg	MIUB Media annual do fluxo anterior (1961-2000)
46	miubfutflwavg	MIUB Media annual do fluxo futura(2046-2065)
47	miubflwavgpct	MIUB Percent change in average annual flow
48	miubpstfldmrk	MIUB Magnitude anterior de cheias típicas (80th percentuais de fluxos anuais)
49	miubfutfldmrk	MIUB Magnitude futura de cheias típicas(80th percentuais dos fluxos anuais)
50	miubfldmrkpct	MIUB Percentagem de mudança na magnitude das cheias típicas
51	miubfldyrspct	MIUB Percentagem de mudança na frequência das cheias (com que regularidade as cheias do passado excederam no futuro)
52	flwchgmat	Percentagem media da mudança no fluxo medio

Campo No.	Nome do Campo	Descrição
53	fldchgmt	Percentagem media na magnitude das cheias
54	fyrchgmt	Percentagem da mudança na frequência das cheias
55	pflwhimat	Probabilidade de aumento da media annual do fluxo
56	pflwmimat	Percentagem de não mudança na media annual do fluxo
57	pflwlomat	Probabilidade da media do fluxo reduzida
58	pfldhimat	Probabilidade de aumento da magnitude das cheias
59	pfldmimat	Probabilidade de uma magnitude das cheias permanecer inalteravel
60	pfldlomat	Probabilidade de magnitude das cheias reduzida
61	pfyrhimat	Probabilidade de aumento da frequência das cheias
62	pfyrmimat	Probabilidade de a frequência das cheias permanecer inalteravel
63	pfyrlomat	Probabilidade de uma frequencia das cheias reduzida

Anexo B: Lista de resultados modelados para análise da produtividade das culturas (gerados três cenários de mudanças climáticas).

Campo No.	Nome do Campo	Descrição
1	ID	ArcView's internal numbering system (IGNORE)
2	GRIDCODE	Unique Basin-ID
3	echamwdiffond	ECHAM Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ
4	echamwdiffjfm	ECHAM Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR
5	echamwfailond	ECHAM Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para OUT-NOV-DEZ
6	echamwfailjfm	ECHAM Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para JAN-FEV-MAR
7	gfdlwdiffond	GFDL Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ
8	gfdlwdiffjfm	GFDL Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR
9	gfdlwfailond	GFDL Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para OUT-NOV-DEZ
10	gfdlwfailjfm	GFDL Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para JAN-FEV-MAR
11	ipslwdiffond	IPSL Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ
12	ipslwdiffjfm	IPSL Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR
13	ipslwfailond	IPSL Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para OUT-NOV-DEZ
14	ipslwfailjfm	IPSL Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para JAN-FEV-MAR
15	cccmawdiffond	CCCMA Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ
16	cccmawdiffjfm	CCCMA Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR
17	cccmawfailond	CCCMA Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para OUT-NOV-DEZ
18	cccmawfailjfm	CCCMA Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para JAN-FEV-MAR
19	cnrmwdiffond	CNRM Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ
20	cnrmwdiffjfm	CNRM Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR
21	cnrmwfailond	CNRM Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para OUT-NOV-DEZ

Campo No.	Nome do Campo	Descrição
22	cnrmwfailjfm	CNRM Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para JAN-FEV-MAR
23	cgcmwdiffond	CGCM Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ
24	cgcmwdiffjfm	CGCM Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR
25	cgcmwfailond	CGCM Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para OUT-NOV-DEZ
26	cgcmwfailjfm	CGCM Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para JAN-FEV-MAR
27	miubwdiffond	MIUB Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ
28	miubwdiffjfm	MIUB Mudança no desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR
29	miubwfailond	MIUB Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para OUT-NOV-DEZ
30	miubwfailjfm	MIUB Mudança da probabilidade anual de perca da cultura (WRSI<50) para JAN-FEV-MAR
31	wdiffondmed	Mudança média no desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ
32	wdiffjfmmed	Mudança média no desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR
33	wfailondmed	Mudança media annual da probabilidade de perda da cultura(WRSI<50) para UCT-NOV-DEZ
34	wfailjfmmed	Mudança media annual da probabilidade de perda da cultura (WRSI<50) para JAN-FEV-MAR
35	wdiffondhi	Probabilidade de aumento media annual do desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ
36	wdiffondlo	Probabilidade de decréscimo da media annual do desempenho da cultura (WRSI) para OUT-NOV-DEZ
37	wdiffondmi	Probabilidade de media annual de desempenho da cultura inalterada (WRSI) for OUT-NOV-DEZ
38	wdiffjfmhi	Probabilidade de aumento media annual do desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR
39	wdiffjfmlo	Probabilidade de decréscimo da media annual do desempenho da cultura (WRSI) para JAN-FEV-MAR
40	wdiffjfmhi	Probabilidade de media annual de desempenho da cultura inalterada (WRSI) para JAN-FEV-MAR
41	wfailondhi	Probabilidade de aumento da media annual da probabilidade de perca da cultura (WRSI<50) para OUT-NOV-DEZ
42	wfailondlo	Probabilidade de decrescimo da media annual da probabilidade de perca da cultura (WRSI<50) para OUT-NOV-DEZ
43	wfailondmi	Probabilidade da media annual da probabilidade de perca da cultura inalterada(WRSI<50) para OUT-NOV-DEZ
44	wfailjfmhi	Probabilidade de aumento da media annual da probabilidade de perca da cultura (WRSI<50) para JAN-FEV-MAR
45	wfailjfmlo	Probabilidade de decrescimo da media annual da probabilidade de perca da cultura (WRSI<50) para JAN-FEV-MAR
46	wfailjfmhi	Probabilidade da media annual da probabilidade de perca da cultura inalterada (WRSI<50) para JAN-FEV-MAR