



Integrated Water Resource Management
For Improved Rural Livelihoods
CGIAR Challenge Program on
WATER & FOOD



Drought characterization at Limpopo Basin Mozambique

RUI BRITO AND CLÁUDIO JULAIA

*Department of Rural Engineering, Faculty of Agronomy and Forestry Engineering,
University Eduardo Mondlane*

August 2007

Bacia do Limpopo

(Projectos CP 17 e CP 1)



Descrição das Secas na Bacia do Limpopo em Moçambique

Agosto 2006

Membros da equipe

*Rui Brito (coordenador)
Cláudio Julaia*

1. Introdução.

Entre os riscos naturais, as secas são responsáveis por prejuízos avultados em vários sectores da actividade humana, em particular na agricultura e no sector familiar. As secas têm características específicas que as tornam bastante diferentes dos outros desastres naturais. As cheias, os ciclones e os sismos têm um início relativamente brusco, duração e extensão geográfica mais ou menos restrita. As secas, pelo contrário, começam lentamente, podem ter durações muito longas e abranger extensas áreas geográficas (Vaz, 1993).

As consequências das secas podem ser directas e indirectas: entre as consequências directas, destacam-se o deficiente fornecimento de água para abastecimento urbano, os prejuízos na agricultura, na indústria e na produção de energia hidroeléctrica, as restrições à navegação nos rios e à pesca nas águas interiores. Como consequências indirectas têm-se os incêndios florestais, os problemas fitossanitários, o aumento da concentração de poluentes nos meios hídricos e a consequente degradação da qualidade da água, a erosão e a longo prazo a desertificação nas regiões de climas áridos e semi-áridos.

A experiência nas décadas mais recentes permite afirmar que, duma maneira geral, as sociedades estão mal preparadas para enfrentarem secas. Devido às próprias características da seca, esta apenas é reconhecida tardiamente e, quando se chega a intervir, só se consegue uma mitigação limitada das suas consequências mais negativas. Nos países desenvolvidos, estas consequências traduzem-se em prejuízos mais ou menos graves nos domínios económico, social e ambiental. Nos países em desenvolvimento, ela pode adicionalmente causar milhares de mortos como aconteceu recentemente na Etiópia e em Moçambique (Vaz, 1993).

Em Moçambique a seca é a calamidade mais comum e devastadora que tem afectado a Bacia do Limpopo. É um fenómeno historicamente frequente com grandes impactos na vida das populações. A bacia do Limpopo é muito vulnerável dado que as precipitações são muito irregulares e imprevisíveis. A estação chuvosa frequentemente não inicia conforme as previsões e, ao ocorrer, a precipitação cai na sua maioria concentrada em poucos dias.

Na bacia do Limpopo, as secas severas têm ocorrido em intervalos de 7 a 11 anos, sendo as secas de menor intensidade as que ocorrem mais regularmente. A seca de 1991-92 foi a pior que há memória, tendo afectado a bacia inteira e a maior parte da região Austral de África (INGC et al., 2003).

O presente trabalho surge no âmbito do projecto de gestão integrada dos recursos hídricos na bacia do Limpopo. Tem como objectivo caracterizar as secas na bacia do Limpopo, contribuindo deste modo para um melhor conhecimento da ocorrência, frequência e magnitude deste fenómeno.

2. Generalidades.

Neste capítulo dá-se uma definição resumida das secas, a sua evolução e características e, discute-se também alguns dos seus impactos ao nível da região. Definem-se também uma série de índices que são os mais usados para a caracterização das secas.

2.1 Conceito de Seca.

As secas são percebidas de modo diferente em regiões com diferentes características climáticas, e com diferentes níveis de utilização de água. Este facto contribui para a inexistência de uma definição rigorosa da seca universalmente aceite e, de um modelo uniforme de abordagem para o seu estudo havendo, várias definições de seca:

Duma forma geral, secas são situações de escassez de água, resultante de precipitações insuficientes, elevada evapotranspiração, super exploração de recursos hídricos ou, de uma combinação destes factores.

A seca pode ser definida como sendo um fenómeno com contornos mal definidos que se desenvolve lentamente no tempo, resultando não de um défice grave registado num intervalo de tempo relativamente curto mas, na acumulação de efeitos ao longo duma série de intervalos de tempo. Isto determina que o início e o fim de uma seca apenas possam ser detectados à posteriori. A verificação de um défice pode não significar a existência de uma situação de seca assim como a ocorrência de um período chuvoso durante uma seca em curso pode não ser suficiente para terminar essa seca (Vaz, 1993).

Existem na verdade muitas formas de se definir a seca, dependendo da temática da abordagem se ela é feita sobre o ponto de vista da precipitação, da agricultura, da hidrologia ou ainda sob um ponto de vista socioeconómica. Assim, definem-se quatro tipos de secas, a seca meteorológica, a seca agrícola, a seca hidrológica e, a seca socioeconómica.

2.1.1 Seca Meteorológica

É determinada com base exclusivamente do desvio da precipitação em relação ao seu valor normal, sendo caracterizada por precipitações ocorridas abaixo do normal. Esta falta relativa de água induz um desequilíbrio entre a precipitação e a evaporação que normalmente ocorre a qual é depende de entre outros factores da velocidade do vento, da temperatura, da humidade do ar e da insolação. A definição de seca meteorológica é

assim dependente das características normais duma região, variando de região para região em função da sua especificidade. Os seus efeitos estão também muito associados à especificidade da região e ao grau e ao tempo de duração do défice hídrico ocorrido.

Este tipo de seca existe quando numa determinada região ocorrem precipitações abaixo dos 70 a 75% do valor normal durante um período prolongado (INGC et al., 2003).

2.1.2 Seca Agrícola

A seca agrícola aparece quando, durante o período vegetativo da planta, há humidade insuficiente no solo levando ao deficiente desenvolvimento na planta ou mesmo à perda total da colheita. A seca agrícola resulta de uma conjugação de diferentes factores entre os quais se destacam aos factores meteorológicos em particular a precipitação e a evapotranspiração (a seca geralmente coincide com a falta de chuva associada a temperaturas elevadas e ventos fortes e secos com baixa humidade), factores relacionados com o solo como a infiltração e a capacidade de armazenamento de água e, factores relacionados com a cultura como a profundidade radicular e a tolerância ao stress hídrico.

2.1.3 Seca Hidrológica.

A seca hidrológica está relacionada com a redução dos níveis médios de água armazenada nos reservatórios de superfície e subterrâneos e com a depleção de água no solo. Este tipo de seca está normalmente desfasado da seca meteorológica, dado ser necessário um período maior para que as deficiências na precipitação se traduzem em deficiências nos reservatórios. Este tipo de seca é também definido em resultado do impacto das baixas precipitações nos recursos hídricos de superfície e subterrâneos com a conseqüente redução do abastecimento de água aos centros urbanos e industriais, aos sistemas de regadio, na produção de energia hidroeléctrica entre outros.

2.1.4 Seca Socioeconómica.

A seca socioeconómica está relacionada com o impacto da seca sobre as actividades do homem, incluindo os impactos directos e indirectos na produção agrícola e outras actividades económicas. Ocorre quando o défice de água induz a falta de bens ou serviços (energia eléctrica, alimentos entre outros) devido a um volume de água inadequado resultante duma má distribuição das chuvas, dum aumento no consumo, ou

ainda numa má gestão dos recursos hídricos. Ela é a expressão económica dos impactos da seca hidrológica nas diferentes actividades sócio económica da sociedade.

O esquema apresentado na figura 1 expressa a sucessão e a possível evolução temporal na cadeia de fenómenos resultantes duma seca. Este processo inicia com a seca meteorológica desencadeando uma série de eventos que podem vir a resultar na seca agrícola e mais tarde, em função da duração da seca, numa seca hidrológica com impactos maiores e mais graves. A dimensão e a gravidade do problema são basicamente dependentes da extensão e da duração da seca meteorológica.

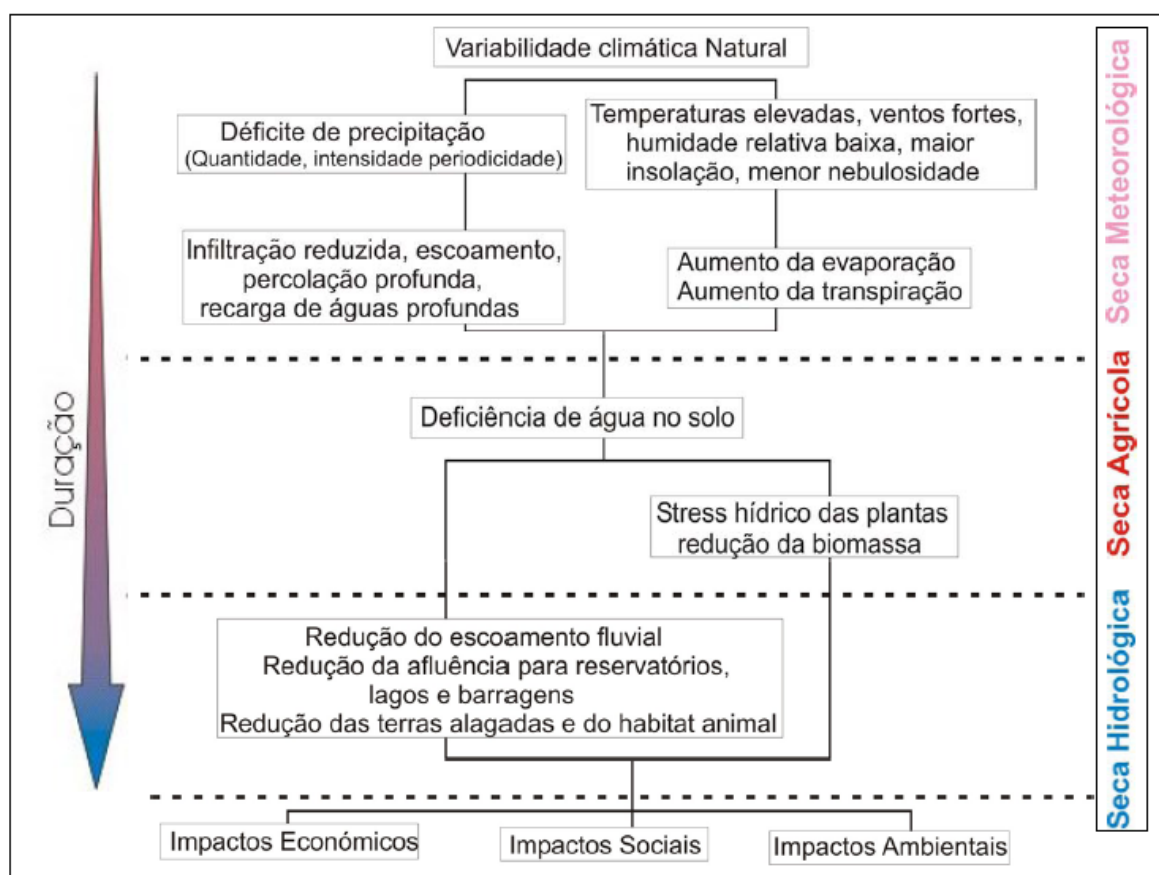


Figura 1: Evolução das secas em função da duração e dos impactos (adaptado de Silva et al. 2005).

2.2 Características da Seca.

A seca pode ser definida como uma precipitação persistentemente abaixo da média, ocorrendo com frequência, duração e severidade aleatórias, cuja previsão é difícil ou mesmo impossível, afectando a disponibilidade dos recursos hídricos, os ecossistemas naturais e as actividades socioeconómicas (Pereira, 2005). Ela resulta da interacção de

vários factores externos à região como o processo de circulação dos ventos e das correntes marinhas que se relacionam com o movimento atmosférico, impedindo a formação de chuvas em determinados locais e, factores internos como a vegetação pouco robusta, a topografia e a alta reflectividade do solo.

A principal característica da seca é o esgotamento da humidade do solo, onde as plantas entram num processo de fenecimento por falta de água. Há também a diminuição no suprimento da água subterrânea e a conseqüente redução e eventual cessação do fluxo nos cursos de água, causando a “morte” dos rios.

Para o restabelecimento normal do clima húmido, é necessário que o índice pluviométrico de precipitação supere o índice de evapotranspiração. Isto é, a quantidade de chuva deve superar a quantidade de evaporação da região em questão.

O fenómeno da seca difere dos outros desastres naturais por várias razões de entre as quais se destacam:

- Ausência de uma definição de seca precisa e universal;
- Dificuldade em se determinar o início e o fim da seca;
- Iniciam-se lentamente e só são perceptíveis quando já estão de facto estabelecidas;
- São de longa duração e afectam grandes áreas;
- Os impactos são não-estruturais, não incidem sobre infra-estruturas físicas, mas sobre estruturas produtivas, ambientais e sobre a vida das populações;
- Os seus impactos podem durar muito tempo, para além do período após as secas se terem dissipado;
- A severidade dos impactos não só depende da duração, da intensidade e da dimensão espacial da seca, mas também da dimensão de utilização da água (recursos hídricos) por parte das actividades humanas e dos ecossistemas naturais e produtivos específicos das regiões onde ocorre a seca e,
- São imprevisíveis ou, pelo menos é ainda muito difícil fazer-se a sua previsão.

Um aspecto marcante que distingue as secas das cheias é o tempo de duração. Com efeito, as secas caracterizam-se por uma duração longa, na ordem de várias décadas, meses ou mesmo anos, enquanto as cheias acontecem subitamente e pontualmente. Um outro aspecto que diferencia as secas das cheias é a área afectada, nas secas para além dos vales dos rios e das planícies de inundação, que são as zonas normalmente afectadas pelas cheias, as secas abrangem áreas muito mais vasta e extensas afectando na globalidade os recursos hídricos da região como os aquíferos e os lagos naturais de

entre outros. Ainda, ao contrário das cheias, as secas mostram uma tendência de ocorrerem em anos consecutivos.

As secas apresentam um comportamento simultaneamente aleatório e de desastre (Pereira, 2005)

- *Aleatório*: por serem acontecimentos naturais com ocorrências imprevisíveis mas de recorrência determinada, traduzindo a variabilidade climática numa região.
- *Desastre*: por corresponderem à diminuição da precipitação, causando quebras no abastecimento hídrico aos ecossistemas naturais e agrícolas assim como às várias outras actividades humanas.

2.3 Impacto da Seca no Sudeste de África.

A seca, em termos económicos, sociais e ambientais, é o desastre natural mais importante no sudeste de África (FAO, 2004). Este fenómeno tem efeitos primários e secundários nas pessoas e na economia nacional. Os impactos primários ou físicos incluem a redução na produção agrícola, na geração de energia hidroeléctrica e na disponibilidade da água para o uso doméstico com implicações na saúde. Os impactos secundários são aqueles que afectam o produto doméstico bruto (gross domestic product), como por exemplo, a redução na produção industrial que pode conduzir a uma inflação e ao despedimento de trabalhadores, resultando num aumento do desemprego. A tabela 01 dá uma listagem dos impactos geralmente associados às secas na África austral, podendo também ser aplicados às outras áreas propensas à seca no sudeste Africano.

Tabela 1. Alguns dos impactos da seca na região da África austral.

Impactos primários	Impactos secundários
Sociais	
interrupção na distribuição dos recursos hídricos	migração, repovoamentos, conflitos entre os usuários da água
aumento na procura de água	maior conflitos entre os usuários da água
terras marginais tornam-se menos sustentáveis	pobreza, aumento do desemprego
redução nos rendimentos das colheitas e da qualidade das pastagens	“Overstocking”, redução na qualidade de vida
despedimentos	redução dos rendimentos ou mesmo falta de rendimentos
aumento na insegurança alimentar	má nutrição e fome; descontentamento e conflitos sociais
aumento na concentração de poluentes	maior risco na saúde pública
distribuição injusta da ajuda	aumento no descontentamento e desconfiança social
aumento de fogos naturais	aumento do risco das populações e animais
aumento da urbanização	pressão social maior, segurança diminuída

Ambientais	
Maior danificação dos habitats naturais	perda de biodiversidade
redução da produtividade das terras florestais, agrícolas e das pastagens	rendimento reduzido e escassez alimentar
redução nos níveis de água	menor acesso à água
redução da nebulosidade	maior seca das plantas
aumento nas temperaturas diárias	aumento do risco de incêndios
aumento da evapotranspiração	secura e morte das culturas
aumento das tempestades de areia	aumento do risco de erosão dos solos e da poluição do ar
decréscimo da produtividade do solo	desertificação e degradação do solo (erosão da superfície do solo)
decréscimo dos recursos hídricos	falta de água para abeberamento e alimentação
redução da qualidade de água	aumento de doenças relacionadas com a água
Económicos	
redução nos negócios com retalhistas	subida nos preços dos produtos e mercadorias agrícolas
insuficiências em comida e energia	subida drástica dos preços; importação de produtos alternativos mais caros
perda de colheitas para alimentação e venda	gastos maiores na compra de alimentos e perdas de receitas
baixa na qualidade do gado	venda de gado a preços de mercado mais reduzidos
escassez de água	aumento dos custos de transporte
perda de emprego, receitas e propriedade	aumento da pobreza e desemprego
baixas das receitas do turismo e recreação	aumento do défice de capital
empréstimos financeiros “forçados”	aumento da dívida e maior risco de crédito para as instituições financeiras

(adaptado de: FAO, 2004)

2.4 Índices de Seca.

Para caracterização da seca são utilizados diferentes índices que representam uma combinação de factores importantes que determinam o grau de intensidade e de duração duma determinada seca. Alguns dos índices mais comuns que se usam para a caracterização, detecção e monitoramento das secas são:

- Percentagem da Normal,
- Decis (Deciles),
- Índice de Palmer de Severidade da Seca (PDSI),
- Índice de Humidade da Planta (Crop Moisture Index - CMI) e,
- Índice Padronizado de Precipitação (Standardized Precipitation Index - SPI).

a) Percentagem da Normal.

Este índice é calculado dividindo a precipitação actual pela precipitação normal (normalmente considerada como sendo a média de 30 anos) e multiplicando por 100%. As precipitações estão abaixo do normal quando o índice for inferior a 100%. Este índice pode ser calculado em qualquer escala de tempo (semanas, décadas, mês, estação e ano), e tem como grande vantagem a sua simplicidade e facilidade de determinação e, a existência de dados disponíveis na maioria das estações.

Uma das desvantagens deste método é quando a distribuição da precipitação no período considerado não obedece a uma distribuição normal. Nestas circunstâncias há uma diferença entre a média e a mediana, sendo a mediana o valor com uma probabilidade e ocorrência de 50%.

b) Decis.

Consiste em dividir a série de precipitação em 10 partes iguais e, por ordem crescente da precipitação mais baixa à mais elevada, designar os intervalos do 1º decil, do 2º decil até ao 10º decil. O 1º decil corresponde aos valores da precipitação que não excedam os 10% dos valores mais baixos. O 2º decil corresponde aos valores da precipitação que não excedam os 20% dos valores mais baixos. Com base nesta divisão, determina-se a probabilidade de ocorrência de determinado evento e classifica-se qualitativamente a seca. Por exemplo, um valor inferior ou igual ao 2º decil, é um valor que acontece em cerca de 20% dos anos, o que equivale a dizer que tem uma probabilidade de ocorrência de 20%. Para a classificação qualitativa das secas segundo este método, os decis são agrupados em seis classes distintas como indicado na tabela 2.

Tabela 2. Classificação das secas com base nos decis

Intervalo inter- decis	Designação Qualitativa
1	extremamente seco
2	muito seco
3,4	seco
5,6	normal
7,8	chuvoso
9	muito chuvoso
10	extremamente chuvoso

Fonte: Hayes (2006)

c) Índice de Palmer de Severidade da Seca (PDSI).

Este índice foi desenvolvido inicialmente por Palmer com o objectivo de se usar um sistema de classificação de secas padronizado que permitisse a comparação das secas

entre várias regiões distintas. Ele reflecte o desvio num determinado período de tempo da humidade do solo do seu valor normal, sendo calculado com base nos conceitos de balanço hídrico. Este método toma em consideração a precipitação média no período de análise, a temperatura média no mesmo período e, a humidade do solo disponível no local no mesmo período. Neste método determinam-se todos as componentes do balanço hídrico na zona radicular, a recarga da zona radicular, o escoamento superficial, a evapotranspiração e outras perdas na zona radicular. Neste índice não se toma em consideração a influência do homem no balanço hídrico como por exemplo através da irrigação.

Ele representa uma medida da intensidade da seca (ou da chuva) e responde a condições do tempo que estiveram anormalmente secas ou anormalmente chuvosas. Detecta períodos de seca e chuvosos, classificando-os em termos da sua intensidade como indicado na tabela 3.

Tabela 3. Classificação para períodos secos e períodos chuvosos segundo o índice de Palmer (PDSI)

Valor de PDSI	Categoria
4,00 ou mais	extremamente húmido
3,00 a 3,99	severamente húmido
2,00 a 2,99	moderadamente húmido
0,50 a 1,99	fracamente húmido
0,49 a - 0,49	normal
- 0,50 a -1,99	fracamente seca
- 2,00 a -2,99	moderadamente seca
- 3,00 a -3,99	severamente seca
- 4,00 ou menos	extremamente seca

Fonte: Hayes (2006)

Nos últimos tempos, este índice tem sido muito contestado por vários pesquisadores por apresentar algumas desvantagens tais como a complexidade de cálculo (fazem parte do procedimento de cálculo 68 termos), a arbitrariedade na designação das classes de severidade de seca e, a elevada sensibilidade do método ao conteúdo de água disponível no solo, tornando-se difícil a sua aplicação em áreas extensas e heterogéneas.

d) Índice de Humidade da Planta (Crop Moisture index-CMI).

Este índice foi desenvolvido também por Palmer mais para monitorar semanalmente as condições de humidade em grandes regiões de produção agrícola. É baseado na temperatura média e na precipitação observada em cada semana num local específico. Enquanto o PDSI foi concebido para monitorar períodos secos e húmidos a longo prazo, este índice de humidade da planta (CMI) foi desenvolvido para avaliar a curto prazo as

condições de humidade nas regiões de grande produção agrícola. Uma característica que limita o uso deste índice para avaliar a seca a longo prazo é o facto de, durante a estação de crescimento, o CMI inicia e termina próximo do zero. No entanto o índice permite identificar as secas durante o período de produção agrícola. Este índice complementa assim o índice de Palmer (PDSI).

e) Índice padronizado da precipitação (SPI).

O Índice padronizado da precipitação (SPI) é determinado com base na precipitação e, permite quantificar o défice de precipitação em diferentes escalas temporais de um, dois, três, seis, nove, 12 ou mais meses, traduzindo o impacto da seca na disponibilidade dos diferentes recursos hídricos, na humidade do solo e na agricultura mais a curto prazo e nas barragens e aquíferos mais a longo prazo.

o SPI é determinado com base nos dados históricos durante o período considerado, sendo transformados numa distribuição normal com o valor SPI igual a zero como valor médio da região em estudo. Assim, uma precipitação total durante um período de tempo específico é identificada por um valor específico de SPI. Valores de SPI positivos indicam precipitações acima da precipitação média e valores negativos indicam precipitações abaixo da média.

McKee et al. (1993) usaram os valores de SPI para definirem a existência ou não de seca e o seu grau de intensidade. Segundo McKee et al., uma seca ocorre sempre que o valor do SPI seja continuamente negativo tendo atingindo uma intensidade igual ou menor que menos um (-1,0). A seca termina quando o valor do SPI se torna positivo. A classificação é feita com base nos limites indicados na tabela 4, permitindo caracterizar não somente as secas mas também os períodos mais húmidos. Este método tem a grande vantagem de padronizar a análise permitindo comparar regiões totalmente distintas como por exemplo regiões com climas mais húmidos e chuvosos com regiões mais áridas e secas.

Tabela 4: Classificação dos períodos secos e chuvosos segundo o índice SPI.

Valor de SPI	Categoria
2,00 ou mais	extremamente húmido
1,50 a 1,99	severamente húmido
1,00 a 1,49	moderadamente húmido
- 0,99 a 0,99	próximo do normal
- 1,00 a -1,49	moderadamente seco
- 1,50 a -1,99	severamente seco
- 2,00 ou menos	extremamente seco

Fonte: Hayes et al. (1999)

O presente trabalho usa o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) para fazer a descrição das secas na bacia do Limpopo.

3. Metodologia.

Para a descrição das secas na bacia do Limpopo, utilizou-se o índice padronizado de precipitação (SPI). A parte moçambicana que está dentro da bacia é composta por doze distritos, porém neste trabalho analisou-se apenas três, escolhidos de acordo com as três zonas da bacia, o baixo, o médio e o alto Limpopo. Os três locais seleccionados são o Xai-Xai, no baixo Limpopo e perto da costa, o Chókwè no médio Limpopo e, o Pafúri no alto Limpopo na fronteira com o Zimbabué e África-do-Sul na região mais seca do Limpopo em Moçambique. O SPI foi calculado para estas três regiões para três diferentes intervalos de tempo ou períodos:

- (i) anual considerando o ano hidrológico que se inicia em Outubro;
- (ii) a época chuvosa de seis meses que vai de Outubro a Março e,
- (iii) a primeira época de crescimento agrícola, coincidindo com os primeiros três meses a partir do início do ano hidrológico.

Determinou-se também a percentagem de ocorrência da seca, para cada intervalo de tempo e categoria de seca, dividindo o número de secas ocorridas de cada categoria pelo número total de secas em cada intervalo de tempo.

Para o caso do Chókwè onde há mais dados disponíveis e onde se estão a levar a cabo uma série de ensaios de campo relacionados com a agricultura em sequeiro, fez-se uma descrição mais detalhada das características das chuvas.

4. Resultados e Discussão.

Este capítulo apresenta e discute os dados para a caracterização das secas na região do Limpopo, em particular no baixo, no médio e no alto Limpopo. Aborda também algumas das características relevantes das chuvas que tem influência nos rendimentos na agricultura em sequeiro.

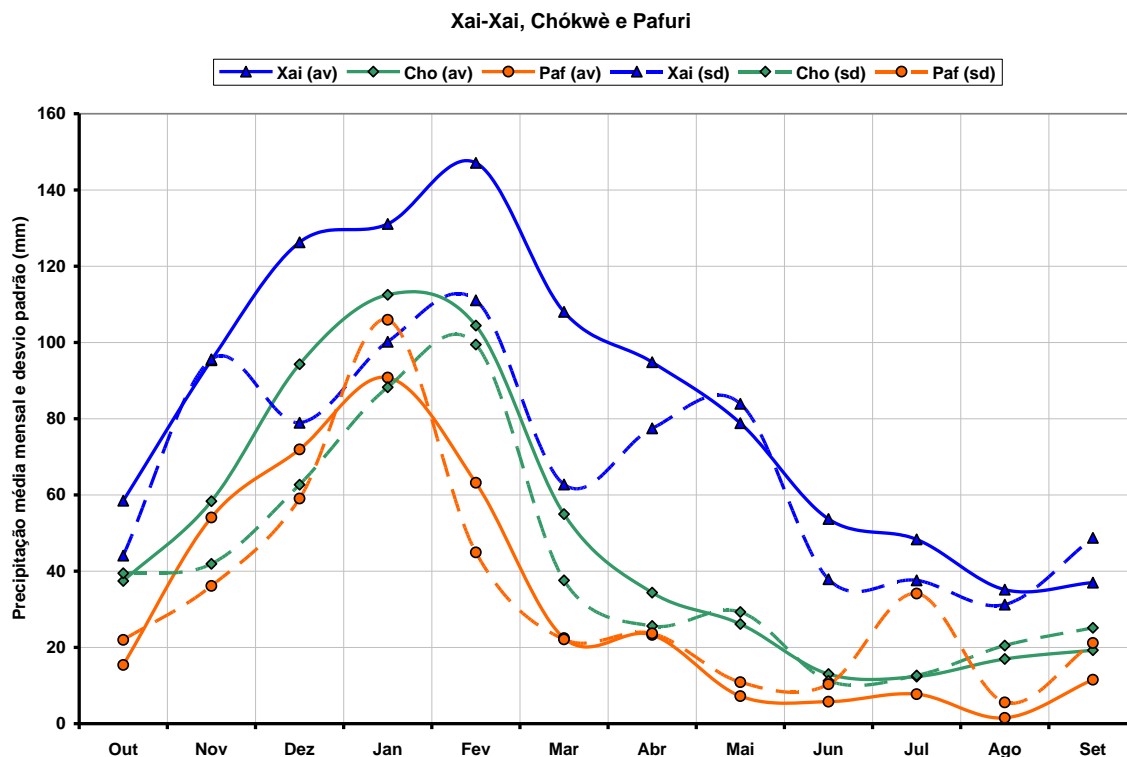
4.1 Características da Precipitação

A região é caracterizada por um período chuvoso com início em Outubro prolongando-se até Março. O período seco vai desde Abril até Setembro. A tabela 1 apresenta as médias mensais das chuvas para as três regiões (Xai-Xai, Chókwè e Pafuri) assim como o respectivo desvio padrão. A figura 1 mostra os mesmos dados mas em forma gráfica. As figuras 2, 3 e 4, mostram os valores médios da precipitação e os valores da precipitação média mais ou menos o desvio padrão. Nas figuras 2, 3 e 4 os valores negativos que aparecem são o resultado do cálculo estatístico dado pela diferença entre a média e os desvio padrão Estes valores negativos não têm qualquer significado físico, tendo-se optado por mantê-los só para se dar uma ideia gráfica da variabilidade das chuvas assumindo que elas apresentam uma distribuição normal. Na prática estes valores seriam iguais a zero.

Tabela 1: Valores médios mensais da precipitação (P av), respectivos desvios padrão (P sd) e, número de anos (n) com séries completas para as cidades do Xai-Xai, Chókwè e Pafuri.

	Xai-Xai			Chókwè			Pafuri		
	P av	P sd	n	P av	P sd	n	P av	P sd	n
Out	58.5	44.1	50	37.4	39.5	40	15.4	22.0	24
Nov	95.3	95.6	51	58.4	41.9	38	54.1	36.1	23
Dez	126.3	78.9	51	94.3	62.7	37	71.9	59.1	25
Jan	131.1	100.2	51	112.5	88.2	38	90.8	105.9	25
Fev	147.1	111.1	49	104.4	99.5	38	63.2	44.9	25
Mar	108.0	62.7	49	55.0	37.6	40	22.5	22.1	25
Abr	94.8	77.5	50	34.4	25.6	41	23.3	23.7	25
Mai	78.8	83.9	49	26.1	29.3	41	7.2	10.9	25
Jun	53.7	37.9	49	13.0	11.2	41	5.8	10.3	25
Jul	48.3	37.6	49	12.3	12.6	37	7.7	34.1	24
Ago	35.2	31.2	48	17.0	20.5	39	1.5	5.6	23
Set	37.0	48.7	51	19.3	25.1	39	11.5	21.2	25
ano	1000.5	287.0	44	582.0	182.7	32	374.0	147.6	20

Figura 1: Valores médios mensais da precipitação e respectivos desvios padrão para Xai-Xai, Chókwè e Pafuri.



Dos dados apresentados, é nítida a mudança do padrão e das características da chuva quando se move da costa mais chuvosa (Xai-Xai) para o interior mais seco (Pafuri). À medida que nos afastamos da costa, os valores mensais da precipitação vão sendo cada vez menores, com um aumento progressivo no respectivo desvio padrão. A tabela 1 e figuras 1, 2, 3 e 4 mostram claramente esta mudança.

Nas figuras apresentadas observa-se que em todas regiões se registam maiores precipitações nos meses de Outubro a Março (estação chuvosa e quente), atingindo o pico nos meses de Janeiro no Chókwè e Pafuri e no mês de Fevereiro em Xai-Xai. De Abril a Setembro (estação seca e fria) registam-se baixos níveis de precipitação, havendo no entanto uma precipitação significativa em Xai-Xai que permite uma segunda época agrícola que é característica da zona costeira. É evidente nestas figuras, que os valores de precipitação são mais altos em Xai-Xai com uma média anual de 1 001 mm, diminuindo no Chókwè com um valor médio anual de 582 mm e a mais baixa em Pafuri com uma média anual de 374 mm.

Figura 2:

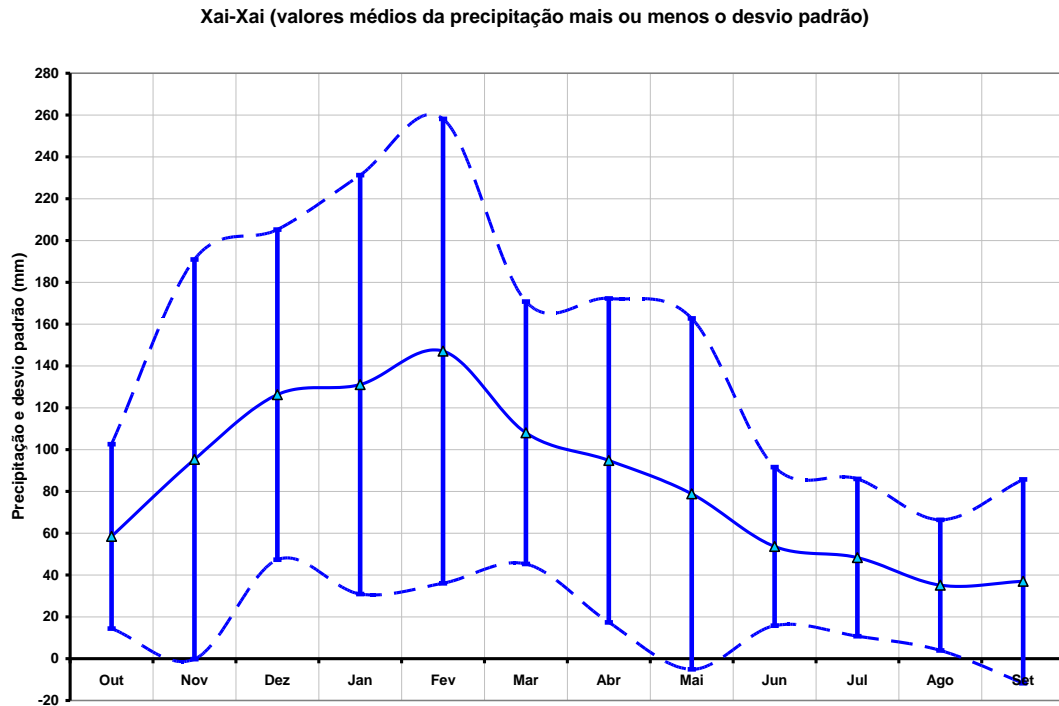


Figura 3:

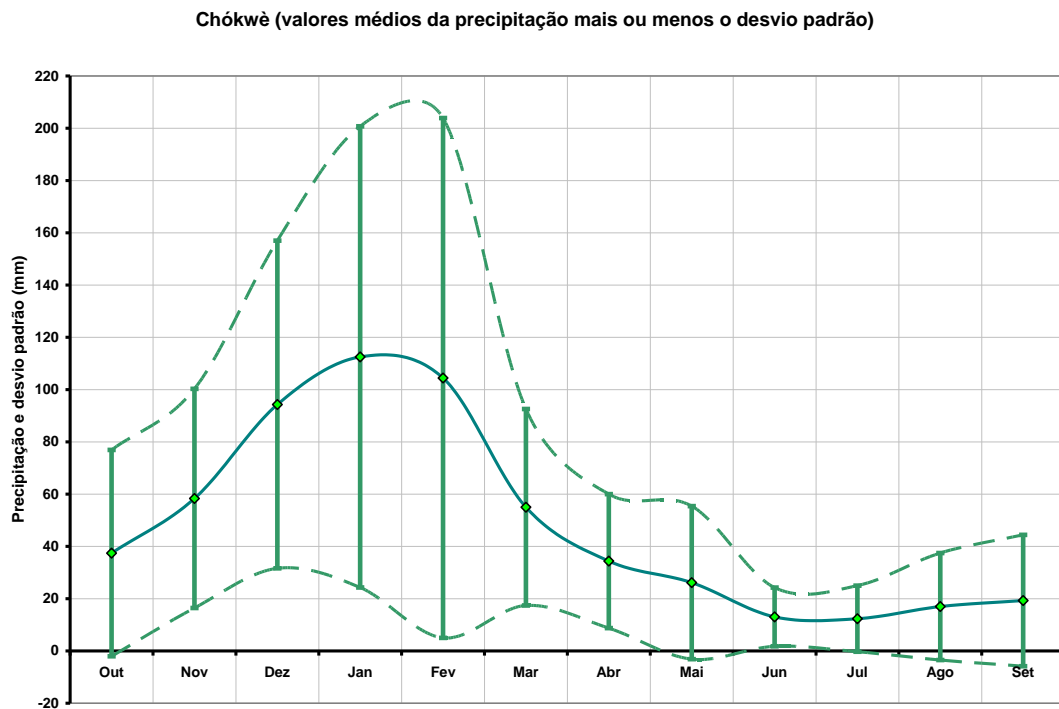
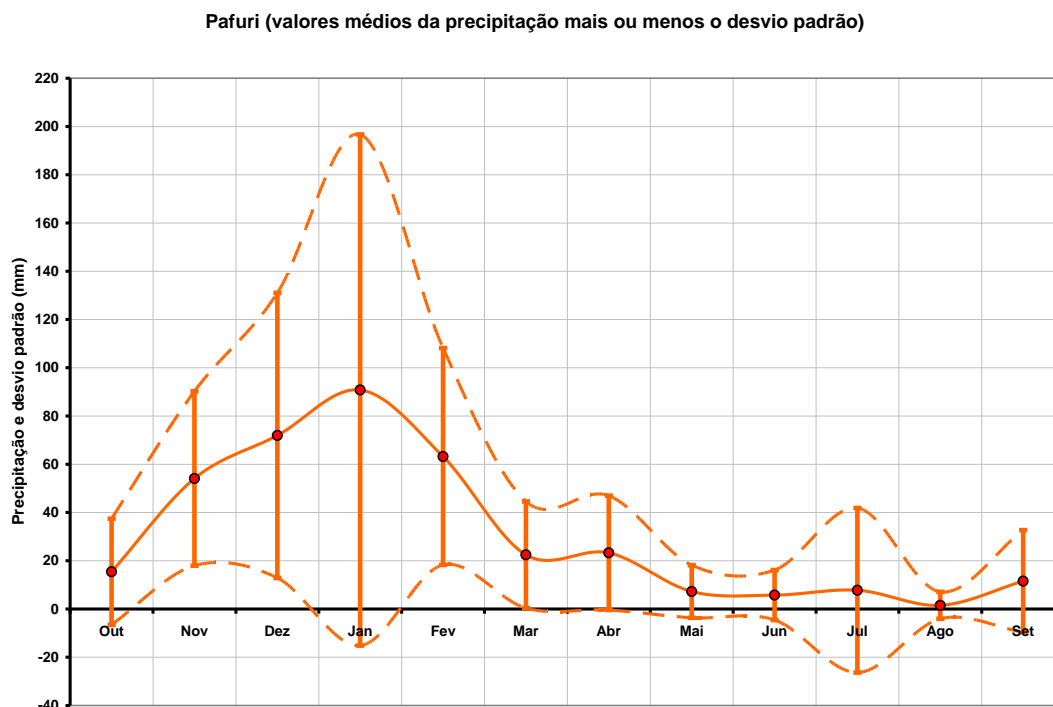


Figura 4:



Em termos de valores relativos da precipitação, definida como a precipitação média mensal dividida pela média anual da precipitação expressa em percentagem (figura 5), verifica-se que as chuvas são melhores distribuídas perto da costa e mais concentradas nos meses mais chuvosos no interior. Expressando da mesma forma em termos relativos o desvio padrão, definido como o desvio padrão mensal dividido pela média anual da precipitação expressa em percentagem (figura 6), vê-se que o desvio padrão relativo durante o período chuvoso aumenta à medida que nos deslocamos para o interior, o que leva a concluir que à medida que nos afastamos da costa para o interior, a quantidade de chuva que caie é menor e mais errática, apresentando flutuações ao longo dos anos maiores, aumentando o risco da agricultura em sequeiro.

Figura 5: Distribuição mensal da precipitação média “relativa” para as cidades do Xai-Xai, Chókwè e Pafuri.

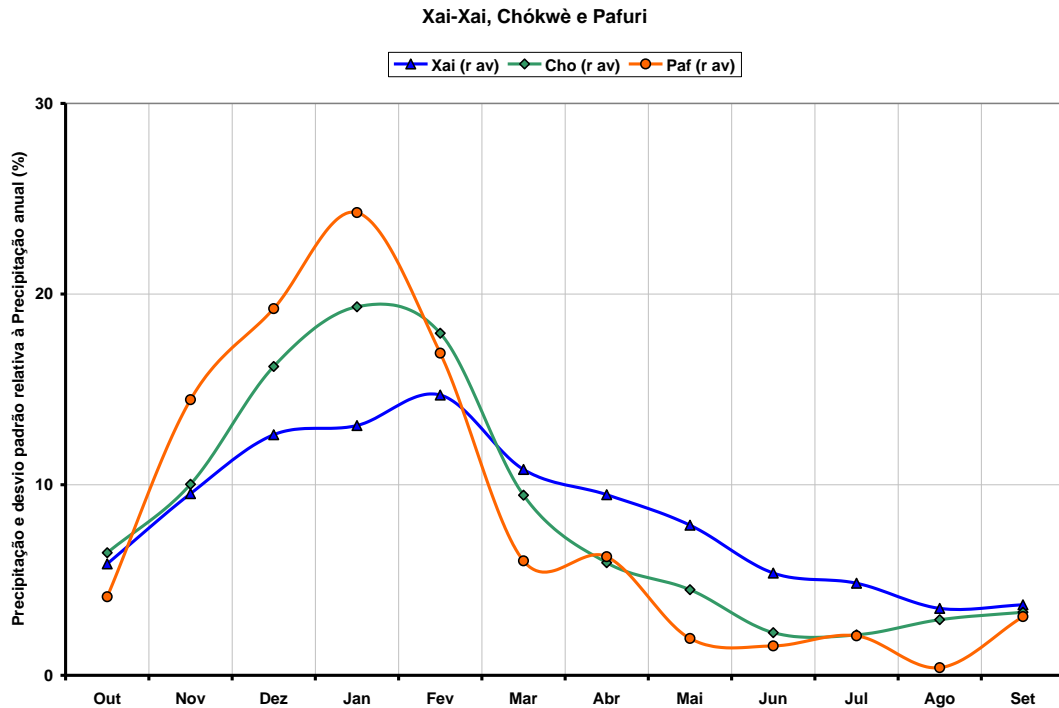
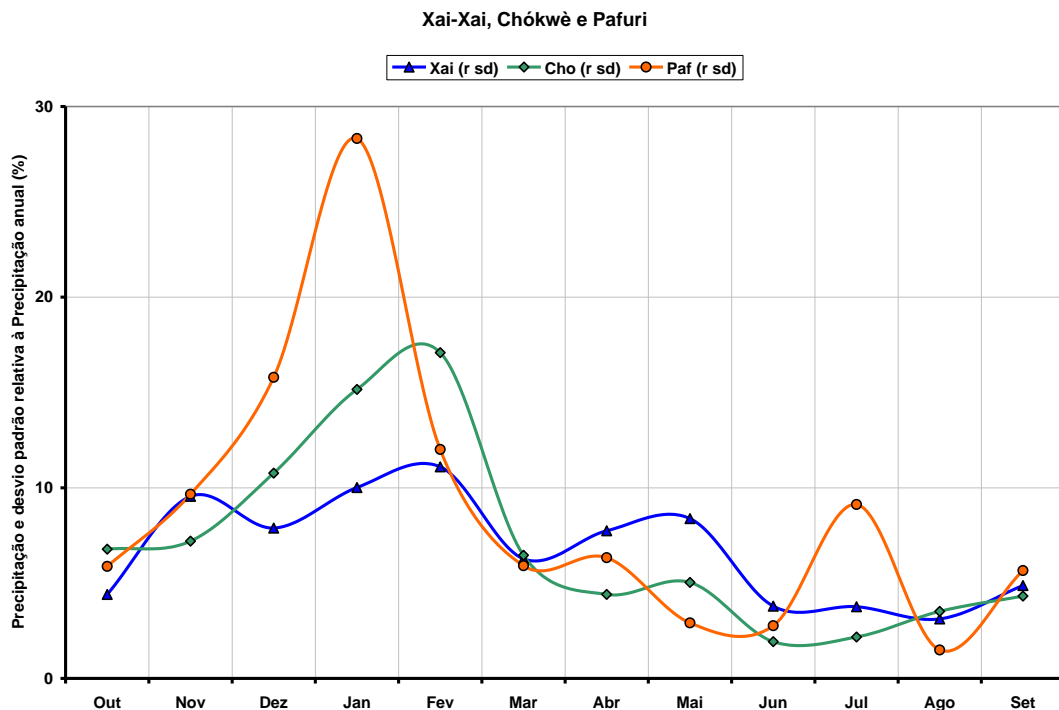


Figura 6: Distribuição mensal do desvio padrão “relativo” para as cidades do Xai-Xai, Chókwè e Pafuri.

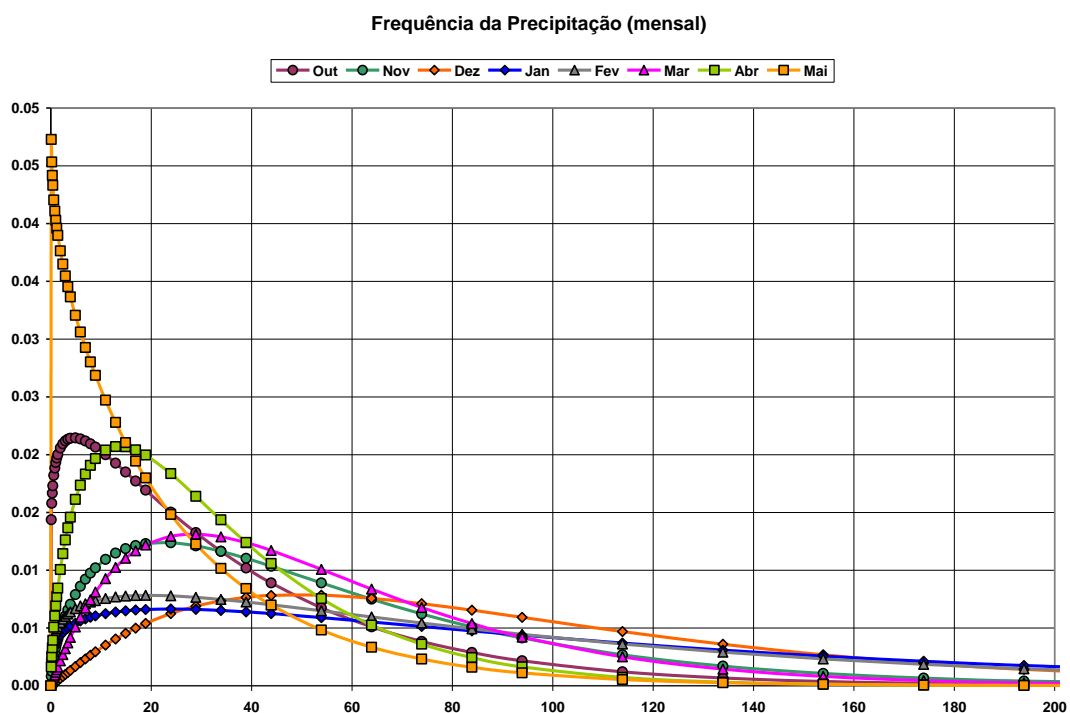


Estas diferenças de precipitação da costa para o interior (de Xai-Xai para Pafuri) são explicadas por INGC et al. (2003) referindo que, nas zonas próximas da costa o clima é influenciado pelas águas quentes do canal de Moçambique e uma vez que os ventos

predominantes nesta região são de quadrante este a sueste, o nível de humidade é relativamente alto. Como consequência os distritos do interior registam menos precipitação que os distritos da costa.

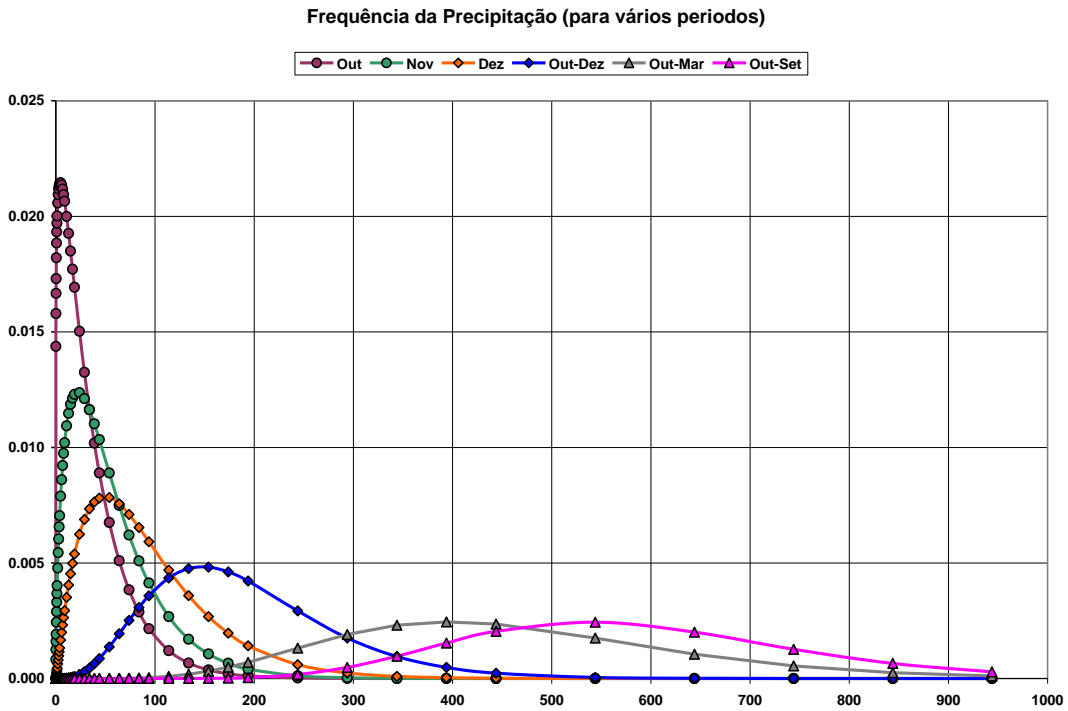
Como se depreende da figura 7 onde se apresentam as distribuições (frequência) das chuvas mensais para os diferentes meses do ano na região do Chókwè, a distribuição mensal das chuvas é mais similar à distribuição de Gamma com uma assimetria para os valores mais próximos do zero do que à distribuição normal com uma simetria à volta da média. À medida que a chuva mensal é maior, a distribuição vai-se aproximando a uma distribuição normal, apresentando no entanto sempre uma assimetria à volta da média.

Figura 7: Distribuição da precipitação para diferentes meses no Chókwè.



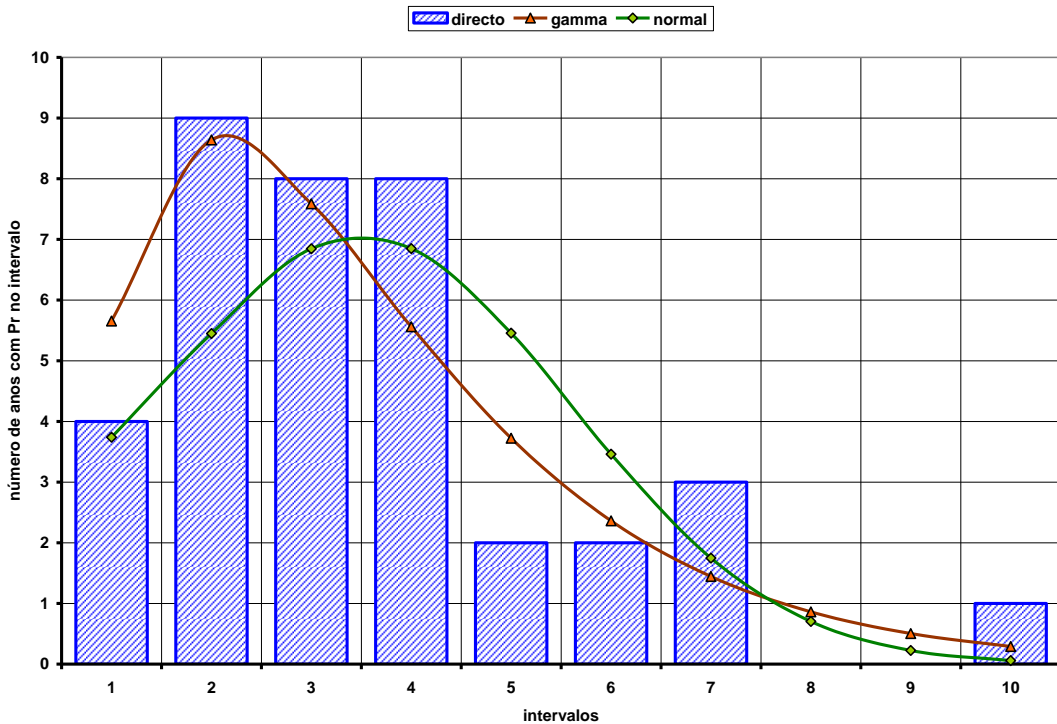
Se aumentar o período de análise da frequência das chuvas de um mês para três, seis meses e, para um ano, a distribuição das chuvas vai-se aproximando cada vez mais a uma distribuição normal, com se pode ver na figura 8.

Figura 8: Distribuição da precipitação para diferentes períodos no Chókwè.



Daqui conclui-se que se deve ter muito cuidado quando usando as médias e desvio padrão na análise das chuvas. A figura 9 ilustra a diferença quando analisando as chuvas que ocorrem no mês de Novembro no Chókwè durante um total de 37 anos com base nas distribuição de gama ou na distribuição normal.

Figura 9: Distribuição da precipitação em Dezembro



É assim mais aconselhável trabalhar-se com valores das chuvas relacionadas com as suas probabilidades de ocorrência em vez de se usarem os valores médio, especialmente em regiões mais áridas e nos meses com chuvas menores.

A tabela 2 ilustra a diferença que existe entre os valores usando-se uma distribuição normal ou usando a distribuição de gamma, quando comparada com as probabilidades calculadas pelo método directo sem assumir qualquer distribuição tipo. Por exemplo se usarmos a distribuição normal para o mês de Outubro concluímos por exemplo que 50% das chuvas são menores ou iguais a 37.4 mm enquanto que na realidade segundo o método directo é um valor de 27.9 mm enquanto que usando a distribuição de gama dá corresponde a um valor de 27.2 mm, muito próximo do valor real observado. Para o mesmo mês conclui-se segundo a distribuição normal que em 20% dos casos, as chuvas são inferiores a 4.2 mm enquanto que na realidade é uma chuva de 9.1 mm segundo o método directo e de 9.7 mm se usar-se a distribuição de Gamma. Já para casos com valores da chuva mais elevados, como no caso do período de Outubro a Março por exemplo, já não se nota diferenças tão grandes como se pode ver na tabela 2. Nestes casos a chuva assume uma distribuição mais normalizada.

Tabela 2: Valores da precipitação para as diferentes probabilidades para o Chókwè no mês de Outubro, Novembro e Dezembro e para os periodos de Outubro a Dezembro, Outubro a Março e os valores anuais.

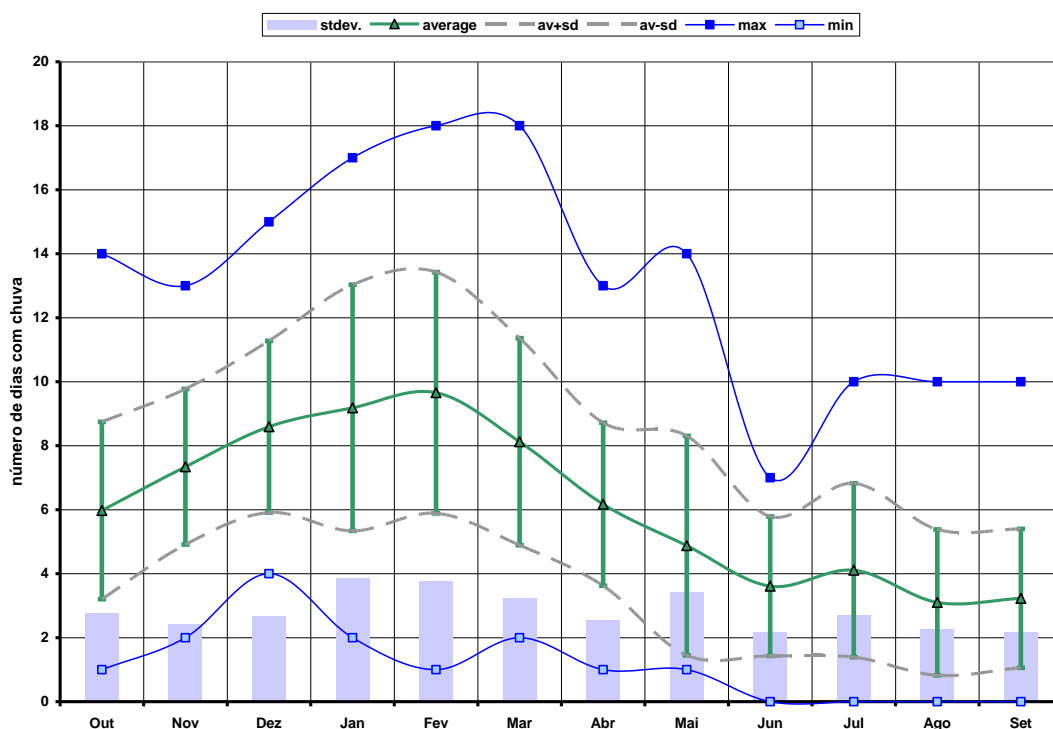
periodo	método	probabilidade de ocorrência de chuvas menores ou iguais								
		5 %	10 %	20 %	30 %	50 %	70 %	80 %	90 %	95 %
Out	directo	1.7	3.3	9.1	18.8	27.9	41.2	44.4	62.4	106.5
	gamma	2.6	5.0	9.7	14.8	27.2	45.4	59.6	83.4	107.1
	normal	0.0 (-27.5)	0.0 (-13.2)	4.2	16.7	37.4	58.1	70.7	88.0	102.4
Nov	directo	2.5	8.1	20.4	27.2	49.6	73.2	83.2	117.2	133.7
	gamma	7.7	12.4	20.7	28.9	46.9	71.3	89.5	119.4	148.3
	normal	0.0 (-10.6)	4.6	23.1	36.4	58.4	80.3	93.6	112.1	127.3
Dez	directo	3.6	29.1	41.8	58.3	74.7	103.9	121.3	179.1	199.2
	gamma	17.8	26.2	40.1	52.8	79.8	114.9	140.3	181.3	220.2
	normal	0.0 (-8.8)	13.9	41.5	61.4	94.3	127.2	147.0	174.6	197.4
Out a Dez	directo	43.9	69.8	112.0	135.4	176.2	206.4	265.4	292.7	369.2
	gamma	69.5	87.5	113.5	135.3	177.3	227.3	261.6	314.6	363.1
	normal	40.9	74.2	114.6	143.6	191.7	239.8	268.9	309.2	342.5
Out a Mar	directo	149.1	236.3	302.9	344.0	458.0	523.6	570.8	684.3	726.5
	gamma	218.5	258.6	313.7	358.1	440.6	534.9	597.9	693.1	778.7
	normal	186.9	247.7	321.2	374.3	462.0	549.7	602.8	676.4	737.1
Ano	directo	179.7	318.4	409.8	505.5	567.0	675.3	682.9	710.5	780.9
	gamma	336.6	380.8	439.5	485.5	568.5	660.4	720.6	809.7	888.5
	normal	278.8	344.1	423.1	480.1	574.4	668.6	725.6	804.6	869.9

A tabela 3 apresenta o número médio de dias de chuva, o respectivo desvio padrão e, os valores máximos e mínimos registados na região do Chókwè. A figura 10 apresenta os mesmos valores em forma gráfica.

Tabela 3: Número médio de dias chuvosos, respectivos desvios padrão e valores máximos e mínimos ao longo do ano para o Chókwè.

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	ano
dias/mês	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	365
média	6.0	7.3	8.6	9.2	9.7	8.1	6.2	4.9	3.6	4.1	3.1	3.2	76.4
stdev.	2.8	2.4	2.7	3.8	3.8	3.2	2.5	3.4	2.2	2.7	2.3	2.2	16.1
máximo	14	13	15	17	18	18	13	14	7	10	10	10	111
mínimo	1	2	4	2	1	2	1	1	0	0	0	0	48

Figura 10: Número de dias com chuva para os diferentes meses do ano no Chókwè (médios, desvio padrão, máximos e mínimos).



Na região do Chókwè, durante o período chuvoso que vai de Outubro a Março, ocorrem em média seis (6) a dez (10) dias chuvosos por mês com os máximos registados de 18 dias chuvosos em Fevereiro e Março e os mínimos registados de um (1) dia de chuva ns meses de Outubro a Fevereiro. Durante o período seco que vai de Abril a Setembro, ocorrem em termos médios três (3) a seis (6) dias chuvosos por mês com os valores máximos registrados de 14 dias no mês de Maio e valores mínimos de zero (0) dias chuvosos nos meses de Junho a Setembro.

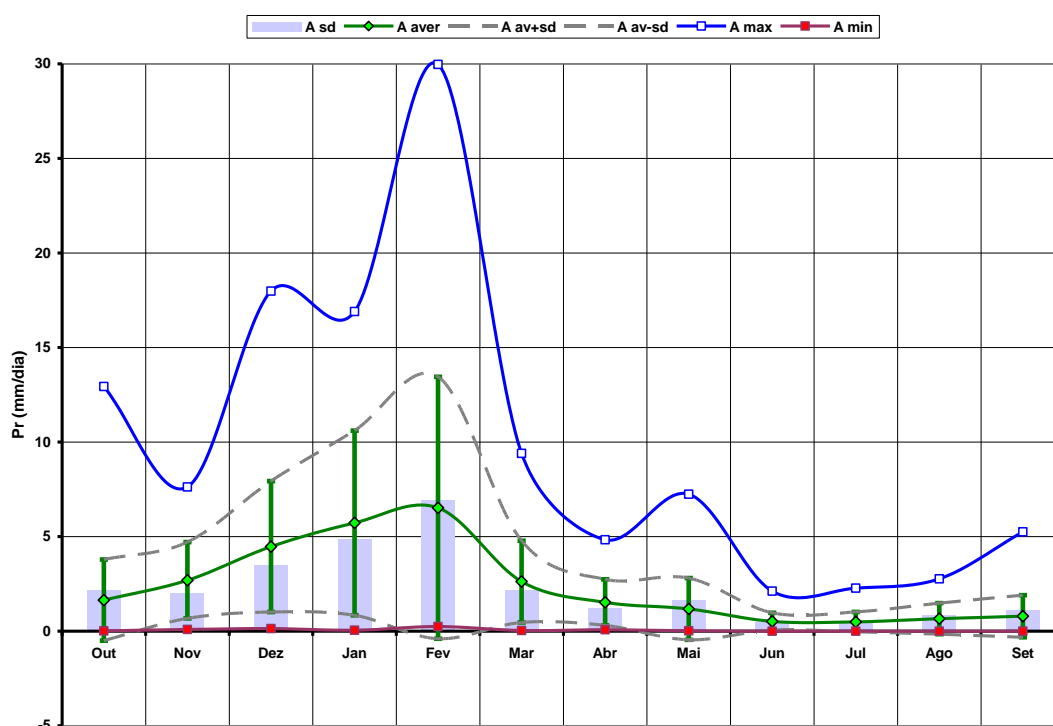
Na tabela 4 apresentam-se os valores médios diários da precipitação por dia chuvoso expressos em mm/dia, os respectivos desvios padrão, assim como os valores máximos e

mínimos observados ao longo dos diferentes meses do ano no Chókwè. A figura 11 apresenat os mesmos valores mas em forma gráfica.

Tabela 4: Valores médios diários da precipitação por dia chuvoso (mm/dia), respectivos desvios padrão, máximos e mínimos observados ao longo dos diferentes meses do ano no Chókwè.

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
média	1.6	2.7	4.5	5.7	6.5	2.6	1.5	1.2	0.5	0.5	0.7	0.8
stdev.	2.1	2.0	3.5	4.9	6.9	2.2	1.2	1.6	0.5	0.5	0.8	1.1
máximo	12.9	7.6	18.0	16.9	30.0	9.4	4.8	7.2	2.1	2.3	2.8	5.3
mínimo	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Figura 11: Valor máximo, mínimo, médio e desvio padrão da precipitação, expressos em mm/dia, para os diferentes meses do ano no Chókwè.



Na região do Chókwè, durante o período chuvoso que decorre de Outubro a Março, ocorrem chuvas diárias com um valor médio que varia de 1.6 mm/dia em Outubro até u m valor máximo de 6.5 mm/dia em Fevereiro. Os máximos registados variaram de 9.4 mm/dia em Outubro a 30.0 mm/dia em Fevereiro. Os valores mínimos registados são praticamente zero (0), variando de zero (0.0) mm/dia em Outubro, Janeiro e Março até 0.2 mm/dia em Fevereiro. Repare-se que não se está a falar do valor máximo de uma chuva num dia que por exemplo no mês de Fevereiro ocorreu no dia 25 de 1967 com um valor de 219.6 de mm. Está-se a falar do valor máximo da média das chuvas ocorridas num determinado mês que corresponde ao valor total da chuva que ocorre num

determinado mês dividido pelo número de dias de chuva que ocorreram nesse mês. O mesmo se aplica aos valores mínimos aqui apresentados que referem ao mínimo dos valores da média que ocorreu num determinado mês. Durante o período seco que vai de Abril a Setembro, ocorrem chuvas diárias com um valor médio que varia de 0.5 mm/dia em Junho e Julho até um valor máximo de 1.5 mm/dia em Abril. Os máximos registados variaram de 2.1 mm/dia em Junho até 7.2 mm/dia em Maio enquanto que os valores mínimos variaram de 0.0 mm/dia que ocorreram nos meses de Maio a Setembro a 0.1 mm/dia que ocorreu em Abril.

As figuras 12, 13 e 14 mostram graficamente o valor acumulado da precipitação mensal para três diferentes probabilidades de ocorrência (80%, 50% e 20%). Cada curva indica os valores acumulados a partir de um determinado mês. Nos gráficos incluíram-se todos os doze meses do ano.

Figura 12: Precipitação (mm) acumulada com 80% de probabilidade de ser excedida para diferentes pontos de partida no Chókwè.

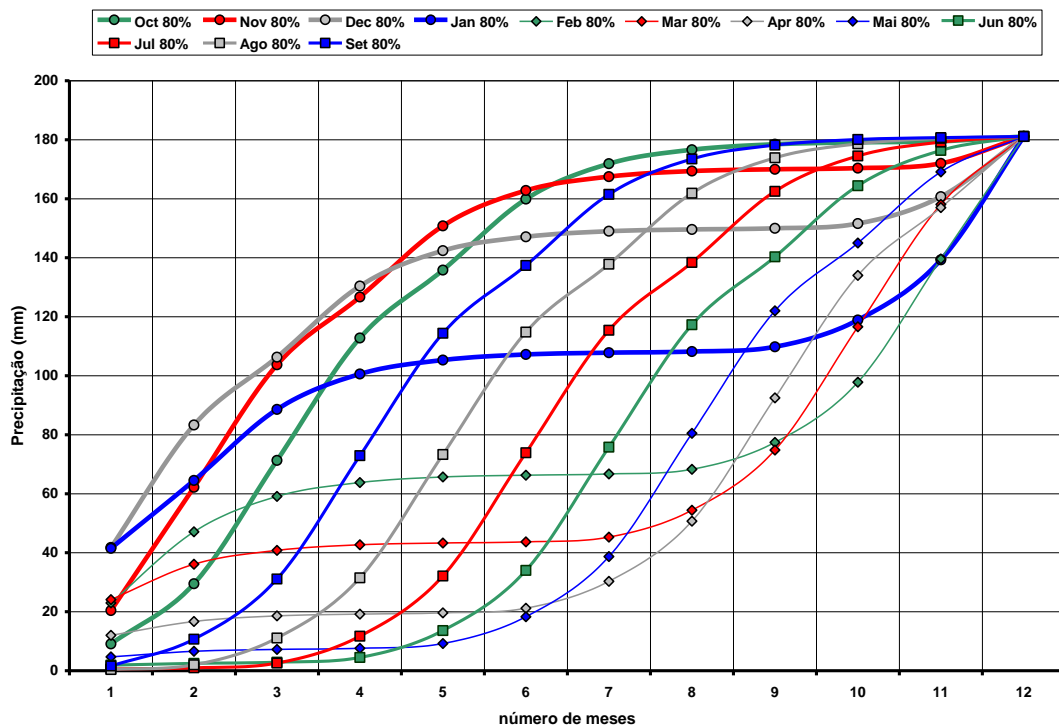


Figura 13: Precipitação (mm) acumulada com 50% de probabilidade de ser excedida para diferentes pontos de partida no Chókwè.

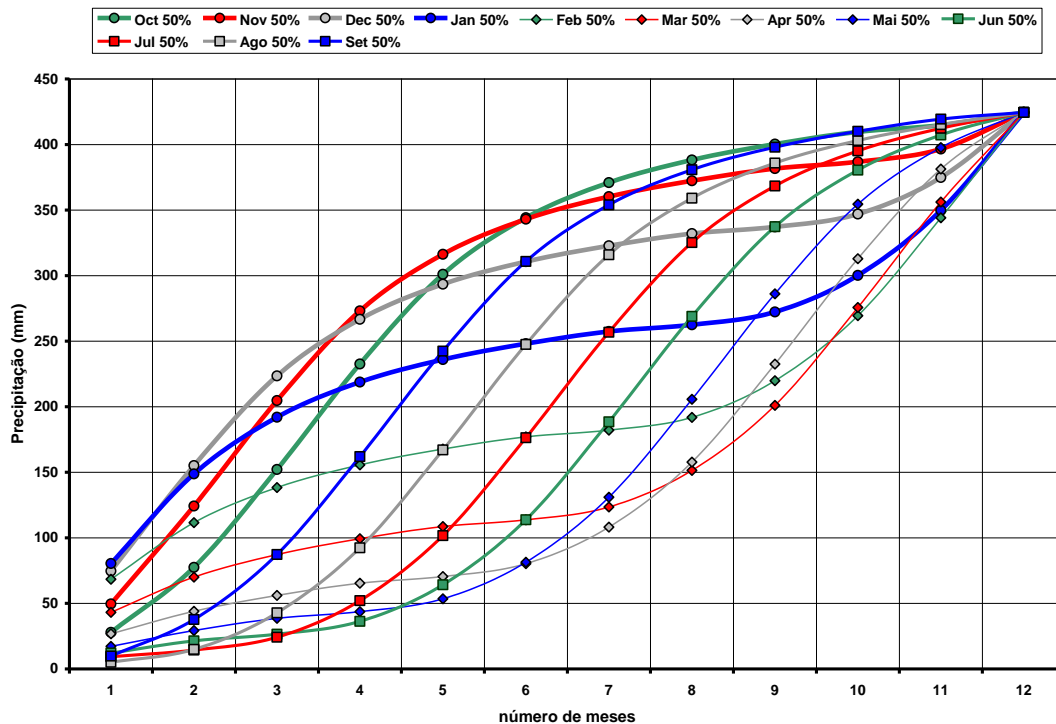
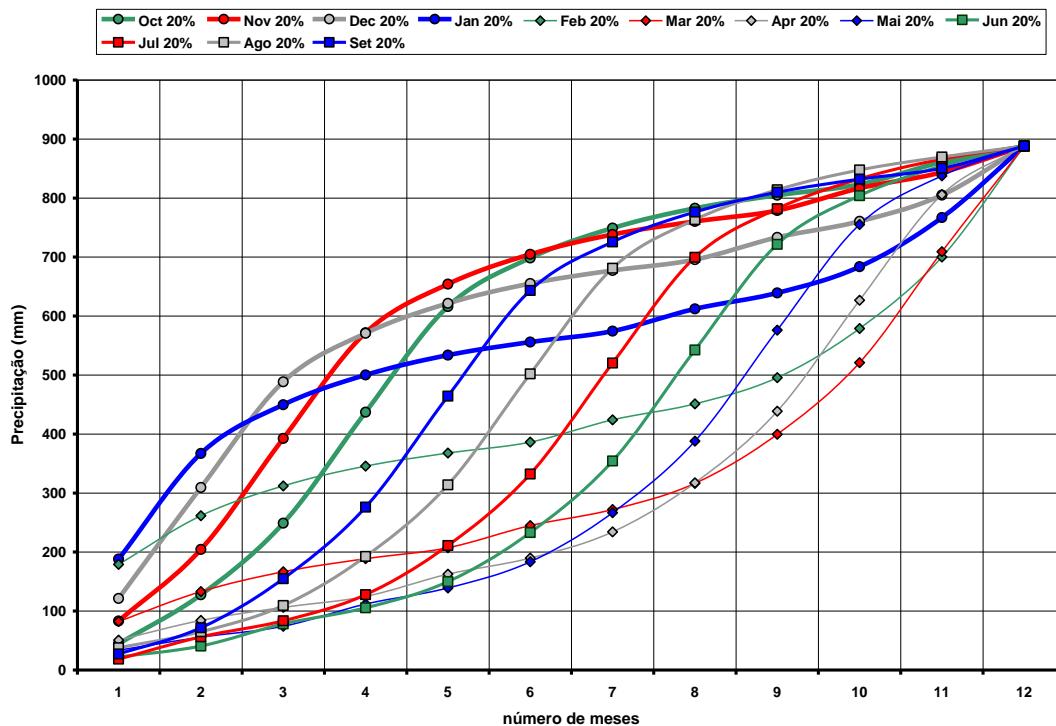


Figura 14: Precipitação (mm) acumulada com 20% de probabilidade de ser excedida para diferentes pontos de partida no Chókwè.



Características importantes a analisar relacionadas com a agricultura em sequeiro e com as datas de sementeira, são o valor inicial da humidade e a evolução ao longo dos meses da chuva acumulada de forma a se obter um menor risco de stress hídrico na agricultura

em sequeiro. Obviamente para se determinarem as datas de sementeira mais indicadas assim como a previsão dos rendimentos agrícolas, tem-se de recorrer a períodos de análise das chuvas mais curtos (valores diários da precipitação).

Com base no gráfico da figura 12, onde se apresentam as chuvas acumuladas com 80% de probabilidade de ser excedida, equivalente a um tempo de retorno de 5 anos, pode-se observar que a data de sementeira pode variar de Outubro a Janeiro. No mês de Outubro, o limite inferior, há uma acumulação maior de água durante os cinco a seis meses seguintes mas o ponto de partida, ou seja a humidade inicial no solo, é menor quando comparando com por exemplo o mês de Janeiro onde o valor inicial da humidade é mais elevado mas a chuva só se acumula durante os dois meses seguintes. Os meses de Novembro e Dezembro apresentam características intermédias.

O ideal seria o padrão agrícola, em particular as necessidades hídricas das plantas que são menores na fase inicial e maiores na fase intermédia, acompanhem o padrão das chuvas na região. Também importante, é a capacidade de armazenamento de água na zona radicular que funciona como um reservatório que permite armazenar o excesso de água durante os períodos de excedente e de fornecer água à planta durante os períodos deficitários.

Observe-se ainda que neste caso de chuvas para um período de retorno de 5 anos (chuvas acumuladas com 80% de probabilidade de ser excedida), o valor acumulado da chuva anual ronda os 180 mm que é um valor muito pequeno para a maioria das culturas. Refira-se que os gráficos aqui obtidos são feitos com base na análise independente dos valores mensais observados. A realidade é um pouco diferente, num ano seco podem ocorrer meses com precipitações acima do normal ou vice-versa. Por exemplo no caso dos 80%, seguindo o método usado, obtém-se um valor acumulado num ano de cerca de 180 mm (figura 12), no entanto, se analisar estatisticamente os valores anuais da precipitação, a chuva com uma probabilidade de ser excedida de 80% é de 401.6 mm o que leva a concluir que as curvas aqui apresentadas dão valores abaixo dos valores reais para o tempo de retorno considerado.

A figura 14 onde se analisam as chuvas acumuladas com uma probabilidade de 20%, é mais relevante para a análise de aspectos relacionados com a drenagem na agricultura. O excesso de água tem um efeito similar ao stress hídrico resultando em perdas nos rendimentos. Na figura 14 observa-se um padrão semelhante ao anterior, resultando no entanto em valores acumulados superiores ao caso da figura 12, com um total acumulado que anda na ordem dos 900 mm. As mesmas considerações devem ser feitas aqui onde os gráficos obtidos são feitos com base na análise independente dos valores mensais

observados. Se se tomar em consideração a análise estatística dos valores anuais da precipitação, a chuva com uma probabilidade de ser excedida de 20% é de 682.9 mm o que leva a concluir que as curvas aqui apresentadas dão valores muito superiores aos valores reais para o tempo de retorno considerado.

Segundo Reddy @@@@ pôr as conclusões de Reddy para as datas de sementeira a e os riscos a elas associados. Pôr também os resultados do modelo de crescimento do milho segundo a chuva (Celma Niquice e João Mudaca).

Assim pode-se concluir que a data de sementeira que é crítica para a obtenção de bons rendimentos na agricultura em sequeiro, tem associada a si o risco de stress hídrico nos períodos secos e, o risco de alagamento nos períodos húmidos, resultando ambos os casos em perdas nos rendimentos e nas colheitas. Quando se analisa o risco na agricultura em sequeiro tem-se necessariamente de envolver as duas componentes pois soluções parciais podem resultar em perdas maiores. Por exemplo solos com maior capacidade de armazenamento de água estão geralmente associados a uma taxa de infiltração mais baixa e um conseqüente maior período de alagamento e maior susceptibilidade a perdas por alagamento. Solos arenosos o risco maior está associado a perdas por déficit de água durante períodos críticos e períodos “dryspells”. Segundo a experiência acumulada dos camponeses na região, parece que a balança de diminuição do risco na agricultura em sequeiro está mais virada para o cultivo em solos mais arenosos. Seria interessante verificar com modelos esta tendência.

4.2 Ocorrência de Secas na Bacia do Limpopo

Neste trabalho, a ocorrência das secas nas regiões em análise foi detectada com base na frequência de eventos deste fenómeno, em cada categoria de seca e escala de tempo.

A tabela abaixo mostra que nas três regiões houve maior ocorrência de uma seca ligeira (categoria próximo do normal) para todas escalas de tempo analisadas. As secas moderadas constituem o segundo grupo de secas com maior frequência de ocorrência nestas regiões. A ocorrência de secas severas foi detectada nas regiões de Xai-Xai e Chókwè, com maior frequência quando analisados na escala de tempo de três meses para Xai-Xai. Analisando os índices na escala de doze meses, observa-se para o distrito de Chókwè uma frequência de ocorrência de seca severa alta. Secas extremas foram detectadas como tendo ocorrido nas regiões de Xai-Xai (em todas escalas de tempo), Chókwè quando analisados os dados de precipitação na época de crescimento das culturas e na época chuvosa e em Massingir no intervalo de 3 meses. Os dados de chuva

da estação de Massingir são de baixa qualidade (dados com muitas falhas), daí que a sua análise está sujeita a erros.

Estas diferenças na frequência de ocorrência das diferentes categorias de seca registadas nos três distritos, mostram que o impacto da seca varia com a variação dos intervalos de tempo em análise. Isto está associado com a variabilidade espacial e temporal da precipitação e com a duração da seca cujo início e o fim é difícil de se prever, daí que a análise em diferentes intervalos de tempo permite detectar secas que ao analisar num determinado intervalo não se conseguiu detectar (Ver figura 4, 5 e 6). Pode-se observar na tabela abaixo que o total de secas não mostra uma variação alta em termos de número quando se varia o intervalo de tempo em análise. Os dados da tabela 5 mostram que o número de secas diminui da costa para o interior (de Xai-Xai a Massingir), isto significa que regiões que tenham normalmente níveis altos de precipitação são mais afectadas pela seca quando comparadas com zonas cujos níveis de precipitação são relativamente baixos.

Tabela 5: Ocorrência de secas nos distritos de Xai-Xai, Chókwè e Massingir.

	Valor de SPI	Categoria	3-Meses (%)	6-Meses (%)	12-Meses (%)
Xai-Xai	- 0.99 a 0.99	próximo do normal	63.4	72	76
	- 1.00 a -1.49	seca moderada	25.4	16	16
	- 1.50 a -1.99	seca severa	8.5	4	4
	- 2.00 ou menos	seca extrema	2.8	8	4
Total de secas			24	25	25
Chókwè	- 0.99 a 0.99	próximo do normal	61.7	54	68.8
	- 1.00 a -1.49	seca moderada	21.3	31	12.5
	- 1.50 a -1.99	seca severa	14.9	4	18.8
	- 2.00 ou menos	seca extrema	2.1	4	0
Total de secas			16	13	16
Massingir	- 0.99 a 0.99	próximo do normal	80.6	90.9	80
	- 1.00 a -1.49	seca moderada	16.7	9.1	20
	- 1.50 a -1.99	seca severa	0	0	0
	- 2.00 ou menos	seca extrema	2.8	0	0
Total de secas			12	11	10

Segundo os valores do SPI, as secas severas detectadas no distrito de Xai-Xai ocorreram nos anos de 1970 e 1995. Nos anos de 1983 e de 1992 nesta região ocorreram secas extremas. Para o distrito de Chókwè nos anos de 1988, 1989 e 1995 houve registos de secas severas e em 1992 houve a ocorrência de uma seca extrema. Em Massingir a seca

extrema registada ocorreu em 1984 (Ver anexos). De acordo com Hayes et al (1999) as secas severas ($SPI < -1.5$) e extremas ($SPI < -2$) ocorrem 16 vezes em 100 anos e duas (2) a três (3) vezes em 100 anos respectivamente. Pode-se ver na figura abaixo a representação de SPI para alguns destes anos para as três regiões.

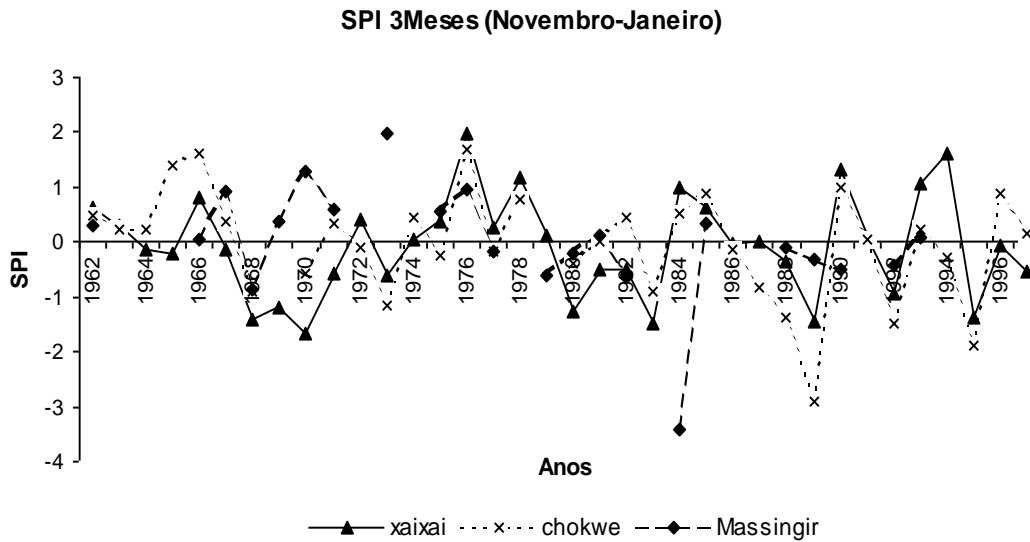


Figura 4: SPI durante época de crescimento (1962-1997)

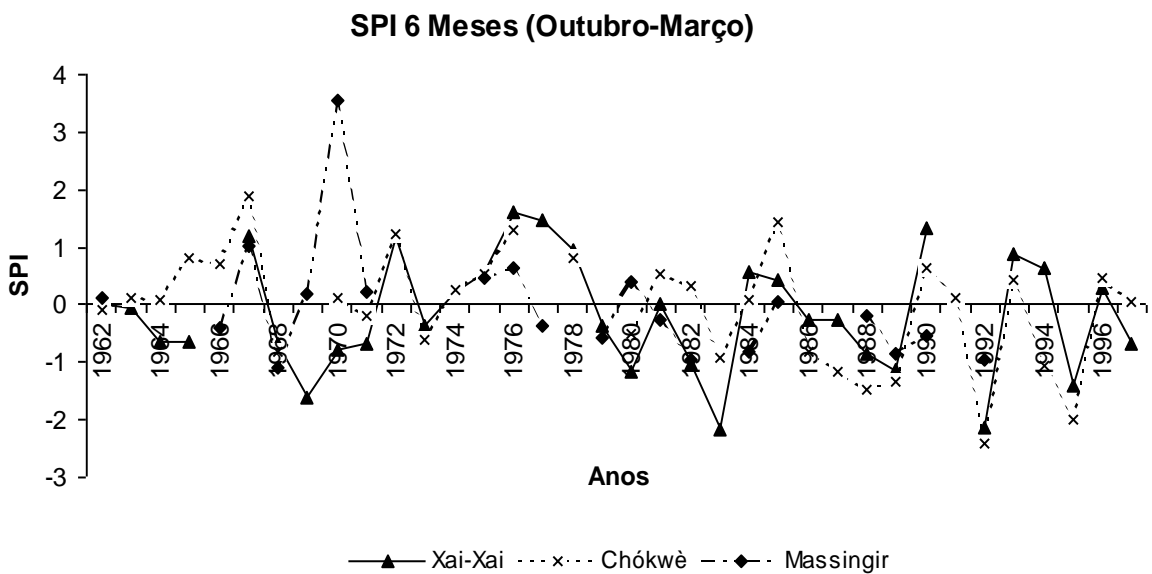


Figura 5: SPI durante a época chuvosa (1962-1997)

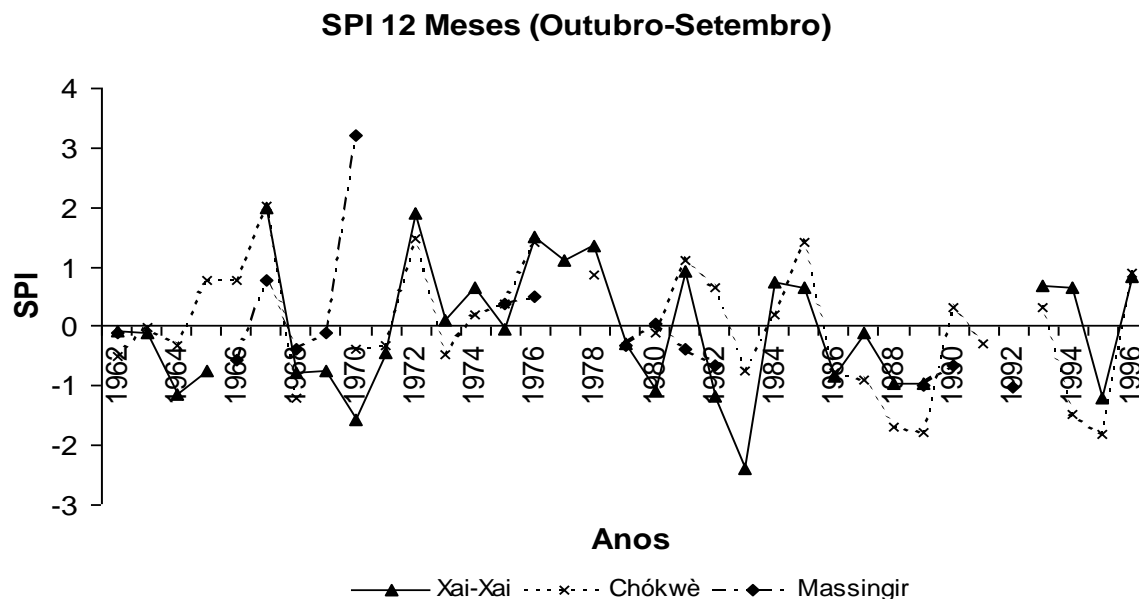


Figura 6: SPI durante o ano hidrológico (1962-1997)

4.3 Principais Secas na Bacia do Limpopo vs. El-Niño

O fenómeno El-niño refere-se ao aquecimento anormal das águas superficiais nas porções central e leste do Oceano Pacífico, nas proximidades da América do Sul, mais particularmente na costa do Peru. De acordo com o Centro Nacional de Mitigação das secas (2005), durante o fenómeno El-niño podem ocorrer secas em qualquer parte do mundo. Estudos feitos revelam uma forte ligação entre este fenómeno e as secas severas na Austrália, Índia, Indonésia, Filipinas, Brazil, regiões do este e sul de África e várias partes dos Estados Unidos. FAO (2004) reporta que este fenómeno tem consequências importantes para o tempo e clima em todo mundo, incluindo ocorrência de precipitações abaixo do normal no sudeste de África acompanhado de precipitações acima do normal na parte este do centro de África (ver figura 7). Segundo INGC et al (2003), eventos fracos a moderados podem acontecer em cada quatro a sete anos enquanto que os mais severos em cada 10-20 anos.



Fonte: INGC, et al (2003)

Figura 7: Em alguns eventos El Niño, uma parte da África Austral experimenta períodos de seca e maior aquecimento que o normal durante o período de Dezembro a Fevereiro.

Na tabela abaixo estão apresentados os anos mais secos nas três regiões em análise e os anos em que ocorreu o fenómeno El-niño. Pode-se constatar a partir desta tabela que em quase todos os anos que ocorreu este fenómeno, houve secas severas a extremas nas três regiões nos mesmos ou em anos posteriores. Contudo não se deve concluir que sempre que ocorra o El-niño teremos seca a seguir, por exemplo, de acordo com INGC, et al (2003), no ano de 1997-98 em que ocorreu este fenómeno a região registou precipitações próximas ou mesmo acima da média, embora possam ter havido algumas bolsas com chuvas abaixo do normal.

Tabela 6: Ocorrência de secas vs fenómeno El-niño

	ANO	Meses	SPI_{max}	Ocorrência do El-Niño
Xai-Xai	1968/69	Dez-Mar	-2.2	
	1970	Jan-Dez	-3.0	
	1975	Out-Nov	-2.1	
	1983	Jan-Mar	-2.4	
	1991-92	Out-Mar	-2.4	1965-1966
Chókwè	1970	Out-Dez	-2.8	1969-1970
	1972-73	Out-Jan	-2.1	1972-1973
	1988-89	Out-Fev	-2.9	1976-1977
				1982-1983

	1991-92	Out-Mar	-2.6	1986-1987
	1994-95	Jan -Mar	-2.5	1991-1992
	1981	Out-Dez	-2.3	1994-1995
Massingir	1983-84	Dez-Jan	-3.4	1997-1998
	1991	Out-Nov	-1.8	

Muitos dos anos ilustrados na tabela 6 (1981/83/84, 1991/92/94/95), classificados como sendo os anos mais secos (segundo o SPI) nas três regiões em análise, também foram reportados por INGC et al (2003) como as principais secas ocorridas em Moçambique. De acordo com FAO (2004), no período de 1980-2000, a região da SADC, foi severamente afectada pelas quatro maiores secas que ocorreram nos anos de 1982/83, 1987/88, 1991/92, e 1994/95.

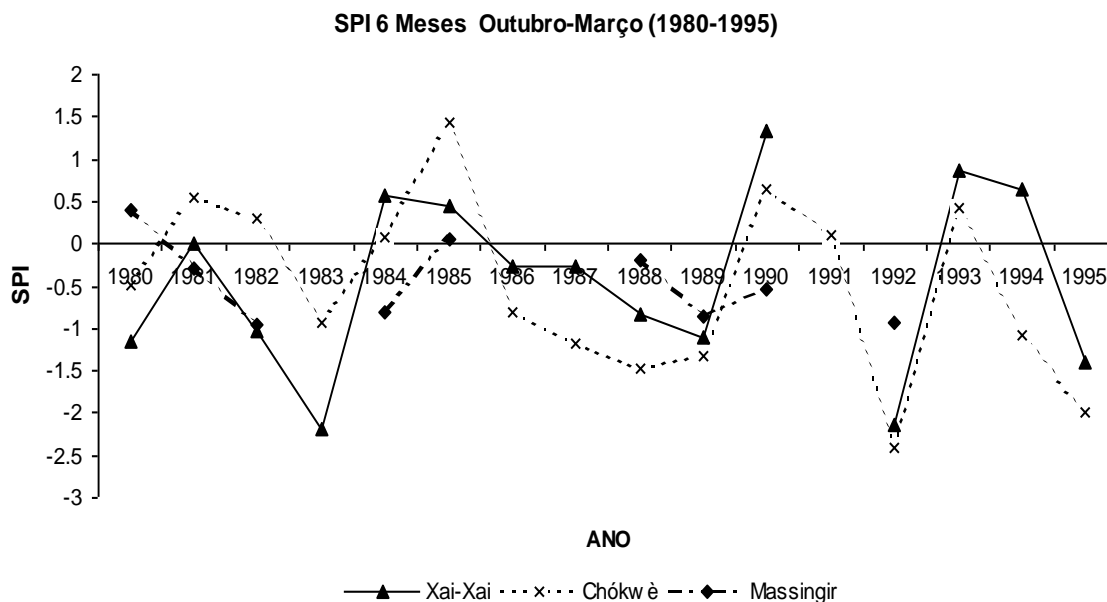


Figura 8: SPI durante a época chuvosa no período de 1980-1995.

(iv) Conclusão (parágrafo por terminar)

De acordo com as análises feitas ao longo do trabalho pode-se concluir que:

- O SPI mostrou ser um índice importante para detectar as secas;
- As secas têm diferentes frequências de ocorrência dependendo do intervalo de tempo utilizado para a análise;
- A seca é um fenómeno frequente nestas regiões no qual secas ligeiras são as mais comuns enquanto que secas extremas ocorrem com menor frequência;
- O número de secas detectadas diminui da costa para o interior (de Xai-Xai a Massingir);
- O número de secas severas a extremas foi relativamente alto nos distritos de Xai-Xai e Chókwè;
- As principais secas detectadas nas três regiões analisadas ocorreram no período de 1980-1995.

BIBLIOGRAFIA

- FAO. 2004. *Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin*. In Land and water discussion paper 4. Disponível em http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=//docrep/008/y5744e/y5744e04.htm
- HAYES, M. 2006. *What is a drought: drought indices*. National Drought Mitigation Center. Disponível em <http://drought.unl.edu/whatis/indices.htm>
- HAYES, M. SVOBODA, M. WILHITE, D. VANYARKHO, O. 1999. *Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index*. American Meteorological Society, 80(3): 429-438.
- INGC, UEM, FEWS NET, 2003. *Atlas para Preparação e Resposta contra desastres na Bacia do Limpopo*. África do Sul: Creda Communications. 99p.
- NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. 2005. *What is a drought: Understanding ENSO and Forecasting Drought*. Disponível em http://ndmc.unl.edu/whatis/el_nino.htm
- PEREIRA, L. 2005. *Secas: Percepção, Caracterização, Alerta*. Centro de estudos de Engenharia Rural, ISA, UTL. Disponível em <http://panda.igeo.pt/pancd/pdfs/seca2005/LSPereira.pdf>
- SILVA, A. SANTO, F. PIRES, V. 2005. *A seca em Portugal: prevenção, monitorização e mitigação*. Disponível em <http://panda.igeo.pt/pancd/pdfs/seca2005/FatimaEspiritoSanto.pdf>
- VAZ, A. 1993. *Uma metodologia para a caracterização e monitorização de secas*. Lisboa.
- VAZ, A. 2003. Recursos hídricos. *Uma metodologia para a caracterização e monitorização de secas*. Lisboa.

ANEXOS

Annex I:		Valores de SPI durante a época de crescimento das culturas (NOV-JAN)			
Year	Month	Xai-Xai 3M	Chokwe 3M	Massingir 3M	
1952	1	- 2.098 499			Vermelho – extrema; Azul – severa; Amarelo – moderada; Verde – ligeira.
1953	1	- 0.463 546			
1954	1	- 0.704 984			
1955	1	1.994 961			
1956	1	0.275 286			
1957	1	- 0.509 423			
1958	1	- 0.718 907			
1959	1	0.805 442			
1960	1	- 1.102 671			
1961	1	- 0.115 718			
1962	1	0.615 595	0.494 741	0.295 470	
1963	1	0.299 788	0.231 943		
1964	1	- 0.141 590	0.246 169		
1965	1	- 0.220 079	1.413 074		
1966	1	0.817 177	1.615 989	0.054 330	
1967	1	- 0.140 971	0.388 249	0.908 159	
1968	1	- 1.396 274	- 0.901 786	- 0.882 538	
1969	1	- 1.205 052		0.369 717	
1970	1	- 1.651 248	- 0.566 355	1.289 250	
1971	1	- 0.561 238	0.342 569	0.599 151	
1972	1	0.421 957	- 0.109 226		
1973	1	- 0.620 108	- 1.141 944	1.978 909	
1974	1	0.061 233	0.447 484		
1975	1	0.383 496	- 0.246 018	0.570 079	
1976	1	1.966 925	1.676 475	0.976 335	
1977	1	0.274 216	- 0.165 189	- 0.173 114	
1978	1	1.192 761	0.768 514		
1979	1	0.127 792		- 0.619 126	
1980	1	- 1.273 483	- 0.381 545	- 0.191 663	
1981	1	- 0.500 180	0.028 572	0.110 160	
1982	1	- 0.509 423	0.460 840	- 0.663 459	
1983	1	- 1.494 579	- 0.908 749		
1984	1	0.977 323	0.505 725	- 3.405 912	
1985	1	0.638 989	0.880 304	0.339 658	
1986	1	- 0.008 684	- 0.125 998		
1987	1	0.013 644	- 0.820 740		
1988	1	- 0.370 824	- 1.370 807	- 0.110 192	
1989	1	- 1.458 372	- 2.904 883	- 0.304 169	
1990	1	1.309 330	0.979 238	- 0.491 348	
1991	1	0.085 875	0.031 100		
1992	1	- 0.955 386	- 1.483 608	- 0.412 150	
1993	1	1.054 258	0.220 041	0.089 470	
1994	1	1.612 716	- 0.272 825		
1995	1	- 1.359 699	- 1.895 973		
1996	1	- 0.057 480	0.879 644		
1997	1	- 0.523 708	0.150 155		

Annex II: Valores de SPI durante a época chuvosa.				
Year	Month	Xai-Xai 6M	Chokwe 6M	Massingir 6M
1952	3	- 0.122 868		
1953	3	- 0.252 138		
1954	3	- 0.376 006		
1955	3	1.692 487		
1956	3	0.609 200		
1957	3	- 0.385 604		
1958	3	0.150 775		
1959	3	0.795 320		
1960	3	- 0.400 738		
1961	3	- 0.100 757		
1962	3	0.011 629	- 0.092 404	0.102 558
1963	3	- 0.055 659	0.102 156	
1964	3	- 0.651 506	0.075 445	
1965	3	- 0.628 405	0.795 589	
1966	3		0.707 915	- 0.414 931
1967	3	1.203 817	1.887 934	1.018 012
1968	3	- 0.680 226	- 0.831 878	- 1.106 851
1969	3	- 1.616 670		0.181 609
1970	3	- 0.787 797	0.131 563	3.533 161
1971	3	- 0.671 287	- 0.203 485	0.223 036
1972	3	1.206 305	1.242 555	
1973	3	- 0.364 157	- 0.622 069	
1974	3	0.223 240	0.262 121	
1975	3	0.565 245	0.519 233	0.476 825
1976	3	1.609 137	1.281 526	0.640 107
1977	3	1.478 472		- 0.361 627
1978	3	0.957 801	0.798 041	
1979	3	- 0.367 799		- 0.580 706
1980	3	- 1.150 564	- 0.497 192	0.387 694
1981	3	0.007 922	0.542 693	- 0.278 665
1982	3	- 1.025 329	0.309 673	- 0.956 063
1983	3	- 2.184 045	- 0.923 357	
1984	3	0.565 963	0.073 113	- 0.810 556
1985	3	0.440 563	1.426 607	0.044 447
1986	3	- 0.270 278	- 0.812 539	
1987	3	- 0.277 826	- 1.167 397	
1988	3	- 0.840 014	- 1.478 493	- 0.188 269
1989	3	- 1.112 425	- 1.332 538	- 0.845 166
1990	3	1.323 303	0.636 281	- 0.530 945
1991	3		0.115 445	
1992	3	- 2.141 944	- 2.407 628	- 0.938 899
1993	3	0.875 298	0.421 391	
1994	3	0.650 595	- 1.070 639	
1995	3	- 1.397 016	- 1.995 989	
1996	3	0.280 207	0.465 040	
1997	3	- 0.661 382	0.034 447	

Vermelho – extrema;
Azul – severa;
Amarelo – moderada;
Verde – ligeira.

Annex III: Valores de SPI durante o ano hidrológico				
Year	Month	Xai-Xai 12M	Chokwe 12M	Massingir 12M
1952	9	- 0.464 581		
1953	9	- 0.341 721		
1954	9	- 0.671 629		
1955	9	1.589 296		
1956	9	0.541 925		
1957	9	- 0.520 975		
1958	9	- 0.287 027		
1959	9	0.716 416		
1960	9	- 0.320 277		
1961	9	- 0.196 743		
1962	9	- 0.087 638	- 0.490 995	- 0.119 614
1963	9	- 0.113 994	- 0.031 631	
1964	9	- 1.152 905	- 0.316 636	
1965	9	- 0.758 372	0.771 688	
1966	9		0.776 877	- 0.563 005
1967	9	1.999 895	2.024 598	0.758 779
1968	9	- 0.786 720	- 1.193 946	- 0.374 291
1969	9	- 0.734 156		- 0.118 598
1970	9	- 1.583 536	- 0.395 882	3.205 550
1971	9	- 0.440 350	- 0.317 275	
1972	9	1.913 618	1.475 033	
1973	9	0.091 074	- 0.459 960	
1974	9	0.666 360	0.192 770	
1975	9	- 0.056 262	0.376 201	0.364 024
1976	9	1.495 240	1.419 562	0.512 736
1977	9	1.122 727		
1978	9	1.351 861	0.874 073	
1979	9	- 0.284 147		- 0.335 231
1980	9	- 1.075 755	- 0.107 041	0.055 805
1981	9	0.928 523	1.109 303	- 0.393 529
1982	9	- 1.159 432	0.664 219	- 0.642 241
1983	9	- 2.383 814	- 0.758 050	
1984	9	0.729 451	0.207 774	
1985	9	0.649 573	1.417 704	
1986	9	- 0.845 574	- 0.774 905	
1987	9	- 0.108 781	- 0.909 111	
1988	9	- 0.973 141	- 1.702 345	
1989	9	- 0.972 724	- 1.769 028	- 1.000 825
1990	9		0.312 750	- 0.654 155
1991	9		- 0.277 171	
1992	9			- 1.010 014
1993	9	0.675 332	0.307 098	
1994	9	0.654 975	- 1.484 505	
1995	9	- 1.207 162	- 1.820 662	
1996	9	0.826 243	0.882 734	

Vermelho – extrema;
Azul – severa;
Amarelo – moderada;
Verde – ligeira.