

Indicadores das mudanças climáticas no leste da Guiné-Bissau e adaptação camponesa

Orlando Mendes¹

Resumo

A região de Gabú, localizada no leste da Guiné-Bissau e, em particular, os sectores de Pirada e Pitche, estão ameaçados pelo efeito das mudanças climáticas, já que nestes contextos a capacidade de adaptação a estas mudanças é limitada. Este trabalho identificou os principais indicadores das mudanças climáticas e as estratégias de adaptação dos camponeses. Foram realizados inquéritos sobre as percepções dos camponeses acerca das mudanças climáticas e foram analisados dados climáticos de Pirada, Gabú e Bafatá sob tutela do Instituto Nacional de Meteorologia. Segundo a percepção dos camponeses, as temperaturas tendem a aumentar e a precipitação tende a diminuir, tendo como consequências a degradação do solo, a redução da vegetação e dos recursos hídricos, secas frequentes na época chuvosa e impactos nas plantações de caju. A análise dos dados das observações meteorológicas coincide com as interpretações dos camponeses, já que ambos revelam o aumento da temperatura e a diminuição da precipitação.

Palavras-chave mudanças climáticas; camponeses; Pirada; Pitche; Guiné-Bissau.

Manuscrito enviado a 15 de julho de 2017

Aceite a 1 dezembro de 2017

¹ Instituto Nacional de Meteorologia da Guiné-Bissau; Direção Geral do Ambiente da Guiné-Bissau (Projeto “Reforço da Resiliência e da Capacidade de Adaptação dos Sectores Agrário e Hídrico às Mudanças Climáticas na Guiné-Bissau”) | orlandomendes75@gmail.com.

Sinalis di mudansa klimatiku na lesti di Guine-Bisau ku adaptason pa kamponezis²

Orlando Mendes

Rusumu

Rijon di Gabu na lesti di Guine-Bisau na sufri amiasa di mudansa di klima. Setoris di Pirada ku Pitche na sinti ifeitu di es mudansa pabia e ka tene tchiu kapasidadi di adapta. Es tarbadju mostra kal ki sinalis di mudansa klimatiku na lesti ku stratejia ki kamponezis ta usa pa rapati danu ki es mudansa tisi. No sai punta na terenu pa sibi kuma ki kamponezis ta odja e mudansas. No analiza tambe informason di klima ki postus di *Instituto de Meteorologia* di Guine-Bisau tene. Kamponezis fala kuma tempratura omenta, tchuba rapati: e dus gora, e ta pui pa tchon pirdi si gurdura, pa matu rapati, pa iagu dos difisil, pa danu ten na orta di kadju. Informason di postu di *Instituto de Meteorologia* ta konta kil mesmu kombersa ku obidu na mon di kamponezis: tempratura omenta, tchuba rapati.

Nomi-tchabi

mudansa na klima; kamponezis; Pirada; Pitche; Guine-Bisau.

² Nota de edição: A ortografia do kriol segue o modelo proposto por Scantamburlo (2002) na obra *Dicionário do Guineense. Dicionário Guineense-Português, Dicionário Guinensi-Português*, 2º volume, editado em Bissau pelas Edições FASPEBI, e na tese de doutoramento de Scantamburlo (2013), *O Léxico do Crioulo Guineense e as suas Relações com o Português: o Ensino Bilingue Português-Crioulo Guineense*, Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa (mimeografado).

Introdução

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (UNFCCC, 1992, p. 5), no seu artigo primeiro, definiu “mudanças climáticas” como todas as mudanças de clima atribuídas direta ou indiretamente à atividade humana e que alteram a composição da atmosfera global, o que vem aumentando a variabilidade natural do clima observada ao longo de períodos comparáveis. Para o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla inglesa) ou *Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat* (GIEC), as mudanças climáticas dizem respeito às mudanças do estado médio do clima, a longo prazo e de forma estatisticamente significativa para um parâmetro climático (e.g. temperatura, precipitação), o que pode ser causado pela variabilidade natural ou pela atividade humana (GIEC, 2007). As mudanças climáticas são hoje uma grande ameaça para o meio ambiente e para o desenvolvimento sustentável. Foi já registado um aumento da temperatura média da atmosfera e dos oceanos a nível mundial, o derretimento de neve e gelo, a elevação do nível médio das águas do mar a nível global e o aumento da concentração de gases de efeito de estufa (IPCC, 2013). De acordo com o IPCC, o aumento da temperatura média da superfície da terra pode ter impactos negativos, nomeadamente no sector agrícola, com tendência para a diminuição do seu rendimento.

No quarto relatório do GIEC ou IPCC, em 2007, para o qual contribuíram mais de 2 500 cientistas vindos de 130 países, descrevia-se ser provável (probabilidade maior do que 90%) que o aquecimento global observado desde 1950 fosse de origem antrópica. No relatório anual de 2013, o IPCC afirmou que seria extremamente provável (probabilidade entre 95% e 100%) que a influência humana fosse a principal causa do aquecimento global. O IPCC acrescentou ainda que a tendência linear verificada na variação da temperatura média da superfície terrestre ao nível do globo, combinada com a da terra imersa e a dos oceanos, indicava um aquecimento na ordem de 0,85°C ao longo do período 1880-2012. Além disso, o IPCC prevê que a temperatura média global da superfície terrestre, no final do século XXI, ultrapassará em 1,5°C a do período 1850-1900 para os cenários climáticos RCP³ (*Representative Concentration Pathway*), exceto para o cenário RCP2.6.

³ Os RCPs (perfis representativos da evolução da concentração) respeitam a um conjunto de quatro cenários climáticos (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5) definidos no quinto relatório do IPCC sobre a evolução do clima tendo em conta a concentração de gases de efeito estufa e a sua conversão em termos de força radioativa, isto é, efeito de aquecimento (IPCC, 2013). O cenário RCP2.6 (cenário otimista) assume que as medidas de atenuação permitiriam uma redução máxima das emissões até 2100, enquanto o RCP8.5 (cenário pessimista) toma em conta um tipo de desenvolvimento económico com poucas medidas para a redução das emissões.

O aquecimento continuará a apresentar variabilidade interanual e decenal e não é nem será uniforme de uma região para a outra (IPCC, 2013). A maioria dos cenários de alterações climáticas prevê para África uma diminuição de 0,5 a 40% na precipitação, que variará em média 10 a 20%, para um horizonte temporal até 2025 (Adger *et al.*, 2003). A precipitação anual deverá diminuir em grande parte da África Mediterrânea, a norte do Saara, e na África Austral, enquanto as mudanças projetadas para a evolução da precipitação no Sahel, na costa guineense e ao sul do Saara permanecem incertas (Christensen *et al.*, 2007). Para o final do século XXI, de acordo com diferentes cenários apresentados no “Relatório Especial sobre Cenários de Emissões” (SRES, sigla inglesa), a subida do nível do mar pode atingir mais 18 a 59 cm relativamente ao período 1980-1999 (GIEC, 2007). Os efeitos negativos desta variabilidade climática já foram observados nos recursos naturais, na segurança alimentar, na saúde humana, no ambiente, nas atividades económicas e nas infraestruturas (FIDA, 2010).

As mudanças climáticas representam, portanto, uma ameaça sem precedentes para as populações dos países em desenvolvimento que lutam para manter a sua segurança alimentar e condições de vida (CARE, 2010). África é o continente mais vulnerável aos efeitos adversos das mudanças climáticas e já está a enfrentar desafios consideráveis para assegurar a adaptação. De facto, tem sido revelado que o aquecimento é mais rápido em África comparativamente ao resto do mundo e que esta tendência é provável que assim continue (IIED, 2008). As mudanças climáticas afetarão desproporcionalmente os grupos pobres e marginalizados que dependem da agricultura e têm baixa capacidade de adaptação (World Bank, 2007).

A agricultura não é apenas uma vítima das mudanças climáticas, é também uma das principais causas das mudanças climáticas. Certos tipos de atividades agrícolas são diretamente responsáveis por 10-12% das emissões de gases de efeito de estufa gerados pelo Homem através do consumo de combustível, produção de fertilizantes ou desmatamento de florestas para dar lugar a plantações e a zonas de pastoreio. Estas atividades contribuem com uma quantidade importante de dois tipos de gases que contribuem para o aquecimento global, o óxido nitroso (N_2O) com 58% de emissões e o metano (CH_4) com 47% de emissões (Pye-Smith, 2011).

Em geral, o Sahel oeste-africano mostra índices de temperatura tendencialmente crescentes para o período 1960-2010. Ao longo deste período, as noites e dias quentes tornaram-se mais frequentes. O aquecimento é mais notório para as temperaturas mínimas do que para as temperaturas máximas (Ly *et al.*, 2013). O sector agrícola é o mais afetado pelas variações climáticas nos países em desenvolvimento da África Ocidental, marcados pela ocorrência mais frequente de condições meteorológicas extremas, como secas e inundações (Alhassane *et al.*, 2013). As populações rurais da África subsariana são particularmente vulneráveis aos riscos climáticos,

uma vez que estão dependentes da agricultura pluvial, que é a principal fonte de alimento e a fonte primária de rendimento (Sultan, 2011; Jalloh *et al.*, 2013; Recha *et al.*, 2014). A esta vulnerabilidade pode adicionar-se a pressão demográfica que limita o pousio e que leva à expansão dos cultivos para zonas marginais e florestais. Isto resulta na limitação da capacidade de restituição da fertilidade do solo (Amoukou, 2011) e, portanto, na redução da produção agrícola.

Na Guiné-Bissau, o baixo rendimento das colheitas de cereais, cuja produção é dependente da pluviosidade, pode ter repercussões negativas na segurança alimentar (FAO, 2000). Atualmente, a agricultura é dominada pelo cultivo de caju (Mendes, 2007), cuja exportação da castanha constitui a principal fonte de divisas do país e é a base económica e de bem-estar da população. No entanto, esta cultura tem sido ameaçada pelas mudanças climáticas nestes últimos anos e, caso este fenómeno persista, irá acarretar repercussões negativas na sua produção, o que vai afetar a grande maioria da população camponesa que depende desta cultura. De acordo com a Primeira Comunicação Nacional da Guiné-Bissau sobre as Mudanças Climáticas (CNIMC, 2005) quase 70% da população guineense vive em áreas rurais e tem como principais atividades socioeconómicas a exploração dos recursos naturais não renováveis (agricultura, pesca, silvicultura, pastorícia). A agricultura, sendo a base da economia, representa 50% do PIB, emprega 80% da população ativa, e mais de 90% da economia nacional depende deste sector (FAO, 2000).

O nível de desenvolvimento humano da Guiné-Bissau continua fraco e precário. A instabilidade política recorrente nas últimas décadas não permite criar condições para a implementação de políticas públicas ambiciosas e sustentáveis (DENARP II, 2011). Essa precariedade, à que se acrescenta o efeito das mudanças climáticas, faz com que a Guiné-Bissau se encontre numa situação de pobreza e com poucos meios de adaptação às alterações climáticas, o que afeta a segurança alimentar dos pequenos agricultores, pastores e pescadores que praticam atividades de subsistência (PANA Guiné-Bissau, 2006).

Tendo em conta os desafios impostos pela instabilidade política e a correspondente falta de preparação das instituições estatais para fazer face às alterações climáticas, em particular na região de Gabú, este estudo visa contribuir para perceber as tendências climáticas e as perceções dos agricultores nos sectores de Piche e Pirada acerca dos indicadores das mudanças climáticas e as suas estratégias de adaptação.

Este artigo constitui uma parte do meu trabalho de dissertação para a obtenção do grau de mestrado em Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro Regional AGRHYMET em Niamey, no Níger.

Após esta secção introdutória acerca dos aspetos gerais das mudanças climáticas, apresento a descrição dos métodos utilizados durante o trabalho, seguindo-se os resultados e a correspondente discussão.

Métodos

Área de estudo

A região de Gabú é a maior região da Guiné-Bissau, com uma superfície de 9 150 km² e uma população de 205 608 habitantes (INE, 2009). A região de Gabú é limitada a norte pela República do Senegal e a leste e a sul pela República da Guiné-Conacri. Está dividida em cinco sectores: Boé, Sonaco, Gabú, Pirada e Pitche (Figura 1), tendo sido nestes dois últimos sectores que se situou este estudo.

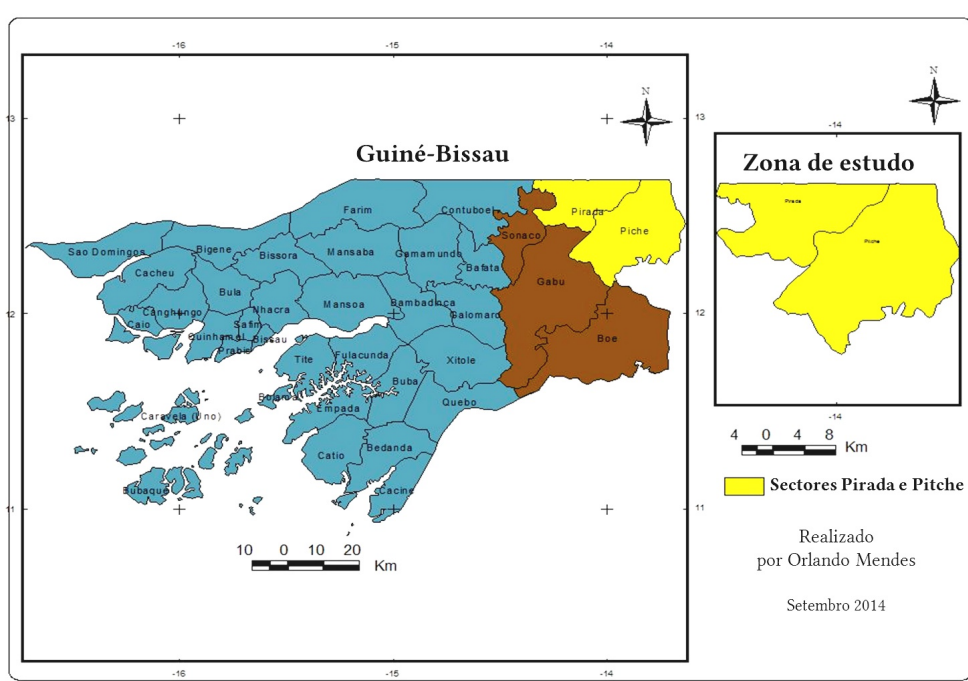


Figura 1 – Zona de estudo: sectores de Pirada e Pitche na região de Gabú, Guiné-Bissau.

As principais atividades económicas da região de Gabú são a agricultura e a pecuária. A agricultura é o sector de produção mais importante e é do tipo pluvial. É fortemente dependente de parâmetros agroclimáticos, tais como a precipitação e a temperatura. Os dados meteorológicos revelam que estes parâmetros sofreram importantes variações ao longo dos anos, o que aumentou o nível de vulnerabilidade da população rural, que já enfrentava desafios impostos pela pobreza.

As principais culturas na região de Gabú são o sorgo, o arroz, o milheto (*midju pretu*), o milho (*midju basil*) e o amendoim (*mancara*). A produção de caju e a respectiva superfície de cultivo conheceram um aumento considerável nos últimos anos devido ao preço vantajoso no mercado internacional e à facilidade no trabalho que esta cultura oferece aos produtores, tendo em larga medida substituído a cultura de cereais.

Metodologia

Amostragem por inquérito no terreno

Os inquéritos foram realizados na base de uma amostra que corresponde a 10% de um total de 1 570 habitantes com idade a partir de 40 anos. Assume-se que com esta idade, o inquirido é capaz de comparar parâmetros meteorológicos usando referências do passado e de anos recentes. Foram inquiridos 157 indivíduos oriundos de 12 tabancas dos sectores de Pitche (55%) e de Pirada (45%) dos quais 83 são mulheres e 74 homens. Foram levados a cabo 85 questionários individuais a agricultores, 35 questionários conduzidos no âmbito de grupos focais com agricultores e 25 questionários a técnicos do Ministério da Agricultura (Figura 2). Esta metodologia foi adotada para compreender as suas perceções sobre as mudanças e variabilidades climáticas, os respetivos impactos socioeconómicos, riscos e níveis de vulnerabilidade e métodos de adaptação local.



Figura 2 – Trabalho de terreno: inquéritos junto dos camponeses.

Os inquéritos foram realizados entre 9 de julho e 10 de agosto de 2014, foram realizados pelo autor com o apoio de três animadores de terreno pertencentes ao projeto “Reforço da resiliência e da capacidade de adaptação dos sectores agrícola e hídrico às mudanças climáticas na Guiné-Bissau”, que contribuíram para a tradução dos questionários para a língua fula para facilitar a compreensão entre entrevistador e entrevistados. Os entrevistados foram escolhidos de forma aleatória.

Dados climáticos

Foram utilizados dados de temperatura máxima e mínima para o período 1960-2012 da estação sinótica de Bafatá, localizada a 50 km da região de Gabú. A principal razão de se terem utilizado dados da estação sinótica de Bafatá foi a falta de dados de temperatura para a zona de estudo ou arredores. Os dados de precipitação utilizados foram os recolhidos nas estações de Gabú e de Pirada para o período 1951-2012.

Foi realizado um controlo da qualidade destes dados de temperatura e precipitação através da ferramenta *RClimdex v.1.0* para eliminar os valores extremos e aberrantes.

Análise da variabilidade e alterações climáticas

Determinação de anomalias climáticas

Para a análise de precipitação e temperatura, foram calculadas as anomalias em relação ao último período de referência da Organização Meteorológica Mundial (1981-2010) a fim de identificar as principais tendências e anomalias climáticas na série climatológica, tal como definido pela fórmula de Wilks (1995) abaixo indicada.

$$I = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

Sendo I o índice ou anomalia climática, x_i a precipitação ou temperatura do ano i , $\bar{x}$ a precipitação ou temperatura média para o período de referência, e σ o desvio padrão da precipitação ou temperatura da série climatológica.

Teste de deteção da rutura na série climatológica

A ferramenta *XLSTAT* possibilitou verificar ruturas nas séries climatológicas, ou seja, identificar variações significativas na série através do teste de homogeneidade ou teste estatístico de Pettitt com um nível de significância de 5%.

Teste Mann-Kendall

Foi utilizado o teste de Mann-Kendall para avaliar a presença de tendência ao longo de uma série, nomeadamente através do estudo da correlação de um determinado parâmetro ao longo de uma série climatológica. Este processo baseia-se num teste de hipóteses, em que:

H_0 : Não existe tendência na série em estudo (hipótese nula);

H_a : Existe uma tendência na série em estudo (hipótese alternativa).

O valor p (p -value) corresponde ao nível de significância da tendência. Como adotado comumente, se o valor p for inferior a 0,05 (α) rejeita-se a hipótese nula (H_0) em favor da hipótese alternativa (H_a) e o resultado do teste é declarado estatisticamente significativo. Pelo contrário, se o valor p for maior do que esse valor *alfa*, não se rejeita a hipótese nula e não existe tendência significativa na série climatológica.

O valor p também permite estimar a probabilidade dos riscos, tais como risco de seca, risco de baixo cúmulo pluviométrico, risco de temporada de chuva curta e risco do aumento da temperatura.

Cálculo de diferentes índices climáticos

Foram calculados diferentes índices climáticos, tais como ondas de calor, percentil ou percentagem de dias mais quentes e percentil de noites quentes (Zhang & Yang, 2004). As ondas de calor são definidas pela ocorrência de pelo menos seis dias consecutivos em que a temperatura máxima é superior ao percentil 90 (90%) da temperatura máxima média para o período climatológico de referência (1961-1990). Os dias quentes são dias em que a temperatura máxima é superior ao percentil 90 da temperatura máxima média para o período climatológico de referência. As noites quentes são definidas como dias em que a temperatura mínima é superior ao percentil 90 da temperatura mínima média para o período climatológico de referência.

Determinação de parâmetros agrometeorológicos

Os parâmetros agrometeorológicos foram calculados através da ferramenta *INSTAT* v.3.36 e baseados nos critérios definidos por Sivakumar *et al.* (1993) referentes às datas de início e fim da chuva, à duração da estação chuvosa e aos dias sem chuva.

Critério para o cálculo da data de início da estação das chuvas

A data de início da estação chuvosa foi determinada através do cumprimento de dois critérios. Assumiu-se que a partir de 1 de maio se podia definir determinado dia como o início da estação das chuvas se (i) a quantidade de precipitação registada

durante um ou dois dias consecutivos fosse igual ou superior a 20 mm, e se (ii) durante os 30 dias seguintes não se registasse uma paragem na chuva de dez dias.

Critério para o cálculo da data do final da estação das chuvas

A estimativa da data final da estação chuvosa foi baseada no critério do balanço hídrico entre a precipitação e a evaporação. Definiu-se o fim da estação das chuvas a partir de 1 de setembro quando o balanço hídrico entre água no solo e evaporação fosse inferior a 0,05 mm (Stern *et al.*, 2006). Para calcular o balanço hídrico, utilizámos um valor *standard* de evaporação diária igual a 5 mm e considerámos que a reserva hídrica útil do solo é de 70 mm.

Duração da estação das chuvas

A duração da estação foi calculada através da diferença entre a data de fim da estação das chuvas e a data de início dessa mesma estação.

Sequências secas

As sequências secas, ou dias sem chuva, foram definidas como dias sucessivos sem precipitação ou dias em que a quantidade de precipitação é inferior a 1 mm. Calculámos também os períodos de seca mais longos nos 30 dias que se seguem à data de início da estação das chuvas. Estes parâmetros foram utilizados como indicadores da perturbação das atividades agrícolas e da preponderância de secas que ocorrem após o início da chuva.

Resultados

Percepções camponesas sobre a variabilidade e mudanças climáticas

Quase todos os agricultores inquiridos afirmaram que o cúmulo de precipitação nestes últimos anos baixou significativamente em comparação com os últimos 20 ou 30 anos, dizendo que a estação das chuvas está cada vez mais reduzida e menos pluviosa. Contrariamente à precipitação, os camponeses foram unânimes em afirmar que a temperatura tem vindo a aumentar de uma forma significativa em comparação ao passado, designadamente os dias e as noites estão mais quentes e a estação fria tem-se tornado mais quente e curta.

No que diz respeito à data de início da estação chuvosa, 99,4% (N=157) dos camponeses inquiridos afirmaram que no passado o começo da temporada chuvosa acontecia no mês de maio, enquanto que 87,3% afirmaram que atualmente as chuvas começam no mês de junho. A maioria dos agricultores (79,0%) indica o mês de novembro como a data de término das chuvas no passado, enquanto para descrever o

presente as ideias divergem, 61,8% dos camponeses indicam o mês de setembro, 35,7% o mês de outubro e 2,5% o mês de novembro como a altura em que termina a época das chuvas. De acordo com a percepção dos agricultores, no passado a duração do tempo chuvoso era de seis meses (a partir de 15 de maio até 15 de novembro), diferente do que descreveram para o presente.

Em relação aos períodos de seca que ocorrem durante a estação chuvosa, os camponeses afirmaram que estes períodos são mais frequentes atualmente em comparação com anos atrás.

O resultado dos inquéritos junto dos camponeses indica que quase todos os inquiridos afirmaram que o mês de agosto era o mais chuvoso no passado, ao passo que atualmente só 75% confirmaram o mesmo mês como sendo o mais chuvoso, enquanto os outros 25% apontam para o mês de setembro. Ainda assim, todos concordaram que o volume total de pluviosidade do mês mais chuvoso diminuiu nos últimos anos.

Evolução dos eventos extremos

Os eventos extremos mencionados pelos camponeses entrevistados são as ondas de calor, as secas e os ventos fortes. Os agricultores defendem que o fenómeno de ondas de calor está a tornar-se cada vez mais comum, particularmente na estação seca. Afirmam que este fenómeno é muito prejudicial durante a floração do cajueiro, sobretudo nos meses de fevereiro e março, pois contribui para a secagem das flores e consequentemente para a diminuição na produção de caju.

Relativamente às secas observadas durante a estação chuvosa, os agricultores afirmaram que nos últimos anos este fenómeno tem vindo a causar prejuízos significativos nas suas atividades agrícolas, especialmente no início da campanha agrícola. Um exemplo dado pelos agricultores em relação às secas foi a situação que se verificou em 2014 quando uma interrupção das chuvas de cerca de duas semanas resultou na secagem das plantas que começavam a germinar, tendo sido obrigados a semear de novo no mesmo local. Os inquiridos também explicaram que os ventos se tornaram mais violentos comparativamente ao passado, em particular no início e no fim da época da chuva.

Impacto das alterações climáticas na agricultura, atividades socioeconómicas e medidas de adaptação local

Em comparação com o passado, 96,8% (N=175) dos agricultores indicaram que o rendimento da sua produção agrícola diminuiu devido à diminuição da precipitação, à degradação do nível de fertilidade do solo e à falta de ajuda mútua entre

agricultores. De acordo com as suas perspectivas, a diminuição da quantidade de chuva provoca a secagem prematura dos poços e pontos localizados de água, o que impõe dificuldades à população e ao gado. Ainda de acordo com a análise dos camponeses, o cúmulo de precipitação do mês de agosto, considerado o mês mais chuvoso, também diminuiu nos últimos anos.

Outros fatores que justificam a diminuição da produção agrícola relacionam-se com as secas que ocorrem no início da estação chuvosa, associadas ao seu começo tardio e fim precoce, e também os ataques de pragas e parasitas das culturas. Cerca de 76,4% dos agricultores entrevistados disse que as suas culturas são mais atacadas atualmente do que no passado. No que se refere às inundações, 90% das pessoas entrevistadas disseram que as inundações são mais frequentes nas suas tabancas atualmente do que no passado; ainda assim, 10% referiram o contrário.

Os agricultores entrevistados afirmaram que a cobertura vegetal está a degradar-se de forma acelerada e esta degradação tem contribuído para a erosão hídrica que tem como consequência a degradação da estrutura do solo e a perda de fertilidade.

As estratégias de adaptação locais aplicadas pelos camponeses para lidar com os fenómenos de mudanças climáticas consistem na utilização de variedades de cereais de ciclo curto, a prática de pequenas atividades de comércio, a venda de animais, assim como a substituição das áreas previamente dedicadas às culturas de cereais por plantações de caju, que consideram mais rentável em relação à cultura de cereais.

Análise de dados climáticos sobre a variabilidade e mudanças climáticas

Análise da precipitação

Após a análise de anomalias de precipitação em relação ao período de referência (1981-2010) nas estações de Pirada e Gabú, observa-se variabilidade interanual marcada por uma tendência de diminuição da precipitação. Para Pirada verificou-se que o período 1951-1967 foi caracterizado como excedentário e, a partir de 1968, assistiu-se a uma alternância entre anos húmidos e anos deficitários e, portanto, uma elevada variabilidade interanual (Figura 3A). Pelo contrário, na cidade de Gabú podemos destacar três períodos diferentes: um primeiro período de 1951 a 1967 considerado excedentário em termos de precipitação, um segundo período de 1968 a 2002 considerado deficitário com exceção de alguns anos e um terceiro período, a partir de 2003, que pode ser considerado como período de retorno da precipitação à zona (Figura 3B).

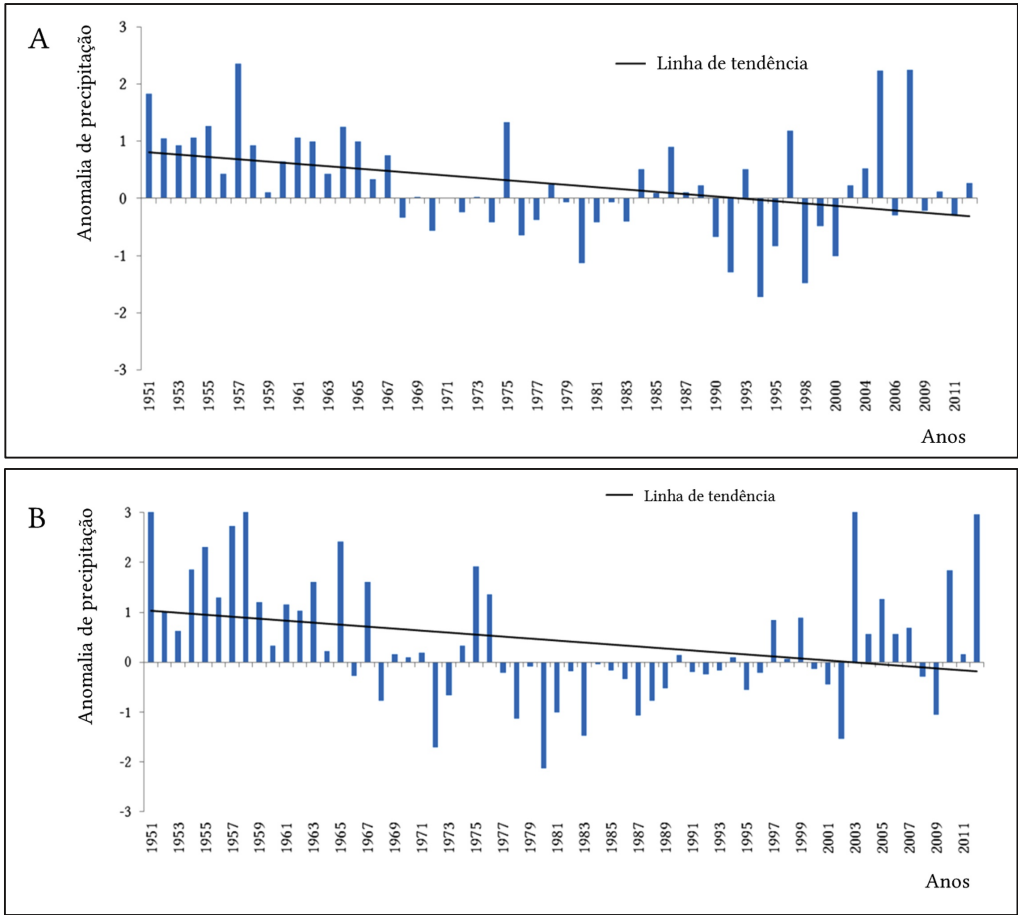


Figura 3 – Anomalias interanuais de precipitação para o período 1951-2012 para os sectores de (A) Pirada e (B) Gabú.

Aplicando o teste de homogeneidade, ou teste de rutura de Pettitt, para ambas as localidades, constata-se uma rutura na série em 1967. Para a estação de Pirada, a média de precipitação antes da rutura era de 1 380 mm, contrastando com 986 mm após a rutura, o que exprime uma diferença de 394 mm (Figura 4A). Em Gabú, por sua vez, antes da rutura a média pluviométrica era de 1 544 mm e depois da rutura de 1 246 mm. Esta diferença traduz-se num decréscimo de 298 mm. Esta mudança na série cronológica confirma a diminuição da precipitação nestas estações, conforme descrito pelas tendências evolutivas da série (Figura 4B).

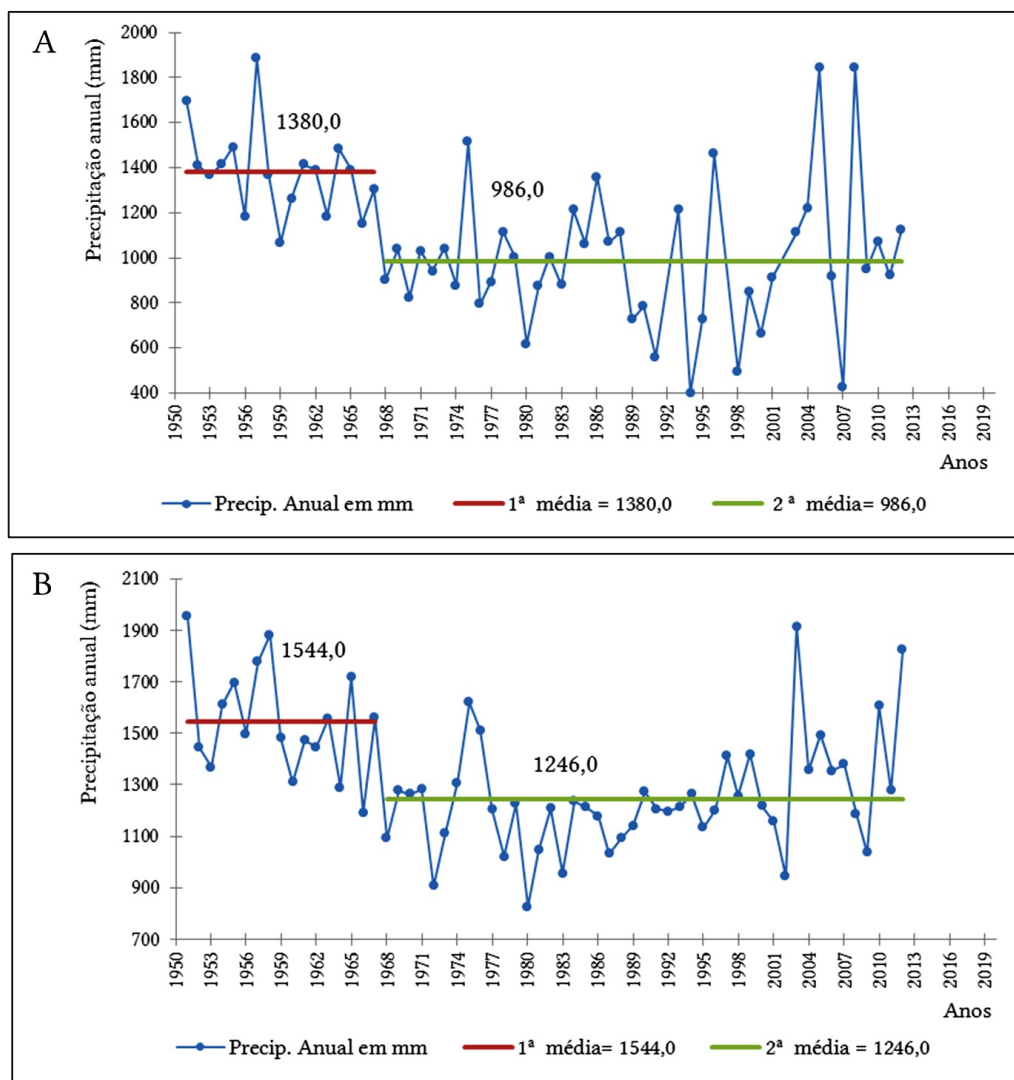


Figura 4 – Teste de homogeneidade ou de rutura para o período 1951-2012 em (A) Pirada e (B) Gabú.

A análise da precipitação média mensal na série climatológica 1951-2012 mostra que o mês de agosto é o mais chuvoso destas duas localidades (Figura 5).

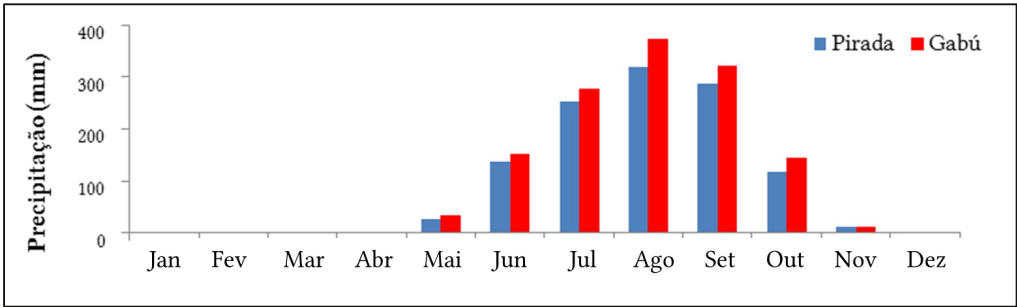


Figura 5 – Precipitação média mensal de Pirada e Gabú para o período 1951-2012.

A precipitação do mês de agosto para o período 1951-2012 sofre uma diminuição ao longo da série climatológica. Esta diminuição é mais importante na cidade de Gabú (Figura 6A) do que na cidade de Pirada (Figura 6B).

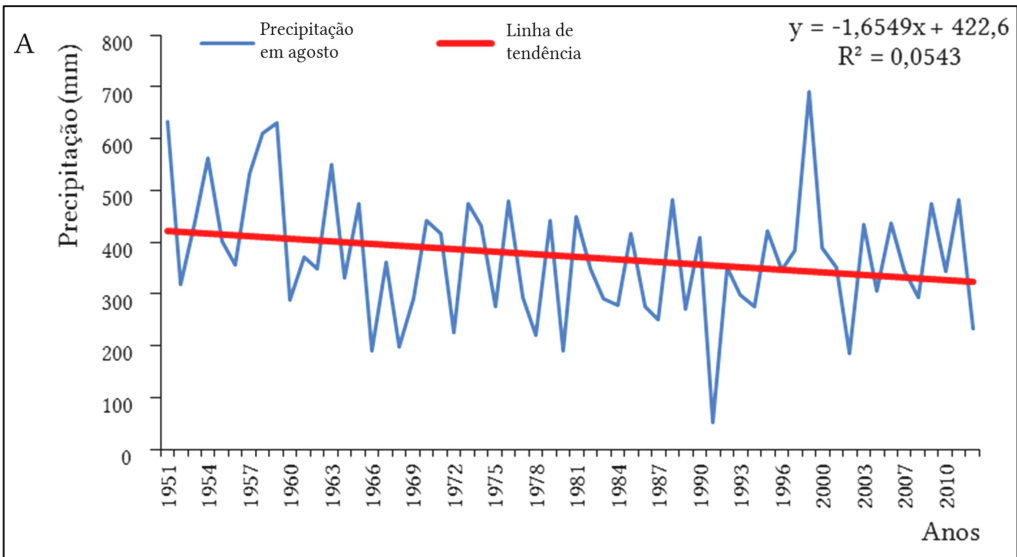


Figura 6A – Variação interanual da precipitação no mês de agosto para o período 1951-2012 em Gabú.

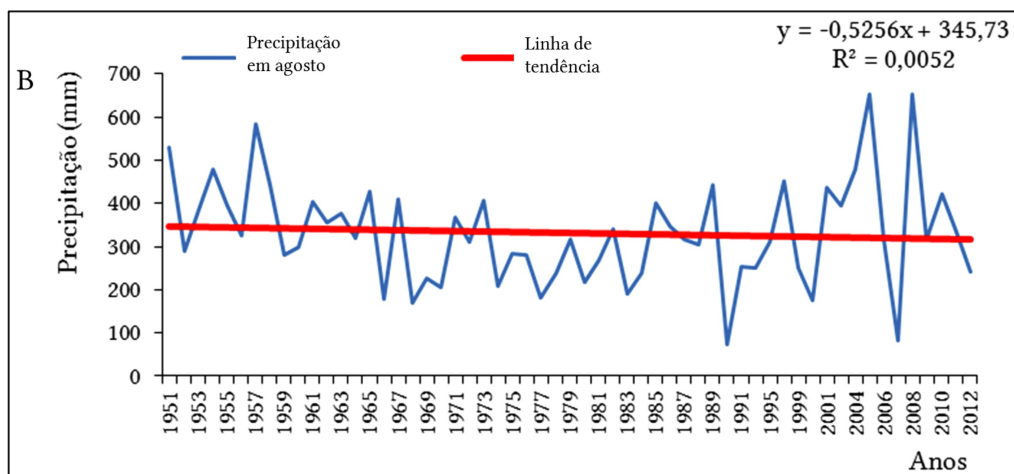


Figura 6B – Variação interanual da precipitação no mês de agosto para o período 1951-2012 em Pirada.

Análise de temperaturas

Temperatura máxima

A análise de anomalias na série climatológica da temperatura máxima registrada na estação sinótica de Bafatá (1960-2012) mostra uma mudança significativa na última década (2002-2012). A partir de 1995, os valores de temperaturas máximas têm conhecido uma anomalia positiva elevada em relação à normal climatológica, com exceção dos anos 2008 e 2009 (Figura 7).

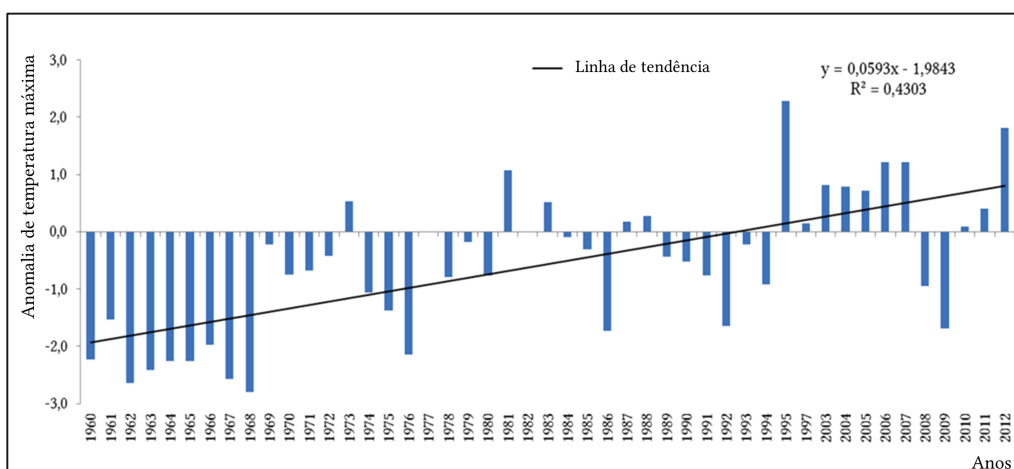


Figura 7 – Análise de anomalias da temperatura média máxima de Bafatá para o período 1960-2012.

Para confirmar esta anomalia positiva da temperatura máxima média, foi aplicado um teste de homogeneidade ou teste de rutura e o resultado mostrou uma rutura na série a partir de 1980. No período anterior à rutura, a média da temperatura máxima era de aproximadamente 34,0°C, assumindo para o período pós-rutura uma média de 34,7°C, o que se transcreve numa diferença de 0,7°C entre os dois períodos (Figura 8).

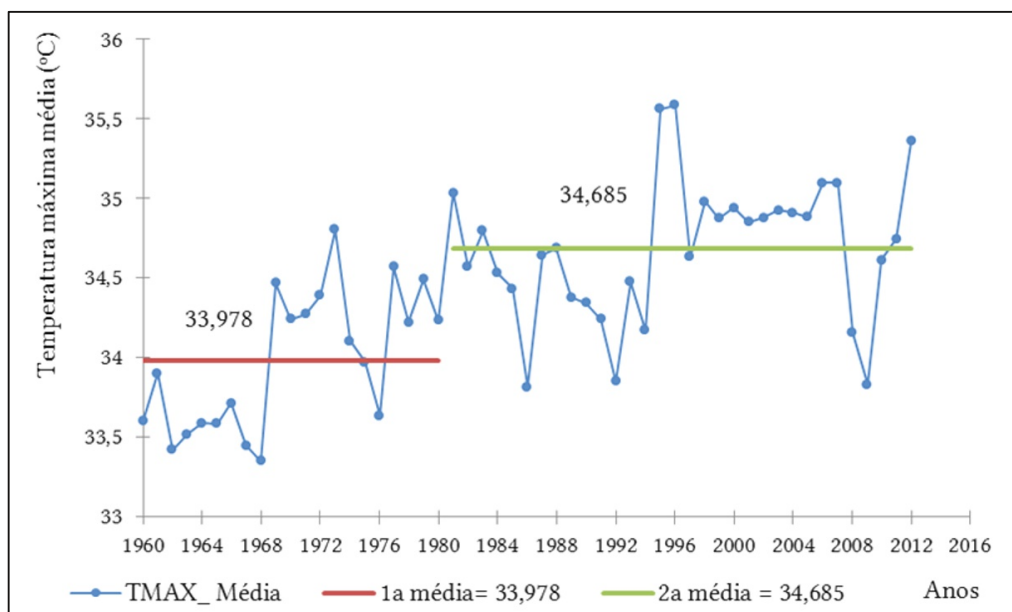


Figura 8 – Teste de homogeneidade de temperatura máxima média de Bafatá para o período 1960-2012.

Temperatura mínima

A análise da anomalia na série climatológica respeitante à temperatura mínima registada na estação de Bafatá (1960-2012) indica que os anos compreendidos no período 1960-1979 são marcados na sua maioria por anomalias negativas de temperaturas mínimas em relação ao período de referência (1981-2010). A partir de 1980 foi constatada uma variabilidade entre anomalias negativas e positivas. Apesar da existência desta variabilidade interanual, a tendência linear mostra um aumento ligeiro deste parâmetro (Figura 9).

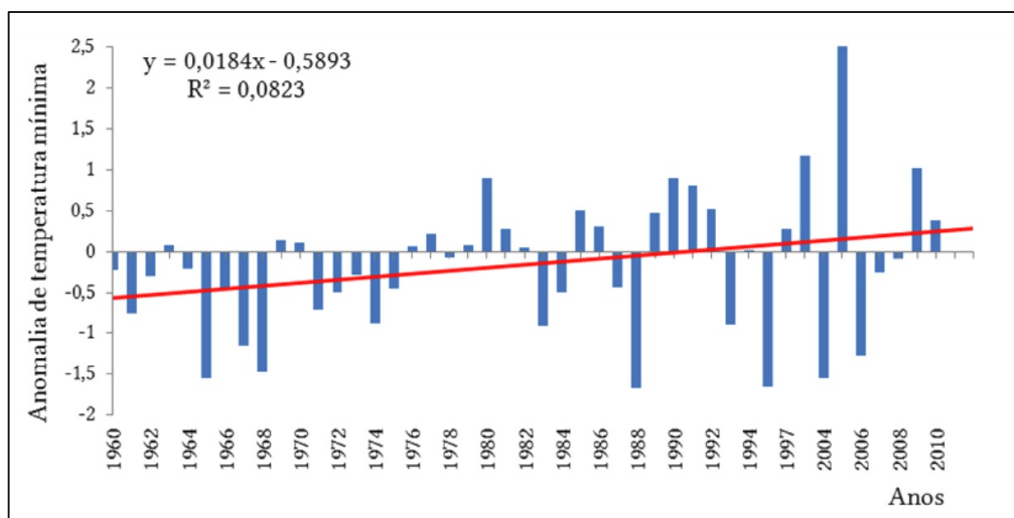


Figura 9 – Análise da temperatura média mínima de Bafatá para o período 1960-2012.

Temperatura máxima superior a 35°C (em dias)

A análise do número de dias em que a temperatura máxima excedeu 35°C durante o ano mostra uma tendência crescente e significativa (Figura 10).

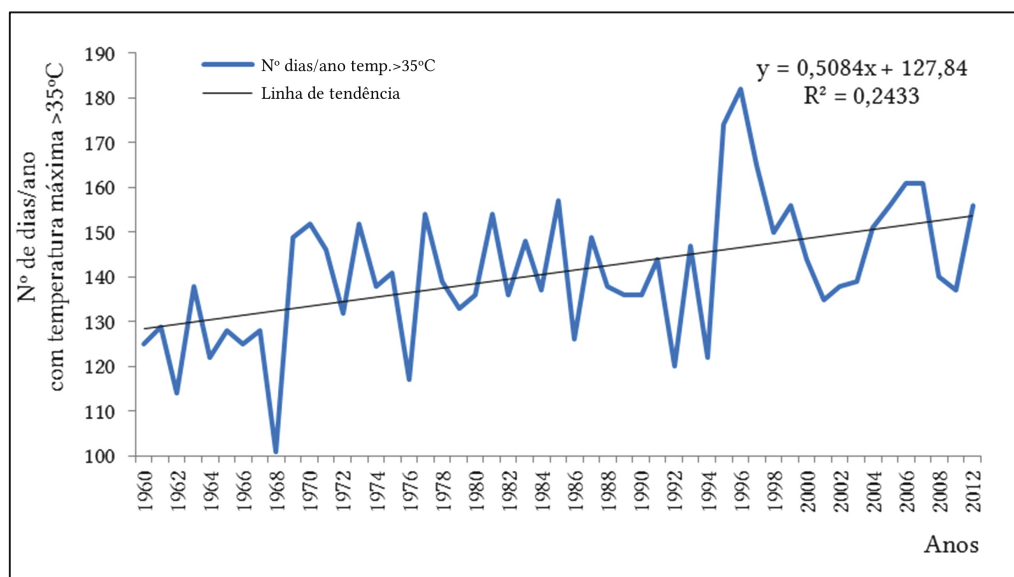


Figura 10 – Número de dias por ano com temperatura máxima superior a 35°C para Bafatá durante o período 1960-2012.

Os índices climáticos extremos

Onda de calor

A análise das ondas de calor indica que este fenómeno tem vindo a aumentar de forma significativa, como mostra a tendência ilustrada na Figura 11 abaixo.

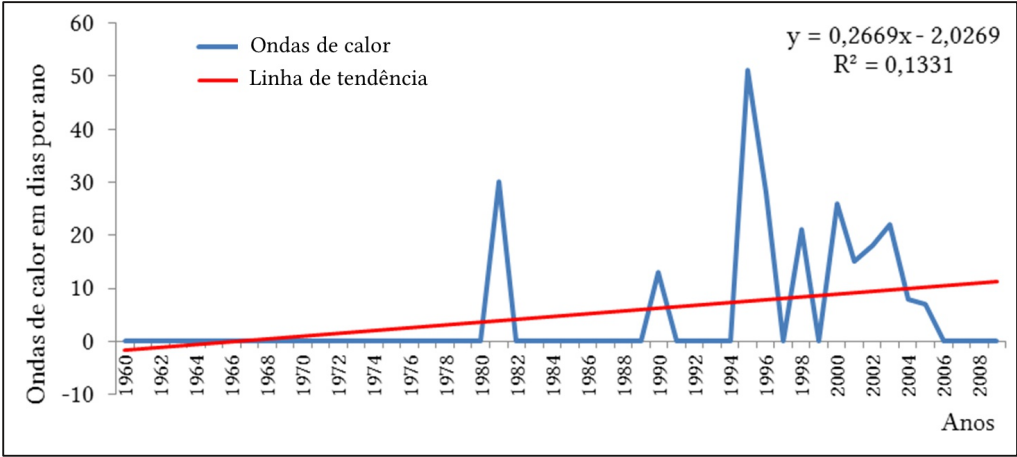


Figura 11 – Índice de ondas de calor para a cidade de Bafatá atendendo ao período1960-2012.

Número de dias quentes

A análise do número de dias quentes para os registos da estação de Bafatá mostra uma variabilidade muito acentuada de 1960 a 2012, mas de tendência positiva, isto é, os dias quentes são cada vez mais frequentes (Figura 12).

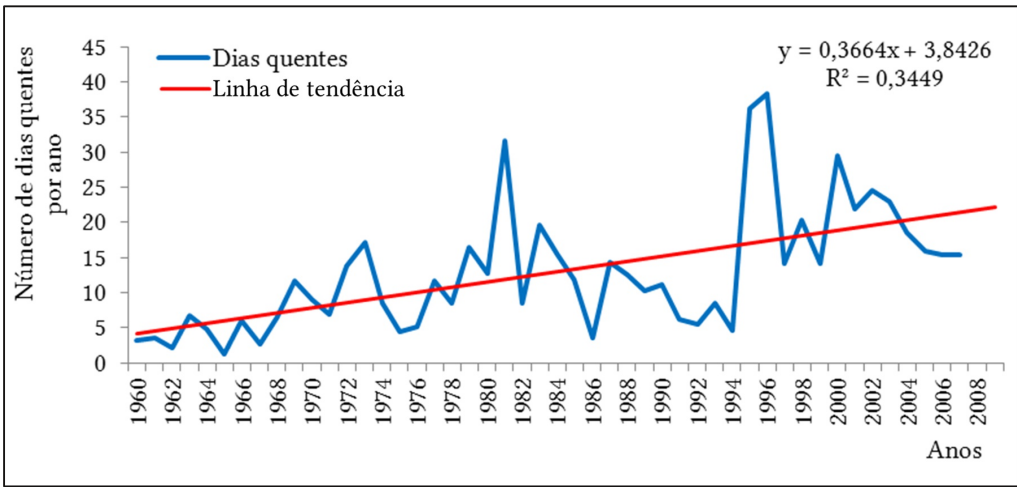


Figura 12 – Análise de dias quentes por ano em Bafatá para o período 1960-2012.

Número de noites quentes

O número de noites quentes que ocorrem por ano também mostra uma tendência crescente, apesar da variabilidade interanual ao longo da série climatológica (Figura 13).

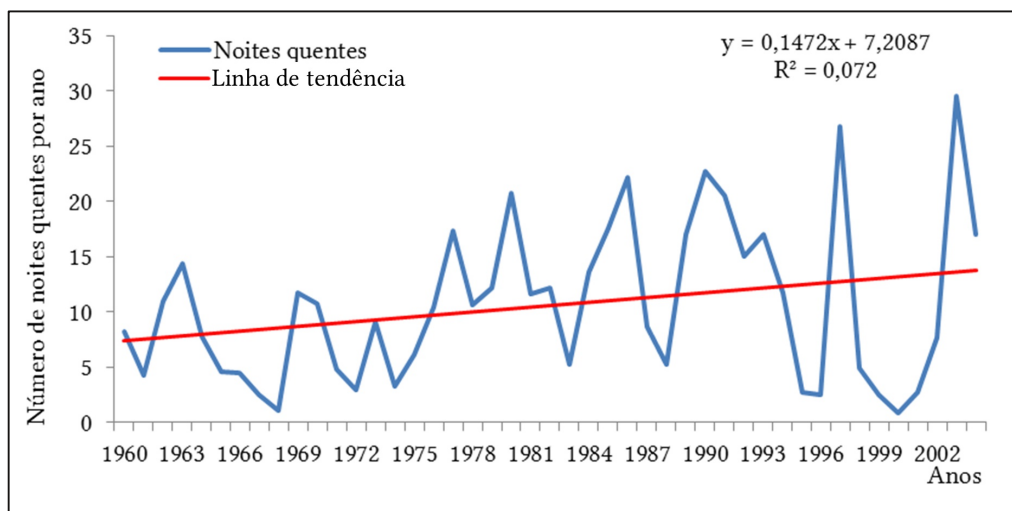


Figura 13 – Número de noites quentes por ano em Bafatá para o período 1960-2012.

Parâmetros agrometeorológicos da estação chuvosa

Data de início da estação das chuvas

A data do início da estação das chuvas é um parâmetro chave para o sucesso da produção agrícola. O número reduzido de dias chuvosos constitui um obstáculo para as culturas completarem o seu ciclo vegetativo, sobretudo os cereais. Os resultados mostram que a data de início da estação das chuvas é muito variável de um ano para outro. Isto acontece em ambas as localidades, sendo que esta variação é mais acentuada em Pirada. A variação da data de início da estação chuvosa tende a ser cada vez mais tardia em Pirada (Figura 14A) contrariamente a Gabú, onde não há tendência e o cenário é quase estacionário (Figura 14B). Em média, a data de início da estação chuvosa é 11 de junho para Pirada e 7 de junho para Gabú.

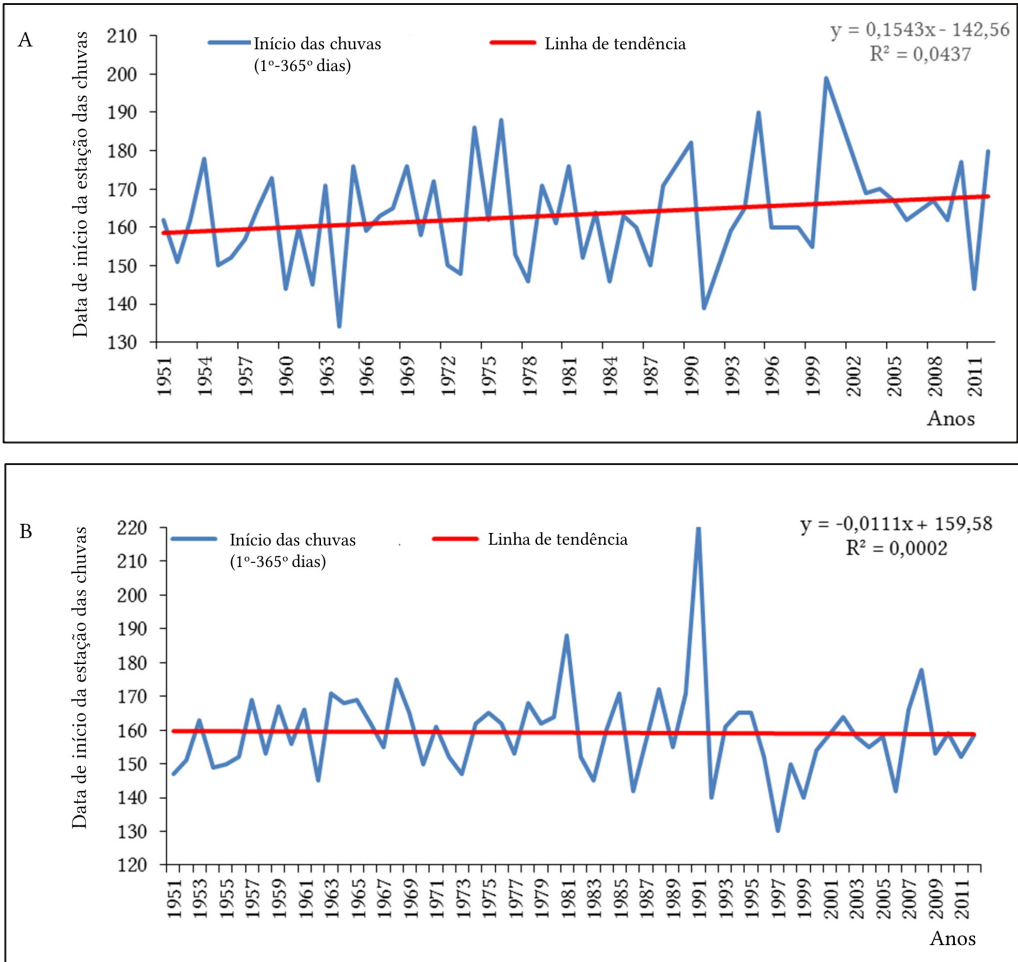


Figura 14 – Data de início da estação das chuvas para o período 1951-2012 em (A) Pirada e (B) Gabú.

Data de fim da estação das chuvas

A data do final da estação das chuvas nas localidades de Pirada e Gabú tem, ao longo dos anos, vindo a ser cada vez mais precoce. Esta redução é mais significativa em Pirada (Figura 15A) do que em Gabú (Figura 15B), sendo a média ao longo da série 25 de outubro para Pirada e 30 de outubro para Gabú.

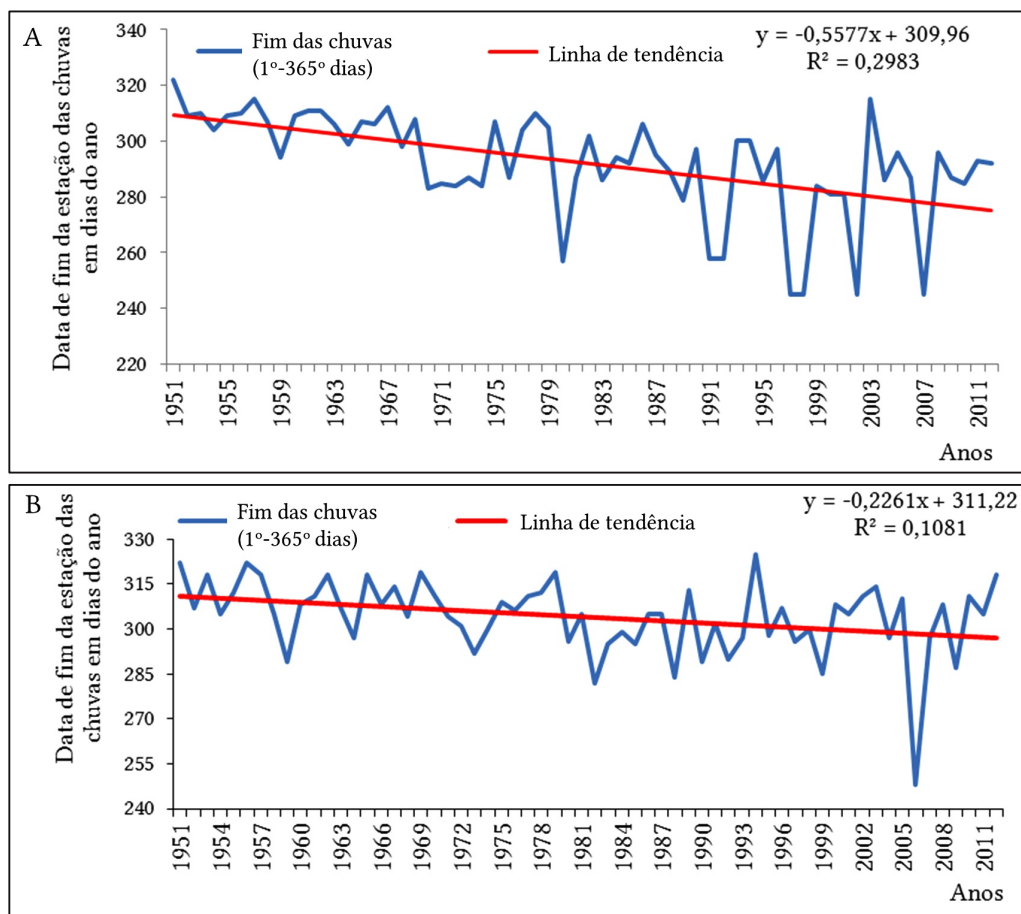


Figura 15 – Data de fim da estação das chuvas para o período de 1951 a 2012 em (A) Pirada e (B) Gabú.

Para verificar o nível de significância da redução do período chuvoso, o teste de rutura de Pettitt, ou teste de homogeneidade, revelou que para ambos os casos as séries climatológicas não são homogêneas e foi constatado o fim precoce da estação da chuva nestes últimos anos. Em Pirada, a rutura na série climatológica acontece para o ano 1969. Antes deste ano, a data média de fim da época das chuvas era de 6 de novembro e, de 1970 em diante, passou para o dia 18 de outubro (Figura 16A). Em

Gabú, a data média de fim da época das chuvas era 4 de novembro até 1979, sendo que após a rutura em 1980 a data média passou para o dia 25 de outubro (Figura 16B).

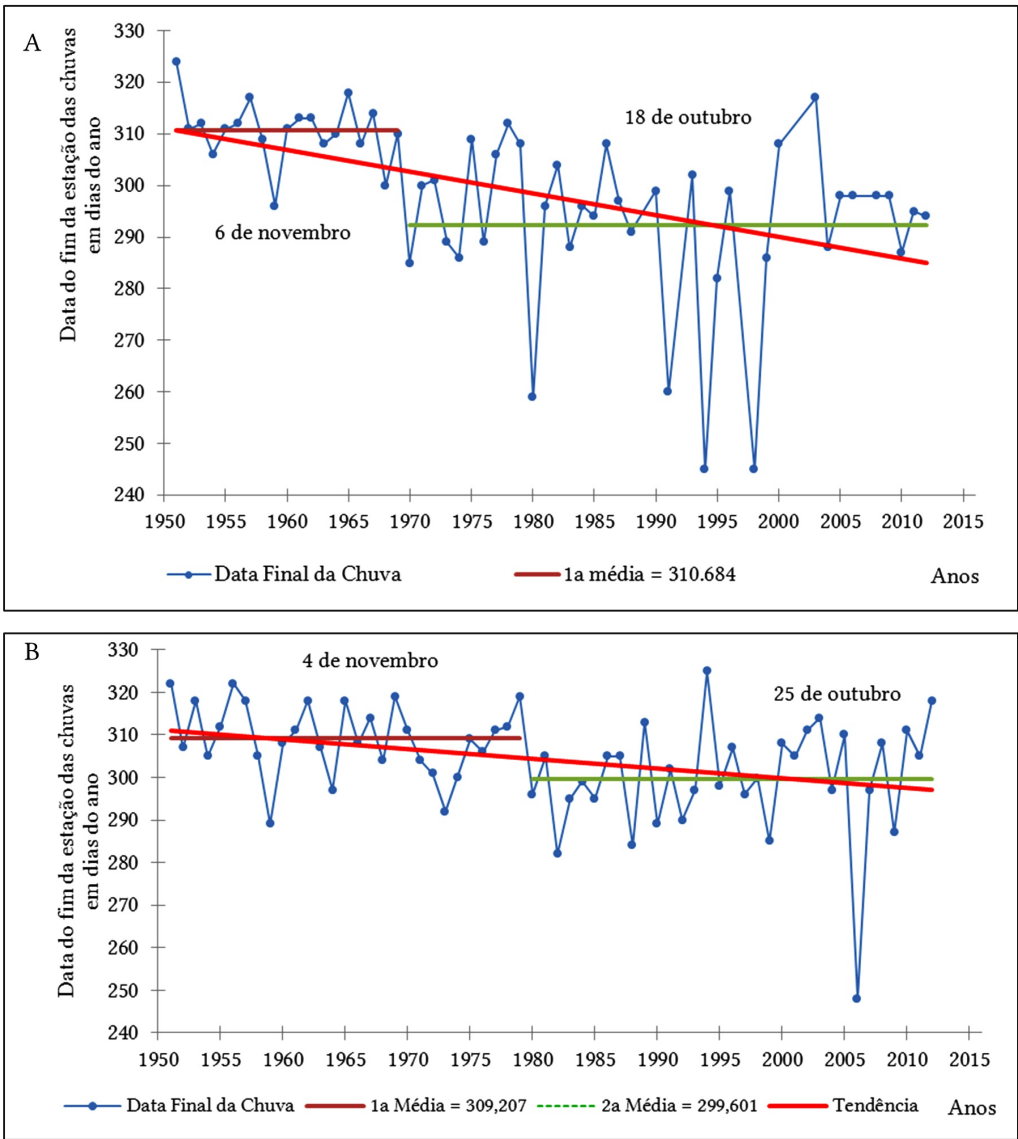


Figura 16 – Teste de rutura para a data de fim da estação chuvosa para o período 1951-2012 em (A) Pirada e (B) Gabú.

Duração em dias da estação das chuvas

A análise da tendência da duração da estação chuvosa ao longo da série cronológica de 1951-2012 em Gabú e Pirada revela uma redução do período chuvoso nestas duas localidades, sendo que a redução é mais notável em Pirada (Figura 17A) do que em Gabú (Figura 17B). A média da duração da estação das chuvas entre 1951 e 2012 foi de 135 dias em Pirada e de 145 dias em Gabú.

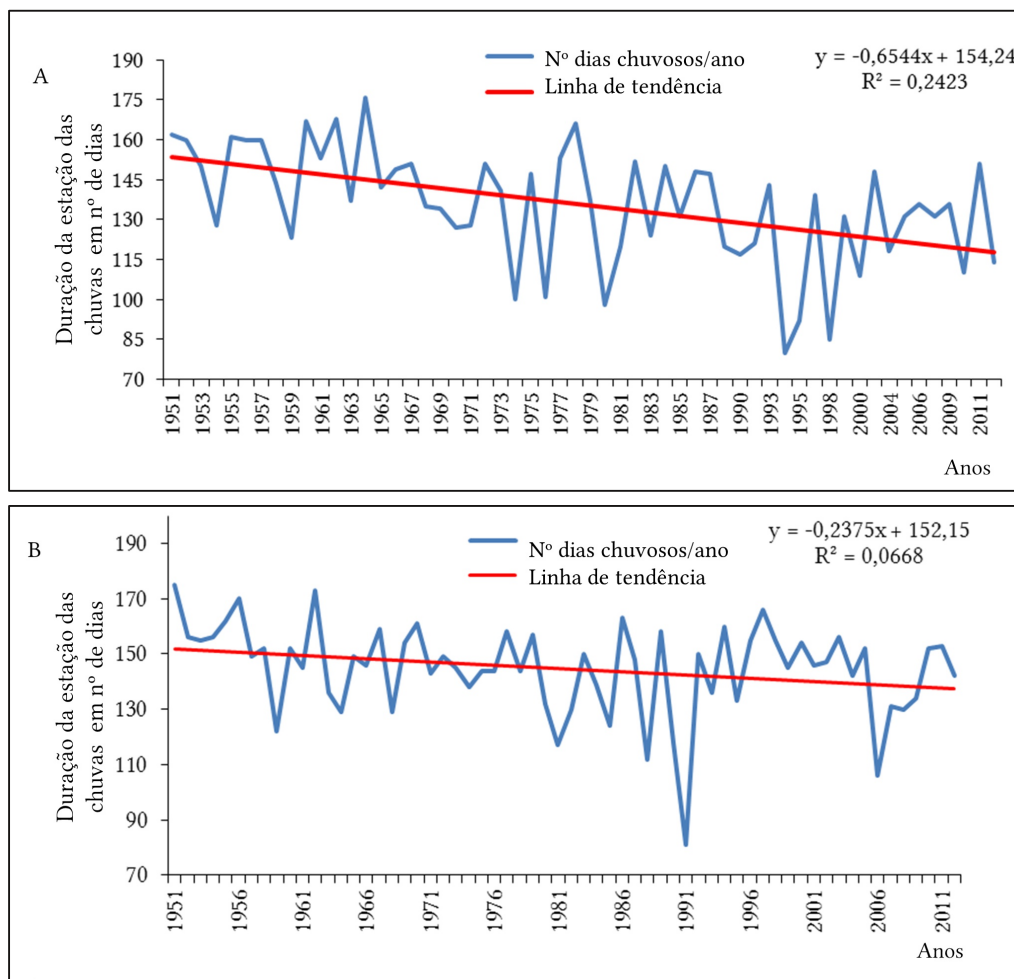


Figura 17 – Duração das chuvas em número de dias para o período 1951-2012 em (A) Pirada e (B) Gabú.

As sequências secas e riscos do seu aparecimento após o início da estação das chuvas

As sequências secas são mais frequentes e mais importantes no início da estação das chuvas, entre os meses de maio e junho, e menos importantes nos meses de julho, agosto e setembro. À medida que a estação das chuvas se instala a preponderância das sequências secas diminui.

Foi possível determinar os períodos mais longos sem chuva durante os 30 dias após a data do início da estação das chuvas. Aplicando o teste de homogeneidade na série, para avaliar a tendência comportamental deste fenómeno em Pirada e Gabú, constatou-se uma rutura na série com dois períodos para ambas as localidades, um em 1951-1977 e o segundo em 1978-2012. No primeiro período, o risco de dias sem chuva foi de 5 dias em Pirada (Figura 18A) e de 6 dias em Gabú (Figura 18B); durante o segundo período, esta média foi de 7 dias para ambas as localidades (Figura 18A e B).

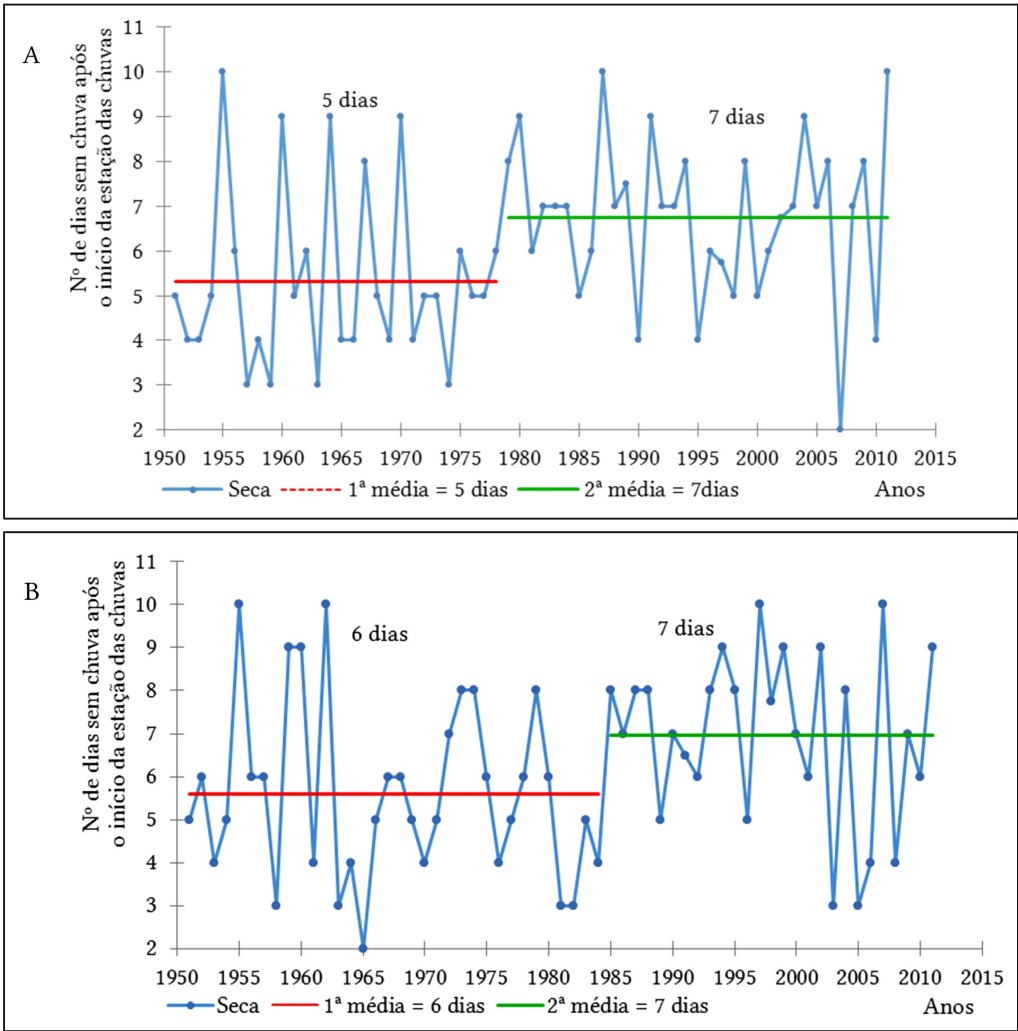


Figura 18 – Teste de homogeneidade para o risco de dias sem chuva para o período de 1951 a 2012 em (A) Pirada e B (Gabú).

Discussão

A análise dos camponeses sobre as variabilidades e mudanças climáticas é quase unânime sobre vários parâmetros climáticos. Afirmam que a estação chuvosa se está a tornar cada vez mais seca devido à redução do cúmulo de precipitação nos últimos anos e que esta diminuição contribui negativamente para a produtividade agrícola. Esta percepção camponesa foi confirmada pela análise dos dados climatológicos para a região de Gabú, onde os estudos foram realizados. A análise dos dados observados em 1951-2012 indica que a precipitação média anual diminuiu de 1 380 mm para 986 mm em Pirada, e em 1968-2012 diminuiu de 1 544 mm para 1 246 mm em Gabú. Esta informação sobre a diminuição do cúmulo de precipitação, também testemunhada pelos camponeses, foi revelada pela PANA Guiné-Bissau (2006) que afirmou que o país tinha experimentado, nos anos anteriores a 2006, uma diminuição significativa da precipitação. Esta diminuição da precipitação foi também previamente referida pela Primeira Comunicação Nacional (DGA/MRNA, 2005) e reafirmada na Segunda Comunicação Nacional sobre as Mudanças Climáticas (SEADD/DGA, 2011) tendo sido descrita uma diminuição da precipitação na ordem de 10-15% para o período de 1941-1969.

Os camponeses afirmam que o mês de agosto é o mais pluvioso, mas que o volume de pluviosidade está a diminuir ao longo dos anos. A análise dos dados observados confirma que o mês de agosto é o mais chuvoso, tanto no passado como atualmente, e que a quantidade de precipitação que antes era observada neste mês diminuiu ao longo da série climatológica, o que confirma os argumentos apresentados pelos camponeses entrevistados.

A percepção camponesa mostra que dantes a estação chuvosa começava em maio e atualmente no mês de junho, e que a data final da estação chuvosa no passado era no mês de novembro, mas que atualmente termina mais cedo. De acordo com os agricultores, o fim precoce da chuva contribuiu para a redução da produção, sobretudo dos cereais cujo ciclo vegetativo é superior a 3 ou 4 meses, razão pela qual mais de 90% dos entrevistados dizem que a produção está cada vez mais baixa comparativamente ao passado. Os agricultores também afirmaram que a produção do cajueiro, que é a principal cultura de renda, é mais rentável nos anos em que o fim da chuva chega tarde. Referente à variação da data de início da estação das chuvas, de facto, a análise dos dados observados confirma o conhecimento dos agricultores. Geralmente, atualmente, a data de início da estação chuvosa tende a ser tardia comparativamente ao passado e esta tendência é mais importante no sector de Pirada, no extremo leste do país, do que em Gabú. No que se refere à data de término da estação das chuvas, a análise dos dados mostra que esta tende a ser cada vez mais

precoce. Tendo a data de início da estação chuvosa sido cada vez mais tardia e tendo um fim cada vez mais precoce, os agricultores afirmaram que a estação das chuvas tem diminuído significativamente nos últimos anos.

O início tardio da estação chuvosa, relatado pelos agricultores e confirmada pela análise dos dados observados, corresponde às conclusões de várias publicações científicas e relatórios de estudos sobre as regiões do Sahel e Sudano-Sahel, como os de Camberlin & Diop (2003), Mendes (2007) e Alhassane *et al.* (2013). A análise da data de término da estação das chuvas, tal como indicada pelos agricultores e pela análise de dados climatológicos, indica uma tendência de término precoce, o que corresponde às conclusões referidas em Mendes (2007).

Todos os agricultores entrevistados afirmaram que os períodos de seca que ocorrem depois da instalação da época chuvosa são cada vez mais frequentes e podem ocorrer em qualquer momento, o que pode forçar a sementeira repetida e perturbações significativas nas atividades agrícolas, tendo por consequência uma baixa de produção. Os estudos feitos na Guiné-Bissau sobre as sequências secas (dias sem chuva) após a instalação da época chuvosa, sobretudo na zona leste e concretamente nas localidades de Gabú e Pirada, confirmaram as interpretações dos agricultores sobre a sua frequência e duração. Foi encontrada uma rutura e tendência significativa na média de dias dos períodos de seca nos primeiros 30 dias após o início da estação chuvosa, variando entre cinco dias antes da rutura e sete dias depois da rutura em Pirada e de seis e sete dias antes e depois da rutura em Gabú, respetivamente. Esta variação confirma o conhecimento dos camponeses no que diz respeito à perturbação das atividades agrícolas e o risco de sementeiras repetidas durante este período.

Estudos semelhantes sobre as sequências secas (dias sem chuva) mais longas nos 30 dias que se seguem à data de início da estação chuvosa nas zonas do oeste sudano-saheliano mostraram uma variabilidade importante mas não significativa dessas sequências secas (Alhassane *et al.*, 2013). De facto, as tendências significativas dessas sequências secas após a instalação da estação chuvosa são por vezes ligadas ao falso começo da chuva (Salack, 2013).

Em relação à temperatura, todos os entrevistados dizem que os dias e as noites quentes são cada vez mais frequentes e que as estações frias e da chuva se tornaram mais quentes em relação ao passado. A análise da temperatura segundo o teste estatístico de Mann-Kendall indica uma tendência de aumento muito significativo. O teste de homogeneidade estatístico indica uma rutura na série climatológica de temperaturas médias máximas em dois períodos, com um aumento de 0,7°C entre o primeiro e o segundo períodos. De acordo com as análises realizadas sobre alguns índices climáticos, tais como ondas de calor, número de dias e noites quentes, estes fenómenos são cada vez mais frequentes.

O aumento da temperatura máxima para valores que rondam os 35°C durante a floração do cajueiro (fevereiro e março), como verificado atualmente, apresenta riscos muito significativos. Esta forte tendência poderá ter consequências negativas para a produção do cajueiro, uma vez que o limite de temperatura para não comprometer a floração e a frutificação é 32°C. Temperaturas superiores a este limite podem provocar a secagem das flores e reduzir significativamente a produção (Milhaireiro & Evaristo, 1994).

No Plano de Ação Nacional de Adaptação (PANA Guiné-Bissau, 2006) afirma-se que as temperaturas médias aumentaram por volta de 1°C ao longo das últimas décadas. O IPCC (2013), no seu quinto relatório sobre as mudanças climáticas, refere que o aquecimento médio global entre 1880 e 2012 foi de 0,85°C. A tendência positiva na variação da temperatura é quase unânime na comunidade científica e vários estudos confirmam o conhecimento dos agricultores sobre a evolução da temperatura (e.g., Nouaceur & Sagna, 1996; Sarr, 2012; Baki, 2010; Ly *et al.*, 2013).

Duma maneira geral, a população camponesa dos sectores de Pitche e de Pirada é vulnerável à variabilidade e às mudanças climáticas porque os meios de adaptação a estes fatores são praticamente inexistentes, o que reduz as suas capacidades para enfrentar este fenómeno. Os meios de produção dos quais dispõe não são modernos (enxada, catana, arado, pá, etc.) e os trabalhos são feitos manualmente, o que não contribui para um nível de produção que garanta uma segurança alimentar aceitável, razão pela qual os camponeses nestas localidades são confrontados com a crise alimentar todos os anos, nomeadamente entre os meses de agosto e setembro. A degradação e redução da fertilidade do solo nestas tabancas contribuiu para a diminuição da produção agrícola. Uma das dificuldades da população desta zona é o acesso à água, sobretudo nos meses entre fevereiro e maio, por causa da secagem dos poços e de alguns pontos de acesso à água, tornando pastores e seu gado vulneráveis à seca.

A concentração dos gases de efeito de estufa de origem antrópica na atmosfera tem sido apontada como a principal causa das mudanças climáticas globais, resultando num aumento da temperatura média na superfície do globo e a perturbação no regime de precipitação, que têm como consequências o encurtamento da estação chuvosa e o aparecimento de secas prolongadas que significam repercussões negativas para o sistema de produção agrícola.

O objetivo do nosso estudo foi identificar os principais indicadores das mudanças climáticas na região de Gabú nos sectores de Pitche e Pirada, através da análise dos dados observados e dos conhecimentos locais dos camponeses sobre este fenómeno. Neste estudo, observámos que os camponeses aplicam estratégias de adaptação locais para lidar com os fenómenos de mudanças climáticas, tais como a utilização das

variedades de cereais de curta duração, a prática de pequenas atividades de comércio e a venda de animais, assim como a substituição da área previamente dedicada a culturas de cereais por plantações de caju, que consideram mais rentável.

Face a estes riscos e às consequências que representam para a comunidade de Pirada e Pitche, onde há uma fraca capacidade de adaptação, gostaria de recomendar ao Governo da Guiné-Bissau que integrasse as mudanças climáticas nas suas políticas de desenvolvimento rural e comunitário e que incentive estudos nesse domínio.

Referências

- Adger, W. N., Huq, S., H., Brown, K., Conway, D., & Hulme, M. (2003). Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies*, 3(3), 179-195.
- Alhassane, A., Salack, S., Ly, M., Lona, I., Traoré, S. B., & Sarr, B. (2013). Evolution des risques agroclimatiques associés aux tendances récentes du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. *Sécheresse*, 24(4), 282-293. doi: 10.1684/sec.2013.0400
- Amoukou, I. (2011). *Impacts des changements climatiques dans le secteur de l'agriculture*. Africa Adaptation Programme (AAP), UNDP, JAPAN Official Development Africaine.
- Baki, G. (2010). *Utilisation du modèle SARRA-H de croissance des cultures pour des études d'impacts de la variabilité et des changements climatiques sur la culture du mil au Burkina Faso*. Dissertação de licenciatura em Agrometeorologia, Centre Régional AGRHYMET, Niamey, Niger.
- Camberlin, P., & Diop, M. (2003). Application of daily rainfall principal component analysis to the assessment of the rainy season characteristics in Senegal. *Climate Research*, 23(2), 159-169.
- CARE. (2010). *Trousse à outils de l'adaptation à base communautaire*. CARE International & Institut International pour un Développement Durable (IIDD).
- Christensen, J. H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R. K., et al. (2007). Regional climate projections. Em: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor & H. L. Miller (Eds.), *Climate change 2007: The physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Chap. 11, pp. 849-940). Cambridge, Nova Iorque: Cambridge University Press.
- DENARP II. (2011). *Deuxième document de stratégie nationale pour la réduction de la pauvreté*. Bissau: Ministère de l'Economie, de la Planification et de l'Intégration Régionale.

- DGA/MRNA (Direção Geral do Ambiente/Ministério do Recursos Naturais e do Ambiente). (2005). *Comunicação nacional inicial da Guiné-Bissau sobre as mudanças climáticas*. Bissau: DGA/MRNA.
- FAO. (2000). *Diagnostic de la situation de l'agriculture, élevage, forêts, pêches et nutrition, dans le cadre de la sécurité alimentaire*. Bissau: Food and Agriculture Organisation (FAO).
- FIDA. (2010). *Renforcement de la capacité du FIDA à intégrer l'adaptation au changement climatique dans ses opérations: Réponse du FIDA au changement climatique par le soutien à l'adaptation et aux mesures qui s'y rapportent*. Rome: FIDA.
- GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques: Rapport de synthèse*.
- IIED (International Institute for Environment and Development). (2008). Impacts du changement climatique sur l'évolution et la viabilité de la réalisation des OMD sur l'ensemble du continent africain. *10ème Réunion du Forum pour le Partenariat avec l'Afrique*. Tóquio, Japão, 7 a 8 de abril.
- INE. (2009). *Recenseamento geral da população e habitação*. Bissau: Instituto Nacional de Estatística.
- IPCC. (2013) Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change. T. F. Stocker, D. Qin, G-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. et al. (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Jalloh, A., Nelson, G. C., Thomas, T. S., Zougmore, R., & Roy-Macauley, H. (2013). *West African agriculture and climate change: A comprehensive analysis*. Washington, DC: IFPRI Monograph.
- Ly, M., Traore, S., Alhassane, A., & Sarr, B. (2013). Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel. *Weather and Climate Extremes*, 1, pp. 19-25.
- Mendes, O. (2007). *Agroclimatologie de la production de l'anacardier en Guinée-Bissau*. Dissertação de licenciatura em Engenharia Agrometeorológica, Centre Régional AGRHYMET, Niamey, Niger.
- Milheiro, A. V., & Evaristo, F. N. (1994). *Manual do cajueiro*. Cultivar: Porto.
- Nouaceur, Z., & Sagna, P. (1996). Le rechauffement du climat en Afrique de l'Ouest (Mauritanie, Sénégal, Mali). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 9, pp. 463-70.
- PANA Guinée-Bissau. (2006). *Communication nationale initiale de la Guinée-Bissau sur les changements climatiques*.

- Pye-Smith, C. (2011). *Farming's climate-smart future: Placing agriculture at the heart of climate-change policy*. Wageningen: Research Program on Climate Change (CGIAR), Agriculture and Food Security (CCAFS), & Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA).
- Recha, J., Kapukha, M., Wekesa, A., Shames, S., & Heiner, K. (2014). *Sustainable agriculture land management practices for climate change mitigation: A training guide for smallholder farmers*. Washington, DC: EcoAgriculture Partners.
- Salack, S. (2013). *Analyse des pauses pluviométriques et évaluation des incertitudes de la pluie des modèles régionaux de climat à l'aide d'un modèle de culture*. Dissertation de Doutorado, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dacar, Sénégal.
- Sarr, B. (2012). Present and future climate change in West Africa: A crucial input for agricultural research prioritization for the region. *Atmospheric Science Letters*, 13, pp. 108-12.
- SEADD/DGA (Secretaria de Estado de Ambiente e Desenvolvimento Durável, Direção Geral do Ambiente). (2011). *Segunda comunicação nacional da Guiné-Bissau sobre as mudanças climáticas*. Bissau: SEADD/DGA.
- Sivakumar, M. V. K., Maidoukia, A., & Stern, R. D. (1993). *Agrométéorologie de l'Afrique de l'Ouest: Le Niger*. Bulletin d'information n° 5, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT).
- Stern, R., Rijks, D., Dale, I., & Knock, J. (2006). *Instat climatic guide*. Reading: University of Reading.
- Sultan, B. (2011). *Les impacts du climat en Afrique de l'Ouest*. Paris: Laboratoire d'Océanographie et de Climatologie par l'Expérimentation et l'Approche Numérique (LOCEAN), Université Pierre et Marie Curie.
- UNFCCC. (1992). *Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas* (UNFCCC). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas> (acedido a 6 de dezembro de 2017).
- Wilks, D. S. (1995). *Statistical methods in the atmospheric sciences*. San Diego: Academic Press.
- World Bank. (2007). *Population issues in the 21st century: The role of the World Bank* (HNP Discussion Paper). Washington, DC: The World Bank.
- Zhang, X., & Yang, F. (2004). *RClimDex (1.0) User guide*. Downsview (Ontario, Canada): Climate Research Branch Environment Canada.