



DOSSIÊ TEMÁTICO:

A ÁFRICA SUBSAARIANA FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Artigo



**INDICADORES DE RISCO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS QUE
SUSTENTAM A IRRIGAÇÃO NOS POLOS DE PRODUÇÃO NA
AMAZÔNIA E EM MOÇAMBIQUE**

**RISK INDICATORS IN HYDRORAPHIC BASINS THAT SUPPORT IRRIGATION IN
PRODUCTION HALLS IN THE AMAZON AND MOZAMBIQUE**

**INDICADORES DE RIESGO EN CUENCAS HIDROGRAFICAS QUE APOYAN EL
RIEGO EN SALAS DE PRODUCCIÓN EN AMAZONÍA Y MOZAMBIQUE**

Por Dilma Ázira Ismael Carlos & Lucieta Guerreiro Martorano

Dilma Ázira Ismael Carlos
Doutoranda em Ciências Ambientais, no
Programa de Pós Graduação em Sociedade
Natureza e Desenvolvimento (PPGSND) na
Universidade Federal do Oeste do Pará e
Pesquisadora na Universidade São Tomás de
Moçambique
<http://orcid.org/0000-0002-3431-6594>
diy.carlos21@gmail.com

Lucieta Guerreiro Martorano
Pesquisadora da Embrapa Amazônia
Oriental/NAPT-MA e Professora do Programa de
Pós Graduação em Sociedade Natureza e
Desenvolvimento (PPGSND), Universidade
Federal do Oeste do Pará e da Rede BioNorte
<http://orcid.org/0000-0003-3893-3781>
martorano.lucietta@gmail.com

Como citar
ISMAEL CARLOS, D.A; GUERREIRO
MARTORANO, L. Indicadores de risco nas bacias
hidrográficas que sustentam a irrigação nos polos
de produção na Amazônia e em Moçambique.
Boletim GeoÁfrica, v. 1, n. 1, p. 62-75, jan-mar
2022.

Submetido: 09/02/2022
Aceite: 03/03/2022



RESUMO. A pesquisa avalia os indicadores de risco associados às bacias hidrográficas que sustentam irrigação em polos de produção agrícola na Amazônia brasileira e Moçambique. Foram usados dados secundários revisados por pares da ferramenta Aqueduct Water Risk desde 2010 até 2020. Gerou-se mapas de riscos qualitativos, quantitativos e reputacionais em situação atual e previsão futura até 2030. Variáveis em escala anual e mensal testadas: indicadores de quantidade, variabilidade e qualidade da água, e a vulnerabilidade do ecossistema. As coordenadas geográficas de três municípios foram usadas. Na Amazônia foram Belterra, Mojuí dos Campos e Santarém, em Moçambique foram Boane, Moamba e Namaacha. Os resultados evidenciaram que os indicadores quantitativos explicaram 70% dos riscos hídricos ao comparar com os demais indicadores analisados. A escassez hídrica tem efeitos severos na produtividade da agricultura familiar gerando impactos socioeconômicos severos nas regiões analisadas. As previsões climáticas mostraram que elevações térmicas na faixa de 1.0 a 2.6° C comprometem o estado das bacias hidrográficas agravando a condição de variabilidade sazonal e intensificando a demanda por água com reduções na oferta pluvial. É recomendável o uso de ferramentas de previsão para subsidiar estratégias de decisão para o uso sustentável da água na irrigação.

Palavras-chave: Agricultura. Simulação de risco. Escassez de Água. Oeste do Pará. Sul de Moçambique.

ABSTRACT. The research evaluates the risk indicators associated with the hydrographic basins that support irrigation in agricultural production poles in the Brazilian Amazon and Mozambique. Secondary peer-reviewed data from the Aqueduct Water Risk tool were used from 2010 to 2020. Qualitative, quantitative and reputational risk maps were generated in the current situation and future forecast until 2030. Variables in annual and monthly scales tested: indicators of quantity, variability and water quality, and ecosystem vulnerability. The geographic coordinates of three municipalities were used. In the Amazon they were Belterra, Mojuí dos Campos and Santarém, in Mozambique foam Boane, Moamba and Namaacha. The results showed that the quantitative indicators explained 70% of the water risks when compared with the other indicators analyzed. Water scarcity has severe effects on the productivity of family farming, generating severe socioeconomic impacts in the analyzed regions. The climate forecasts showed that thermal elevations in the range of 1.0 to 2.6° C compromise the state of the watersheds, aggravating the condition of seasonal variability and intensifying the demand for water with reductions in the rainwater supply. It is recommended the use of forecasting tools to support decision strategies for the sustainable use of water in irrigation.

Keywords: Agriculture. Risk simulation. Water scarcity. South of Mozambique. West of Pará.

RESUMEN. La investigación evalúa los indicadores de riesgo asociados a las cuencas hidrográficas que sustentan el riego en los polos de producción agrícola de la Amazonía brasileña y de Mozambique. Se utilizaron datos secundarios revisados por pares de la herramienta Aqueduct Water Risk de 2010 a 2020. Se generaron mapas de riesgo cualitativo, cuantitativo y reputacional de la situación actual y proyección futura hasta 2030. cantidad, variabilidad y calidad del agua y vulnerabilidad de los ecosistemas. Se utilizarán las coordenadas geográficas de tres municipios. En Amazonas fueron Belterra, Mojuí dos Campos y Santarém, en Mozambique espuma Boane, Moamba y Namaacha. Los resultados mostraron que los indicadores cuantitativos explicaban el 70% de los riesgos hídricos en comparación con los demás indicadores analizados. La escasez de agua tiene efectos severos en la productividad de la agricultura familiar, generando severos impactos socioeconómicos en las regiones analizadas. Los pronósticos climáticos muestran que elevaciones térmicas en el rango de 1,0 a 2,6°C comprometen el estado de las cuencas de los ríos, agravando la condición de variabilidad estacional e intensificando la demanda de agua con reducciones en la oferta pluvial. Se recomienda el uso de herramientas de predicción para apoyar las estrategias de decisión para el uso sostenible del agua en riego.

Palabras clave: Agricultura. Simulación de riesgos. Escasez de agua. Oeste de Pará Sur de Mozambique.



INTRODUÇÃO

O efeito antrópico confirmado no quinto relatório de avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2013) reforçou que as mudanças climáticas promoverão impactos significativos nos recursos hídricos a nível global. Os indicadores de “Pegada Hídrica” são exemplos de resultados que quantificam o impacto decorrente de processos produtivos quanto ao uso da água (HOEKSTRA, 2014) na avaliação de um setor produtivo como a escassez de água (PFISTER e BAYER *et al.*, 2014) na agricultura. A FAO (2009) destacou que no século XX, o consumo de água cresceu a um ritmo doze vezes superior ao da população mundial. De acordo com WWF (2012), cerca de 40% da população vive em regiões que apresentam escassez hídrica, onde 800 milhões de pessoas não têm acesso à água potável e 2,6 bilhões estão com acesso, mas sem condições sanitárias adequadas. Os grandes centros urbanos, regiões que concentram a maior parte da população e das indústrias, tendem a sofrer grande *stress* hídrico. Os recursos hídricos vêm sofrendo efeitos negativos em termos de qualidade e quantidade, a demanda de água aumentou e o volume de efluentes lançados nos mananciais para efeito de diluição, tanto domésticos quanto aqueles oriundos de processos industriais, associados ao aumento do número de habitantes na Terra e ao avanço da industrialização, as mudanças no uso da terra e, até nas projeções em cenários de mudanças climáticas geram um *stress* adicional à disponibilidade dos recursos hídricos a nível global (WEF, 2013). De acordo com Falkenmark *et al.*, (1989) a escassez de água é definida como redução da quantidade de oferta hídrica *per capita* nos países em nível de Recursos Hídricos Anuais (AWR) que considera como indicador de escassez como $1.700 \text{ m}^3 \text{ pessoa}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e, abaixo de $1.000 \text{ m}^3 \text{ pessoa}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ apresenta comprometimento à saúde, ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar das pessoas e, inferior $500 \text{ m}^3 \text{ pessoa}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ existe restrição hídrica à vida. Assim, considera-se como indicador “padrão” de escassez de água a nível mundial (ENGELMAN E LEROY, 1993). A Comissão das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável define escassez de água como um percentual de AWR que é o indicador adotado pela *United Nations University* (UNU). A ONU estabelece como limite 40% da AWR para classificar um país quanto à disponibilidade de água. O objetivo neste trabalho foi avaliar o potencial da ferramenta de gestão de riscos hídricos para apontar indicadores hídricos no setor agrícola comparando condições na Amazônia brasileira e na África Austral.



CONTEXTUALIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

a) na Amazônia

A alta disponibilidade hídrica da região Amazônica, região com menor contingente populacional e valores reduzidos de demandas consumptivas, mascara a alta demanda pelo uso dos recursos hídricos concentrada em regiões específicas do País. No Relatório sobre a Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil produzido pela Agência Nacional das Águas (ANA, 2013) são apontadas evidências que demonstram diferenças na disponibilidade dos recursos hídricos entre as regiões do país. A região Amazônica do Paraguai e Tocantins-Araguaia continuam em situação bastante confortável quanto à relação demanda e disponibilidade. Por outro lado, as regiões onde se verifica maior estresse hídrico estão localizadas nas bacias da Região Semiáridas, no Nordeste do País, devido à baixa disponibilidade hídrica, na Bacia do Rio Tietê, devido à alta demanda para abastecimento urbano associado a uma região de cabeceira e, no Sul do País, nas sub-bacias das Regiões Hidrográficas Uruguai e Atlântico Sul, devido à alta demanda de água para irrigação.

É evidente que a possibilidade de ocorrência de conflitos relacionados ao uso da água está diretamente vinculada à disponibilidade desse recurso e ao modelo de gerenciamento hídrico adotado. Por esta razão, é de fundamental importância o conhecimento da disponibilidade dos recursos hídricos existentes em uma determinada região, além da demanda de água, presente e futura, desta mesma região, com o objetivo de identificar a possibilidade de ocorrência de conflitos relacionados à utilização desses recursos, podendo-se, em tempo hábil, desenvolver programas ou adotar estratégias que visem eliminar a possibilidade de ocorrência de conflitos potenciais, ou então, minimizá-los (MIERZWA, 2002).

b) Em Moçambique

Moçambique é um país a jusante, partilhando nove (9) das quinze (15) bacias hidrográficas internacionais da região da (Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral (SADC). Os rios são os maiores transportadores dos principais recursos hídricos do país, dos quais mais de 50% são originados nos países a montante. São de notar as diferenças que se verificam entre regiões no



que se refere à variação da precipitação, período húmido e seco e de ano para ano com cheias e secas. De acordo com dados disponíveis, o escoamento superficial total é de cerca 216 km³/ano, dos quais cerca de 100 km³ (46%) são gerados no país. Moçambique é vulnerável aos desastres causados pelas irregularidades climáticas, com uma forte incidência de fenómenos como secas, cheias e ciclones causando impacto negativo no desenvolvimento social e económico (ENDRH, 2007).

Os desafios em Moçambique na gestão e desenvolvimento dos recursos hídricos incluem o gerenciamento da água potável e melhorias no saneamento, água para segurança alimentar e desenvolvimento rural, prevenção da poluição da água, e conservação dos ecossistemas, mitigação dos desastres e gestão dos riscos, gestão dos recursos hídricos transfronteiriços e partilhas dos benefícios (ENDRH, 2007). Torna-se importante a contribuição deste trabalho para monitoramento e diagnóstico das bacias hidrográficas nas áreas estudadas, podendo ser uma ferramenta de planejamento e contribuição na tomada de decisão sobre o desenvolvimento de atividades conservando os recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para analisar o potencial de aplicação de ferramentas de avaliação de riscos hídricos fez-se um levantamento das variáveis consideradas sensíveis na gestão de risco hídrico na agricultura com o enfoque em 3 municípios do Pará na Amazônia Oriental e 3 Distritos de Moçambique, na África Austral. Vale destacar que irrigação na agricultura é responsável por mais de 40% da produção mundial, onde os cultivos irrigados contribuem com menos de 20% da produção cultivada no planeta. Nos países do BRIC (Brasil, Federação Russa, Índia e China) a agricultura responde por 74% do consumo hídrico (FAO, 2009), pois globalmente os rendimentos em cultivos irrigados apontam produtividades superiores a 2,7 comprados com os valores dos cultivos de sequeiro. Os aumentos em área irrigada de 170 milhões de ha em 1970 para 304 milhões de ha em 2008 (UNDESA, 2009), reforçam que o uso indiscriminado desse recurso pode intensificar os riscos tanto em quantidade quanto em qualidade de água às populações. Os municípios selecionados foram considerados em função da importância agrícola no oeste do Pará em Santarém, Belterra e Mojuí dos Campos. Na região Austral de África os distritos foram Boane,



Moamba, Namaacha, na Província de Maputo. A pesquisa é essencialmente quantitativa, fazendo o uso de base de dados secundários que estão disponíveis nas ferramentas de diagnóstico *online*, denominada *Aqueduct Global Maps 21*. Foram gerados mapas de riscos atuais e de projeções considerando um cenário de uso da água na agricultura em 2030. O *Aqueduct* contém cerca de 12 indicadores globais para analisar os riscos associados a água, estes riscos são agrupados em três categorias (quantitativo, qualitativo e reputacional), com base a sua base de dados a iniciar no ano 2010. Os mapas globais do aqueduto incluem indicadores de quantidade, variabilidade, qualidade, conscientização pública sobre questões hídricas, acesso à água e vulnerabilidade do ecossistema. Nesse contexto, foram avaliadas as potencialidades da ferramenta na análise de indicadores de risco no uso e manejo dos recursos hídricos na agricultura em dois principais momentos: Situação atual e previsão em 2030. As 6 localidades analisadas, foram inseridas no sistema *Aqueduct Global Maps* usando as coordenadas geográficas que permitem, também ampliar a identificação sobre os riscos hídricos nas bacias hidrográficas e seu entorno. Foram simulados cenários de aumento térmico em 2030 de 1,0°C a 2,6°C, para os indicadores estresse hídrico e variabilidade sazonal, sendo diferenciado os critérios de análises. Para a variável estresse hídrico, os critérios de avaliação consideram que existe Baixo Risco quando a região enquadra-se na faixa inferior a 10%, entre 10% a 20% o risco é de Baixo-Médio, entre 20% a 40% os riscos são categorizados como Médio a Alto, 40 a 80% com Alto Risco e superior a 80% Extremamente Alto. Em termos de variabilidade sazonal, os valores são: <0,33 com Risco Baixo; 0,33 a 0,66 com Baixo-Médio Risco; 0,66 a 1,0 enquadra-se na condição de Médio-Alto; 1,0 a 1,33 os riscos são Altos e, > 1,33 Extremamente Alto.

Aplicabilidade do *Aqueduct Water Risk*

Aqueduct Water Risk é um banco de dados global disponível ao público, sendo uma ferramenta interativa que mapeia indicadores de risco relacionados à água para tomadores de decisão e diversos sectores de atividade em todo o mundo. O *aqueduct* usa uma combinação de modelos geo-espaciais e estatísticas para traduzir dados hidrológicos em indicadores diretos e pontuações agregadas que podem informar uma ampla variedade de usuários governamentais e da sociedade civil o panorama situacional dos recursos hídricos no geral (IWR, 2013).



O *Aqueduct* é desenvolvido em parceria com empresas, governos e instituições de pesquisa visando aprimorar as melhores práticas em gerenciamento de recursos hídricos e permitir o crescimento sustentável na condição de restrição hídrica. Essa iteração do *Aqueduct* representa uma visão mais robusta dos riscos da água até o momento, incluindo dados mais granulares, resolução mais alta, novos indicadores, função aprimorada da ferramenta e acesso aos modelos hidrológicos subjacentes (IWR, 2013). Em geral, a ferramenta agrupa doze (12) indicadores globais descritos, onde na Tabela 1 serão descritos os indicadores usados para o estudo, podendo ser projetados na estrutura de análise, refletindo a escassez de água, qualidade da água, previsões com simulações climáticas e a demanda por água doce.

Tabela 1. Indicadores Globais do Aqueduct Water Risk selecionados no estudo.

Indicador	Descrição
Risco hídrico geral	Identifica áreas com maior exposição a riscos relacionados à água e é uma medida agregada de todos os indicadores selecionada das categorias Quantidade física, qualidade e Risco regulatório e de reputação.
Riscos físicos	Os relacionados à quantidade identificam áreas de preocupação com relação à quantidade de água que podem afetar a disponibilidade de água a curto ou longo prazo.
	Os riscos físicos relacionados à qualidade identificam áreas de preocupação com relação à qualidade da água que podem afetar a disponibilidade de água a curto ou longo prazo
Riscos regulatórios e de reputação	Identificam áreas de preocupação com relação à incerteza na mudança regulatória, bem como conflitos com o público em relação a questões hídricas.
Linha de base para o estresse hídrico	Mede a razão entre o total de retiradas anuais de água e o total de oferta renovável anual disponível, respondendo pelo uso consumido a montante. Valores mais altos indicam maior competição entre os usuários.
estresse da água subterrânea	Mede a relação relativa entre a retirada de água subterrânea e a taxa de recarga. Valores acima de um indicam onde o consumo insustentável de água subterrânea pode afetar a disponibilidade de água subterrânea e os ecossistemas dependentes de água subterrânea
Variabilidade interanual	Mede a variação anual da água.
Variabilidade sazonal	Mede a variação no abastecimento de água entre os meses do ano.

Fonte: WRI Aqueduct (2013).

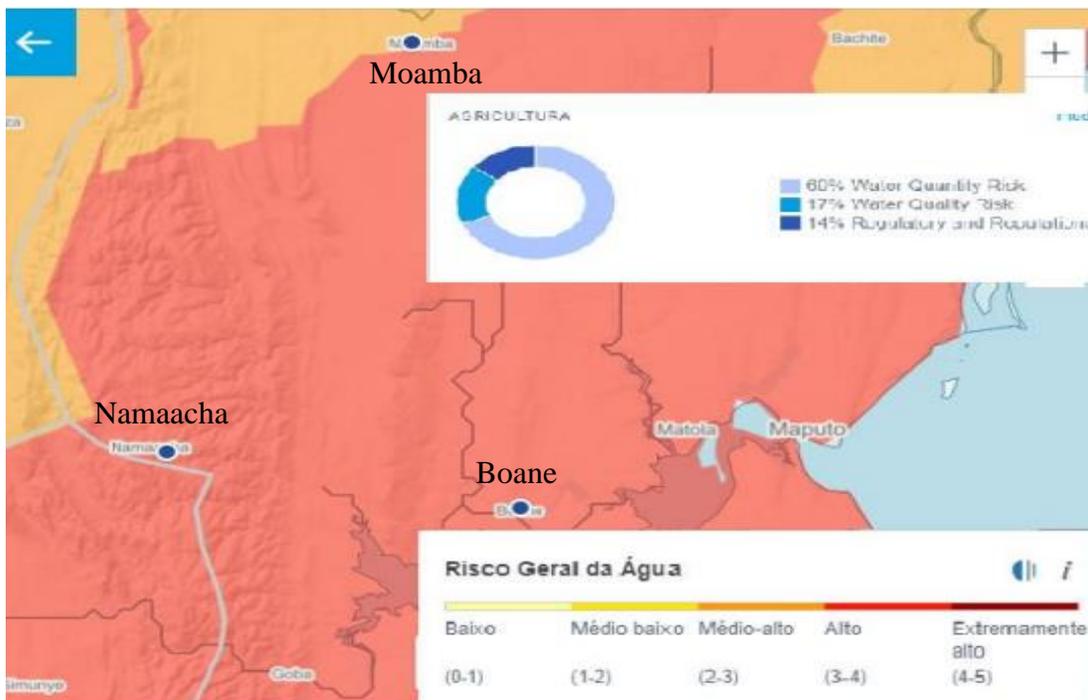


RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos mapas síntese gerados na plataforma *Aqueduct* (Figura 1) é possível identificar que os riscos provenientes das atividades agrícolas nas bacias hidrográficas da Província de Maputo encontram-se variando na condição de alto risco (Figura 1A), categorizados pelos valores entre 2 e 3. Esses indicadores apontam que há necessidade de adoção de medidas estratégicas quanto ao uso criterioso e responsável, conforme a legislação ambiental no país. Os distritos de Boane, Moamba e Namaacha as empresas, investidores, poder público e privado, entre outros usuários que lidam com os recursos hídricos devem se acautelar sobre a forma como têm feito o gerenciamento das bacias hidrográficas nos rios Umbelúzi e Incomáti, onde a faixa de risco geral (qualitativo, quantitativo e reputacional) é alta (3-4).

Contudo, nota-se que a ferramenta *Aqueduct* têm potencial para identificar, qualificar e quantificar os riscos hídricos relacionados às bacias hidrográficas onde estão inseridos os pontos de interesse de análise de riscos quanto ao uso consciente da água em Moçambique. No estado do Pará, os municípios de Santarém, Belterra, e Mojuí dos Campos incluem-se na faixa média e baixa incluindo-se nas categorias 1 e 2, evidenciando, aparentemente, menores riscos ao comparar com os distritos Moçambicanos. Em termos de riscos gerais destaca-se que 69% referem-se aos riscos quantitativos apresentados na Tabela 1 e, os riscos qualitativos contribuem com 17% e os regulatórios e reputacionais participam com 14%, reforçando a importância dos indicadores quantitativos da ordem de 70% ao comparar com os demais indicadores analisados. Na Tabela 2, os sete (7) indicadores tiveram valores semelhantes, pois sob condição de muito alto risco (4x) a falta de água na agricultura promove efeitos drásticos na agricultura tanto para as condições na Amazônia quanto para o contexto Moçambicano. Nota-se que para agricultura, independente da região de estudo, sempre em termos anuais a falta de água limita os cultivos agrícolas de sequeiro, ou seja, os riscos físicos ao considerar esses indicadores vão de alto a muito alto (4-5).

Figura 1. Mapa ilustrativo da situação geral dos recursos hídricos em Boane, Moamba e Namaacha, na Província de Maputo (A); Santarém, Mojuí dos Campos e Belterra, no Estado do Pará (B)



A



B

Fonte: Elaborado pelas Autoras (2021).



Tabela 2. Comparação dos riscos físicos sobre a Resolução Anual

Quantidade de Riscos Físicos	Amazônia	Moçambique
Estresse hídrico na linha de base	Muito Alto	Muito alto
Depleção de Água na linha de base	Muito Alto	Muito alto
Redução da fonte hídrica subterrânea	Muito Alto	Muito alto
Variabilidade Interanual	Alto	Alto
Variabilidade Sazonal	Baixo	Baixo
Risco de seca	Muito alto	Muito alto
Risco de inundação Ribeirinha e costeira	Médio	Médio

* Muito Alto (4x)

Fonte: Elaborado pelas Autoras (2021).

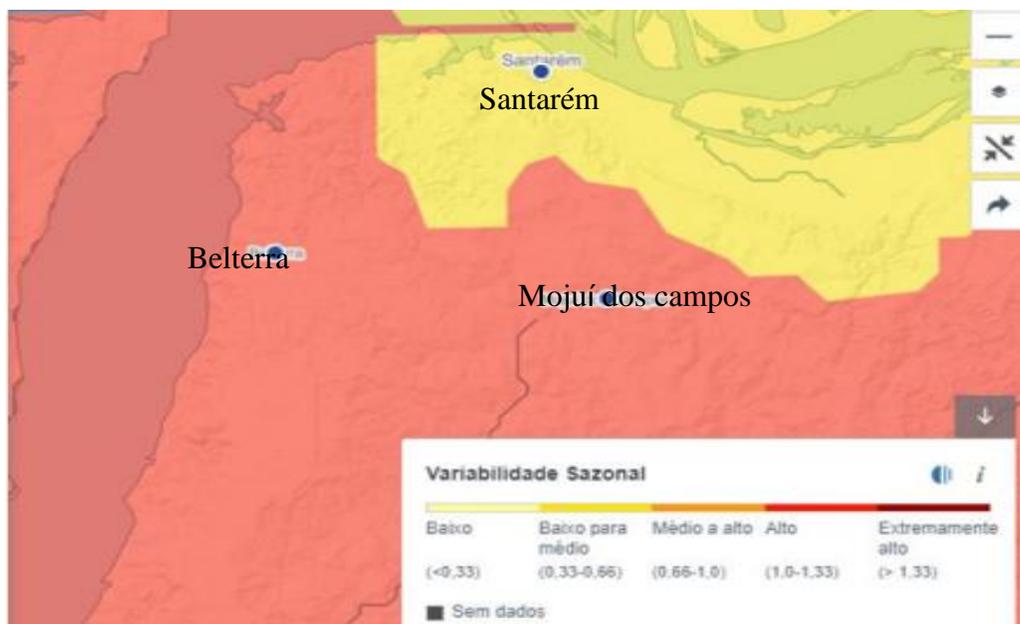
É importante destacar que na condição sazonal os agricultores só cultivam dentro do calendário de maior oferta pluvial, sendo assim a variabilidade enquadra-se na categoria de baixo risco. Os indicadores de qualidade de riscos físicos, regulatório e reputacional tiveram a classificação de Risco Médio ao considerar águas residuais não tratadas. Existe Muito Alto Risco em costeiras quanto ao potencial de eutrofização. Também, os riscos são elevados (Muito Alto) quando não há saneamento básico e acessibilidade hídrica dentro dos padrões de Índice de Qualidade da Água (IQA). Em cenário climático com elevações térmicas entre 1,0 a 2,6°C, tanto em relação ao estresse hídrico anual (Figura 2 A) quanto para a condição sazonal (Figura 2 B) os riscos são Altos, sob a condição no mês de outubro. Na Figura 2C informa-se que o distrito de Moamba apresenta risco Médio-Alto diferente em Boane e Namaacha que enquadrou-se na condição de Alto Risco ao déficit hídrico no mês de Julho.



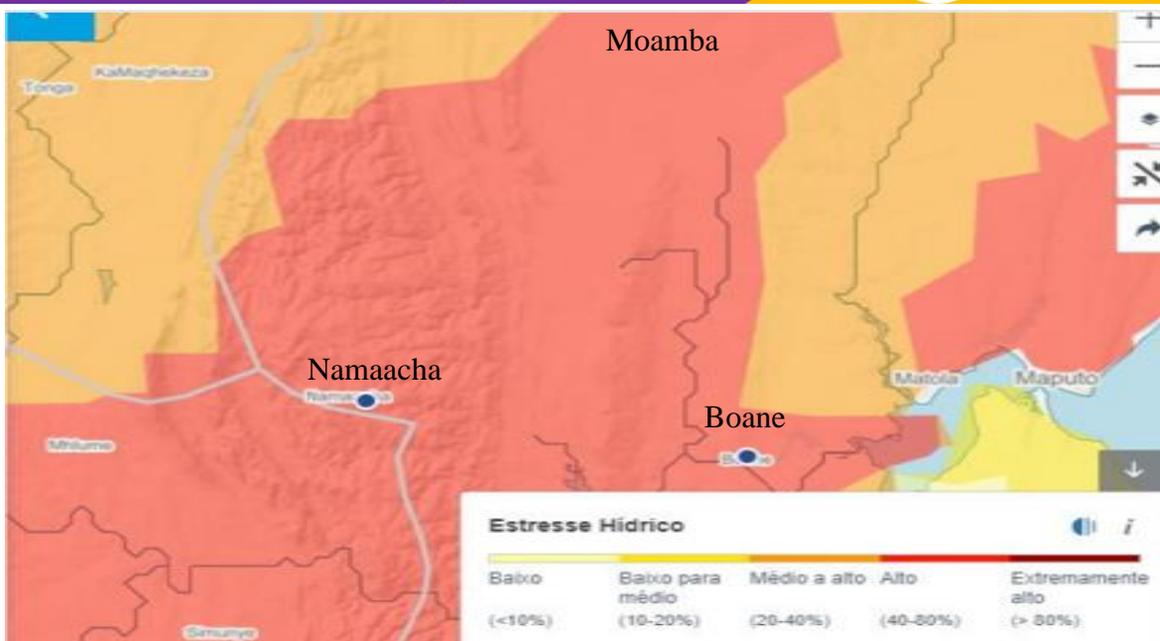
Figura 2. Mapa extraído do *Aqueduct* utilizando-se a opção de cenários climáticos com elevações térmicas entre 1,0 a 2,6°C, considerando-se nas simulações o ano de 2030 para a condição de déficit hídrico (A); Variação sazonal (B) no mês de setembro para os municípios estudados no oeste do Pará, Amazônia, Brasil; Os cenários nos distritos de Moçambique apontaram Riscos Altos para déficits hídricos (C); Risco Médio-Alto para variabilidade sazonal (D).



A



B



C



D

Fonte: Imagens extraída do *Aqueduct* pelas Autoras (2021).



CONCLUSÃO

A avaliação de risco hídrico usando a ferramenta *Aqueduct* é recomendada no processo de gestão de recursos hídricos na agricultura, possibilitando a identificação de riscos relacionados às suas bacias e centrem suas ações na mitigação e conservação das bacias hidrográficas. A ferramenta *Aqueduct Water Risk* apresenta alto potencial de aplicabilidade nas simulações para avaliar indicadores na Agricultura, tanto sob condições climáticas atuais quanto em cenários de 2030. Existe Alto Risco de Déficit Hídrico na Agricultura se as elevações térmicas ficarem na faixa entre 1,0 a 2,6°C para Boane e Namaacha, na África Austral. Os riscos são Altos em Belterra e Mojuí dos Campos quando se analisa a variabilidade sazonal no mês de outubro, indicando forte restrição aos cultivos agrícolas por escassez hídrica. Santarém pela sua localização enquadra-se na condição de Médio-Alto Risco. A maior sensibilidade da ferramenta *Aqueduct* está nas simulações em escala mensal. Recomenda-se ao uso da ferramenta como estratégia de planejamento nos diversos setores de atividades que partilham as mesmas bacias hidrográficas. Urge a necessidade de cumprimento dos princípios de desenvolvimento sustentável considerando o uso eficiente e responsável dos recursos hídricos para o bem-estar sócio econômico e ambiental, baseados nos princípios de equidade, racionalização e conservação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**: 2013. Brasília: ANA, 09.2013.

ENDRH, **Estratégia Nacional De Gestão De Recursos Hídricos**. Aprovado na 22ª Sessão do Conselho de Ministros de 21.08.2007. Brasília, 2007.

ENGELMAN, R.; LEROY, P. Sustaining water: Population and the future of renewable water supplies. Population Action International. approaches: Aspects of vulnerability in semi-arid development. **Natural Resources Forum** 13, p. 221–224, 1993.

FALKENMARK, M.; LUNDQVIST, J.; WIDSTRAND, C. Macro-scale water scarcity requires micro-scale and Environment Program” Washington, Population Action International. approaches: Aspects of vulnerability in semi-arid development. **Natural Resources Forum** 13 (4), pp. 258–267, 1989.



FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) **Dia mundial da água**. Roma: FAO, 2009 Disponível em <https://www.fao.org.br/h2o.asp>, Acesso em Agosto de 2019.

HOEKSTRA, Y. Sustainable, efficient and equitable water use: the three pillars under wise freshwater allocation. **WIREs Water**, n.1, p. 31-40. 2014

MIERZWA, J. **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria** - estudo de caso da Kodak Brasileira, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo. pp. 367. 2002.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, IPCC. Summary for Policymakers. In: Stocker, T.F.; Qin, D.; Plattner, G.K.; Tignor, M.; Allen, S.K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V. Midgley, P.M. (Eds)., **Climate Change: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. and New York, NY, USA, 2013.

PFISTER, S.; BAYER P. Monthly water stress: spatially and temporally explicit consumptive water footprint of global crop production. **J. Clean. Prod.**73, p. 52-62, 2014.

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, Population Division UNDESA. **World Population Prospects: The 2008 Revision, Highlights**, Working Paper No. ESA/P/WP.210. New York, UN, 2009.

UNITED NATIONS UNIVERSITY (UNU). Two Billion People Vulnerable to Floods by 2050: Number Expected to Double or More in Two Generations. **News Release**. Tokyo, UNU, 2004.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). **Global Risks 2013**. Geneva: Eighth Edition, 2013.

WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI). **Aqueduct: measuring and mapping water risk 2013**. Disponível em: <http://www.wri.org/our-work/project/aqueduct>. Acesso em: Agosto de 2019.

WORLD WIDE FOUND (WWF). **Global water challenges**. Disponível em: <http://waterriskfilter.panda.org/en/KnowledgeBase#5>, 2012, Acesso em: Agosto de 2019.