

Oficina de Trabalho

Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos –
desenvolvimento científico para suporte à tomada
de decisão.

Apoio:



Projeto

Impactos das Mudanças Climáticas em Extremos Hidrológicos (Secas e Cheias)

Coordenação: Prof. Francisco de Assis de Souza Filho (UFC)
Prof. Dirceu Silveira Reis Junior (UnB)
Prof. Carlos de Oliveira Galvão (UFCG)

Equipe:

Francisco de Assis de Souza Filho (UFC)
José Nilson Beserra Campos (UFC)
Ticiania Marinho de C. Studart (UFC)
Francisco Osny Enéas da Silva (UFC)
Samíria Maria Oliveira da Silva (UFC)
Wictor Edney Dajtenko Lemos (UFC)
Sandra Helena Silva de Aquino (UFC)
Luiz Martins de Araújo Júnior (UFC)
Tyhago Aragão Dias (UFC)
Daniel Antônio Camelo Cid (UFC)
Francisco das Chagas Vasconcelos (UFC)

Carlos Henrique Ribeiro Lima (UnB)
Márcia Maria Rios Ribeiro (UFCG)
Iana Alexandra Alves Rufino (UFCG)
Janiro Costa Rêgo (UFCG)
Vajapeyam Srirangachar (UFCG)
Francisco Vilar Brasileiro (UFCG)
Hugo Moraes de Alcântara (UFCG)
Ana Cristina Souza (UFCG)
John Elton de Brito Leite (UFCG)

Projeto

Impactos das Mudanças Climáticas em Extremos Hidrológicos (Secas e Cheias)

Parceria internacional de pesquisa:

- ❖ Columbia University em Nova Iorque (Columbia Water Center), EUA
- ❖ The University of Georgia (Department of Anthropology), EUA
- ❖ Georg-August- Göttingen Universität (Geographisches Institut), Alemanha
- ❖ Wageningen University, Holanda
- ❖ Institute for Earth and Environmental Sciences Chair for Hydrology and Climatology (Universität Potsdam), Alemanha
- ❖ College of Engineering (Cornell University), EUA
- ❖ Institut für Technologie und Ressourcenmanagement in den Tropen und Subtropen ITT, Alemanha (Dr. Lars Ribbe).

Objeto de Estudo

Bacias Hidrográficas

✓ **Bacia do Rio Jaguaribe (CE)**

- ✓ Compreende área de 72 mil km² (48% do Estado do Ceará)
- ✓ 16 bacias independentes, distribuídas por 31 municípios
- ✓ Oferta hídrica → 15 reservatórios, capacidade maior que 10 milhões de m³
- ✓ Variabilidade temporal das precipitações e das vazões anuais
- ✓ Clima semiárido → elevadas taxas de evaporação dos lagos
- ✓ Situada em solos rasos, com predominância de rochas cristalinas
- ✓ Enfrenta secas recorrentes → ideal para a transferência de experiências a outras bacias que lidem com secas

✓ **Bacia do Rio Piranhas-Açu (PB e RN)**

- ✓ Compreende área de 43 mil km² (60% do Estado da Paraíba)
- ✓ Condições similares a Bacia do Rio Jaguaribe (clima semiárido, alta variabilidade temporal, formação geológica cristalina e secas recorrentes)
- ✓ Oferta hídrica → 48 reservatórios, capacidade maior que 10 milhões de m³
- ✓ Rio intermitente em condições naturais, perenidade assegurada pelo Sistema Curema-Açu
- ✓ Fornece água para abastecimento humano, irrigação e agropecuária

Objeto de Estudo

Bacias Hidrográficas

- ✓ **Bacia do Rio São Francisco** (BA, PE, MG, AL, SE, GO e DF)
 - ✓ Área de 639 mil km², compreendendo 507 municípios (aproximadamente 9% do total de municípios do país)
 - ✓ Vazão média de 2850 m³/s (2% do total do país)
 - ✓ Rio com extensão de 2700 km
 - ✓ Grande aporte hídrico para agricultura, pecuária, produção de energia e, principalmente, para o consumo humano
 - ✓ Transposição do rio São Francisco com as bacias do sistema Jaguaribe-Metropolitano e bacia do Piranhas-Açu, regiões com alta recorrência de secas
 - ✓ Vazão anual com alta variabilidade temporal

Objetivos da proposta:

Geral:

- ✓ Analisar os impactos das mudanças climáticas em extremos hidrológicos (secas e cheias) e propor estratégias de gestão adaptativa dos recursos hídricos com vistas ao planejamento dos recursos hídricos e à preparação da sociedade a frente a esses eventos.

Específicos:

- ✓ **OB1:** Regionalizar modelos globais;
- ✓ **OB2:** Identificar como as mudanças clima impactam a Energia Natural Afluyente (ENA) do Sistema Interligado nacional (SIN);
- ✓ **OB3:** Desenvolver mecanismos de gestão de risco climático na alocação de água;
- ✓ **OB4:** Detectar e modelar mudanças em extremos de precipitação no clima presente;
- ✓ **OB5:** Projetar mudanças futuras nos padrões de precipitações extremas com base em modelos climáticos regionais;
- ✓ **OB6:** Detectar e modelar mudanças de vazões de cheias no clima presente;
- ✓ **OB7:** Projetar mudanças futuras nos padrões de vazões de cheias;
- ✓ **OB8:** Elaborar um plano operacional de seca como instrumento de adaptação ao clima;
- ✓ **OB9:** Detectar os impactos da mudança do clima na dinâmica espacial dos usos da terra.

Metodologia:

A metodologia foi dividida por objetivo específico:

I. Regionalizar modelos globais:

- Simulações Regionalizadas pelo modelo Eta, geradas pelo CPTEC;
- *Downscaling* dinâmico de três modelos climáticos globais do CMIP5/AR5 empregando o modelo WRF3.71 (*Weather Research and Forecasting*);
- O domínio da simulação contemplará toda a América do Sul;

II. Identificar como as mudanças clima impactam a Energia Natural Afluente (ENA) do Sistema Interligado nacional (SIN):

- Simulação de modelo chuva-vazão para geração de séries de vazões pseudo-históricas;
- Análise de séries temporais observadas de chuva, vazões e outras variáveis hidrometeorológicas;
- Aplicação e análise da transformada em ondeletas (*wavelets*) para identificar as frequências de ocorrência da variabilidade climática;
- Sinalização da incerteza e da tendência existente para a ENA do SIN utilizando os resultados de alguns modelos globais do IPCC-AR5.

Metodologia:

A metodologia foi dividida por objetivo específico:

III. & VIII. Desenvolver mecanismos de gestão de risco climático na alocação de água & Elaboração de um plano operacional de seca como instrumento de adaptação ao clima:

- Análise da vulnerabilidade do sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza e de Campina Grande aos eventos de seca;
- Análise da relação entre oferta e demanda atual do sistema Jaguaribe-Metropolitano, com a verificação das vulnerabilidades existentes;
- Definição de uma política de operação baseada em curvas metas de operação para indicação de estados de seca no sistema Jaguaribe-Metropolitano;
- Definição de uma curva de transferência entre as bacias do Jaguaribe e da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) baseada nos estoques de água dos reservatórios que as compõem;
- Identificação dos indicadores mais apropriados para seca, a qual impacta na acumulação de água em reservatórios plurianuais;
- Desenvolvimento de um sistema de suporte à decisão para monitoramento dos eventos de seca;
- Análise da relação entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos e a alocação de água;

Metodologia:

A metodologia foi dividida por objetivo específico:

III. & VIII. Desenvolver mecanismos de gestão de risco climático na alocação de água & Elaboração de um plano operacional de seca como instrumento de adaptação ao clima:

- Definição de gatilhos para tomadas de ações em conformidade com cada estado de seca;
- Desenvolvimento de um sistema de alerta precoce em reservatórios de acumulação de água específicos;
- Proposição de diretrizes para uma política hídrica "robusta" aos eventos extremos;
- Construção de um plano de ação visando a mitigação dos efeitos da seca e a adaptação da população a esse evento.

IV. Detecção e modelagem de mudanças em extremos de precipitação no clima presente:

- Análise de diversos indicadores de precipitação intensa, para diversas durações;
- Verificação da presença de tendências monotônica, abrupta ou cíclica no clima presente, e avaliação se tais tendências podem ser explicadas por indicadores climáticos de meso e larga escala;

Metodologia:

A metodologia foi dividida por objetivo específico:

- V. Projeção de mudanças futuras nos padrões de precipitações extremas com base em modelos climáticos regionais:
- Estimacão das as mudanças nos padrões de chuvas intensas no clima futuro sob os cenários RCP4,5 e RCP8,5, baseado nas projeções regionalizadas dos modelos climáticos globais.
- VI. & VII Detecção e modelagem de mudanças de vazões de cheias no clima presente & Projeção de mudanças futuras nos padrões de vazões de cheias:
- Simulação das vazões diárias associadas aos estudos de caso para os cenários presente e futuro (RCPs 4,5 e 8,5);
 - Estimativa das vazões de referência para o cenário presente e análise das mudanças futuras (RCPs 4,5 e 8,5) em termos de tempo de recorrência/risco com base em modelos hidrológicos;
 - Obtenção de um sistema estatístico de inferência e modelagem para simulação condicional de cheias dado atributos climáticos;
 - Desenvolvimento de modelo baseado em vários dados hidroclimatológicos, incluindo dados observados de vazão e chuva e obtidos pela integração de modelos numéricos (*reanalysis data* e simulações).

Metodologia:

A metodologia foi dividida por objetivo específico:

IX. Impactos da mudança do clima na dinâmica espacial dos usos da terra:

- Levantamento via sensoriamento remoto dos usos da terra, usando classificação de imagens e variáveis estimadas através do SEBAL - *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (Bastiaansen, 1998);
- Desenvolvimento de análises espaciais e dinâmicas (multitemporais e em diferentes escalas) das áreas de estudo através de técnicas de detecção de mudanças dos usos da terra;
- Atribuição das mudanças dos usos da terra a fatores climáticos e/ou antrópicos (sociais, econômicos, político-institucionais).

Resultados esperados:

- ❖ Estabelecer como os extremos hidrológicos, secas e cheias, são afetados em valores absolutos e na sua frequência relativa por conta das mudanças climáticas indicadas pela grande maioria dos modelos climáticos;
- ❖ Disponibilizar diretrizes para a construção/adaptação (gestão planejada capaz de evitar/minimizar crises) de uma política hídrica robusta aos eventos extremos;
- ❖ Identificar estratégias que o setor de recursos hídricos deve adotar para se tornar mais resiliente a eventos extremos;
- ❖ Prover aos planejadores e tomadores de decisão do setor de recursos hídricos as informações necessárias para a adaptação às mudanças climáticas no contexto da alocação de água;
- ❖ Identificar as principais mudanças nos usos da terra ocorridas ao longo do tempo e de possíveis influências (ou não) de fatores climáticos e antrópicos;
- ❖ Obter cenários de usos da terra que subsidiem políticas públicas de planejamento e enfrentamento dos impactos das mudanças climáticas;
- ❖ Consolidar as análises espacializadas do balanço de energia à superfície (advindos do sensoriamento remoto) como instrumentos de monitoramento e planejamento dos usos da terra.

Resultados esperados:

Produtividade Esperada		Quantidade por ano			Total
		2016	2017	2018-2019	
1. Publicações	1.1 Livros	-	1	1	2
	1.2 Artigos em Revistas/ Periódicos Internacionais	2	3	5	9
	1.3 Artigos em Revistas/Periódicos Nacionais	2	6	5	12
	1.4 Biografias	1	1	1	3
2. Formação de Recursos Humanos	2.1 Projetos de Pós-Doutorado	-	1	1	2
	2.2 Dissertação de Mestrado	1	-	2	3
	2.3 Projetos de Iniciação Científica	1	1	1	3

Impactos da pesquisa para o avanço da ciência e sociedade:

- ❖ O presente projeto permite melhorar o entendimento quantitativo sobre os principais impactos das mudanças climáticas na área de recursos hídricos e setores afins;
- ❖ Permite entender também as vulnerabilidades das comunidades afetadas pelos extremos, incluindo tanto os fenômenos de seca quanto os de cheia, e elaborar, avaliar e definir estratégias de adaptação utilizando como base os conhecimentos adquiridos;
- ❖ Possibilita um maior conhecimento sobre como as ações do homem afetam o sistema climático;
- ❖ Possibilita, através da regionalização dos modelos globais, analisar o comportamento dos mesmos na América do Sul e embasar possíveis futuros estudos que utilizem os mesmos modelos;
- ❖ Contribui para o avanço da recente área de Hidroclimatologia de Cheias, definida por Hirschboeck como o estudo das cheias num contexto climático, ou seja, o entendimento dos padrões de variabilidade na frequência, magnitude, duração, localização e sazonalidade das cheias como determinado pela interação da circulação atmosférica e oceânica regional e global;
- ❖ Permite o desenvolvimento de um modelo estatístico de simulação e previsão da ocorrência de cheias, fornecendo assim um melhor suporte para o gerenciamento do risco climático associado com cheias excepcionais e mudanças climáticas.

Impactos da pesquisa para planejamento e gestão de recursos hídricos:

- ❖ Desenvolvimento de um plano operacional para eventuais secas com abordagem proativa, embasado no monitoramento e alerta precoce, na avaliação de riscos e impactos e na elaboração de ações e/ou programas de preparação, mitigação e resposta a seca;
- ❖ Definição de uma política de operação baseada em curvas metas de operação para indicação de estados de seca no sistema Jaguaribe-Metropolitano;
- ❖ Aprimoramento da alocação dos recursos hídricos, pela análise da relação entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos e a alocação de água, buscando uma metodologia de alocação eficiente e equitativa;
- ❖ Proposição de estratégias que o setor de recursos hídricos pode adotar para se tornar mais resiliente a eventos extremos e reduzir os riscos associados a alocação de água.

Cronograma de atividades:

Objetivos do Projeto	Atividades	Tempo													
		2016		2017		2018		2019		2020					
1. Regionalizar modelos globais	1.1 Baixar e organizar os 3 modelos globais a serem regionalizados com o WRF	X													
	1.2 Configurar o WRF e realizar rodadas experimentais		X	X											
	1.3 Execução da regionalização do três modelos globais			X	X	X	X	X							
	1.4 Comparação dos resultados dos modelos globais com as versoes regionalizadas.						X	X		X			X		
2. Identificar como as mudanças clima impactam a Energia Natural Afluente (ENA) do Sistema Interligado nacional (SIN)	2.1 Organizar a base de dados meteorológicos/hidrológicos a nível de bacia dos reservatórios do setor elétrico	X	X												
	2.2 Estimativa e correção das variáveis meteorológicas obtidas a partir da regionalização na escala de bacia dos reservatórios de geração (Precipitação, Evapotranspiração Potencial) para os cenários presente e futuro (RCPs 4,5 e 8,5)						X	X		X			X		
	2.3 Calibração dos modelos hidrológicos para as bacias de contribuição dos reservatórios do setor elétrico			X	X										
	2.4 Simulação das vazões afluentes aos reservatórios de geração para os cenários presente e futuro (RCPs 4,5 e 8,5)							X	X		X	X		X	X
	2.5 Estimativa da ENA para os cenários presente e futuro (RCPs 4,5 e 8,5)								X		X				X
3. Propor modelos de alocação de água que integre instrumentos de gestão (outorga e cobrança) a mecanismos financeiros	3.1 Análise da relação entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos e a alocação de água	X	X	X											
	3.2 Simulação e otimização da operação dos reservatórios		X	X	X										
	3.3 Análise da transferência de risco entre usuários de água e entre regiões hidrográficas			X	X	X									
	3.4 Desenvolvimento de mecanismos financeiros para gestão de risco na alocação de água						X	X	X	X					
	3.5 Proposição de um modelo conceitual para a incorporação de instrumentos financeiros no sistema de gestão de recursos hídricos								X	X					

Cronograma de atividades:

Objetivos do Projeto	Atividades	Tempo																			
		2016	2017	2018	2019	2020															
4. Detecção e modelagem de mudanças em extremos de precipitação no clima presente	4.1 Organização dos dados e cálculo de indicadores de precipitações extremas observados	X	X																		
	4.2 Detecção de tendência de mudança dos indicadores adotados			X	X	X	X														
	4.3 Associação das mudanças identificadas com padrões meteorológicos de Meso- e grande escala					X	X	X	X												
5. Projeção de mudanças futuras nos padrões de precipitações extremas com base em modelos	5.1 Estimativa dos indicadores escolhidos anteriormente (item 5) a partir da regionalização dos modelos globais nos cenários presente e futuro (RCPs 4,5 e 8,5).							X	X			X	X					X	X		
	5.2 Correção dos indicadores escolhidos anteriormente (item 4) a partir da regionalização dos modelos globais nos cenários presente e futuro (RCPs 4,5 e 8,5).							X	X			X	X					X	X		
	5.3 Análise das mudanças futuras em tempo de retorno/risco com relação a valores característicos do presente																				
6. Detecção e modelagem de mudanças de vazões cheias no clima presente	6.1 Organização dos dados e cálculo de indicadores de vazões extremas observados							X	X												
	6.2 Detecção de tendência de mudança dos indicadores adotados							X	X												
	6.3 Associação das mudanças identificadas com padrões meteorológicos de Meso- e grande escala											X	X								

Cronograma de atividades:

Objetivos do Projeto	Atividades	Tempo																					
		2016			2017			2018		2019		2020											
7. Projeção de mudanças futuras nos padrões de vazões de cheias	7.1 Organizar a base de dados diários meteorológicos/hidrológicos a nível de bacia dos estudos de caso								X	X													
	7.2 Estimativa e correção das variáveis meteorológicas diárias obtidas a partir da regionalização na escala de bacia dos estudos de caso (Precipitação, Evapotranspiração Potencial) para os cenários presente e futuro (RCPs 4,5 e 8,5)										X	X											
	7.3 Avaliação das mudanças dos padrões climáticos de larga escala para o cenários futuros (RCPs 4,5 e 8,5)												X	X									
	7.4 Estimativa das vazões de referência para o cenário presente e análise das mudanças futuras (RCPs 4,5 e 8,5) em termos de tempo de recorrência/risco com base em modelos estatísticos													X	X								
	7.5 Calibração dos modelos hidrológicos diários para as bacias dos estudos de caso																	X	X				
	7.6 Simulação das vazões diárias associadas aos estudos de caso para os cenários presente e futuro (RCPs 4,5 e 8,5)																		X	X			
	7.7 Estimativa das vazões de referência para o cenário presente e análise das mudanças futuras (RCPs 4,5 e 8,5) em termos de tempo de recorrência/risco com base em modelos hidrológicos																			X	X		

Oficina de Trabalho

Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos – desenvolvimento científico para suporte à tomada de decisão.

CONTATO

assissouzafilho@gmail.com

Impactos das Mudanças Climáticas em Extremos Hidrológicos (Secas e Cheias)

Apoio:

