

# PROJETO DE PESQUISA APLICADA

*Aperfeiçoamento de Ferramentas Estaduais de Gestão  
de Recursos Hídricos no Âmbito do Progestão*

## RELATÓRIO TRIMESTRAL

**Autores:** Erick de Lima Sebadelhe Valério e Anne Caroline Negrão  
**Área Temática:** Gestão de Eventos Críticos

SETEMBRO/2018

## **1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA**

### **1.1- Explique qual é o objetivo da sua pesquisa, descrevendo de forma clara a ferramenta de gestão que está sendo desenvolvida?**

O objetivo da pesquisa é propor um modelo de previsão de cheias e determinação de áreas alagáveis na bacia hidrográfica do rio Poxim, no estado de Sergipe. O sistema proposto utilizará o modelo hidrológico HEC-HMS para simulação da vazão e o modelo hidráulico HEC-RAS para manchas de inundação. Devido ao tamanho da bacia e o curto tempo de concentração, o sistema ideal deverá contar com uma previsão de curto prazo, baseada em dados de radar ou de uma vasta rede de monitoramento telemétrico de chuva e vazão em escala temporal horária ou sub-horária (não existentes no momento).

A ideia é propor um sistema, com base em softwares gratuitos, que forneça uma saída confiável, mas que ao mesmo tempo seja o mais simples e amigável possível, de modo que não se torne de difícil utilização. Esse foi um dos principais motivos pelos quais optamos pelo modelo HEC-HMS. Esse modelo permite construir nosso sistema de acordo com os dados disponíveis, tornando-o mais simples ou mais complexo, a depender da escolha dos métodos para cálculo dos processos hidrológicos (e.g. geração de escoamento superficial, propagação de vazão em rios, perdas por infiltração, etc.).

Com base nesses modelos e na análise das informações disponíveis, também pretende-se realizar um estudo de operação de reservatório com vistas a propor premissas de alocação de volume de espera para controle de inundação para o reservatório da barragem no rio Poxim-Açú.

Finalmente, serão feitas sugestões de aperfeiçoamento da rede de monitoramento hidrometeorológico existente visando atender o sistema de previsão proposto.

### **1.2- Em sua opinião qual o grau de importância que essa ferramenta terá para a gestão de recursos hídricos no estado?**

Com certeza essa ferramenta contribuirá bastante para que os gestores possam atuar de forma mais acertada, contribuindo para uma melhoria na gestão de recursos hídricos no estado, principalmente na Unidade de Planejamento do Poxim. Existe uma grande preocupação por parte da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), da Defesa Civil Municipal e da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) com o monitoramento do rio Poxim. Isso porque, além da recorrente preocupação com as estiagens e o comprometimento do abastecimento na cidade de Aracaju, existe também

a ocorrência de inundações a jusante da bacia. Assim, através do sistema, os gestores poderão buscar um planejamento que contemple ações otimizadas e integradas.

Além disso, a exigência de uma rede de monitoramento hidrometeorológico bem estabelecida para o bom funcionamento de um sistema de alerta pode motivar a instalação de estações telemétricas e radar para melhor acompanhar o comportamento hidrológico da bacia.

Através dos estudos hidrológicos e simulações também será possível avaliar se a barragem localizada no rio Poxim-Açú tem capacidade, ou não, de conter cheias. Caso sim, será possível estabelecer uma regra de operação que vise, além da atual função do reservatório, que é o abastecimento, também o amortecimento de eventos extremos.

**1.3- Com base na estrutura (física, humana, etc.) do órgão gestor, você acredita que essa ferramenta será utilizada pelos técnicos do órgão? Explique.**

Conforme citado anteriormente, existe um grande interesse demonstrado tanto por parte da SEMARH, como pela Defesa Civil Municipal e pela DESO com o monitoramento contínuo da bacia. A DESO tem especial interesse nos estudos de operação de reservatório e alocação de volume de espera. A Defesa Civil Municipal pelas manchas de inundação. Por isso acreditamos que esses produtos serão muito úteis.

Entretanto, a boa funcionalidade do sistema de previsão irá depender do aperfeiçoamento da rede de monitoramento hidrológico, incluindo a instalação de estações telemétricas e de radar. Nesse ponto, o órgão gestor pode apresentar dificuldades com estrutura física, recursos para a compra dos equipamentos e recepção de dados em tempo real, e com estrutura humana, equipes para a manutenção contínua das estações e para a realização de medições de vazão.

Além disso, válido destacar que o treinamento dos técnicos do órgão gestor para a utilização da ferramenta, incluídos os softwares que serão utilizados (HEC-HMS e HEC-RAS), será de grande importância.

**1.4- A partir das primeiras impressões no órgão gestor e/ou do sistema de gestão do estado onde a pesquisa está sendo realizada, estabeleça umnexo entre as necessidades identificadas e a ferramenta a ser desenvolvida.**

A principal dificuldade do órgão gestor é a falta de monitoramento hidrológico da bacia estudada. Espera-se que, com a organização das poucas informações disponíveis e com a estruturação de um sistema de previsão, essa pesquisa venha a motivar o aperfeiçoamento da rede de monitoramento hidrometeorológico da bacia.

Existe grande preocupação com a gestão da barragem do rio Poxim-Açú e em como ela pode afetar as inundações em Aracaju. Sendo de grande importância fazer um estudo mais detalhado sobre o assunto.

## **2. METODOLOGIA EMPREGADA NA PESQUISA**

### **2.1- Descreva a metodologia de coleta de dados**

No primeiro momento foram levantadas as informações existentes no banco de dados da SEMARH. Verificou-se a existência de dados hidrológicos (chuva e vazão), batimetria de algumas seções transversais levantadas no rio Poxim, shapes de uso e tipos de solo, imagens de satélite, curvas de nível de 5 metros, além do projeto executivo da barragem Jaime Umbelino (no Poxim-Açú), relatórios de outorga e estudos realizados na bacia pela Universidade Federal de Sergipe (UFS).

O segundo momento consistiu no levantamento das informações contidas nos bancos de dados online de órgãos oficiais. Foram levantados dados: da Agência Nacional de Águas (ANA) através dos sistemas Hidroweb e Gestor de PCDs; do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP; do Centro Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através do Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA); do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de desastres Naturais (CEMADEN); da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) pelo S2ID; e outros estudos científicos.

A terceira etapa do levantamento de dados foi reuniões e visitas na DESO, na Defesa Civil Municipal de Aracaju e na UFS. A DESO forneceu todo o seu banco de dados através de um DVD. Esse material contém: o projeto executivo da barragem; dados de medições de vazão por molinete (3 dados por semana desde 2014); dados de nível por sensor e leitura de régua na barragem; e algumas fotos do ano de 2017 de pontos de interesse da barragem. A Defesa Civil nos forneceu curvas de nível de 1 em 1 metro e manchas de inundação geradas com base apenas na elevação do terreno e validadas com informações de moradores das regiões inundadas. Na UFS o Professor André Quintão concordou em fornecer dados de uma bacia experimental que vem monitorando desde 2016 em um afluente do rio Poxim.

A última etapa foi uma saída de campo para coleta e verificação de dados e pontos importantes a serem considerados nas etapas posteriores. Essa visita ocorreu no dia 14 de setembro de 2018 e foram percorridos cerca de 140 km. O roteiro incluiu visita à cabeceira do rio Poxim no povoado de Cajueiro, município de Itaporanga D'Ajuda, à

barragem Jaime Umbelino e a diversos pontos de interesse na cidade de Aracaju, principalmente no bairro Jabotiana.

## 2.2- Descreva a metodologia de análise de dados?

A qualidade do resultado obtido na modelagem está diretamente ligada à qualidade dos dados de entrada do modelo. Assim, foi realizada uma análise quali-quantitativa dos dados existentes. Os dados hidrológicos foram avaliados em termos de extensão e continuidade da série histórica e inventariados através da construção de planilhas contendo informações das estações (nome, código, latitude, longitude, altitude, operador, responsável), período e porcentagem de falhas. Para verificação dos períodos com falhas foi construído um diagrama de Gantt apenas para as séries de precipitação. Essa análise não foi realizada para vazão devido à falta de continuidade das séries históricas.

Os dados de chuva e vazão foram inseridos no HEC-DSS, um programa que cria o banco de dados utilizado por programas do HEC. A consistência dos dados foi avaliada utilizando ferramentas do programa HEC-DSSVue, que permite plotar, editar e manipular os dados do HEC-DSS.

Os dados de terreno (Modelo Digital de Elevação – MDE e curvas de nível) foram recortados para a bacia do Poxim e avaliados individualmente. O MDE contido no banco de dados da SEMARH é originário do *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, com uma resolução de 90 metros, o que inviabiliza sua aplicação para uma área pequena como a que se deseja analisar. Assim, foi gerado um novo MDE a partir das curvas de nível de 5 metros.

Devido à proximidade com a região costeira e a presença de planícies de inundação na parte baixa do Poxim, foram avaliadas diferentes formas de pré-processamento do MDE para entrada no modelo hidrológico. Foram testadas diferentes técnicas de delimitação da hidrografia, a partir da extensão ArcHydro/HEC-GeoHMS, do IDRISI e do módulo de pré-processamento de dois outros modelos hidrológicos: o SWAT e o MGB-IPH. Verificou-se que os melhores resultados foram obtidos através do pré-processamento do SWAT, aplicando a técnica de *Stream Burn*, na qual a hidrografia delimitada manualmente através de uma imagem de satélite foi “queimada” no MDE, permitindo que o programa calcule as direções de fluxo mais adequadas em trechos críticos como planícies de inundação.

Para a modelagem hidráulica e criação das manchas de inundação verificou-se que o MDE gerado a partir das curvas de 5 metros não é adequado. Isso porque a região que se deseja analisar está quase toda abaixo de 5 metros. Já as curvas de nível de 1 em 1

metro, fornecidas pela Defesa Civil Municipal, podem ser suficientes para a modelagem. Essa análise será realizada posteriormente. Também foi avaliada a possibilidade de realizar um levantamento com o drone da SEMARH para refinar o MDE, sendo uma alternativa caso as curvas de 1 metro não sejam suficientes para solucionar o problema.

### **2.3- Identifica alguma dificuldade de caráter metodológico na pesquisa?**

O número insuficiente de estações de monitoramento dentro da bacia do rio Poxim irá dificultar a calibração do modelo hidrológico.

### **2.4- Identifica a necessidade de alterar e/ou complementar o Plano de Trabalho? Quais etapas? Explique.**

O item 1.4, Análise de consistência e preenchimento de falhas, provavelmente se estenderá até o começo de outubro de 2018, pois ainda depende do processamento da precipitação horária.

Devido à pouca disponibilidade de dados de vazão, a regionalização de vazões máximas (item 2.2) foi descartada. No plano de trabalho a aplicação dessa técnica constava como algo a ser considerado a depender da disponibilidade de dados e da necessidade. Portanto, a não realização desta etapa não implica no desenvolvimento dos demais produtos.

## **3. RESULTADOS, DISCUSSÃO E ANÁLISE DO PROGRESSO DA PESQUISA**

### **3.1- Quais foram as atividades constante do seu Plano de Trabalho realizadas até momento?**

As atividades realizadas durante o primeiro trimestre de desenvolvimento da pesquisa são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1 - Atividades desenvolvidas no primeiro trimestre**

<b>Item</b>	<b>Atividade</b>	<b>Status</b>
<b>1.1</b>	Levantamento e obtenção de dados	Concluído
<b>1.2</b>	Levantamento dos eventos críticos de inundação	Em Desenvolvimento
<b>1.3</b>	Visitas de campo	Concluído

1.4	Análise de consistência e preenchimento de falhas	Em Desenvolvimento
1.5	Compilação e integração dos dados	Em Desenvolvimento
1.6	Definição do modelo hidrológico	Concluído
2.2	Regionalização de vazões máximas	Descartado

3.2- Apresente e discuta os resultados obtidos decorrentes dessas atividades realizadas.

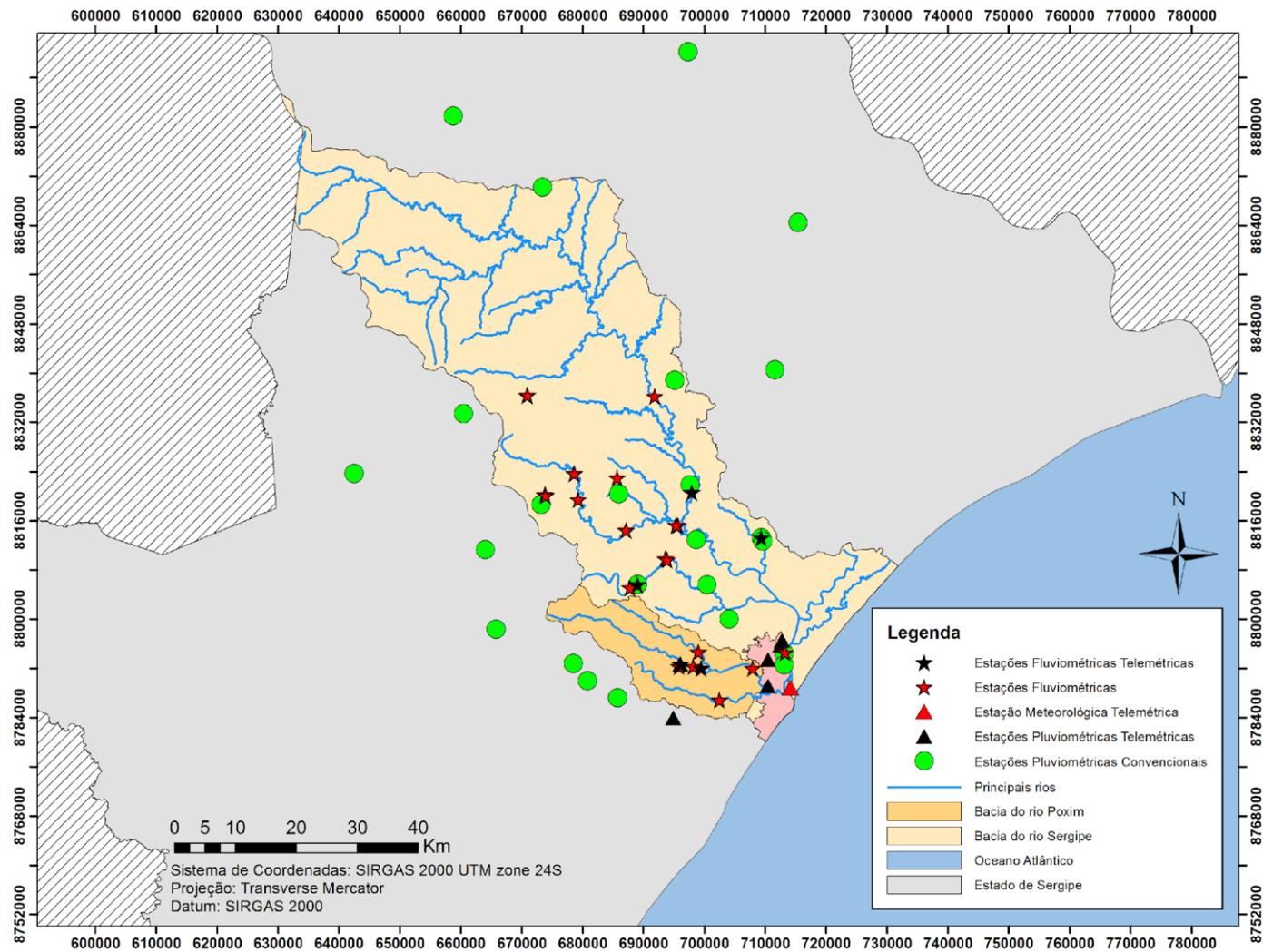
Os resultados obtidos serão apresentados sequencialmente e dividido por tópicos, seguindo a ordem estabelecida no plano de trabalho.

### **Dados Hidrológicos, hidráulicos e climáticos**

Foram verificados dados de 32 estações pluviométricas e 26 estações fluviométricas, dentre as quais 10 eram do tipo telemétrica (4 de chuva, 1 climática e 5 chuva e nível) e o restante do tipo convencional. A localização dessas estações é apresentada na Figura 1. As Tabelas 2 e 3 apresentam o inventário com informações das estações.

A Figura 2 apresenta um recorte do diagrama de Gantt construído para analisar as estações pluviométricas quanto a disponibilidade de dados. Verificou-se que o período entre 1960 e 1980 apresenta maior disponibilidade em escala diária. Porém, os dados em escala horária, de maior interesse para desenvolvimento do projeto, são poucos, com muitas falhas e distribuídos em apenas 10 estações telemétricas, das quais 4 estão em Aracaju. O período dos dados telemétricos vai de 2012 a 2018 (Tabela 2).

**Figura 1 – Localização das estações com dados observados na bacia do rio Sergipe e na sub-bacia do rio Poxim**



**Tabela 2 - Informações das estações pluviométricas**

<b>Código</b>	<b>Estação</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Responsável</b>	<b>Operadora</b>	<b>Início</b>	<b>Final</b>	<b>Escala</b>	<b>Falhas</b>	<b>Tipo</b>
1037002	ARACAJÚ	-10,900	-37,050	DNOCS	DNOCS	fev-1912	fev-1985	diária	17,00%	Convencional
1037003	AQUIDABÃ	-10,267	-37,033	DNOCS	DNOCS	mar-1912	mar-1997	diária	6,15%	Convencional
1037004	ARACAJÚ	-10,917	-37,050	INMET	INMET	mar-1951	mai-2017	diária	27,34%	Convencional
1037006	FAZENDA BELÉM	-10,917	-37,367	DNOCS	DNOCS	mar-1936	set-1976	diária	1,02%	Convencional
1037007	FAZENDA BELÉM	-10,942	-37,345	ANA	CPRM	nov-1948	mar-2018	diária	5,30%	Convencional
1037008	CAMPO DO BRITO	-10,750	-37,500	SUDENE	SUDENE	ago-1952	jan-2001	diária	21,29%	Convencional
1037014	FREI PAULO	-10,550	-37,533	DNOCS	DNOCS	mar-1912	fev-1985	diária	6,74%	Convencional
1037019	AÇUDE ITABAIANA	-10,683	-37,417	DNOCS	DNOCS	jul-1913	dez-1985	diária	6,21%	Convencional
1037022	ITAPORANGA D'AJUDA	-10,967	-37,300	DNOCS	DNOCS	mar-1912	dez-1987	diária	3,53%	Convencional
1037024	JENIPAPO	-10,867	-37,483	SUDENE	SUDENE	jan-1963	dez-1996	diária	40,21%	Convencional
1037028	LARANJEIRAS	-10,800	-37,167	DNOCS	DNOCS	jun-1920	dez-1987	diária	1,86%	Convencional
1037030	MALHADOR	-10,667	-37,300	SUDENE	SUDENE	fev-1963	dez-1984	diária	9,89%	Convencional
1037034	NOSSA SENHORA DA GLÓRIA	-10,217	-37,417	DNOCS	DNOCS	jun-1912	jun-1999	diária	1,15%	Convencional
1037036	NOSSA SENHORA DAS DORES	-10,500	-37,217	DNOCS	DNOCS	jul-1913	nov-2000	diária	1,94%	Convencional
1037042	RIACHUELO	-10,733	-37,183	SUDENE	SUDENE	fev-1963	ago-1999	diária	19,11%	Convencional
1037049	SANTA ROSA DE LIMA (CAMBOATA)	-10,653	-37,193	ANA	CPRM	mai-1952	mar-2018	diária	8,11%	Convencional

1037058	ITABAIANA	-10,683	-37,417	FASE	FASE	jan-1956	out-1959	diária	0,21%	Convencional
1037060	NOSSA SENHORA DAS DORES	-10,500	-37,217	FASE	FASE	nov-1955	dez-1968	diária	0,13%	Convencional
1037073	IBURA (HORTO FLORESTAL)	-10,850	-37,133	FASE	FASE	jan-1965	jan-1972	diária	0,15%	Convencional
1037078	CAPELA	-10,483	-37,067	ANA	CPRM	jan-1983	mar-2018	diária	2,30%	Convencional
1037081	SÃO CRISTÓVÃO (50192000)	-10,995	-37,216	SEMARH-SE	SEMARH-SE	mar-2012	ago-2018	15 min	17,59%	Telemétrica
1037082	MARUIM (50090000)	-10,730	-37,086	SEMARH-SE	SEMARH-SE	abr-2012	ago-2018	15 min	0,94%	Telemétrica
1037083	PONTE BR-235 (50185000)	-10,800	-37,271	SEMARH-SE	SEMARH-SE	abr-2012	ago-2018	15 min	23,79%	Telemétrica
1037084	NOSSA SENHORA DA GLÓRIA (49580000)	-10,113	-37,551	SEMARH-SE	SEMARH-SE	abr-2012	ago-2018	15 min	12,86%	Telemétrica
1037085	BARRAGEM DO RIO POXIM (50187000)	-10,917	-37,206	SEMARH-SE	SEMARH-SE	nov-2013	ago-2018	15 min	21,11%	Telemétrica
1037086	ARACAJÚ_Aracaju01	-10,881	-37,053	CEMADEN	CEMADEN	ago-2015	dez-2017	horária/10 min	Sem falhas	Telemétrica
1037087	ARACAJÚ_Aracaju02	-10,948	-37,074	CEMADEN	CEMADEN	ago-2015	dez-2017	horária/10 min	Sem falhas	Telemétrica
1037088	ARACAJÚ_Aracaju03	-10,887	-37,056	CEMADEN	CEMADEN	ago-2015	dez-2017	horária/10 min	Sem falhas	Telemétrica
1037089	ARACAJÚ_Aracaju04	-10,909	-37,074	CEMADEN	CEMADEN	ago-2015	dez-2017	horária/10 min	Sem falhas	Telemétrica
1037090	MARUIM_Centro de Atividades Augusto Franco	-10,735	-37,084	CEMADEN	CEMADEN			sem dados		Convencional
1037091	CAMINHO DO RIO	-10,639	-37,697	ANA	CPRM			sem dados		Convencional
1137007	SÃO CRISTÓVÃO	-10,017	-37,200	SUDENE	SUDENE	fev-1963	jan-2001	diária	31,35%	Convencional
	ARACAJU - SE (OMM: 83096)	-10,950	-37,040	INMET	INMET	jan-1961	nov-2017	diária	16,47%	Telemétrica

**Tabela 3 - Informações das estações fluviométricas**

Código	Estação	Latitude	Longitude	Rio	Responsável	Operadora	Telemetria	Fonte
50080000	SANTA ROSA DE LIMA	-10,664	-37,190	SERGIPE	ANA	CPRM	Sim	Hidroweb/ANA e SEMARH/SRH
50080200	POVOADO CANDEIAS	-10,637	-37,367	RIO JACARECICA	SEMARH-SE	SEMARH-SE	Não	SEMARH/SRH
50080300	CAJUEIRO DOS VEADOS	-10,644	-37,302	RIACHO CAJUEIRO DOS VEADOS	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA e SEMARH/SRH
50080400	POVOADO CENTRAL	-10,712	-37,211	RIO JACARECICA	SEMARH-SE	SEMARH-SE	Não	SEMARH/SRH
50080500	FAZENDA TREME	-10,762	-37,230	RIO COTINGUIBA	SEMARH-SE	SEMARH-SE	Não	SEMARH/SRH
50080600	POVOADO CANDEIAS	-10,637	-37,367	RIO JACARECICA	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA
50080700	ASSENTAMENTO MOACIR WANDERLEY	-10,899	-37,179	POXIM-AÇÚ	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA e SEMARH/SRH
50080800	COLÉGIO AGRÍCOLA	-10,920	-37,187	POXIM-AÇÚ	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA e SEMARH/SRH
50081000	JACARECICA I	-10,676	-37,361	RIO JACARECICA	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA
50082000	AÇUDE JACARECICA II	-10,720	-37,289	RIO JACARECICA	SEMARH-SE	SEMARH-SE	Não	Hidroweb/ANA e SEMARH/SRH
50083000	LARANJEIRAS	-10,763	-37,227	RIO COTINGUIBA	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA e SEMARH/SRH
50084000	RIACHUELO	-10,713	-37,213	RIO JACARECICA	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA e SEMARH/SRH
50085000	FAZENDA BOA SORTE	-10,804	-37,282	RIO COTINGUIBA	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA
50090000	MARUIM	-10,730	-37,086	RIO GANHAMOROBA	SEMARH-SE	SEMARH-SE	Sim	Hidroweb/ANA e SEMARH/SRH
50150050	NOSSA SENHORA DAS DORES	-10,523	-37,247	RIO SERGIPE	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA
50150080	ARACAJÚ	-10,899	-37,049	RIO SERGIPE	SEMARH-SE	SEMARH-SE	Não	Hidroweb/ANA

<b>50150100</b>	AÇUDE RIBEIRÓPOLIS	-10,523	-37,438	RIACHO COQUEIRO	DNOCS	DNOCS	Não	Hidroweb/ANA
<b>50150200</b>	RIBEIRÓPOLIS	-10,523	-37,438	RIACHO COQUEIRO	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA
<b>50181800</b>	ITABAIANA	-10,668	-37,411	RIACHO MARCELA	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA
<b>50182000</b>	AÇUDE ITABAIANA	-10,670	-37,409	RIACHO MARCELA	DNOCS	DNOCS	Não	Hidroweb/ANA
<b>50185000</b>	PONTE BR-235	-10,800	-37,271	RIO COTINGUIBA	SEMARH-SE	SEMARH-SE	Sim	Hidroweb/ANA e SEMARH/SRH
<b>50187000</b>	BARRAGEM DO RIO POXIM	-10,917	-37,206	POXIM-AÇÚ	SEMARH-SE	SEMARH-SE	Sim	Hidroweb/ANA e SEMARH/SRH
<b>50187200</b>	AÇUDE SIND. JAIME UMBELINO DE SOUZA	-10,920	-37,208	POXIM-AÇÚ	SEMARH-SE	SEMARH-SE	Não	Hidroweb/ANA
<b>50187300</b>	RIO POXIM BR-101	-10,923	-37,174	POXIM-AÇÚ	SEMARH-SE	SEMARH-SE	Sim	Hidroweb/ANA
<b>50188000</b>	DESO-ARACAJU	-10,922	-37,098	POXIM-AÇÚ	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA
<b>50192500</b>	POVOADO CABRITA	-10,969	-37,147	RIO PITANGA	SEMARH-SE	COHIDRO-SE	Não	Hidroweb/ANA

Figura 2 - Recorte do diagrama de Gantt construído a partir dos dados pluviométricos. Os números representam o número de dias com dados observados a cada ano.

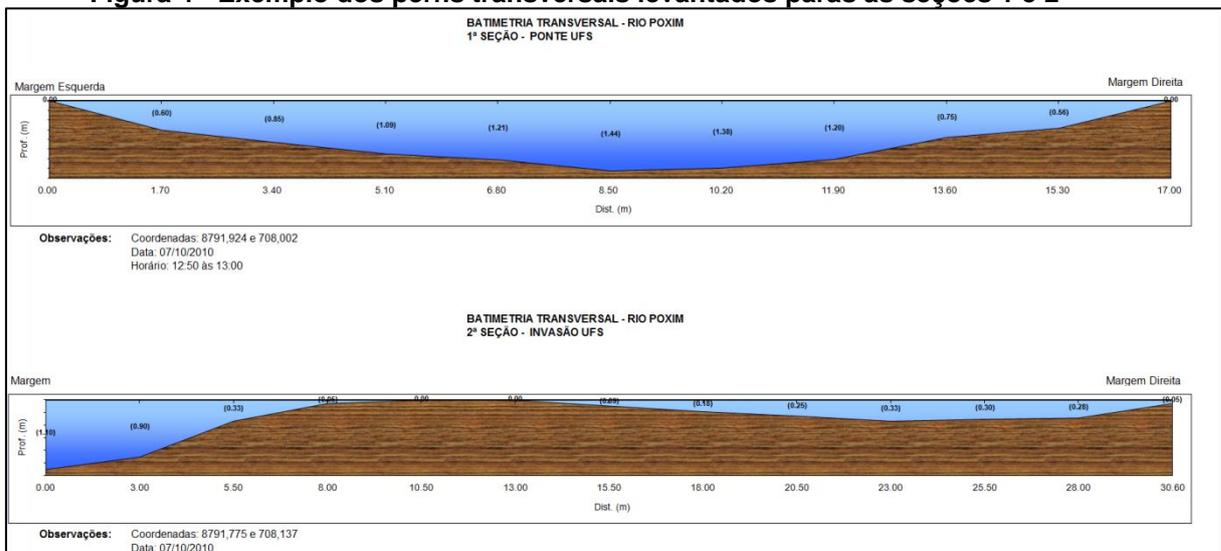
Estações	Ano	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
1037002					365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	334	365	273	304	31			
1037003		366	365	243	365	366	334	365	334		365	365	334	335	365	304	365	366	365	303	244	366
1037004			365	365	335	364	365	353	365	366	365	365			365	365	365	366	365	365	365	366
1037006		366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	275	335	365	274				
1037007		366	365	334	334	335	365	242	334	366	365			31	365	365	365	366	365	365	365	366
1037008		366	357	354	365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	337	365	365	366
1037014		366	273		334	366	365	365	365	366	365	365	365	335	304	365	365	366	273	365	365	366
1037019					365	366	365	365	335	366	365	365	365	366	304	365	365	366	365	365	365	366
1037022		366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	304	365	365	183	62			
1037024					365	366	365	365	334	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	365	244	92
1037028					334	366	365	365	365	366	365	365	365	335	365	334	365	336	365	365	90	
1037030		366	334		365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	303	365	365	366	365	365	365	366
1037034		366	365	365	334	366	365	365	365	366	365	365	365	366	334	365	365	335	365	365	365	366
1037036					334	366	365	334	365	366	365	365	365	366	334	306	365	366	334	365	365	366
1037042		366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	212	365	365	366	365	365	365	366
1037049		366	365	365					365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	365	365	366
1037058																						
1037060		366	365	365	365	366	365	365	365	366												
1037073							365	365	365	365	362	365	365	31								
1037078																						
1137007					303	366	337	365	365	366	365	365	365	366	334	365	365	366	334	365	365	366

Em termos de dados hidráulicos verificou-se a existência de um levantamento realizado pela DESO em conjunto com a SEMARH, no qual foi realizada a batimetria de 44 seções localizadas na parte baixa da bacia. A seção 1 corresponde a Ponte próxima a UFS, no ponto próximo a captação de água da DESO. A seção 44 está localizada na foz do rio Poxim (Figura 3). Na Figura 4 são apresentados 2 exemplos dos dados batimétricos obtidos.

**Figura 3 - Seções transversais levantadas pela DESO/SEMARH. Em vermelho a região onde será realizada a modelagem hidráulica**



**Figura 4 - Exemplo dos perfis transversais levantados para as seções 1 e 2**

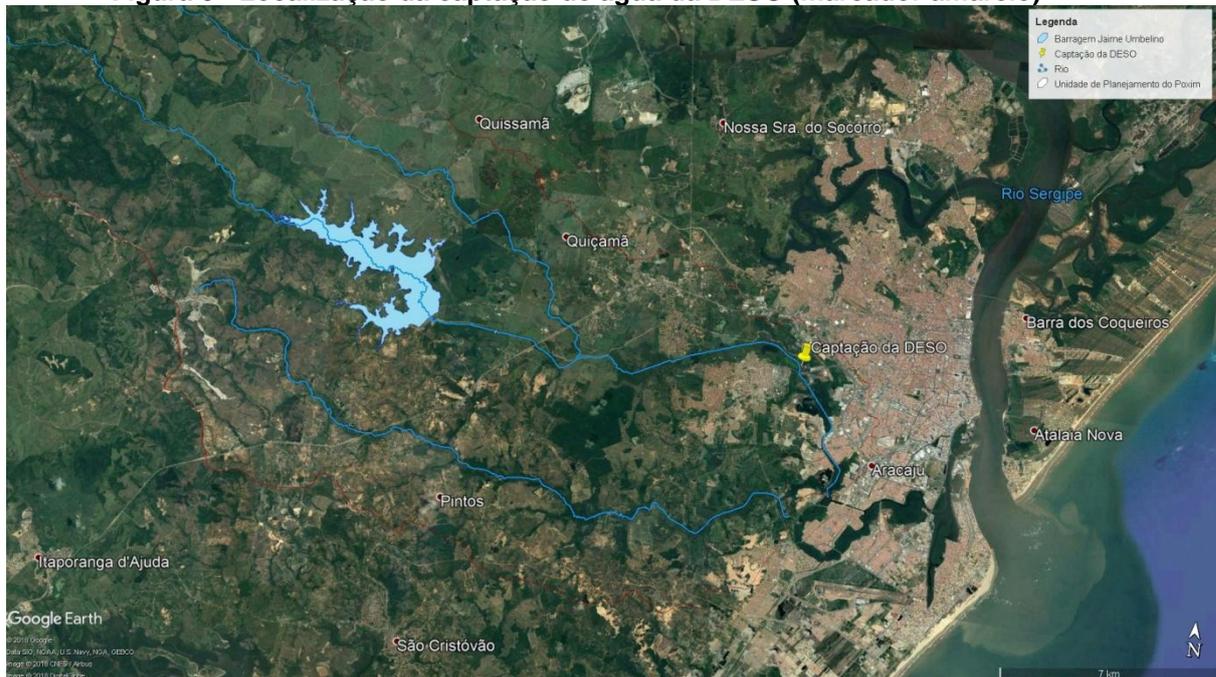


Os dados climáticos foram obtidos através do BDMEP para a estação Aracaju. Também foram obtidos dados das normais climatológicas para o município de Aracaju. Recentemente, verificamos a existência de dados meteorológicos para todo o Brasil, disponibilizados em formato grid e escala diária para o período de 1980 a 2017 (ver Xavier et al., 2016). Foi realizado o download, porém ainda não foram extraídos os dados para a região do Poxim.

### Rotina de operação do reservatório no rio Poxim-Açú

O estudo da base de dados e as reuniões realizadas na DESO nos mostrou que a operação da barragem Jaime Umbelino ocorre sem uma regra de operação oficial estabelecida, sendo influenciada quase que inteiramente pela disponibilidade de água na captação de água da DESO, a jusante da barragem (Figura 5). Os responsáveis pela operação realizam um acompanhamento do nível e descarga através de 3 medições por semana.

**Figura 5 - Localização da captação de água da DESO (marcador amarelo)**



Em termos de níveis de alerta, existe uma regra definida de forma arbitrária, com base nas cotas de projeto da barragem. Esta definição foi realizada pela DESO em conjunto com a SEMARH e é apresentada na Tabela 4. Considerou-se como alerta para inundação níveis entre as cotas do vertedouro e o máximo maximum (30 a 32,85 m),

e estado de emergência níveis entre o máximo maximorum e a cota do coroamento (34 m).

**Tabela 4 – Níveis de alerta estabelecidos pela DESO/SEMARH**

Estado de Escassez Hídrica:	EL. < 20,01m
Estado de Déficit Hídrico:	EL. 20,01 - 25,00m
Estado Normal:	EL. 25,01 - 30,00m
Estado de Atenção para Inundação:	EL. 30,01 - 31,00m
Estado de Alerta para Inundação:	EL. 31,01 - 32,85m
Estado de Emergência:	EL. 32,86 - 34,00m

### Levantamento de fotografias aéreas e Modelos Digitais do Terreno

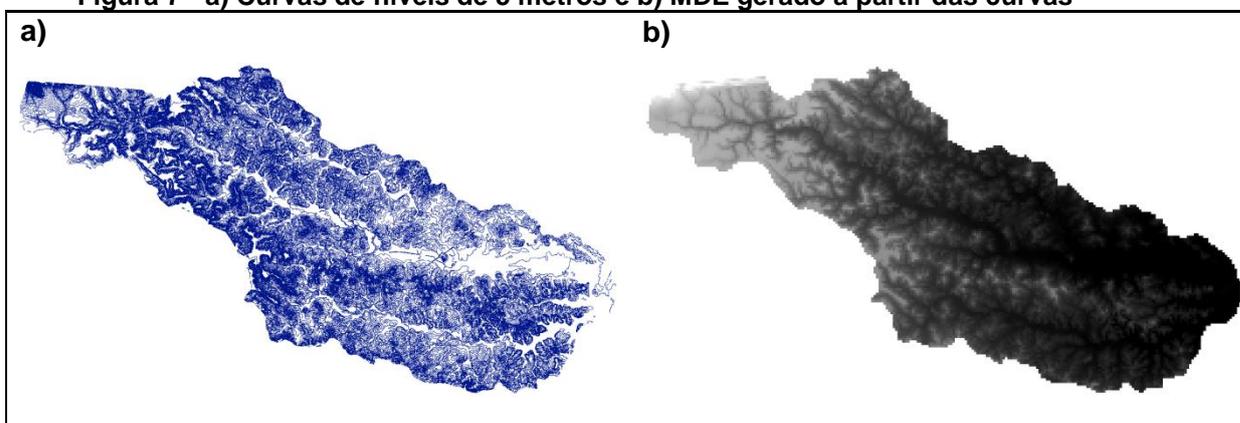
No banco de dados da SEMAH foram obtidas imagens aéreas da SEPLAG/SE do ano de 2010. Foi feito um mosaico e um recorte das imagens para a UP do Poxim (Figura 6).

**Figura 6 - Mosaico das fotografias aéreas da SEPLAG para o Poxim**



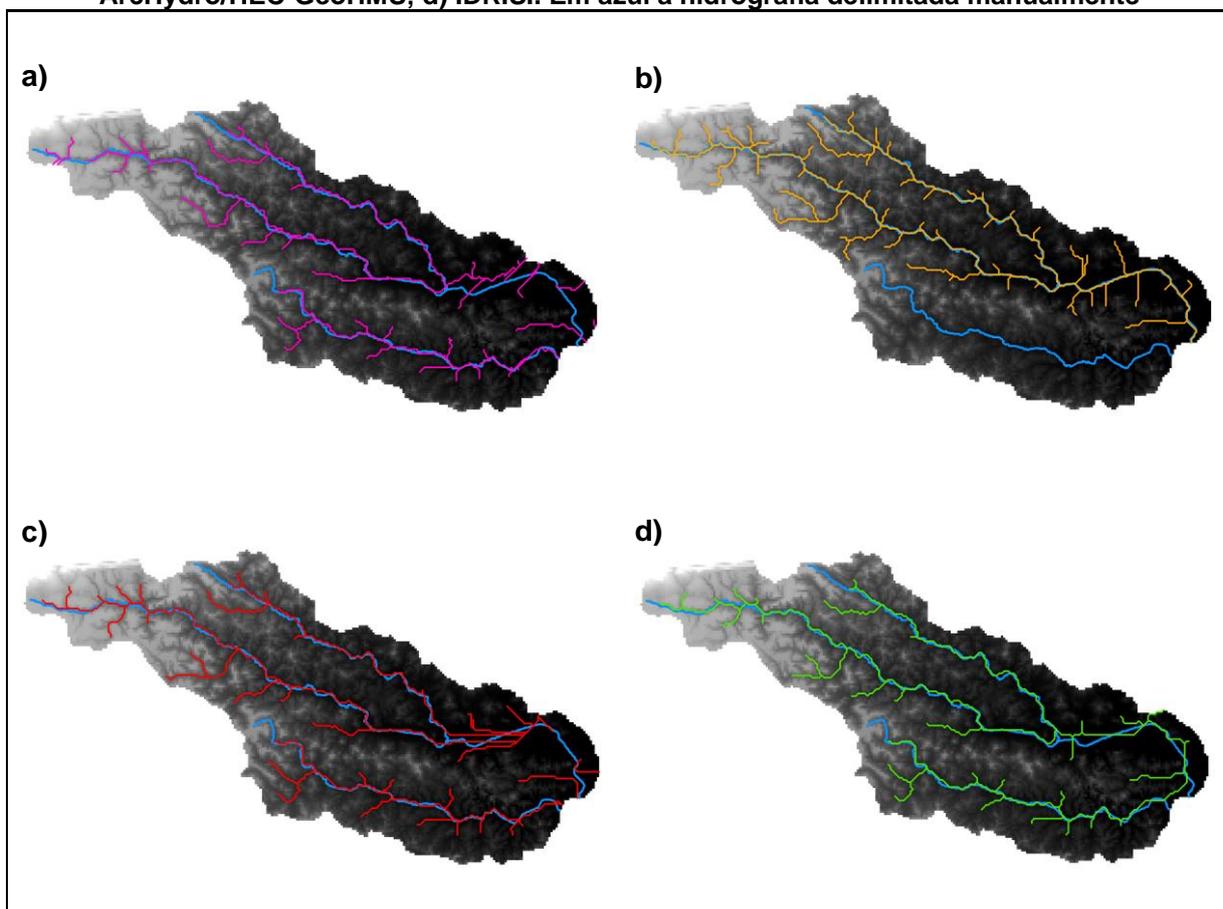
As curvas de níveis de 5 em 5 metros também foram recortadas para o Poxim (Figura 7 a), servindo como base para gerar um novo MDE (Figura 7 b).

**Figura 7 - a) Curvas de níveis de 5 metros e b) MDE gerado a partir das curvas**



Na Figura 8 podemos ver os resultados obtidos nas análises de geração da rede de drenagem a partir de diferentes técnicas, utilizando o MDE criado. A hidrografia utilizada como base foi delimitada manualmente e obtida do Atlas Digital da SEMARH. Pode-se perceber que a drenagem mais próxima da hidrografia real foi a gerada a partir do pré-processamento do SWAT (Figura 8 b), utilizando o stream burn. O IDRISI também apresentou um resultado que pode ser considerado bom (Figura 8 d). Já os outros dois não apresentaram um bom resultado, falhando principalmente na parte baixa da bacia.

**Figura 8 – Hidrografia gerada a partir de diferentes técnicas: a) MGB-IPH; b) SWAT; c) ArcHydro/HEC-GeoHMS; d) IDRISI. Em azul a hidrografia delimitada manualmente**



Com base nos resultados, o MDE criado foi considerado adequado para a modelagem hidrológica. Porém, para a modelagem hidráulica no bairro do Jabotiana será necessário um novo MDE, que será criado a partir das curvas de 1 metro para Aracaju (cedidas pela Defesa Civil Municipal).

## Mapas de uso e ocupação do solo

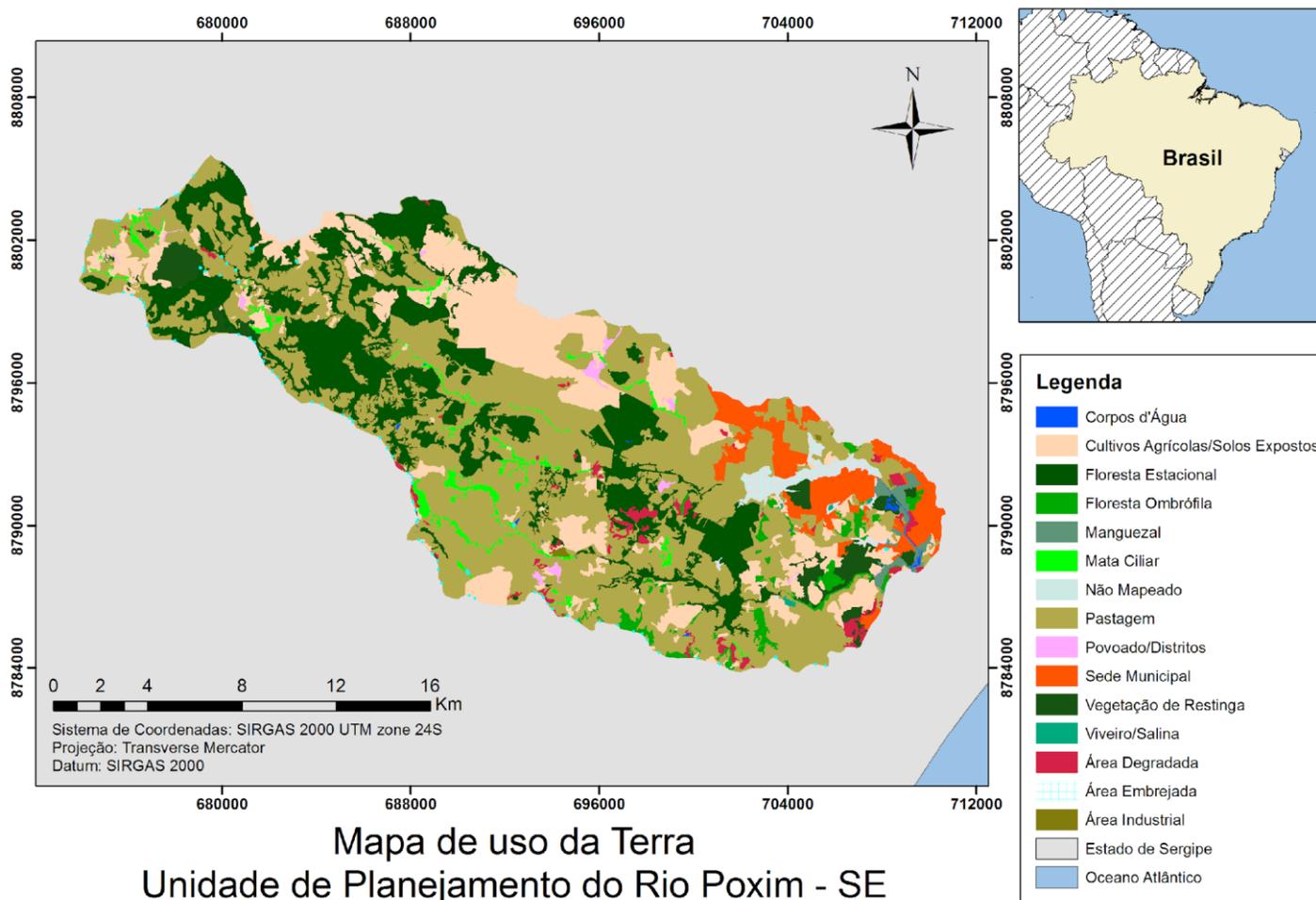
No Atlas digital sobre recursos hídricos da SEMARH foi obtido um mapa de uso do solo no período de 2002 a 2006, para todo o estado de Sergipe. Foi realizado um recorte para o Poxim (Figura 8) e a quantificação das áreas de cada classe (Tabela 5).

**Tabela 5 – Informações sobre os usos do solo na UP do Poxim**

Fonte	BH	Unidade de Planejamento	Uso	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Corpos d'Água	0,48	0,14
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Cultivos Agrícolas/Solos Expostos	58,36	16,76
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Floresta Estacional	75,63	21,72
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Floresta Ombrófila	6,39	1,84
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Manguezal	2,42	0,69
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Mata Ciliar	7,01	2,01
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Não mapeado	0,00	0,00
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Pastagem	159,61	45,83
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Povoado/Distritos	1,70	0,49
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Sede Municipal	16,60	4,77
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Vegetação de Restinga	9,63	2,76
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Viveiro/Salina	0,28	0,08
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Área Degradada	5,07	1,46
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Área Embrejada	4,75	1,36
SEMARH/SRH (2010)	Sergipe	Poxim	Área Industrial	0,33	0,09

Existe uma predominância de pastagem (aproximadamente 46%) em toda a UP do Poxim. Na região da cabeceira da bacia, existe uma predominância de florestas, pastagens e cultivos agrícolas/solo exposto. Essas informações foram verificadas durante a visita de campo.

**Figura 9 - Mapa de uso e ocupação do solo**



## Levantamento dos eventos críticos de inundação

No sistema S2ID foram obtidos 8 documentos referentes a eventos de inundação em municípios que compõe a região do Poxim (Tabela 6).

**Tabela 6 - Documentos obtidos no S2ID**

Documento	Ano	Município
Decreto	1986	Aracaju
Decreto	1987	Aracaju e São Cristóvão
Decreto	1989	Aracaju, Barra dos Coqueiros, São Cristóvão, Laranjeiras, Maruim, Divina Pastora, Itaporanga D'Ajuda, Telha e Simão Dias
Decreto	1993	Aracaju
Decreto	1997	Aracaju
Avadan	2010	Aracaju
Avadan	2010	Nossa Senhora do Socorro
Fide	2013	Aracaju

Destes, apenas o Fide contém informações mais detalhadas a respeito do evento ocorrido em 2013, apresentando uma estimativa do volume precipitado, áreas afetadas, fotos, etc. De acordo com a Defesa Civil Municipal, a associação dos moradores do Jabotiana possui imagens de vários eventos ocorridos. Em breve será realizada uma reunião com um representante da associação para solicitação desses dados.

O mapa de risco a inundações, gerados pela defesa civil municipal com base apenas na elevação do terreno, é apresentado na Figura 10.

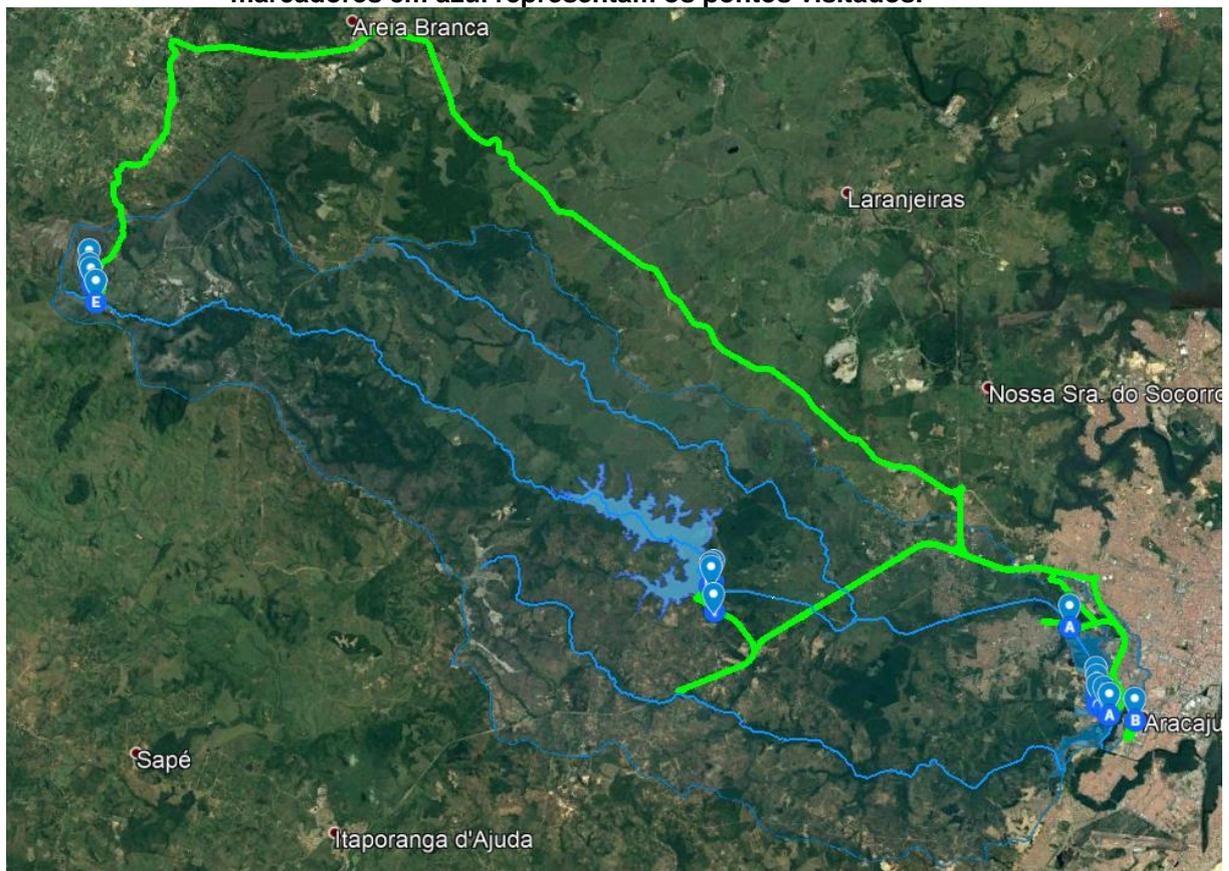
**Figura 10 – Mapa de susceptibilidade a inundação para a região do Jabotiana**



## Visitas de campo

Foram realizadas 3 visitas de campo: A primeira ocorreu no dia 12 de julho de 2018, e teve por objetivo realizar um reconhecimento da barragem Jaime Umbelino; a segunda ocorreu no dia 31 de agosto de 2018, para o acompanhamento da instalação das réguas linimétricas no reservatório; e a terceira visita ocorreu no dia 14 de setembro de 2018, onde percorremos a bacia desde a cabeceira até o exutório. Na Figura 11 é apresentado o roteiro da terceira visita.

**Figura 11 – Roteiro da terceira visita de campo: em verde o caminho percorrido; marcadores em azul representam os pontos visitados.**



A seguir são apresentadas algumas imagens da terceira visita de campo.

**Figura 12 - Ponto 1: Próximo a nascente do rio Poxim-Açú**



**Figura 13 - Ponto 2: local onde o rio passa a ser intermitente (nascente)**



**Figura 14 - Ponto 3: nascente do Poxim-Açú**



**Figura 15 - Ponto 5: Barragem Jaime Umbelino**



**Figura 16 - Ponto 7: Saída da válvula dispersora - Barragem**



**Figura 17 - Ponto 8: Bacia experimental da UFS**



**Figura 18 – Ponto 9: Ponte da UFS, próxima a captação da DESO**



**Figura 19 - Ponto 14: Bairro do Jabotiana, região considerado de alto risco.**



## **Análise de consistência e preenchimento de falhas**

Essa etapa ainda está em desenvolvimento, com previsão de término para os próximos dias, podendo se estender para o começo de outubro. As séries de precipitação horárias estão sendo transformadas em diárias e a consistência será analisada no HEC-DSSVue.

Devido à pouca disponibilidade de dados horários, optamos por não realizar o preenchimento das séries.

## **Compilação e integração dos dados**

A SEMARH possui um Atlas Digital sobre recursos Hídricos bem completo, com muitas informações e dados espaciais para todo o estado. Assim, foi definido que os dados consolidados serão inventariados e posteriormente inseridos no Atlas, complementando a base de dados já existente.

## **Definição do modelo hidrológico**

Conforme citado anteriormente, o modelo HEC-HMS foi escolhido para desenvolvimento do trabalho. Isso porque buscamos estabelecer um sistema que seja ao mesmo tempo simples e confiável, de forma que seja facilmente utilizável pelos gestores estaduais. Dessa forma, o HEC-HMS se mostrou a melhor alternativa em relação a outros modelos avaliados, uma vez que permite construir nosso sistema de acordo com os dados disponíveis, tornando-o mais simples ou mais complexo, a depender da escolha dos métodos para cálculo dos processos hidrológicos.

### **3.3- Dentre os resultados obtidos, qual(is) deles indica que o objetivo da pesquisa será futuramente alcançado? Explique.**

De maneira geral, todos os resultados indicam que o objetivo será alcançado, uma vez que todo o material necessário para a criação do sistema está disponível (local de trabalho, computador, softwares, etc.). A única limitação encontrada é a falta de dados hidrológicos observados em quantidade, qualidade e escala adequada. Porém, essa limitação será considerada no desenvolvimento, de forma que permita o incremento de novos dados.

Outro indicativo é que os atores envolvidos na gestão de recursos hídricos no estado têm demonstrado bastante interesse no produto dessa pesquisa, se colocando a disposição para ajudar como for possível.

### **3.4- Com base nos resultados obtidos nesses três meses de pesquisa, qual a sua análise sobre o progresso/andamento da sua pesquisa? Está a contento?**

Devido à escassez de dados na bacia, a etapa de aquisição dos mesmos foi mais rápida do que esperado e por isso já foram adiantados o processamento do MDE e a inclusão de alguns dados no HEC-DSS para análise e consistência.

Apesar da escassez de dados, espera-se conseguir estruturar um sistema de previsão com base nos softwares HEC que possa ser alimentado no futuro com dados mais representativos. Também se espera que tal estrutura possa ser utilizada em outras bacias.

Observou-se o grande interesse no controle de inundação utilizando o reservatório da barragem do Poxim-Açu. Apesar dos poucos dados disponíveis, buscaremos realizar o estudo de alocação de volume de espera e a sua viabilidade.

Devido a disponibilidade de MDE com 1 m de resolução, de batimetria da região de interesse e da possibilidade de aquisição de mais informações com a utilização de drone, acredita-se que a simulação hidráulica trará resultados interessantes na geração de manchas de inundação.

De modo geral, a pesquisa está sendo desenvolvida satisfatoriamente, conforme cronograma estabelecido.

#### **4. CONTINUIDADE DA PESQUISA - PRÓXIMOS PASSOS**

##### **4.1- Em dezembro haverá a apresentação do relatório parcial da pesquisa, relativo a seis meses de trabalho. Qual a sua expectativa em termos de progresso da ferramenta que está sendo desenvolvida?**

Até dezembro deveremos ter um panorama mais completo do problema na Unidade de Planejamento do Poxim, de forma a alinhar o produto da pesquisa com as necessidades identificadas.

Pretendemos até dezembro realizar as seguintes atividades:

- Finalização do levantamento de eventos críticos de inundação da bacia;
- Processamento do MDE com resolução de 1 m disponibilizada pela Defesa Civil Municipal;
- Processamento dos dados meteorológicos de Xavier et al., 2016;
- Caracterização hidrológica;
- Inclusão dos dados no HEC-DSS e finalização da consistência;
- Análise dos dados da microbacia experimental da UFS e avaliação da viabilidade de calibração da microbacia para utilizar seus parâmetros na bacia do Poxim;
- Determinação das configurações do HEC-HMS;
- Modelagem hidrológica, obtendo as vazões simuladas que serão aplicadas no modelo hidráulico, gerando as manchas de inundação para diferentes cenários e tempos de retorno;
- Verificar a capacidade da barragem do rio Poxim-Açu em conter cheias.

##### **4.2- Quais os dados ainda se fazem necessários para se atingir o progresso descrito acima?**

Os dados necessários são: 1) dados hidrológicos observados na bacia experimental da UFS; e 2) dados e informações de eventos críticos de inundação no bairro do Jabotiana.

Os dados da bacia experimental da UFS foram solicitados ao responsável. Esperamos obtê-los o mais breve possível. Já os dados de inundação deverão ser obtidos em uma reunião com os responsáveis pela associação dos moradores do Jabotiana, em uma data ainda a ser definida. Embora dados de inundações não seja um dado de entrada

para a modelagem hidrológica, servirão futuramente para a calibração e validação do modelo hidráulico.

Também é necessário um aprofundamento no estudo sobre o modelo HEC-HMS para determinar as configurações que atendam as nossas necessidades e, assim, dar início as simulações.

#### **4.3- Que tipo de suporte da Coordenação você necessita para lhe auxiliar nas próximas etapas?**

Até o momento não foi identificada uma necessidade de suporte da coordenação. Isso porque os gestores estaduais têm auxiliado bastante durante o desenvolvimento do trabalho, suprimindo as necessidades que surgiram até então. Estamos verificando a possibilidade de realizar um curso sobre HEC-HMS e HEC-RAS, tanto para os bolsistas como para os gestores do órgão.

## **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

SEMARH/SRH. 2010. Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe. v10.16.

XAVIER, A.C.; KING, C.W.; SCANLON, B.R. (2016). Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). International Journal of Climatology. DOI: 10.1002/joc.4518.