



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DO RECIFE

MATHEUS HIGO DA CUNHA DE LIMA

**ELABORAÇÃO DO MODELO FÍSICO DO RIO MUNDAÚ PELO HEC-GEOHMS:
UMA FERRAMENTA RELEVANTE PARA ANÁLISES GEOGRÁFICAS**

RECIFE

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DO RECIFE

GEOGRAFIA-LICENCIATURA

MATHEUS HIGO DA CUNHA DE LIMA

**ELABORAÇÃO DO MODELO FÍSICO DO RIO MUNDAÚ PELO HEC-GEOHMS:
UMA FERRAMENTA RELEVANTE PARA ANÁLISES GEOGRÁFICAS**

TCC apresentado ao Curso de Geografia Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de licenciado em Geografia.

Orientadora: Josiclêda Domiciano Galvíncio

Co-orientadora: Keyla Almeida dos Santos

RECIFE

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Lima, Matheus Higo da Cunha de .

Elaboração Do Modelo Físico Do Rio Mundaú Pelo Hec-GeoHMS: Uma Ferramenta Relevante Para Análises Geográficas / Matheus Higo da Cunha de Lima. - Recife, 2023.

41 p : il., tab.

Orientador(a): Josiclêda Domiciano Galvínio

Coorientador(a): Keyla Almeida dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Geografia - Licenciatura, 2023.

1. Geografia. 2. Hidrogeografia. 3. Modelo físico . I. Galvínio, Josiclêda Domiciano. (Orientação). II. Santos, Keyla Almeida dos. (Coorientação). IV. Título.

370 CDD (22.ed.)

MATHEUS HIGO DA CUNHA DE LIMA

**ELABORAÇÃO DO MODELO FÍSICO DO RIO MUNDAÚ PELO HEC-GEOHMS:
UMA FERRAMENTA RELEVANTE PARA ANÁLISES GEOGRÁFICAS**

TCC apresentado ao Curso de Geografia Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de licenciado em Geografia.

Aprovado em: ____/____/_____.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



JOSICLEDA DOMICIANO GALVINCIO

Data: 29/09/2023 09:28:25-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof^o. Dra. Josiclêda Domiciano Galvêncio
(Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a Dra. Joélia Natália Bezerra da Silva
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o Dr. Fabrizio de Luiz Rosito Listo
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Esses agradecimentos serão como uma retrospectiva da minha trajetória.

Terminar esse trabalho de conclusão encerra meu ciclo na Universidade Federal de Pernambuco como também no estágio no Serviço Geológico do Brasil. Agradeço primeiramente à uma pessoa que me permitiu que meus últimos dois anos fossem muito prósperos: Keyla Almeida dos Santos, minha co-orientadora no trabalho e orientadora no estágio. As particularidades dessa pesquisa foi resultado de trabalho de Hidrologia e Gestão Territorial (GEHITE) situada na Superintendência Regional do Recife (SUREG/RE). Com a confiança creditada em mim para ocupar a vaga na GEHITE me permitiu vivenciar experiências que levarei para o resto da minha vida. Além dos conhecimentos das áreas de geoprocessamento e hidrologia, no dia a dia aprendi com sua ética e seu jeito minucioso que me abriram os olhos para as diferenças que fazem em um meio profissional. Na empresa tive também a oportunidade de Janaína França e Ana Paula Jaques me instruírem para aprender sobre o ArcGis e com isso mais ensinamentos e momentos compartilhados aconteceram que dia após dia consegui internalizar aprendizagens importantes sobre a vida adulta! Agradeço também a todos da empresa que me ajudaram de alguma forma. Um abraço forte a todos da GEHITE.

Agradeço a todos o corpo docente da UFPE que tive chance de ter contato e agregar para o meu conhecimento especialmente Josiclêda Galvíncio, minha orientadora, e em meus amigos de sala, obrigado por cada momento. Luiz, Isabela e Letícia, que éramos sempre o mesmo quarteto de trabalhos. E todos outros parceiros de campo: Filipe, André, Victor, Alessandro, Anny, Leilane, Lucas e Pablo.

Um agradecimento especial aos amigos que o esporte me trouxe, levo comigo e sigo aprendendo sempre! Obrigado turma das 17h, Glória, Andrews, Rodrigo, Fábio, Manuela, Ricardo e Poli!

Aos amigos do colégio e amigos de amigos que sempre torceram e torcem por mim: Beatrix, Natalie, Cinthia, Pâmella, Ivy, Mateus Albuquerque, Natalia, João Pedro, Laís, Marcela, Chico e todos outros da turma do 3ªA 2017 do Visão, muito obrigado por

tanto na minha vida e mais em especial aqueles que tive a sorte de conhecer na infância que levo até hoje: Olga, Maria Júlia, Ana Carolina, Marina, Paula, Pedro e Miriã. Tantos sentimentos atrelados, apenas agradeço nossos vínculos cada vez mais fortes.

Nessa parte de agradecimentos reservada a minha família seria extensa demais se falasse tudo que fizeram por mim e fazem sempre. Obrigado a minha mãe, Sônia, meu pai, Messias e meu irmão Messias Júnior, não seria possível ser eu sem vocês. Obrigado por todo incentivo ao aprendizado, a todo investimento de tempo e recurso para minha educação.

Para encerrar obrigado a Deus e ao universo por estar nessa jornada singular. Da forma que for, é a minha jornada, meu caminho, citando Nietzsche: "[...] há, no mundo, somente um caminho que ninguém pode trilhar, exceto você. Aonde esse caminho leva? Não pergunte, apenas siga por ele".

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal retratar a elaboração do modelo físico da Bacia do Rio Mundaú criado pela extensão HEC-GeoHMS no ArcMap versão 10.2.1 buscando entender sua elaboração como representação de fenômenos físicos em uma bacia hidrográfica. Fruto de pesquisa dentro do Serviço Geológico do Brasil na área de pesquisa hidrológica, onde com o objetivo final sendo a modelagem da Bacia do Rio Mundaú, foi necessário o processamento do modelo físico da mesma bacia. Para a pesquisa, a metodologia utilizada foi a além da construção do modelo físico fica presente a metodologia descritiva com abordagem qualitativa e também quantitativa dos resultados da confecção do modelo possibilitando ter em mãos uma ferramenta a mais que possa ser analisada dentro da sala de aula, numa aula de Hidrogeografia.

Palavras-chave: Hidrogeografia; Modelo-físico; Bacia hidrográfica.

ABSTRACT

The main objective of this work is to portray the development of the physical model of the Mundaú River Basin created by the HEC-GeoHMS extension in ArcMap version 10.2.1 in order to understand its development as a representation of physical phenomena in a river basin. The result of research within the Geological Survey of Brazil in the area of hydrological research, with the ultimate goal being the modeling of the Mundaú River Basin, it was necessary to process the physical model of the same basin. In addition to building the physical model, the methodology used was descriptive with a qualitative and quantitative approach to the results of making the model, making it possible to have an extra tool at hand that can be analyzed in the classroom, in a Hydrogeography class.

Keywords: Hydrogeography; Physical model; Watershed.

LISTA DE ABREVIações

CFCH.....	Centro de Filosofia e Ciências Humanas
DEM.....	Digital Elevation Model
GEHITE.....	Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial
HEC.....	Hydrologic Engineering Center
Geo-HMS.....	Geospatial Hydrologic Modeling Extension
SEMARH-AL.....	Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas
SGB.....	Serviço Geológico do Brasil
SUREG/RE.....	Superintendência Regional do Recife
UTM.....	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
4 MUNDAÚ	15
4.1 GEOMORFOLOGIA	15
5 MATERIAIS E MÉTODOS	18
5.1 FASES DO MODELO FÍSICO	20
6 RESULTADOS	32
7 PLANO DE AULA	35
8 CONCLUSÕES	37
9 REFERENCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho busca somar resultados obtidos ao longo de dois anos imerso no Serviço Geológico do Brasil, tendo contato com a Hidrologia na parte da modelagem hídrica fluvial somando com os assuntos estudados na academia no curso de Geografia.

Para introduzir o tema da modelagem na Geografia, se fez presente citar o conceito de Espaço, que resignificado e sendo conceituado de acordo com a visão de cada geógrafo, como por exemplo na obra “Por uma geografia nova”, de 1978, do escritor e geógrafo Milton Santos, é abordado que o conceito de Espaço pode ser compreendido como um conjunto de formas representativas de relações sociais do passado e do presente e por uma estrutura representada por relações que estão acontecendo e manifestam-se através de processos e funções. “O espaço é um verdadeiro campo de forças cuja formação é desigual. Eis a razão pela qual a evolução espacial não se apresenta de igual forma em todos os lugares”. (Santos, p.122). Este campo de forças de formação desigual é fruto dos processos físicos e sempre singular dado as suas características. Uma bacia hidrográfica é um recorte do espaço geográfico, dentro desse espaço há as dinâmicas orgânicas da população acontecendo em meio aos processos físicos da Hidrogeografia como o ciclo hidrológico e fluxos do rio na bacia e essa interação.

Ao se abordar sobre o Espaço e as forças presentes nessa categoria, a modelagem referente ao meio físico, sendo a representação espacial tem uma importância para análise. No Brasil, como grande referencial teórico temos as obras de Antonio Christofletti, que a partir do desenvolvimento da teoria da Geografia Teórica Transitiva propõe uma abordagem transdisciplinar para a Geografia, integrando diferentes áreas do conhecimento, somando para o aporte teórico, ficando evidente no seguinte trecho:

A modelagem de sistemas ambientais inerentemente se enquadra como procedimento teórico no uso da abordagem holística, envolvendo arsenal de técnicas qualitativas e quantitativas, expressando bases de operacionalização da análise sistêmica. Como referencial disciplinar básico, considera-se como ponto de partida o contexto do objeto relacionado com a Geografia Física, que trata da estrutura, funcionamento e dinâmica da organização espacial dos

sistemas ambientais físicos ou geossistemas. De maneira complementar, há a inserção relacionada com a modelagem de ecossistemas (CHRISTOFOLETTI, 1999, vii).

Visto a possibilidade da interdisciplinaridade no tema de pesquisa que se aborda o Espaço e modelagem no Espaço físico com a modelagem da Bacia do Rio Mundaú com o modelo físico gerado pela extensão do HEC-GeoHMS no ArcGIS da bacia do Rio Mundaú, nos estados de Pernambuco e Alagoas. Esse recorte do espaço geográfico real, tem suas características físicas representadas a partir da elaboração do modelo e com essa representação virtual do recorte do espaço geográfico da bacia do Rio Mundaú, atrelado a todo processo de elaboração do modelo tem-se a Geografia presente para entender os processos utilizados no software além de que pode ser utilizado como ferramenta para ilustrar o tema de Hidrogeografia, além de compor uma ferramenta importante para a população, na prevenção de desastres atrelados a fortes chuvas e enchentes e podendo ser utilizada como mais uma ferramenta no meio educacional para ensino da Geografia nas Escolas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Retratar a aplicabilidade do modelo físico na Bacia do Rio Mundaú integrado pela extensão HEC-GeoHMS como ferramenta didática para praticas escolares de professores da educação básica.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Discutir o modelo físico da Bacia do Rio Mundaú elaborado pela extensão HEC-GeoHMS no ArcMap versão 10.2.1 como recorte da representação de uma bacia hidrográfica no Espaço Geográfico e suas aplicabilidades;
- Descrever as operações presentes na ferramenta HEC-GeoHMS relacionado aos processos naturais;
- Elaborar um plano de aula com o tema Hidrogeografia e Bacia hidrográfica destacando os objetivos para serem buscados na sala de aula.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Ao abordar sobre modelo físico e a técnica de geoprocessamento é importante caracterizar termos fundamentais e intrínsecos que são o de raster e o de vetor. Raster é uma representação de dados geográficos que divide a área em células retangulares ou quadradas, conhecidas como pixels e cada pixel contém um valor que representa uma característica geográfica, como elevação, temperatura ou cobertura do solo. É usado para representar dados contínuos, como imagens de satélite, modelos digitais de elevação e mapas climáticos sendo mais adequado para análises que envolvem cálculos matemáticos, como análise de relevo e modelagem hidrológica. (ROSA, 2013)

Já o conceito de vetor é uma representação de dados geográficos que usa pontos, linhas e polígonos para representar objetos geográficos, como estradas, rios e edifícios, por exemplo. Cada objeto é definido por sua geometria e atributos, como nome, comprimento e área e tem como finalidade representar dados discretos, como limites administrativos, pontos de interesse e redes de transporte.

O modelo físico elaborado no ArcMap usando a extensão HEC-GeoHMS é uma abordagem utilizada com foco em análise hidrológica e de sistemas de transporte de sedimentos em bacias hidrográficas. Essa extensão é desenvolvida pela HEC (Hydrologic Engineering Center), uma organização vinculada ao US Army Corps of Engineers, e tem como objetivo principal auxiliar os engenheiros e cientistas na modelagem hidrológica. (SANTOS, 2013) A extensão HEC-GeoHMS permite aos usuários que importem dados geoespaciais, como elevação do terreno (DEM), uso do solo e informações climáticas, para criar um modelo hidrológico detalhado de uma bacia hidrográfica, também facilitando a criação de uma rede de drenagem precisa, definindo as áreas de contribuição para cada ponto de interesse dentro da bacia. O modelo físico criado no ArcMap usando a extensão HEC-GeoHMS é capaz de simular a resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica em situação de eventos de precipitação, como chuvas intensas. As várias ferramentas utilizadas para gerar o modelo calculam vários parâmetros, como escoamento superficial, vazões em pontos de interesse, volumes de armazenamento em reservatórios e transporte de sedimentos.

O modelo físico é fundamentado em princípios hidrológicos e utiliza equações e algoritmos para simular o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica. A extensão HEC-GeoHMS fornece uma interface amigável no ArcMap, permitindo a definição dos parâmetros do modelo e a visualização dos resultados de forma intuitiva. Esses modelos físicos são amplamente utilizados na hidrologia para diversos propósitos, como previsão de enchentes, planejamento de recursos hídricos, estudo de impactos ambientais e usados para avaliar a erosão do solo em uma bacia hidrográfica, permitindo a identificação de áreas vulneráveis em avaliação de projetos de engenharia, ligado a isso serve para avaliar o impacto de atividades humanas, como a construção de barragens ou a urbanização em uma bacia hidrográfica. Eles permitem testar diferentes cenários e condições, fornecendo informações valiosas para a tomada de decisões e o desenvolvimento de estratégias de gestão de recursos hídricos. Além disso, são destacados no modelo físico para análises o canal principal, afluentes e exutório, sendo calculados também a declividade e tempo de concentração, que é o tempo que demora para toda a bacia hidrográfica contribuir para a sua foz.

4 MUNDAÚ

A Bacia do Rio Mundaú está localizada entre os estados de Alagoas e Pernambuco, na região Nordeste do Brasil. A região apresenta características climáticas típicas do clima tropical úmido, com temperaturas elevadas e chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Em relação a temperatura média anual na região da bacia do Rio Mundaú é de cerca de 25°C. Sendo essas elevadas durante todo o ano, com pouca variação sazonal influenciando na precipitação: A região da bacia do Rio Mundaú apresenta um regime de chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com uma média anual de cerca de 1.200 mm. Em relação a umidade relativa do ar na região da bacia do Rio Mundaú é elevada, com valores médios anuais em torno de 80%, isso se deve à influência da proximidade do oceano e à grande quantidade de vegetação presente na região. *Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú* [Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas]

4.1 GEOMORFOLOGIA

Ao iniciar a abordagem sobre a Bacia do Rio Mundaú é importante abordar a importância da geomorfologia para a gestão da bacia hidrográfica, pois conhecer a evolução do relevo se compreende mais facilmente a dinâmica dos processos. Dentre esses processos os erosivos e sedimentares mais presentes e isso por que a geomorfologia da região apresenta quase todas as fases de desenvolvimento geomorfológico da região Nordeste, que são descritas as principais unidades geomorfológicas sendo as serras, planaltos, planícies e vales. *Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú* [Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas]

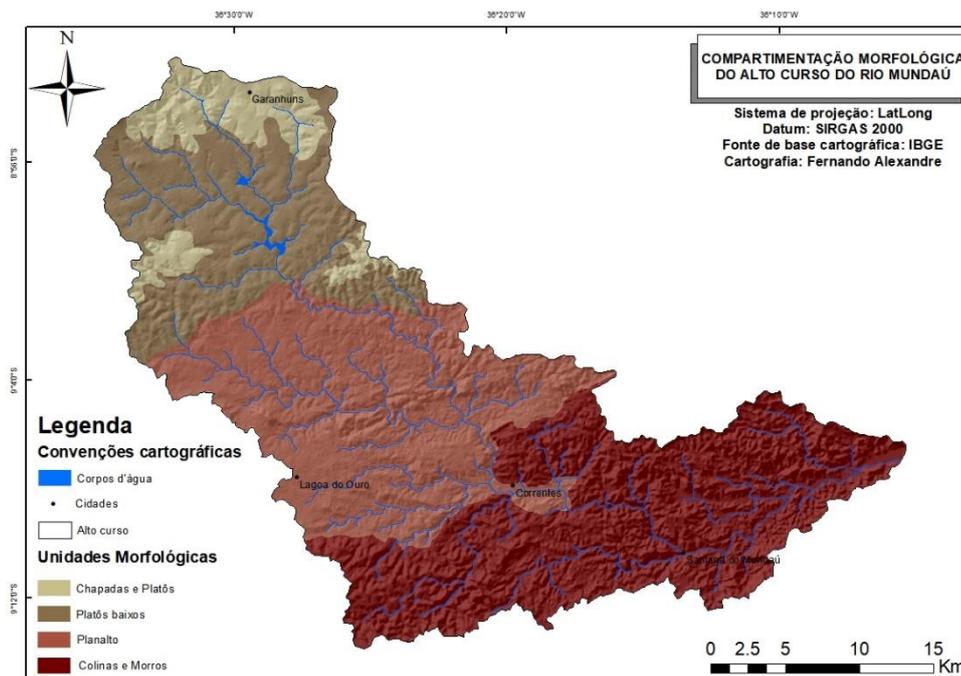
No texto do Plano Diretor também é mencionado a sequência de eventos no desenvolvimento do relevo estabelecida por King (1956), que inclui a superfície Pós-Gondwana, representada por um nível cimeiro, às vezes com topos planos, em altitudes acima de 1.000 metros; a superfície de erosão do Cretáceo, que é uma superfície de erosão regional, com topos suavemente inclinados e altitudes entre 600

e 1.000 metros; e a superfície de erosão do Terciário, que é uma superfície de erosão local, com topos suavemente inclinados e altitudes entre 200 e 600 metros.

É abordado também na sequência sobre a dinâmica dos processos erosivos e sedimentares na região, incluindo a erosão fluvial, a erosão costeira e a erosão eólica. São descritas as principais formas de relevo resultantes desses processos, como os vales, as falésias, as dunas e as restingas.

Com isso temos que a região se apresenta vulnerável às ações do relevo da região a processos erosivos e sedimentares, destacando as áreas mais suscetíveis a deslizamentos, enchentes e erosão costeira. Visto isso torna-se de extrema importância estudos referentes ao clima e impactos na dinâmica local da população e no espaço Geográfico. Na Figura 1 há a representação da geomorfologia da região próxima a Bacia do Rio Mundaú.

Figura 1: Esquema ilustrando as unidades Morfológicas da Bacia do Rio Mundaú



Os principais tipos de solos da região, com base na classificação taxonômica do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos são descritos os solos dos grupos Argissolos, Latossolos, Neossolos, Gleissolos e Planossolos, com suas características físicas, químicas e mineralógicas.

É importante pontuar a vulnerabilidade dos solos da região a processos erosivos e de degradação, destacando as áreas mais suscetíveis a erosão, compactação, salinização e desertificação. São apresentadas algumas medidas de conservação do solo, como o plantio direto, a rotação de culturas e a adubação verde.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

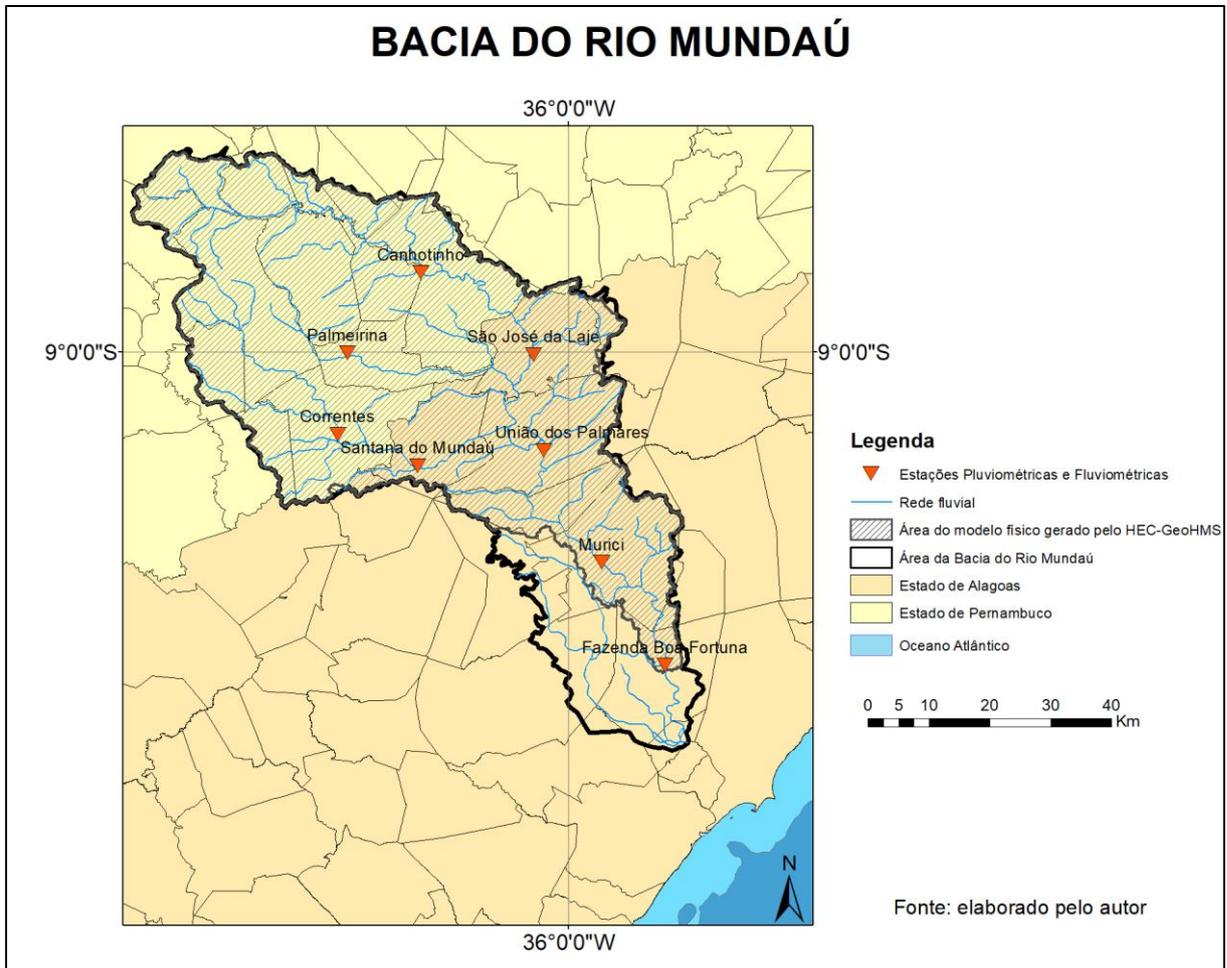
Na classificação da pesquisa referente aos objetivos, há três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas (KIPNIS, 2005). A opção que mais se aproximou do tipo de estudo foi a descritiva. Neste estudo a abordagem qualitativa foi utilizada e teve como foco o uso do software integrado ao ArcGIS, o ARC Map, com a extensão HEC-GeoHMS.

A versão escolhida da extensão HEC-GeoHMS foi a 10.1 pois essa versão permite o usuário ter acesso pelo ArcMap, diferentemente das versões mais atuais onde se utiliza o próprio software HEC-HMS para processar os dados de entrada, computar o passo-a-passo e gerar o modelo físico. A versão HEC-GeoHMS no ArcMap é possível gerir os arquivos para outras análises e editar as feições do arquivo do projeto.

Na localização geográfica da Bacia do Rio Mundaú, o meridiano de 36° Oeste passa pelo meio da bacia, logo preferimos escolher um sistema de projeção diferente do UTM, pois o projeto teria duas projeções, uma no fuso 24 e outra no fuso 25, atrapalhando a sequência do modelo físico único para a bacia. Diante disso, o sistema de projeção escolhido foi o da equivalência de áreas, no caso da bacia, o Albers Equal Area Conic. A escolha também se baseou no próprio manual do Hec-GeoHMS que sugere essa projeção. Nela é usado dois paralelos diminuindo as distorções, dando melhores resultados principalmente para áreas pequenas, como é o caso da bacia do Rio Mundaú.

Na Figura 2 podemos ver a representação da Bacia do Rio Mundaú, os estados em que está situada e área que é referente ao modelo físico, gerado ao longo do processo no Serviço Geológico do Brasil, SUREG-RE.

Figura 2: Representação cartográfica da bacia do Rio Mundaú e a área do modelo físico gerado.



Ao analisar o mapa, foi constatado que a área da Bacia do Rio Mundaú é maior que a do modelo físico. Para processamento do modelo foi utilizado como ponto final de fluxo a estação Fazenda Boa Fortuna no município de Rio Largo, em Alagoas. Esse ponto final ficou sendo o exutório do modelo físico traçado. É a partir do exutório que se faz a delimitação da bacia de contribuição, definindo-se a área que contribui para o escoamento de água até esse ponto, que foi o ponto escolhido para esse trabalho. A escolha do ponto final do modelo físico depende do objetivo dos modelos hidrológicos numa etapa posterior, buscando compreender os processos hidráulicos e hidrológicos que ocorrem numa bacia, incluindo o comportamento de hidrogramas de cheias. Na caracterização de bacias hidrográficas, a definição do ponto final é uma das etapas iniciais do processo.

5.1 FASES DA CONSTRUÇÃO DO MODELO FÍSICO

Para iniciar o processo de gerar um modelo físico é necessária uma preparação dos dados, na extensão HEC-GeoHMS. Nessa extensão temos o “Data Management” ou Gerenciamento de dados que envolve a organização, manipulação e análise dos dados geoespaciais e hidrológicos necessários para a modelagem hidrológica. Além disso é feita uma análise prévia dos dados do projeto, desempenhando um papel fundamental para a fase da preparação, execução e dos resultados obtidos.

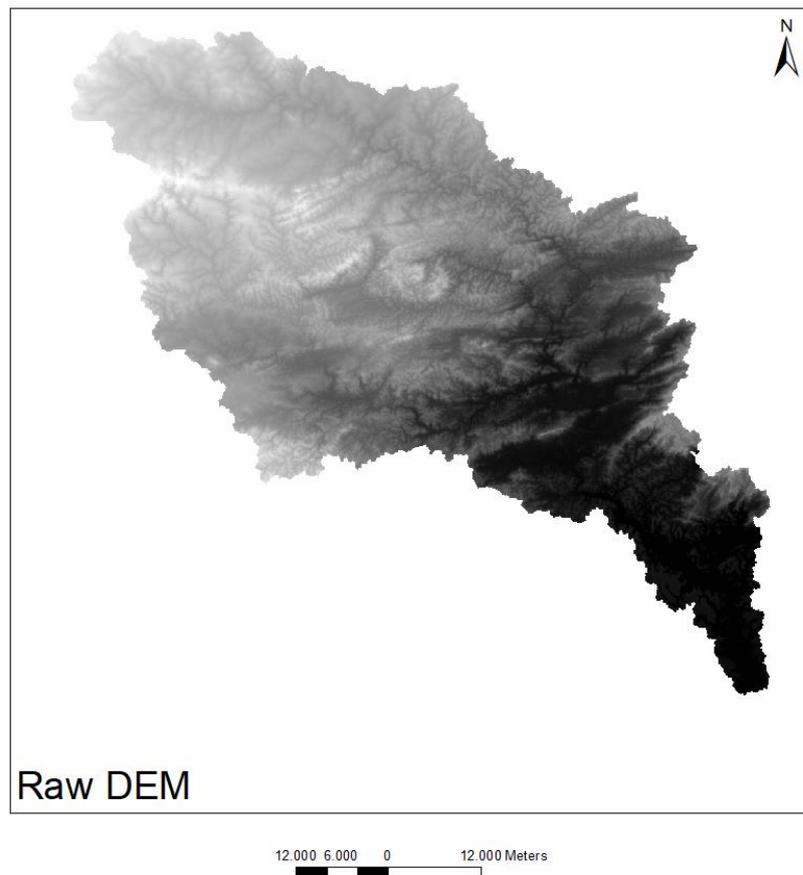
As principais funcionalidades de gerenciamento de dados no HEC-GeoHMS incluem o pré-processamento dos dados topográficos. Os modelos digitais de elevação (MDE) e curvas de nível, por exemplo, entram nessa etapa além de haver a delimitação de bacias hidrográficas e a geração de perfis de fluxo. Aquisição de dados hidrológicos é uma outra etapa onde o software permite a importação de dados hidrológicos, como os dados de precipitação, vazão e informações das estações pluviométricas, sendo esses dados utilizados também para calibração dos modelos. Há também o gerenciamento de dados de uso do solo onde são usados para calcular as características de infiltração, coeficientes de escoamento superficial e outras propriedades hidrológicas além de definir os parâmetros hidrológicos. Outra funcionalidade seria especificar parâmetros hidrológicos, como coeficientes de Manning para estimar a rugosidade da superfície do canal, coeficientes de retenção de água do solo e curvas-chave de unidades hidrológicas.

Para iniciar o processamento para resultar no modelo físico a extensão HEC-GeoHMS simula os processos físicos referentes ao ambiente natural, do espaço geográfico. Primeiramente a fase inicial consta em fazer o recorte da área a ser estudada em formato raster de Modelo Digital de Elevação (DEM), que é um conjunto de dados geoespaciais que representa as diferentes altitudes da superfície topográfica de uma determinada área (GIOVANINI, 2021), como exemplo na Figura 3.

Nesse DEM é carregado informações referentes a altitudes em cada pixel, já que se trata de um raster. A partir das próximas etapas serão utilizadas esse DEM como base.

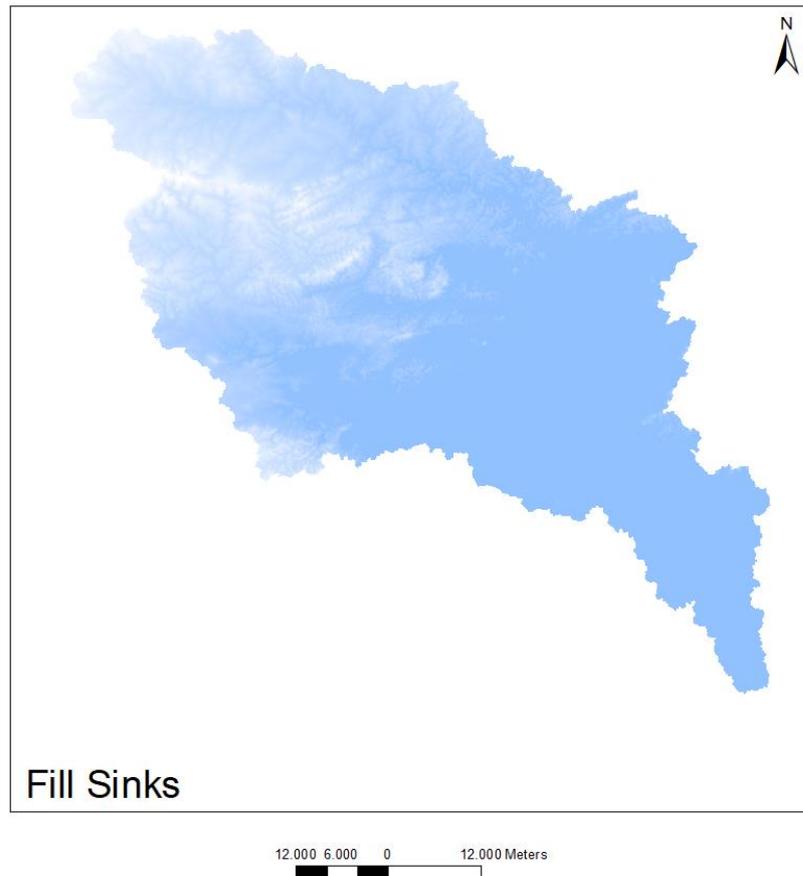
É importante destacar que os processos são um passo-a-passo em sequência, onde o próximo sempre depende do anterior então, a nova feature gerada sempre irá precisar da feature anterior que carrega os dados. A figura 3 faz referência a uma imagem SRTM 30m

Figura 3: Modelo Digital de Elevação da área estudada da bacia do Rio Mundaú



De posse do DEM já recortado para área iniciou o processo "Fill Sinks" no ArcGIS. Na Figura 4 podemos verificar a imagem raster resultante desse processo. Essa é uma ferramenta de processamento geoespacial que preenche depressões em um raster de superfície para remover pequenas imperfeições nos dados. As Sinks (e picos) são frequentemente erros devido à resolução dos dados ou arredondamento de elevações para o valor inteiro mais próximo. As depressões devem ser preenchidas para garantir a delimitação adequada de bacias e cursos d'água. (Manual HEC-GeoHMS, 2013)

Figura 4: Imagem raster após o processamento do “Fill Sinks”.



De posse do DEM com as depressões preenchidas são definidas as direções de fluxo, ou seja, gerou-se uma imagem raster onde cada elemento contém um código numérico que indica para qual pixel vizinho ocorre a drenagem (Figura 5). O código utilizado pelo ArcGIS atribui valor 1 e para o fluxo na direção leste, 2 o fluxo na direção sudeste ... 128 para nordeste. Conforme a figura 6, o esquema relaciona o valor com a direção do fluxo, cada pixel do raster é representado por uma cor que representa a direção do fluxo.

Figura 5: Imagem raster após o processamento do “Flow Direction”.

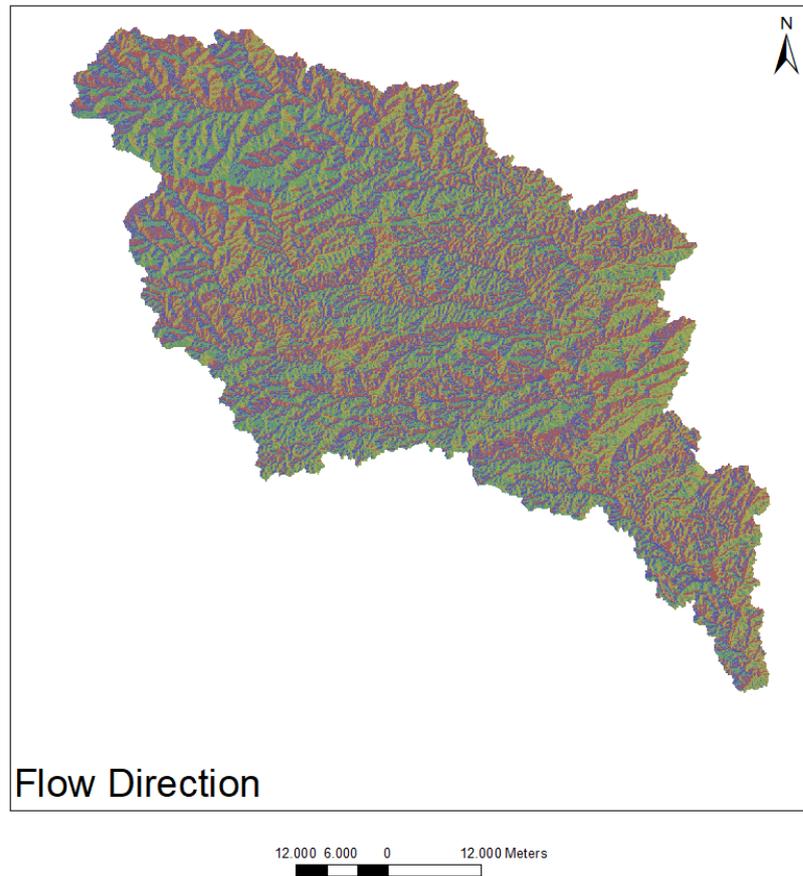
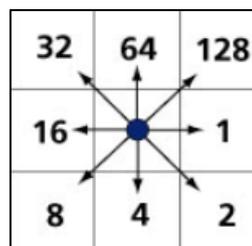
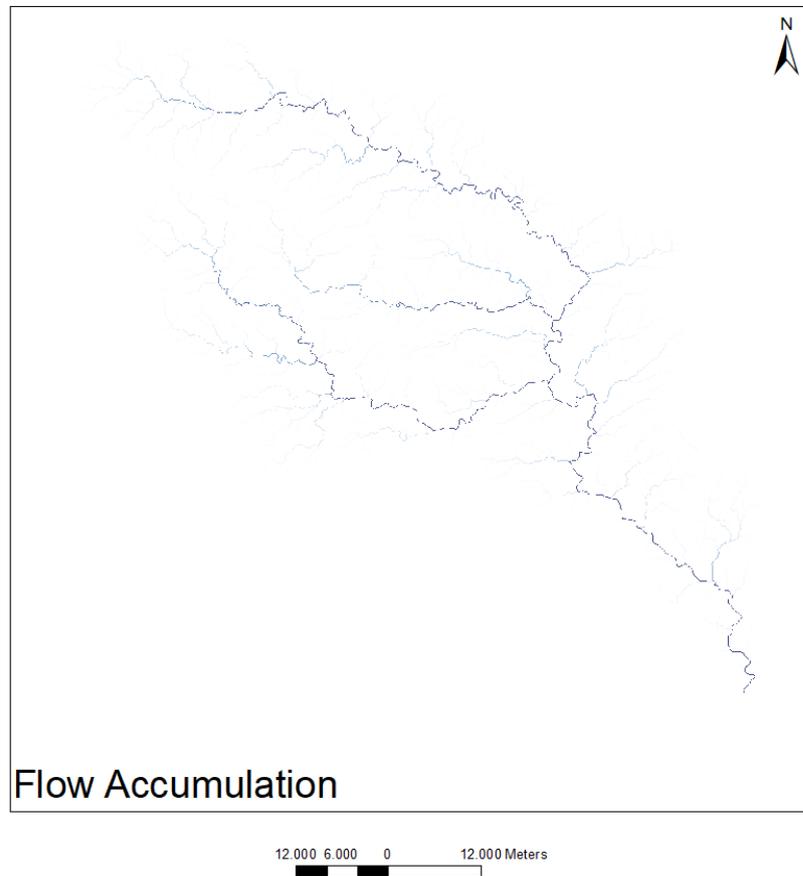


Figura 6: Imagem demonstrando o valor numérico atribuído ao sentido no ArcMap.



No processo "Flow Accumulation" utilizou como entrada o raster de direção de fluxo, que indica a direção do fluxo de água em cada célula do raster de superfície. A ferramenta calcula a quantidade de fluxo de água que passa por cada célula, somando a quantidade de fluxo de água das células que drenam para ela e resultado é um raster de superfície de saída que contém valores de acumulação de fluxo para cada célula.

Figura 7: Processo após o “Flow Accumulation”

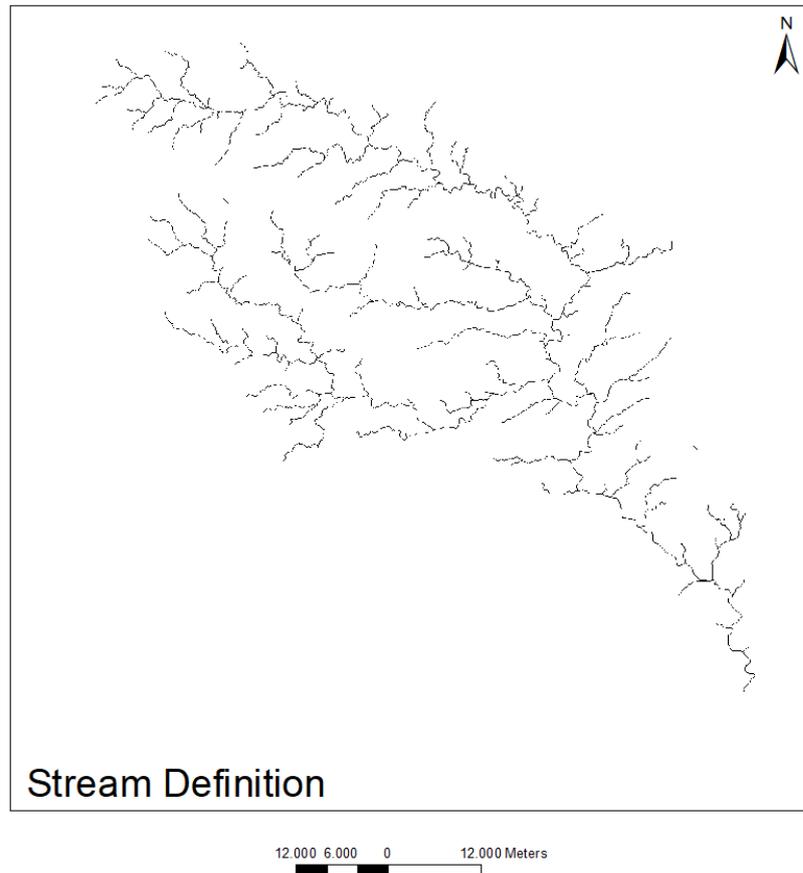


O processo "Stream Definition" é uma etapa importante na análise hidrológica que tem como objetivo definir os canais de fluxo de água em um raster de superfície. Essa etapa foi realizada após o processo de "Flow Accumulation", que calcula a quantidade de fluxo de água que passa por cada célula em um raster de superfície

Para realizar o processo de "Stream Definition", é necessário definir um valor de fluxo mínimo que uma célula deve ter para ser considerada um canal de fluxo. Esse valor é geralmente definido com base em critérios hidrológicos, como a largura mínima do canal ou a vazão mínima, no caso da bacia em estudo foi 1000.

O resultado do processo de "Stream Definition" foi um raster de superfície que representa os canais de fluxo de água na área de estudo que é importante para a delimitação de bacias hidrográficas e para a análise de processos hidrológicos.

Figura 8: Canais definidos após o processo.

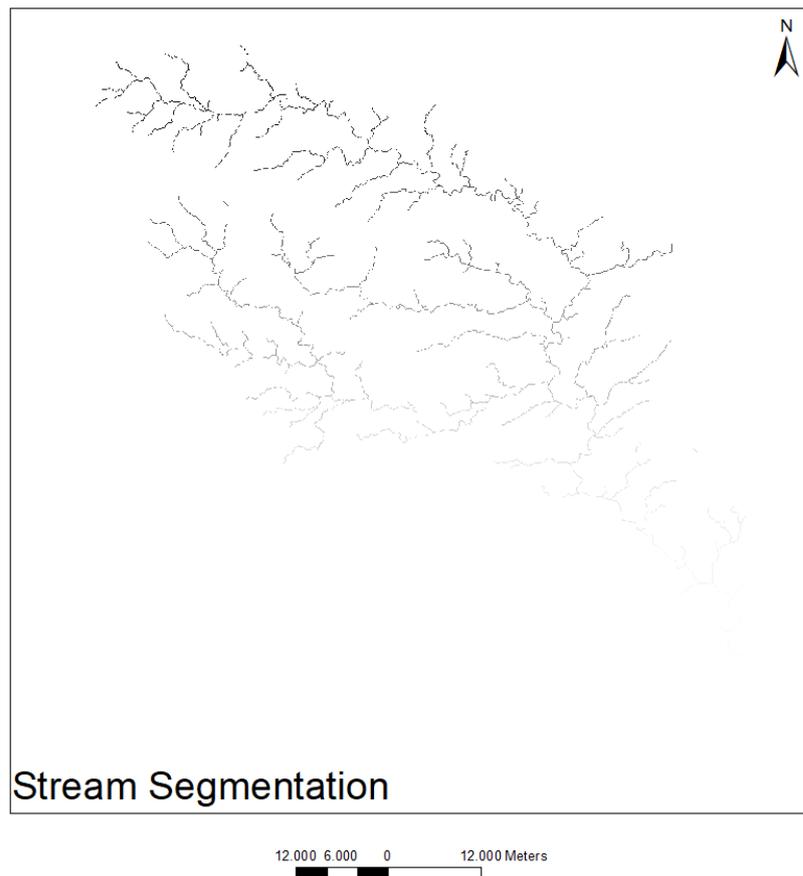


Após o processo de "Stream Definition" foi feito o "Stream Segmentation", que é uma etapa na análise hidrológica que envolve a divisão dos canais de fluxo de água em segmentos distintos com base em critérios específicos. Durante o processo os canais de fluxo identificados são divididos em segmentos com base em características como a conectividade e a direção do fluxo e essa divisão permite uma análise mais detalhada dos canais e facilita a aplicação de análises hidrológicas específicas em cada segmento, como a determinação de comprimentos de canais, gradientes de fluxo e áreas de contribuição.

O resultado do processo foi uma tabela de atributos que contém informações sobre cada segmento de canal, como identificadores únicos, comprimentos, áreas de contribuição e outras propriedades hidrológicas relevantes. Essas informações são úteis para a análise e o planejamento de recursos hídricos, a modelagem de

processos hidrológicos e a tomada de decisões relacionadas à gestão de bacias hidrográficas.

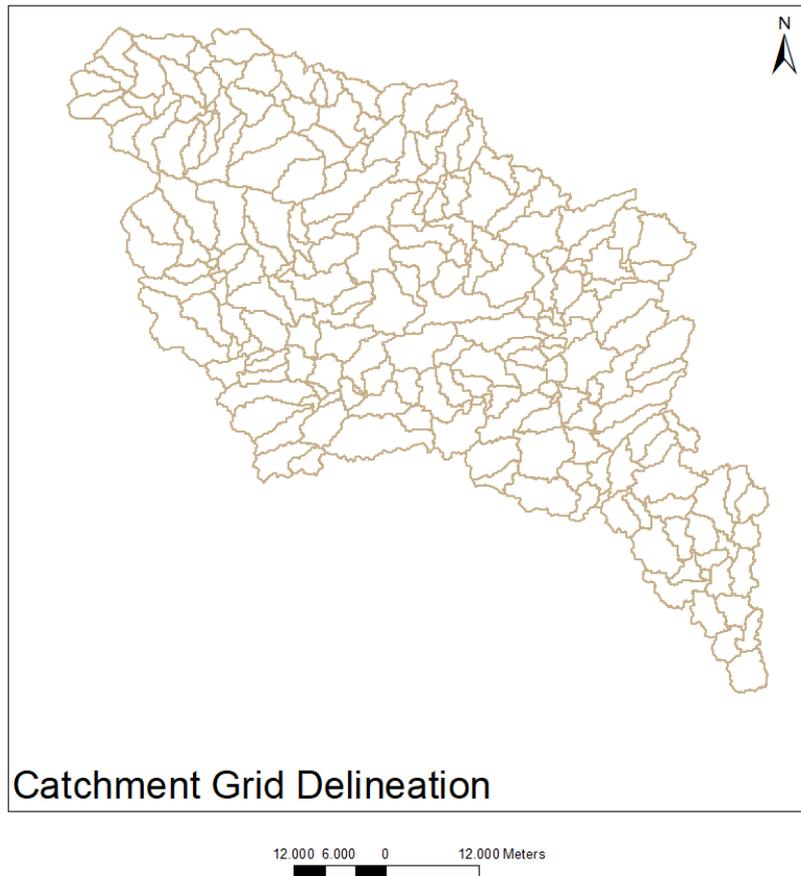
Figura 9: Resultado após "Stream Segmentation" com os segmentos dos canais.



No processo seguinte vem o "Catchment Grid Delineation", onde houve o processamento para gerar uma grade de bacias hidrográficas a partir de um modelo digital de elevação (MDE). O processo de "Catchment Grid Delineation" envolve a criação de uma grade de bacias hidrográficas a partir de um MDE e de um raster de direção de fluxo.

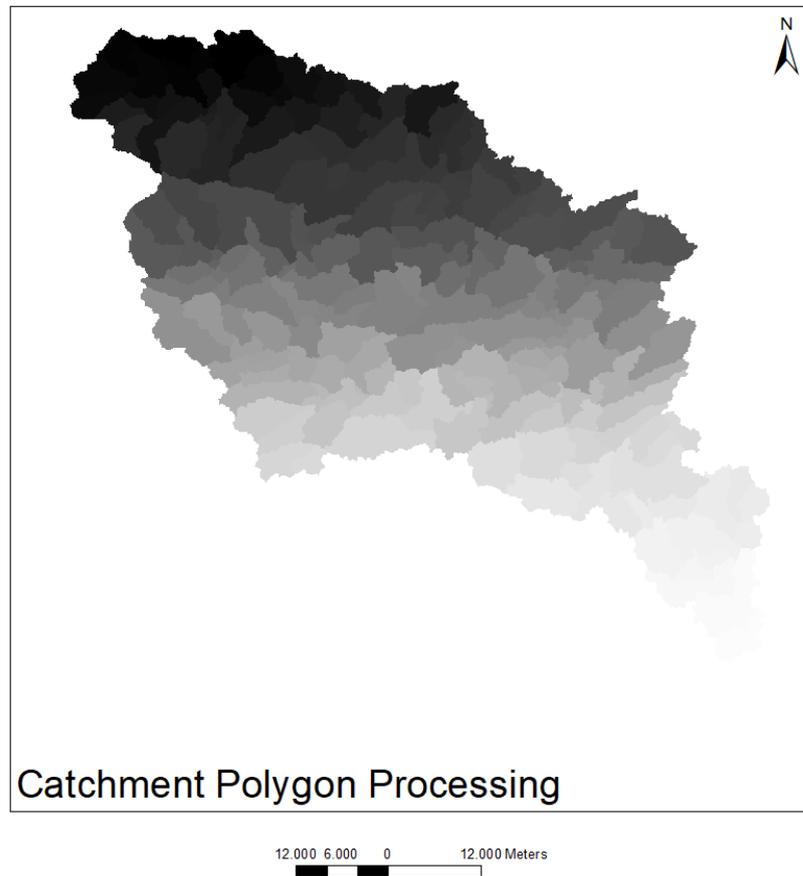
A ferramenta utiliza o raster de direção de fluxo para determinar a direção do fluxo de água em cada célula do MDE e, em seguida, agrupa as células que drenam para um ponto de saída comum em uma única bacia hidrográfica e o resultado é uma grade de bacias hidrográficas que representa as áreas de contribuição de cada ponto de saída na área de estudo. (Manual HEC-GeoHMS, 2013)

Figura 10: Bacias formadas após a delimitação dos polígonos pela etapa “Catchment Grid Delineation”.



Após a etapa do “Catchment Grid Delineation”, foi realizado o “Catchment Polygon Delineation” que é a formação dos polígonos das sub-bacias. Suas funções nessa etapa para bacias hidrográficas é principalmente identificação e quantificação da área total da bacia hidrográfica e de suas sub-bacias e a quantificação do volume de água que pode ser armazenado na bacia hidrográfica. (Manual HEC-GeoHMS, 2013)

Figura 11: Feature que demonstra o processo após o processamento do "Catchment Polygon Delineation"

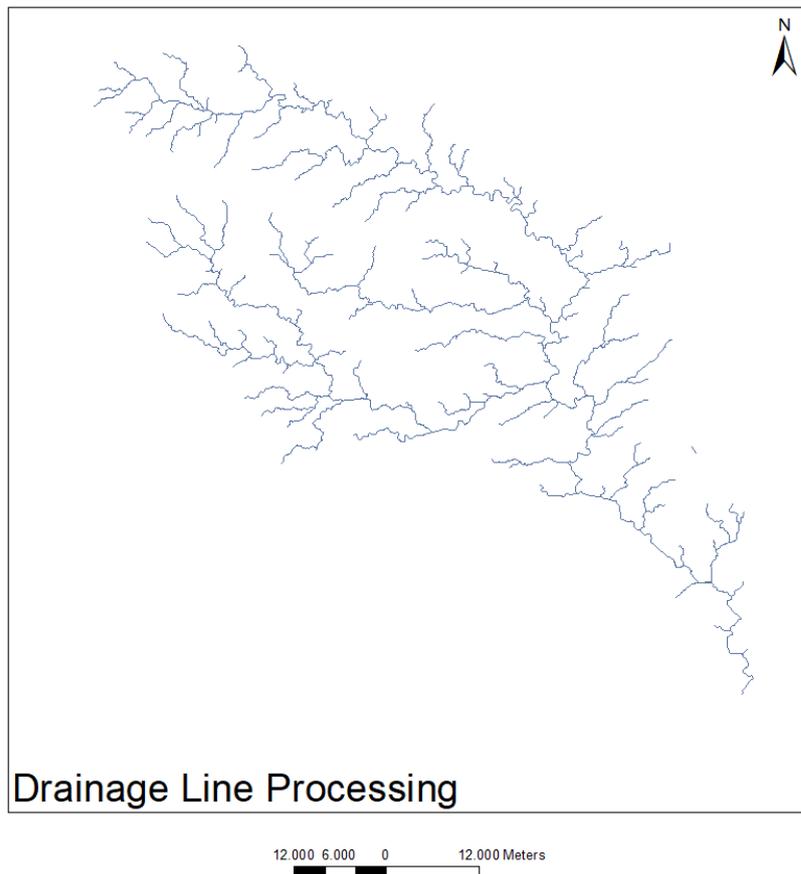


Após a delimitação das sub-bacias iniciou o processo "Drainage Line Processing". Essa etapa consistiu na conversão de um raster segmentado de drenagem em uma camada vetorial de linhas de drenagem. Essa etapa é realizada após a definição dos canais de fluxo de água na área de estudo e tem como objetivo representar as linhas de drenagem de forma vetorial para análises mais detalhadas e essa conversão permite a representação das linhas de drenagem como elementos lineares, facilitando a análise e a visualização das características hidrológicas da área de estudo.

O resultado do processo de "Drainage Line Processing" foi uma camada vetorial de linhas de drenagem, que pode ser utilizada para análises adicionais, como a determinação de comprimentos de canais, a identificação de redes de drenagem e a análise de padrões de fluxo de água que são úteis para a análise e o planejamento de

recursos hídricos, a modelagem de processos hidrológicos e a tomada de decisões relacionadas à gestão de bacias hidrográficas. (Manual HEC-GeoHMS, 2013)

Figura 12: Resultado da etapa "Drainage Line Processing"

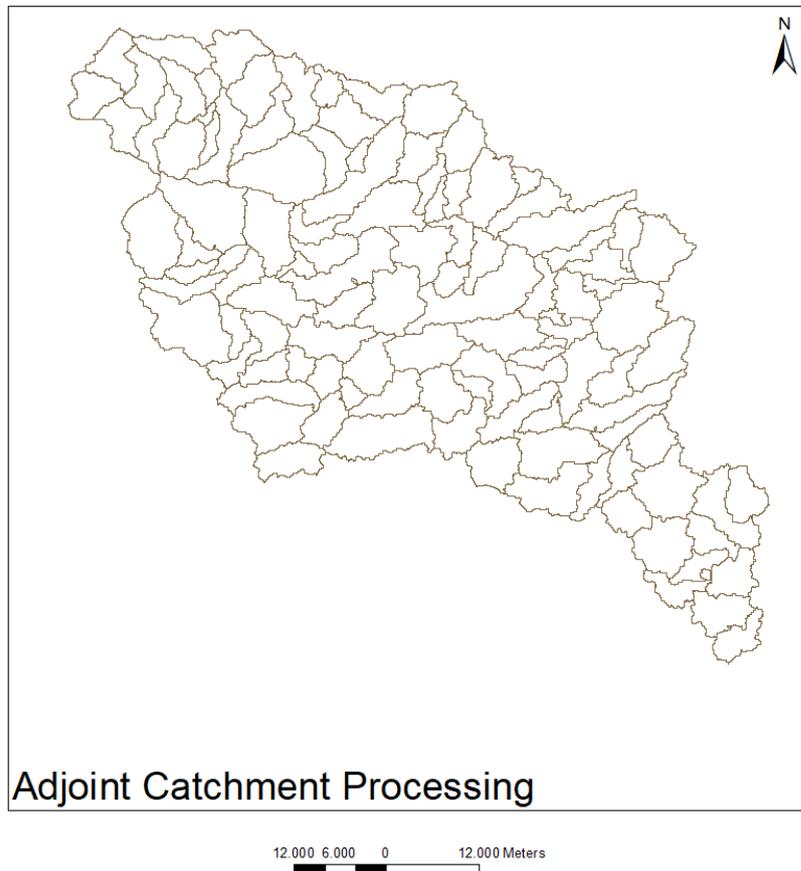


Tendo o resultado da etapa do "Drainage Line Processing" a próxima etapa que se seguiu foi a do "Adjoint Catchment Processing" onde foi criado polígonos de bacias hidrográficas adjacentes a partir de uma bacia hidrográfica principal, ilustrado na Figura 13. A ferramenta utilizou o resultado da grade de bacias hidrográficas gerada pelo processo de "Catchment Grid Delineation" para criar polígonos de bacias hidrográficas adjacentes. Esses polígonos representam as áreas de contribuição de cada ponto de saída na área de estudo e são úteis para a análise de processos hidrológicos em áreas de drenagem complexa

O resultado do processo foi uma camada vetorial de polígonos de bacias hidrográficas adjacentes, que pode ser utilizada para análises adicionais, como a

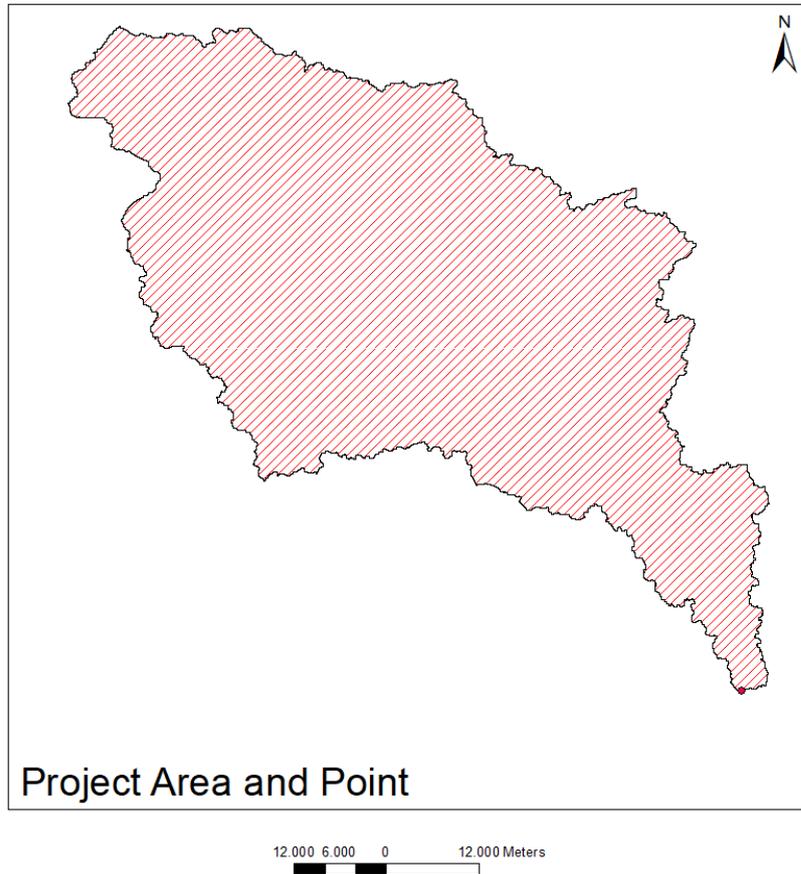
determinação de áreas de contribuição e a identificação de redes de drenagem e com essas informações.

Figura 13: Vetor gerado contendo os polígonos de bacias hidrográficas adjacentes.



Na última etapa do processo do modelo físico houve a etapa "Project Area and Point". Que consistiu em marcar na área o ponto projetado no sistema de coordenadas desejado, permitindo a consistência e a integração dos dados geoespaciais em um único sistema de referência espacial e delimitando a área que vai ser o modelo físico, como exemplo na Figura 14.

Figura 14: Demonstração da área projetada sendo o final da área o ponto rosa.



Além das etapas descritas anteriormente, há o processamento seguinte na extensão HEC-GeoHMS. Esses arquivos processados após as fases de construção dos canais e sub-bacias demonstrados nas figuras anteriores, servem de base para próximos processamentos. Essa nova etapa de processamento calcula outras características como o maior fluxo do canal, o centroide da bacia, a declividade e outros atributos. (Manual HEC-GeoHMS, 2013)

6 RESULTADOS

Ao analisar pelo viés da Hidrologia, Um modelo hidrológico pode ser definido como uma representação matemática do fluxo de água e seus constituintes sobre alguma parte da superfície e/ou subsuperfície terrestre (Rennó e Soares). Seu objetivo principal é a simulação e estudo dos processos hidrológicos e hidráulicos que ocorrem nesse sistema, como precipitação, evaporação, escoamento superficial, infiltração e a interação com o terreno, sendo esse último elemento para Geografia o espaço geográfico, que é passivo de transformações antrópicas dado que a vida se integra nesse espaço. Os seres vivos em sua totalidade são seres transformantes

Após as fases, temos como resultado final o modelo da bacia do Mundaú composto por 30 sub-bacias e sua rede hidrográfica, conforme a figura 17, com muitas informações atreladas a cada *feature* (elemento), conforme as figuras 15 a 16. Cada vetor carrega informações de características físicas como comprimento do canal, área, declividade, alcance máximo da bacia, fluxo do canal, etc.

OBJECTID	gridcode	Shape_Length	Shape_Area	HydroID	DrainID	Name	Description	PrecipGage	TotStormP	BasinSlope	Area_HMS
43	43	36203.1686	35173856.46	842	842	W8420		Precip Gage 1		0.378564566	35.17385646
53	53	199760.63	764849848.4	852	852	W8520		Precip Gage 2		0.458549023	764.8498484
63	63	53110.2324	56340648.84	862	862	W8620		Precip Gage 3		0.506094277	56.34064884
64	64	53845.3218	74881644.67	863	863	W8630		Precip Gage 4		0.615768194	74.88164467
71	71	52558.9148	74366617.22	870	870	W8700		Precip Gage 5		0.451572895	74.36661722
87	87	144812.6732	211304873.2	886	886	W8860		Precip Gage 6		0.473738496	211.3048732
89	89	80676.0958	133940964	888	888	W8880		Precip Gage 7		0.892887294	133.940964
90	90	80124.7792	139547167	889	889	W8890		Precip Gage 8		0.776181877	139.547167
91	91	57888.315	63382174.5	890	890	W8900		Precip Gage 9		0.942585766	63.3821745
98	98	59174.7222	88078173.1	897	897	W8970		Precip Gage 10		0.46146366	88.0781731
120	120	143158.7216	176063472.3	919	919	W9190		Precip Gage 11		0.772654533	176.0634723
130	130	68914.661	94866406.39	929	929	W9290		Precip Gage 12		0.651288748	94.86640639
136	136	88945.8562	162985148.9	935	935	W9350		Precip Gage 13		0.540661037	162.9851489
137	137	72222.5646	69967774.2	936	936	W9360		Precip Gage 14		0.65418618	69.9677742
140	140	73325.1992	89758345.25	939	939	W9390		Precip Gage 15		0.780312002	89.75834525
152	152	72590.11	88863379.4	951	951	W9510		Precip Gage 16		0.798975945	88.8633794
153	153	87659.449	96614123.21	952	952	W9520		Precip Gage 17		0.723419368	96.61412321
158	158	57153.2252	67510838.91	957	957	W9570		Precip Gage 18		0.837031543	67.51083891
160	160	74427.8344	128638712.2	959	959	W9590		Precip Gage 19		0.658176005	128.6387122
175	175	64320.35	64344685.31	974	974	W9740		Precip Gage 20		0.930745496	64.34468531
176	176	43554.065	29289032.05	975	975	W9750		Precip Gage 21		0.703760505	29.28903205
183	183	137829.322	139943991.6	1033	1033	W10330		Precip Gage 22		0.302398324	139.9439916
186	186	57336.9974	83915736.35	985	985	W9850		Precip Gage 23		0.577734351	83.91573635
189	189	53110.2326	52591922.93	988	988	W9880		Precip Gage 24		0.168508887	52.59192293
194	194	55499.2732	53731738.25	993	993	W9930		Precip Gage 25		0.301275522	53.73173825
196	196	45575.5626	47483861.59	995	995	W9950		Precip Gage 26		0.282434076	47.48386159
197	197	57336.9986	74037336.9	996	996	W9960		Precip Gage 27		0.308035284	74.0373369
207	207	64136.5778	94739760.54	1006	1006	W10060		Precip Gage 28		0.178698167	94.73976054
208	208	53110.232	61355836.2	1007	1007	W10070		Precip Gage 29		0.294688791	61.3558362
217	217	120187.169	166370820.7	1028	1028	W10280		Precip Gage 30		0.11415901	166.3708207

Figura 15: Excel com todos dados exportados da tabela de atributos de atributos da Feature Subbasin570, representando as sub-bacias.

OBJECTID	arcid	grid_code	from_node	to_node	Shape_Length	HydroID	NextDownID	DrainID	Sip	ElevUP	ElevDS	RivLen	Name	ElevUP_HMS	ElevDS_HMS	RivLen_HMS	ISHEAD	ISDONE
1	1	1	1	2	3259.255735	573	580	852	0.011352285	738	701	3259.255735	R5730	738	701	3259.255735	1	1
2	2	2	3	4	4831.116503	574	588	852	0.007658685	788	749	4831.116503	R5740	788	749	4831.116503	1	1
3	3	5	5	4	287.7760102	575	588	852	0.003734464	750	749	287.7760102	R5750	750	749	287.7760102	1	1
4	4	3	6	2	1763.515958	576	580	852	0.008505735	716	701	1763.515958	R5760	716	701	1763.515958	1	1
5	5	4	7	8	4398.715729	577	591	852	0.010704405	794	747	4398.715729	R5770	794	747	4398.715729	1	1
6	6	9	9	8	2823.934895	578	581	852	0.00762214	807	747	2823.934895	R5780	807	747	2823.934895	0	1
7	7	10	10	9	3576.240074	579	578	852	0.011744178	769	767	3576.240074	R5790	809	767	3576.240074	1	1
8	8	8	2	11	7174.775314	580	585	852	0.007526368	701	647	7174.775314	R5800	701	647	7174.775314	0	1
9	9	7	8	12	5155.983508	581	582	852	0.007759777	747	707	5155.983508	R5810	747	707	5155.983508	0	1
10	10	17	12	13	3229.077844	582	591	852	0.004025917	707	694	3229.077844	R5820	707	694	3229.077844	0	1
11	11	13	14	15	5205.191665	583	588	852	0.008837331	688	622	5205.191665	R5830	688	622	5205.191665	1	1
12	12	11	16	9	4574.48817	584	578	852	0.008744148	807	767	4574.48817	R5840	807	767	4574.48817	1	1
13	13	12	11	17	4797.673807	585	592	852	0.001875909	647	638	4797.673807	R5850	647	638	4797.673807	0	1
14	14	16	15	18	2202.564306	586	609	852	0.002270061	622	611	2202.564306	R5860	622	611	2202.564306	0	1
15	15	19	18	18	1579.743417	587	609	852	0.01962344	648	617	1579.743417	R5870	648	617	1579.743417	1	1
16	16	6	4	20	8169.758446	588	589	852	0.007956172	749	684	8169.758446	R5880	749	684	8169.758446	0	1
17	17	26	21	21	275.6586	589	593	852	0	684	684	275.6586	R5890	684	684	275.6586	0	1
18	18	15	22	21	1706.425051	590	593	852	0.015822553	711	684	1706.425051	R5900	711	684	1706.425051	1	1
19	19	21	13	20	4024.523426	591	589	852	0.002484766	694	684	4024.523426	R5910	694	684	4024.523426	0	1
20	20	23	17	15	6189.02709	592	596	852	0.002585221	638	622	6189.02709	R5920	638	622	6189.02709	0	1
21	21	27	21	23	925.3922926	593	595	852	0.003241868	684	681	925.3922926	R5930	684	681	925.3922926	0	1
22	22	14	24	11	5393.59141	594	585	852	0.002964889	663	647	5393.59141	R5940	663	647	5393.59141	0	1
23	23	21	23	25	599.3777809	595	598	852	0.008463523	691	678	599.3777809	R5950	691	678	599.3777809	0	1
24	24	28	26	27	2983.597035	596	597	852	0.006368152	767	748	2983.597035	R5960	767	748	2983.597035	1	1
25	25	16	27	12	3235.607978	597	582	852	0.012671486	748	707	3235.607978	R5970	748	707	3235.607978	0	1
26	26	32	24	24	3450.919937	598	594	852	0.003767121	676	663	3450.919937	R5980	676	663	3450.919937	0	1
27	27	24	28	29	2340.393576	599	610	852	0.018800257	631	587	2340.393576	R5990	631	587	2340.393576	1	1
28	28	35	30	29	1617.803968	600	610	852	0.014834925	611	587	1617.803968	R6000	611	587	1617.803968	1	1
29	29	34	31	25	1246.993993	601	598	852	0.013632784	693	676	1246.993993	R6010	693	676	1246.993993	1	1
30	30	30	32	23	2424.397287	602	595	852	0.005774631	695	681	2424.397287	R6020	695	681	2424.397287	0	1
31	31	36	33	27	3560.474741	603	597	852	0.007021536	773	748	3560.474741	R6030	773	748	3560.474741	1	1
32	32	20	34	13	7508.977171	604	591	852	0.008656421	759	694	7508.977171	R6040	759	694	7508.977171	1	1
33	33	39	35	32	2039.174729	605	602	852	0.016673412	729	695	2039.174729	R6050	729	695	2039.174729	1	1
34	34	22	36	37	5892.989011	606	619	852	0.011539142	651	583	5892.989011	R6060	651	583	5892.989011	1	1
35	35	40	38	37	413.488	607	619	852	0.0046399	585	583	413.488	R6070	585	583	413.488	1	1
36	36	38	39	17	6827.61339	608	592	852	0.00864138	697	638	6827.61339	R6080	697	638	6827.61339	0	1
37	37	29	18	40	10952.07344	609	611	852	0.00507358	617	566	10952.07344	R6090	617	566	10952.07344	0	1
38	38	37	40	37	3777.690149	610	611	852	0.005568952	597	566	3777.690149	R6100	597	566	3777.690149	0	1
39	39	42	40	41	1124.929831	611	613	852	0.003555777	566	562	1124.929831	R6110	566	562	1124.929831	1	1
40	40	38	42	32	7087.506569	612	602	852	0.009735441	764	695	7087.506569	R6120	764	695	7087.506569	1	1
41	41	47	41	43	6395.084723	613	622	852	0.002814657	562	544	6395.084723	R6130	562	544	6395.084723	0	1
42	42	44	44	45	6065.61035	614	616	852	0.004451325	654	627	6065.61035	R6140	654	627	6065.61035	0	1
43	43	52	46	45	194.9201361	615	616	852	0.015399919	630	627	194.9201361	R6150	630	627	194.9201361	1	1
44	44	45	45	41	5713.830671	616	613	852	0.011375966	627	562	5713.830671	R6160	627	562	5713.830671	0	1
45	45	33	47	24	8805.079357	617	594	852	0.011016369	760	663	8805.079357	R6170	760	663	8805.079357	1	1
46	46	46	48	44	12074.92252	618	614	852	0.00488616	613	654	12074.92252	R6180	713	654	12074.92252	1	1
47	47	41	37	49	5501.232819	619	624	852	0.011089424	593	522	5501.232819	R6190	593	522	5501.232819	0	1
48	48	43	50	51	5141.570596	620	625	852	0.009141176	584	537	5141.570596	R6200	584	537	5141.570596	1	1
49	49	48	52	51	3908.989257	621	625	842	0.012279389	585	537	3908.989257	R6210	585	537	3908.989257	1	1
50	50	43	49	598	836217	622	624	852	0.000724497	544	522	598836217	R6220	544	522	598836217	0	1
51	51	49	53	44	5442.789727	623	614	852	0.007532002	695	654	5442.789727	R6230	695	654	5442.789727	0	1

Figura 16: Excel como dados parciais exportados da tabela de atributos da Feature River570, representando os canais dos rios.

Essa construção do modelo físico resultou na exportação com formato “.basin” para o HEC-HMS, na figura 17 é demonstrado o esquema completo do modelo físico. A partir desse ponto as operações para modelagem seguiram utilizando outros softwares interligados ao HEC.

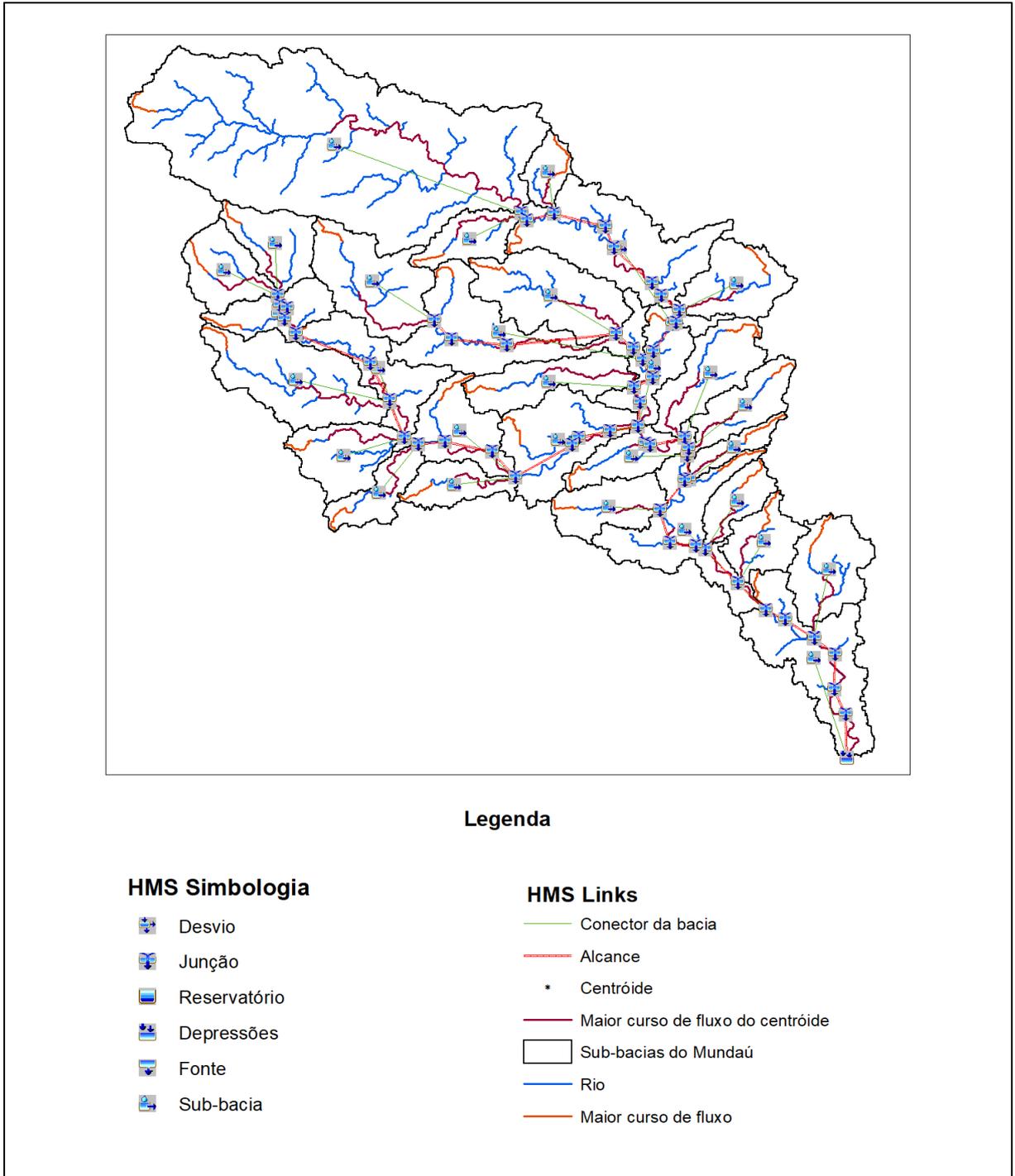


Figura 17: Modelo físico da Bacia do Rio Mundaú

7 PLANO DE AULA

Disciplina: Geografia

Tema: Hidrogeografia

Tempo: 4h/aula

Alvo: 2º ano do Ensino Médio

Objetivos:

- Geral: Imergir o aluno em um laboratório de informática com o intuito de trabalhar com o geoprocessamento na temática da bacia hidrográfica do Rio Mundaú.

- Específicos
 1. Fazer com que o aluno compreenda os conceitos básicos do geoprocessamento como raster e vetor, projeção cartográfica e escala;
 2. Discutir o conceito de espaço geográfico e a ação antrópica na bacia do Rio Mundaú;
 3. Engajar para buscar soluções contra impactos ambientais usando o geoprocessamento.

- Conceitual - Aplicação dos conceitos sobre Hidrogeografia e geoprocessamento, trazendo ao aluno a capacidade de compreender os conceitos.
- Atitudinal - Fazer com que o aluno se enxergue dentro do processo de aprendizagem identificando quais pontos e até que ponto a o entendimento sobre bacia hidrográfica do Rio Mundaúé capaz de influenciar sua vivência.
- Procedimental - Fazer com que eles tenham interesse em agir sobre os questionamentos levantados e tragam para a sala de aula as resoluções levantadas.

Conteúdos: Bacia hidrográfica, rios, Espaço geográfico e geoprocessamento.

Recursos: Para essa atividade se propõe uma parceria com a Universidade Federal de Pernambuco, onde no Centro de Filosofia e Ciências Humanas há o laboratório de informática onde há desktops equipados com ArcGis e retroprojektor.

Procedimentos:

- Na primeira hora/aula na escola abordar uma introdução sobre Geotecnologia: Raster e vetor, introdução sobre o Geoprocessamento e tipos de arquivos para o software.
- Na seguintes aulas, se possível arquitetar uma logística para serem aulas seguidas no laboratório de informática do CFCH onde o professor no retroprojektor abriria a layer de mapa, identificaria a bacia do Rio Mundaú, faria o corte da área onde o rio está. Após isso os alunos criariam um mapa usando a Data frame, de um recorte da bacia onde nesse mapa haveria alguma questão a ser abordada no espaço geográfico como impactos ambientais ou conceitos de hidrogeografia. Discutindo a versão de escala e localização do ponto, podendo até criar uma feature para demonstrar um ponto que queira dar ênfase. Essa atividade será em dupla, onde uma máquina poderá ser compartilhada e em dupla pode se trabalhar melhor alternando qual aluno controla o mouse para executar os passos para o objetivo final que seria exportar o mapa como imagem para na sala de aula ser abordado os produtos.
- Na quarta hora/aula o professor em sala de aula iria demonstrar os produtos gerados e expor para a o restante da turma.

Avaliação: A avaliação para medir o que foi aprendido seria pelo produto gerado pela dupla.

8 CONCLUSÕES

Esse trabalho teve como objetivo retratar o modelo físico da Bacia do Rio Mundaú, elaborado pela extensão HEC-GeoHMS no software ArcMap versão 10.2.1., com a intenção de demonstrar sua aplicabilidade como ferramenta para as discussões referentes à Hidrogeografia dentro de sala de aula.

Através das experiências vivenciadas no estágio no SGB, conhecimentos sobre geoprocessamento e leituras sobre o software, foi possível construir o modelo físico e posteriormente constatar e representar o quão valioso pode servir esta ferramenta na aprendizagem da Hidrogeografia.

Foi possível incluir o modelo físico na análise agregando ao conceito de Espaço geográfico, sendo possível ampliar a percepção geoespacial dos estudantes percebendo-se os conceitos abordados em sala de aula. O conceito de altitude se aborda como um Modelo Digital de Elevação e o conceito de bacia hidrográfica se aborda de uma forma mais completa no ArcGis, uma vez que o estudante pode ter a percepção da presença humana no espaço da bacia hidrográfica. Saindo da ideia que uma bacia hidrográfica de que seja apenas um traço sobre um rio.

Os conceitos de cartografia são estudados na prática uma vez que se fazem presentes no processamento como os conceitos de escala, datum e projeções, afinal é indispensável esses conceitos não serem discutidos e aplicados em um mapa. Além disso, foi possível identificar processos naturais dentro dos cálculos que as operações no HEC-GeoHMS processam. As percepções sobre precipitação e escoamento se tornam quantificados em dados podendo ser usados em outros processamentos.

É de se esperar que este trabalho possa contribuir para futuras discussões e que o uso de ferramentas que envolvam geotecnologias dentro de sala de aula e nas atividades pedagógicas se façam mais presentes. A implementação de ferramentas potencializa a percepção dos assuntos trabalhados na sala de aula e habilidades ligadas a tecnologias somam para aprimorar as habilidades dos estudantes.

O modelo físico da Bacia do Rio Mundaú gerado nesse trabalho é usado como dado de entrada em modelos hidrológicos utilizados pelos pesquisadores no Serviço Geológico do Brasil, com a finalidade de elaboração de mapas de inundação dos

municípios da bacia. Além disso, os dados gerados atrelados ao modelo físico da bacia são utilizados para diversos estudos e cálculos hidrológicos como o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica.

Em relação a dificuldade encontrada no processo foi possível constatar uma questão presente ao geoprocessamento que é a falha dos processos dentro do software. Seja pela origem do dado ou por questões da máquina de uso.

Concluimos que o modelo físico gerado é uma importante ferramenta para diversos estudos na área da hidrologia onde a população é beneficiada. Seja numa questão de segurança, como por exemplo em um estudo que simula enchentes na bacia, ou seja no maior entendimento das particularidades naturais da região para outros fins. Como também beneficia a área da educação pois agrega para repassar conceitos de Hidrogeografia em uma aula diferenciada especialmente preparada para essa finalidade.

9 REFERÊNCIAS

SILVA, Sueli Santos da. **Milton Santos: concepções de geografia, espaço e território**. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2009. Acesso em: 10 jul. 2023.

SANTOS, Keyla Almeida dos. **Modelagem do acompanhamento e controle de cheias em bacias hidrográficas de grande variação de altitude: estudo de caso Bacia do Rio Mundaú**. Recife, 2013. 107 f. Dissertação (mestrado) - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2013. Acesso em: 10 jul. 2023.

KIPNIS, B.; DAVID, A. C. DE. **Elementos do Processo de Pesquisa em Esporte Escolar: monografia** - v.6. 2005.

GOVERNO DE PERNAMBUCO - Secretaria de Recursos Hídricos. **Bacia do Rio Mundaú**. Disponível em <http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/bacia_rio_mundau.php> Acesso em: 18 jul. 2023.

MATTHEW J. FLEMING, J. H. D. **HEC-GeoHMS Geospatial Hydrologic Modeling Extension Version 10.1**. Disponível em: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-geohms/documentation/HEC-GeoHMS_Users_Manual_10.1.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2023.

COTEC. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Mundaú**. Disponível em: <<http://www.semarh.al.gov.br/recursos-hidricos/regioes-hidrograficas/planos-diretores-de-recursos-hidricos?task=download.send&id=155&catid=203&m=0>>. Acesso em: 27 jul. 2023.

2023.

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento**. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5551878/mod_resource/content/2/Apostila_Geop_rrosa.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2023.

How Fill works. Disponível em: <<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-fill-works.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2023.

Fill (Spatial Analyst)-ArcMap. Disponível em:
<<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/fill.htm>>.
Acesso em: 7 ago. 2023.

GIOVANINI, A. **Modelo Digital de Elevação?** Disponível em:
<<https://adenilsongiovanini.com.br/blog/modelo-digital-de-elevacao/>>. Acesso em: 30 ago. 2023.

ANTONIO CHRISTOFOLETTI: UM GEÓGRAFO BRASILEIRO. Disponível em:<<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/11335/8373>>. Acesso em: 22 set. 2023

DALLES, C.; JOÃO, R.; SOARES, V. **CAPÍTULO 2 CONCEITOS BÁSICOS DE MODELAGEM HIDROLÓGICA.** Disponível em:
<http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap2_modelos_hidrologicos.pdf>
. Acesso em: 22 set. 2023.