

GERAÇÃO DO MAPA DE POTENCIAL À
LOCAÇÃO DE ESTAÇÕES NA BACIA DO RIO
SÃO FRANCISCO COMO UM PRODUTO
ESTRATÉGICO DE APOIO ÀS AÇÕES DE
PLANEJAMENTO DE REDES
FLUVIOMÉTRICAS, ATRAVÉS DO USO DE
SIG E DO CLASSIFICADOR NEURAL
SUPERVISIONADO



Danielly W. Benício
Kilcy S. Costa
Patrícia C. Bastos
Renata Pasini Barbosa

1. INTRODUÇÃO

➤ HIDROLOGIA:

É a ciência que estuda a ocorrência, distribuição e movimentação da água no planeta Terra. A definição atual deve ser ampliada para incluir aspectos de qualidade da água, poluição e descontaminação.



Ciclo da Água



HIDROMETRIA

- Parte da Hidrologia ligada a medidas das variáveis hidrológicas.
- **OBJETIVO:** Obter dados básicos de:
Precipitação,
Níveis de água,
Vazões.



➤ Variação Espacial e
Variação
Hidrográfica



**REDES DE
MONITORAMENTO:
Conjunto de Estações
Pluviométricas,
Fluviométricas,
Meteorológicas**



➤ Rede de Dados Hidrológicos:

Conjunto de atividades de Coleta e Processamento de dados, que visam a atender um objetivo.



➤ PROBLEMA!!!!

- Localização e número de estações a serem implantadas.



➤ Redes de Monitoramento:

➤ Função: Proporcionar uma densidade e uma distribuição de estações em uma região;

➤ Segundo a OMM, a maioria das redes hidrométricas dos países foram criadas em função das necessidades nacionais;

➤ Brasil: Documentação escassa;

➤ OMM, em 1965, Publicou um Guia de Práticas Hidrometeorológicas.



Mudanças Importantes:

- Os Avanços em Sistemas De Sensores Remotos, hardware e software, digitalizações e SIG, estão permitindo a adoção de novas formas de representar o ciclo hidrológico e modelar o fluxo de água e sedimentos.

Objetivo:

- Apresentar um modelo de Pontencial à locação de estações Fluviométricas na Bacia do Rio São Francisco



- Visa solucionar uma questão crucial:
- **ONDE SE DEVE OBSERVAR OU LOCAR UMA ESTAÇÃO NUMA BACIA HIDROGRÁFICA?**

2. ÁREA DE ESTUDO

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

Escala base:

1:1.000.000 (IBGE, 2003)

Características:

1- Potencial de geração de energia elétrica

CACHOEIRA GRANDE:

- 2.800m de extensão

CACHOEIRA DE PIRAPORA

- Limite entre o Médio e Alto São Francisco

CACHOEIRA DE SOBRADINHO

- 5Km de extensão

CACHOEIRA DE ITAPARICA

- Beleza natural

CACHOEIRA DE PAULO AFONSO

- Cascata de 82m (+ alta do mundo)



Concentra 63%
da
disponibilidade
de água do
nordeste



2. ÁREA DE ESTUDO

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO



Características:

1- Potencial de geração de energia elétrica

2- Extensão do Rio

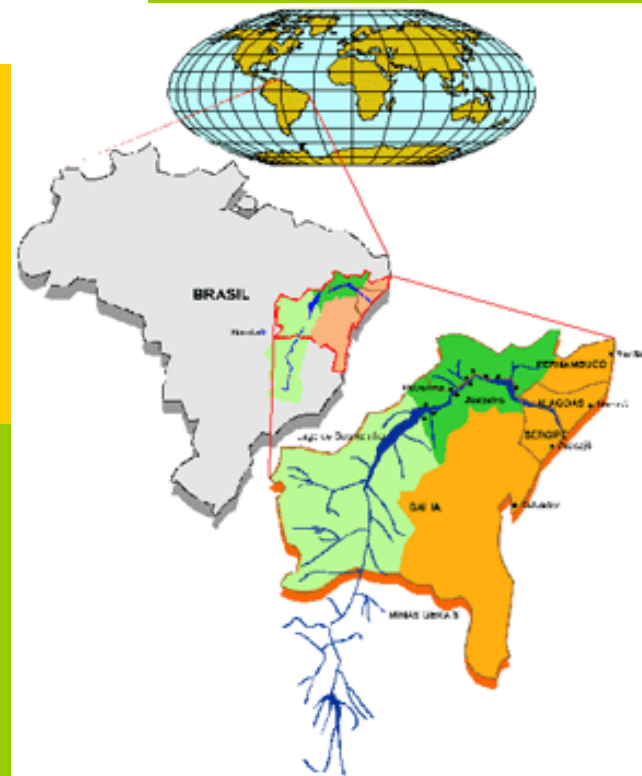
PERCORRE 2.700Km

- Serra da Canastra/Oceano Atlântico

BACIA:

- 640.000 Km²

- 503 municípios



2. ÁREA DE ESTUDO

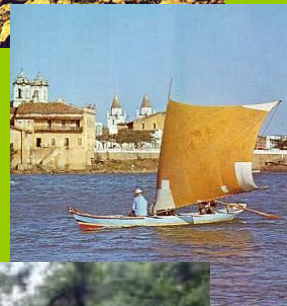
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

Características:

- 1- Potencial de geração de energia elétrica
- 2- Extensão do Rio
- 3- Variedades fisiográficas

BACIA:

- 168 afluentes: 99 perenes e 69 intermitentes
- Floresta Atlântica, Cerrado, Caatinga, Litoral
- Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Bahia, Alagoas, Pernambuco e Sergipe
- Aproximadamente 53,8%: Polígono da Seca



2. ÁREA DE ESTUDO

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

Características:

1- Potencial de geração de energia elétrica

2- Extensão do Rio

3- Variedades fisiográficas:

- **ALTO** Altitude de 600 a 1600m
Temperatura: 18 °C

- **MÉDIO** Altitude de 500 a 1000m
Temperatura: 27 °C

- **SUB-MÉDIO** Altitude de 200 a 500m
Temperatura: 27 °C

- **BAIXO** Altitude de 200 até nível do mar
Temperatura: 25 °C



2. ÁREA DE ESTUDO

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO



Características:

- 1- Potencial de geração de energia elétrica
- 2- Extensão do Rio
- 3- Variedade fisiográficas
- 4- Existência e disponibilidade de base cartográfica e temáticas**

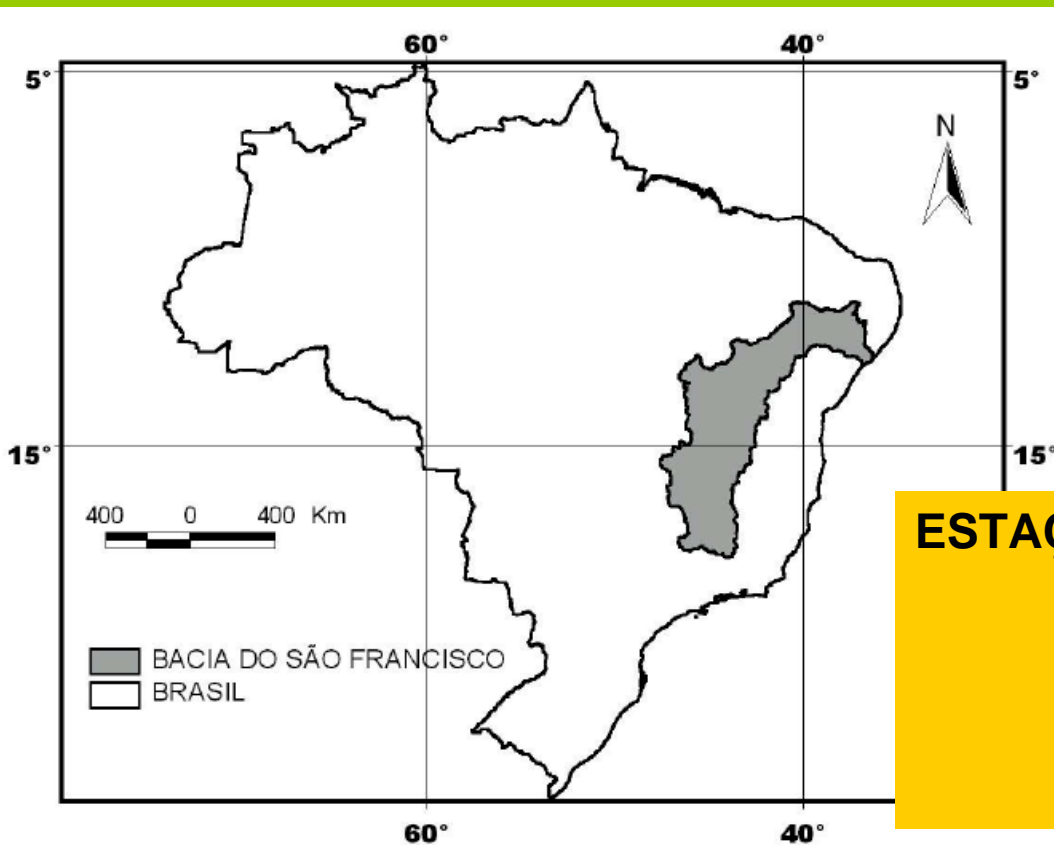
- Digitalizadas
- Georreferenciadas

CODEVASF (2003)



2. ÁREA DE ESTUDO

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO



ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS:

(em operação)

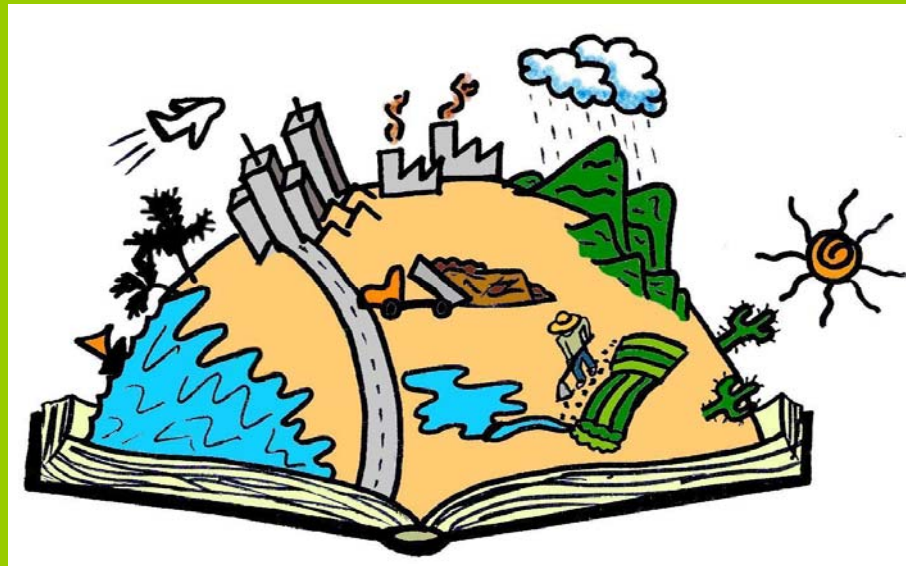
- 210 : ANA

- 225: outras entidades

3. METODOLOGIA

3.1. Identificação e seleção de variáveis geoambientais associadas ao processo de locação de estações fluviométricas.

- Variável geoambiental



Declividade

**modelo numérico
de terreno**

**Unidades de
conservação**

Áreas irrigadas

Precipitação

Hidrografia

Evaporação

Rodovias

Espelhos d'água

Clima

Aspecto

Temperatura

Direção de fluxo

**Índice de
desenvolvimento
humano municipal
(IDH-M);**

Geologia

**Acumulação de
fluxo**

**Reservas
indígenas**

**Densidade
demográfica**

**Índice
topográfico
composto**

**Poços de água
subterrânea**

Solos

Uso do solo

Hidrogeologia

Potência remanescente por sub-bacia hidrográfica (classificação do DNAEE)

Tectônica

Potência total por sub-bacia hidrográfica (classificação do DNAEE)

Densidade de fraturas por Ottobacia

Municípios – área/perímetro

Ottobacias – área

Ottobacias – área/perímetro

Sedes municipais/núcleos populacionais

Ecorregiões

Potência inventariada por sub-bacia hidrográfica (classificação do DNAEE)

Fraturas

Densidade de drenagem por Ottobacia

Municípios – área

Usinas hidrelétricas

Erosão atual

Municípios – perímetro

Ottobacias – perímetro

- Há entre os planejadores de redes divergências na identificação e seleção de variáveis geoambientais prioritárias.

- Galvão (2004) – “Uso de SIG na geração de modelos de potencial à locação de estações fluviométricas e de regiões geoambientais homogêneas na bacia do rio São Francisco”.

3.2 Geração da base de dados georreferenciados

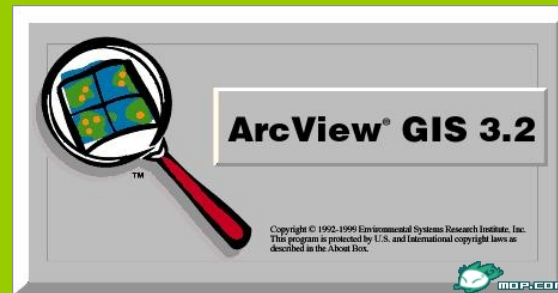
- Mapas analógicos disponíveis

- Mapas digitais já existentes

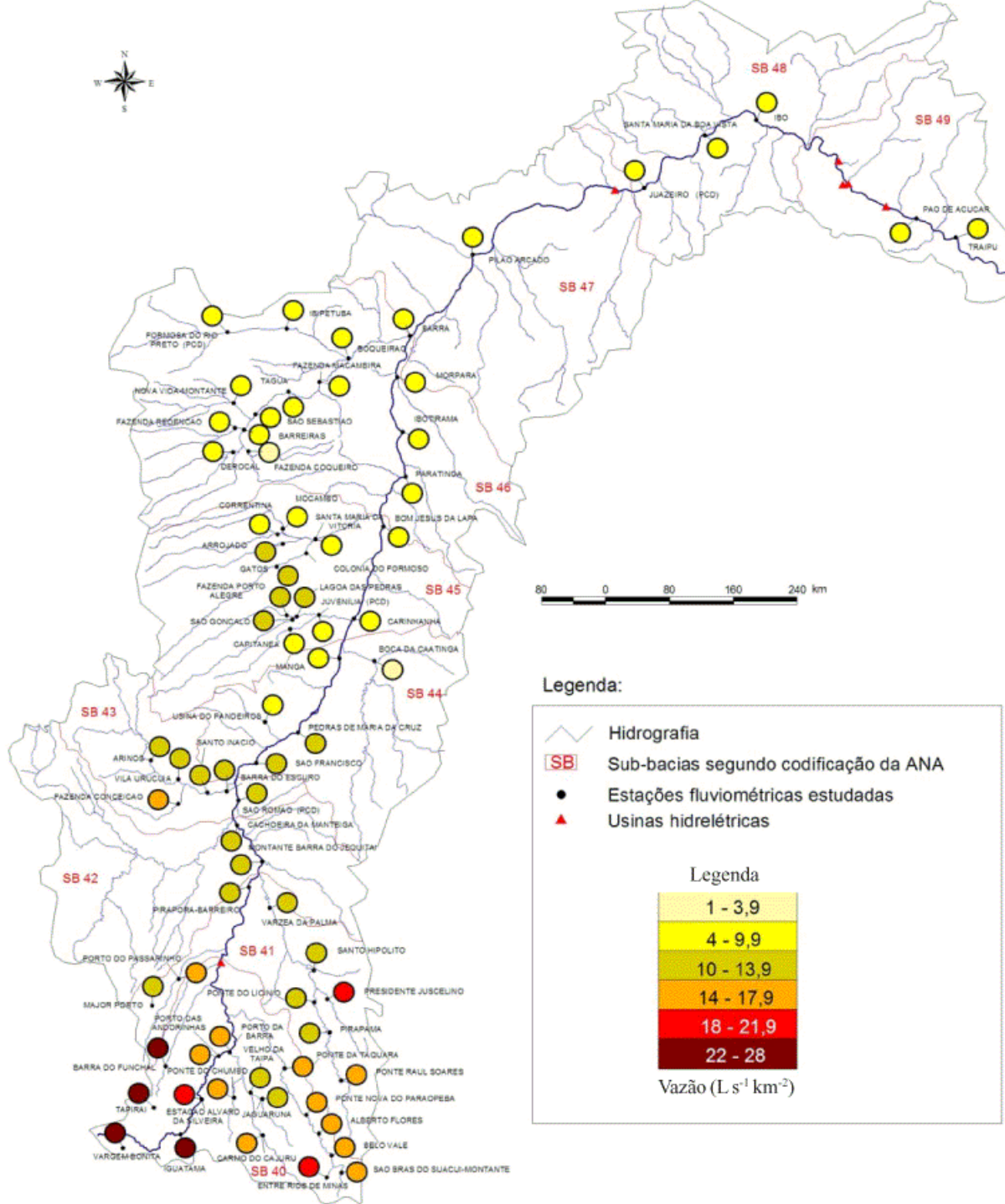


3.3 Aplicação e avaliação da técnica de inferência espacial para a geração do Modelo de Potencial à Locação de Estações Fluviométricas.

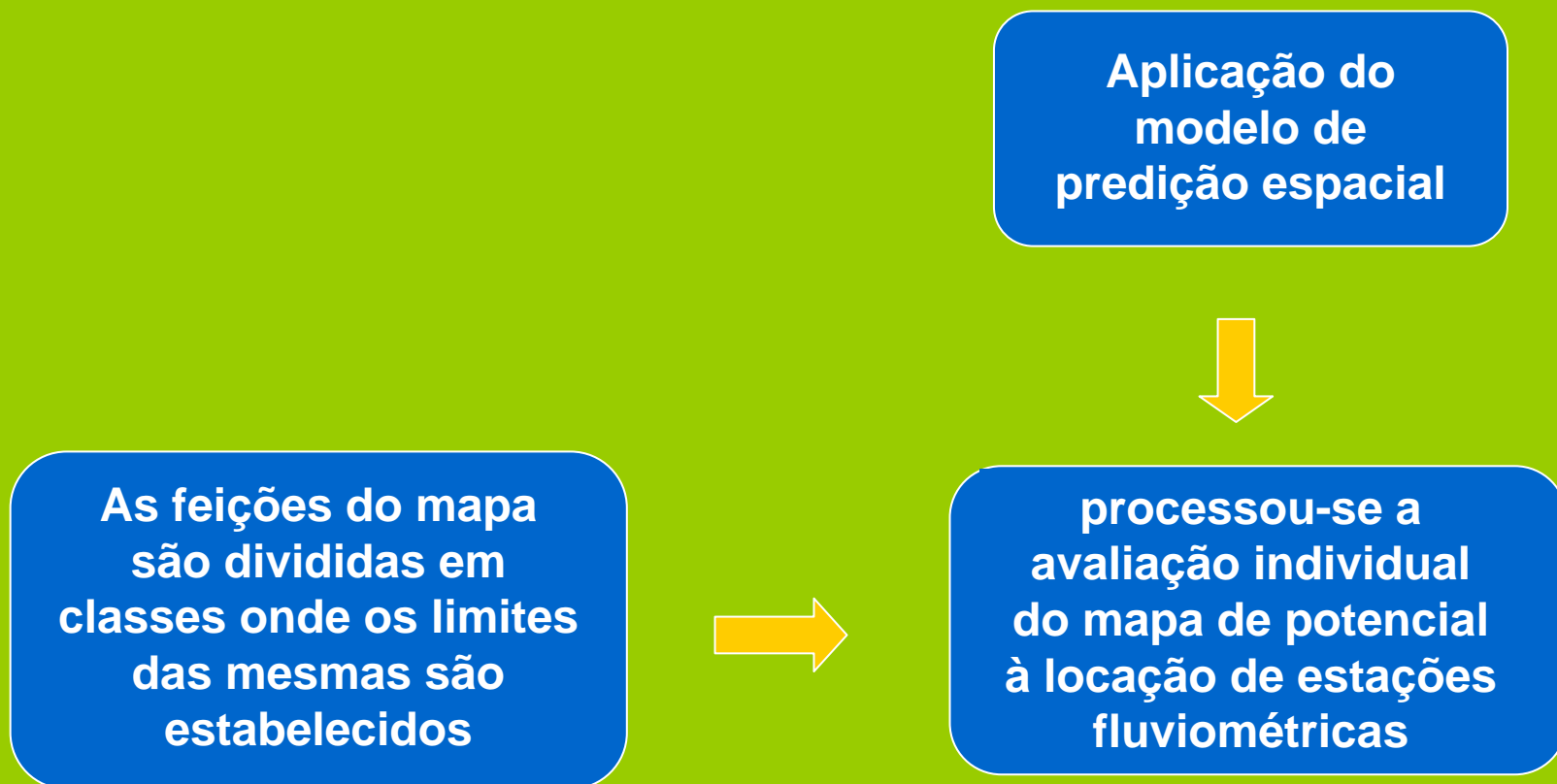
- Técnica de inferência espacial “Classificador Neural Supervisionado – Função de Base Radial (RBF)”



- Conjunto de amostras para treinamento representado pelas 210 estações fluviométricas da ANA em operação na bacia do rio São Francisco



- Os valores de potencial à locação gerados pelo modelo neural foram reclassificados para sete classes (1 = potencial mínimo; 7 = potencial máximo)



3.4 Validação do modelo de potencial à locação de estações fluviométricas

- Bateria de testes:

- Com base em um subconjunto de 80% das amostras de treinamento;
- Com base na distribuição espacial da rede fluviométrica ativa de outras entidades;
- Com base na distribuição espacial da rede fluviométrica ativa associada a Resolução ANEEL nº 396/1998 (**Estabelece as condições para implantação, manutenção e operação de estações fluviométricas e pluviométricas associadas a empreendimentos Hidrelétricos**);
- Com base na geração e comparação de modelos empregando todas as estações fluviométricas ativas pertencentes a ANA, instaladas nas 10 sub-bacias hidrográficas da bacia e, a partir de subconjuntos de estações fluviométricas ativas da ANA instaladas em 9 delas (classificação do DNAEE/ANEEL).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Com base nos resultados obtidos, 13 variáveis apresentaram potencialmente preditivas ao processo de locação de estações fluviométricas na bacia do Rio São Francisco.

VARIÁVEIS GEOAMBIENTAIS

HIDROGRAFIA

SEDES MUNICIPAIS

MUNICÍPIOS - ÁREA

GEOLOGIA

RODOVIAS

IDH-M

OTTOBACIAS-PERÍMETRO

SOLOS

DENSIDADE DE FRATURAS

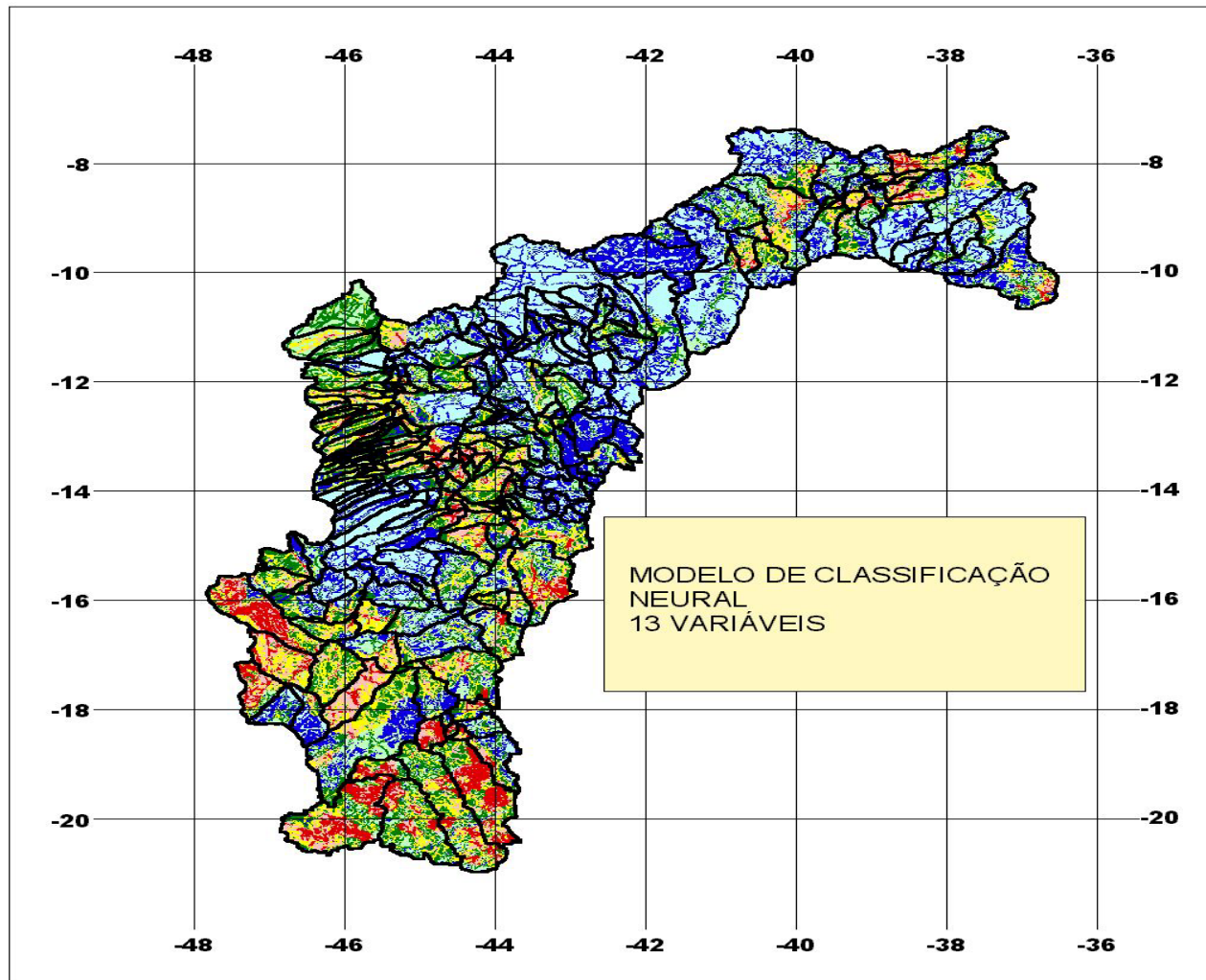
HIDROGEOLOGIA

DENSIDADE DEMOGRÁFICA

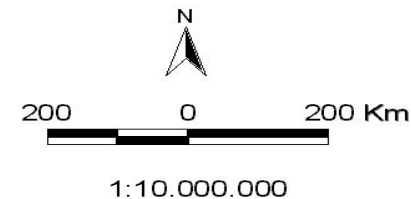
MODELO NUMÉRICO DE TERRENO

DENSIDADE DE DRENAGEM

MAPA DE POTENCIAL À LOCAÇÃO DE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO



LEGENDA:



Modelo de Classificação Neural		Modelo de Classificação Neural- Classificação do DNAEE/ANEEL		Coeficiente de Correlação Spearman
Bacia	Nº Est. de Trein.	Bacia Excluída	Nº de Est. de Trein.	
4	210	40	176	0,862
4	210	41	186	0,982
4	210	42	177	0,981
4	210	43	201	0,913
4	210	44	191	0,863
4	210	45	189	0,94
4	210	46	178	0,921
4	210	47	203	0,97
4	210	48	190	0,962
4	210	49	199	0,965

- O Modelo de Classificação Neural Supervisionada foi eficiente para representar 162 das 210 estações fluviométricas na classe de potencial à locação “7”, e 206 das 210 estações encontram-se posicionadas espacialmente entre as classes de potencial à locação “5”, “6” e “7”.
- A distribuição de 215 das 255 estações fluviométricas de outras entidades de operação de redes, que não fizeram parte do conjunto de amostras de treinamento fornecido ao classificador neural supervisionado, entre as classes de potencial “4” a “7”, atesta a boa performance do Modelo de Classificação Neural Supervisionada
- A distribuição de 76 das 82 estações fluviométricas associadas a Resolução ANEEL Nº 396/1998, as quais não fizeram parte do conjunto de amostras de treinamento, entre as classes de potencial “4” a “7”, atesta também a boa performance do Modelo de Classificação Neural Supervisionada - Função de Base Radial (RBF) gerado.

Alertas:

- **Necessidade de um planejamento racional e eficiente para a rede.**
- **Preocupação com a implantação de um projeto de monitoramento, eficaz, sustentável e de longa duração.**
- **No Brasil as dificuldades de implantação e gerenciamento de uma rede de monitoramento hidrológico podem ser agravadas pelas suas dimensões continentais ou pela escassez de recursos financeiros**
- **A ausência de um planejamento com base na análise científica do problema acarreta o desperdício dos recursos humanos, financeiros (custo anual estimado em R\$ 65.000,00 por estação).**

5. CONCLUSÃO

- É preciso um planejamento eficiente e integrado de uma rede hidrometeorológica com embasamento científico através da utilização de Sistemas de Informações Geográficas integrados a ferramentas de geoestatística;
- O Modelo gerado pela aplicação da técnica de Classificação Neural Supervisionada – Função de Base Radial (RBF) ao conjunto das 13 variáveis geoambientais mostrou-se eficiente;
- A metodologia desenvolvida no presente trabalho deverá ser testada e avaliada em outras grandes bacias hidrográficas.

**Geração do mapa de potencial à locação de estações
na bacia do rio São Francisco como um produto
estratégico de apoio às ações de planejamento de
redes fluviométricas, através do uso de SIG e do
classificador neural supervisionado**

**Wougran Soares Galvão 1
Paulo Roberto Meneses 2**

**1 Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL
SGAN Quadra 603 / Módulos I e J - 70830-030 - Brasília - DF, Brasil**

**2 Instituto de Geociências - UnB
Caixa Postal 04457 – 70919-970 - Brasília - DF, Brasil
pmeneses@unb.br**