

Nota Técnica Conjunta nº 005/2010/ SGH-NHI

Doc. 051/2010

Em, 10 de dezembro de 2010.

Ao Senhor Superintendente da Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica e ao Senhor Coordenador do Núcleo de Estudos Hidrológicos

**Assunto: Revisão dos Estudos de Viabilidade do AHE Santo Antônio do Jari – Estudos de Disponibilidade Hídrica**

1. Trata a presente Nota Técnica de revisão dos Estudos de Disponibilidade Hídrica AHE Santo Antônio do Jari, no rio Jari, a fim de subsidiar deliberação sobre a proposta de alteração da Outorga emitida pela ANA que resultou na publicação da Resolução ANA Nº 416, de 09 de agosto de 2010.
2. Após reunião técnica entre as equipes da ANA e do Consórcio Amapá Energia em 07 de dezembro de 2010 cuja finalidade foi discutir as metodologias e os dados básicos utilizados nos estudos, foi indicado ao consórcio que os estudos somente poderiam sofrer alterações a luz de novos dados básicos que ensejassem alguma modificação nas séries já estudadas.
3. Na reunião, cogitou-se a possibilidade de utilização de novos dados básicos de pluviometria oriundos de países limítrofes ao Brasil (Guiana Francesa, Guiana e Suriname) e relativamente próximos a região de estudo, que haviam sido disponibilizados e estavam sendo incorporados à base de dados da ANA, motivando o Consórcio Amapá Energia a enviar uma solicitação dos referidos dados à ANA na data de 08 de dezembro de 2010, a qual foi prontamente atendida, tendo sido enviados os dados por meio de correspondência eletrônica.
4. Assim, na data de 09 de dezembro de 2010 foi protocolado junto à ANA o documento “Revisão da Série Hidrológica Ver.1 Dezembro/2010” e a solicitação formal de revisão da série homologada em função deste novo estudo. O referido documento é um Relatório de Revisão da Série Hidrológica para fins de redefinição da série de vazões médias mensais do Rio Jari, no local da UHE Santo Antônio do Jari, tendo como premissa básica a incorporação de novos dados de pluviometria disponibilizados pela ANA.
5. O procedimento adotado na revisão dos estudos de Disponibilidade Hídrica da UHE Santo Antônio do Jari pode ser exposto resumidamente da seguinte forma:
  - a) Proposição de nova metodologia para a geração da série de precipitação média na bacia da UHE, considerando a nova aquisição de dados e o regime de pluviosidade da região circunstanciado em “Climatologia do Brasil”, de Edmon Nimer; Neste sentido, foram incorporados os dados dos postos de Mohdia e Moengo para o cálculo da precipitação média para o período de 1931 a 1970 em que a série apresentada pela ANA para este período foi

ajustada aos novos dados por um modelo de regressão múltipla, tendo permanecido inalterada a série apresentada pela ANA a partir de 1971.

- b) As vazões médias mensais da estação fluviométrica de São Francisco foram estendidas até o ano de 1931 por um modelo chuva deflúvio (modelo SMAP em escala mensal) calibrado com base nos dados de precipitação média gerados conforme a descrição anterior e os dados de vazão média mensal observados no posto de São Francisco;
6. A análise dos dados e da metodologia apresentados na revisão dos Estudos de Disponibilidade Hídrica apresentados permite apontar alguns pontos, a saber:
- a) A incorporação de dados de pluviometria ao norte da região de estudo, em virtude do regime de pluviosidade, aproximou as médias e demais estatísticas das séries de chuva dos períodos “recente” e “passado” e conseqüentemente ao regime de chuvas observado no posto São Francisco;
  - b) A homogeneidade da série de precipitação média permitiu uma boa calibração do modelo chuva deflúvio;
7. Concomitantemente foi realizada pela equipe técnica da ANA, conforme solicitação, uma revisão dos próprios Estudos Hidrológicos anteriormente elaborados, os quais estão apresentados no Anexo 1 desta Nota Técnica, também em virtude dos novos dados que foram disponibilizados.
8. Apesar de ambos os estudos apresentarem metodologias não tão distintas em sua maior parte, no que tange à estimativa da precipitação média mensal na bacia, entende-se ser a metodologia empregada nos estudos constante no Anexo 1 desta Nota Técnica uma metodologia bem mais robusta (método de Thiessen variável) do que aquele (o estudo do Consórcio usou Thiessen fixo e uma regressão tentando ajustar os dados do passado à chuva anteriormente gerada pela ANA, para o período recente), além de se ter o emprego de uma maior massa de dados observados da região. Em função desse aspecto, recomenda-se o emprego da série de vazão média mensal estabelecida no Anexo 1 desta Nota Técnica.
9. Verifica-se, de qualquer forma, a importância preponderante do conhecimento de dados observados para o que se recomenda sempre que possível a ampliação da rede ou mesmo acordos entre países para a disponibilização de dados.

À consideração superior,

---

MARCOS AIRTON DE SOUSA FREITAS  
Especialista em Recursos Hídricos

---

CLÁUDIO BIELENKI JÚNIOR  
Especialista em Geoprocessamento

De acordo, encaminhe-se para a SOF.

---

VALDEMAR SANTOS GUIMARÃES  
Superintendente da SGH

---

FLÁVIO HADLER TRÖGER  
Coordenador do NHI

## **Anexo 1 – Revisão do Estudo Hidrológico de determinação das vazões do posto São Francisco (UHE Jari) com a inclusão dos postos fluviométricos fora do território brasileiro**

### **Sumário**

1. Introdução .....	<u>535</u>
2. Disponibilidade de dados .....	<u>636</u>
2.1 Fluviometria.....	<u>636</u>
2.2 Pluviometria.....	<u>737</u>
3. Pluviometria média .....	<u>939</u>
3.1 Série de pluviometria média mensal.....	<u>11311</u>
4. Modelo Chuva-Vazão no Posto São Francisco.....	<u>13313</u>
4.1 Descrição do modelo CN3S .....	<u>13313</u>
4.2 Calibração e validação.....	<u>16316</u>
5. Série de vazão média mensal .....	<u>19319</u>
6. Conclusão.....	<u>22322</u>
7. Referências Bibliográficas .....	<u>22322</u>

## 1. Introdução

Os Estudos Hidrológicos para a definição da série de vazões médias mensais do Posto São Francisco, no rio Jari, no local da UHE Santo Antonio do Jari, nesta Nota Técnica são formados das seguintes etapas:

a) Análise de disponibilidade e verificação de dados pluviométricos e fluviométricos: foram verificados no banco de dados a disponibilidade de dados referentes à pluviometria dos postos pluviométricos na área da bacia e próximos a ela, além da disponibilidade de dados fluviométricos (curvas-chave, medições de vazões, registros de cotas e de vazões);

b) Determinação da precipitação média mensal na bacia do posto São Francisco (UHE Santo Antonio do Jari), para o período de 1971 a 2007: foram utilizadas combinações de 24 postos pluviométricos, localizados no território brasileiro, mais 15 postos pluviométricos localizados na Guiana Inglesa, Suriname e Guiana Francesa, numa malha de Thiessen variável;

c) Determinação da precipitação média mensal na bacia do posto São Francisco (UHE Santo Antonio do Jari), para o período de 1931 a 1970: foram empregadas combinações de 20 postos pluviométricos numa malha de Thiessen variável;

d) Modelagem chuva-vazão - modelo CN3S: a extensão de dados fluviométricos observados na bacia que podem compor a série do posto fluviométrico São Francisco restringe-se ao período de 1973 em diante. Assim, utilizou-se o modelo chuva-vazão CN3S para a extensão da série de fluviometria de 1931 (ano inicial de referência para o SIN) até 1972, a partir da pluviometria média na bacia hidrográfica. O modelo foi calibrado no período 1972 a 1993 e validado no período de 1994 a 2008, com excelente resultado;

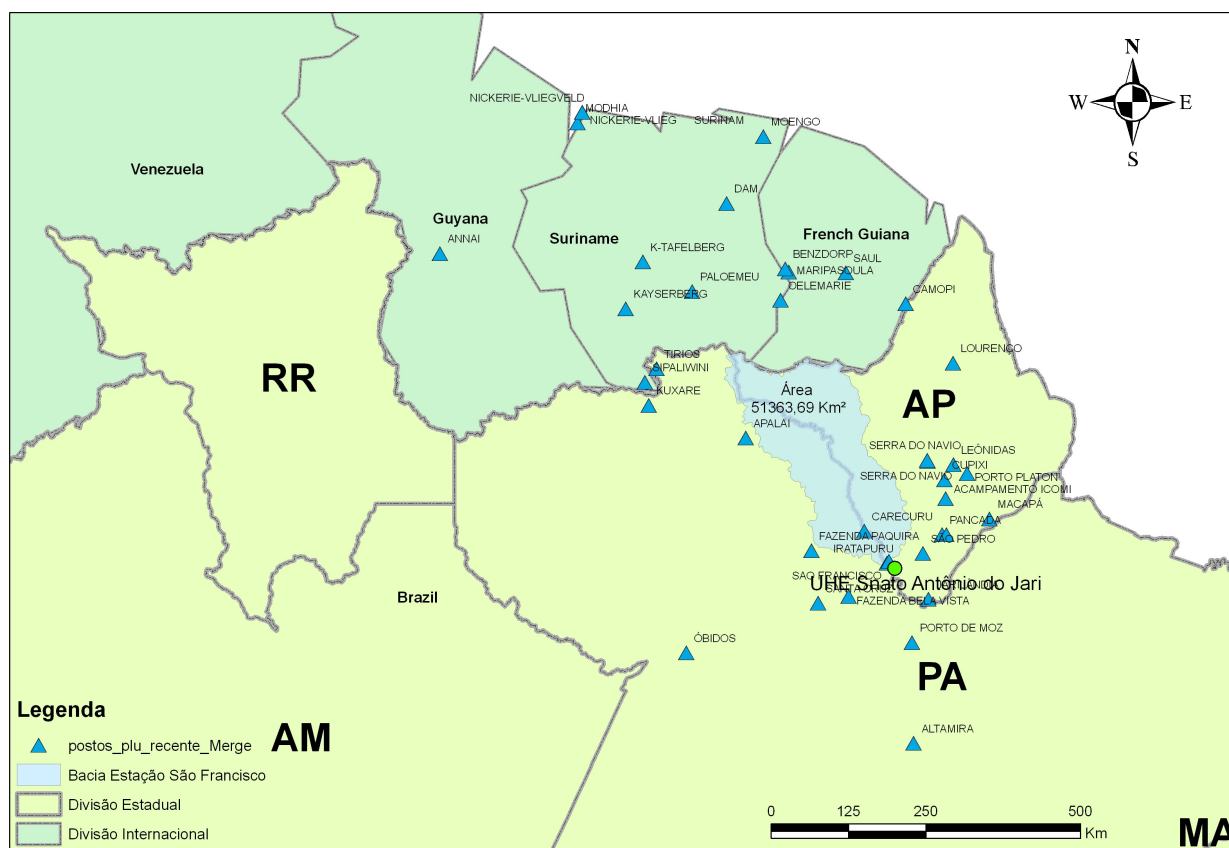
e) Geração da série final de vazão média mensal em São Francisco (UHE Santo Antonio do Jari): o período com dados gerados pelo modelo chuva-vazão CN3S (1931 a 1972) foi incorporado ao período com dados observados no posto São Francisco para constituir a série final naquele posto fluviométrico.

A série de vazão determinada nestes Estudos Hidrológicos não se constitui de vazões naturais, por não tratar às alterações devido aos usos consuntivos na bacia. A série final do posto São Francisco (UHE Santo Antonio do Jari) deverá ser incorporada dessas alterações pela SOF/ANA, uma vez que essa Superintendência ficou responsável pela definição dos usos consuntivos na bacia.



## 2.2 Pluviometria

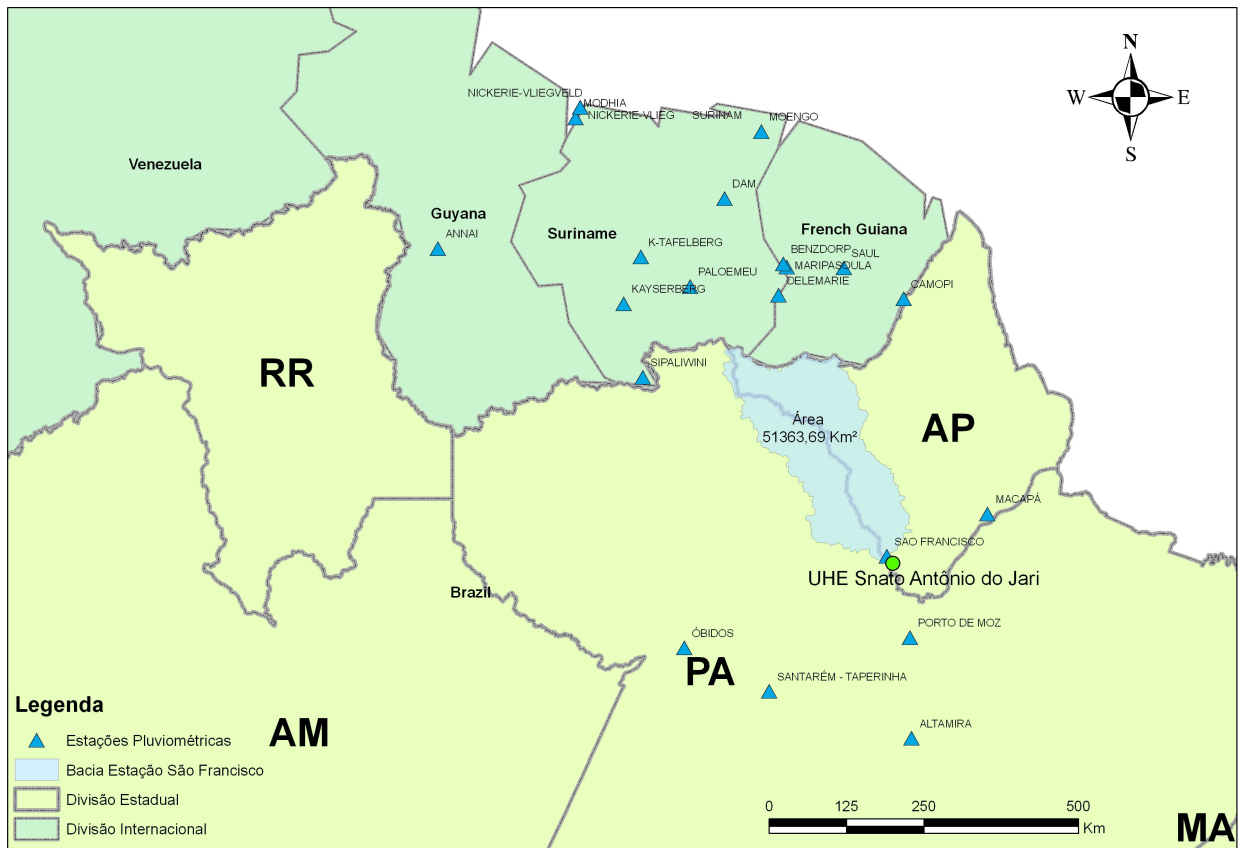
O registro pluviométrico é fundamental para a caracterização do regime hidrológico de uma bacia hidrográfica, porém na Amazônia é muito comum que as séries sejam restritas a períodos mais recentes, ainda assim com importante percentual de falhas. Lamentável é o fato de existir apenas um posto pluviométrico com razoável quantidade de dados no interior da bacia hidrográfica, com área de mais 50 mil quilômetros quadrados. Na região da bacia hidrográfica do rio Jari foram identificados, porém, 24 postos pluviométricos de interesse no território brasileiro, além de 15 postos pluviométricos localizados na Guiana Inglesa, Suriname e Guiana Francesa, recentemente incorporados à base de dados da ANA, mostrados na Figura 2.1, a seguir, usados para a determinação da precipitação média na bacia no período de 1971 a 2007.



**Figura 2.1** – Postos pluviométricos na região da UHE Santo Antonio do Jari (Período: 1971-2007)

Assim é que, para a caracterização do regime hidrológico da bacia hidrográfica no período de 1931 a 1970, foram identificados 20 postos pluviométricos, alguns deles, apresentando, entretanto, grande distância do UHE Santo Antonio do Jari, conforme localização mostrada na Figura 2.2.

Para a determinação da precipitação média mensal na bacia do posto São Francisco (UHE Santo Antonio do Jari), para o período de 1971 a 2007, foram utilizadas combinações de 39 postos pluviométricos numa malha de Thiessen variável, de acordo com a disponibilidade de dados nos postos, resultando em 174 combinações de postos. Os coeficientes de cada combinação foram obtidos pela utilização do programa ArcGis® ;



**Figura 2.2** – Postos pluviométricos na região da UHE Santo Antonio do Jari (Período: 1931-1970)

Para a determinação da precipitação média mensal na bacia do posto São Francisco (UHE Santo Antonio do Jari), para o período de 1931 a 1970, foram empregadas combinações de 20 postos pluviométricos numa malha de Thiessen, variando conforme a disponibilidade de dados nos postos, resultando em 55 combinações de postos. Os coeficientes de cada combinação foram obtidos pela utilização do programa ArcGis®;



### 3. Pluviometria média

Para o cálculo da precipitação média na bacia do posto pluviométrico São Francisco, para o período de 1971 a 2007, foram considerados os dados de altura pluviométrica de 24 postos localizados na região de estudo (dentro e no entorno da bacia hidrográfica), no território brasileiro, e listados na Tabela 3.1, além de 15 postos pluviométricos localizados na Guiana Inglesa, Suriname e Guiana Francesa, recentemente incorporados à base de dados da ANA (códigos 8352001, 8354001, 8354004, 8354000, 8256000, 8356001, 8355000, 8353003, 8356000, 8454011, 8359003, 8658008, 8557013, 8557000, 8554013). Estes dados foram obtidos da base de dados da ANA (HIDRO), tendo sido utilizados em sua maioria os dados, que passaram por um processo de consistência, utilizando-se de dados brutos apenas na falta dos primeiros.

**Tabela 3.1** - Postos pluviométricos do território brasileiro para composição da precipitação média (período: 1971 a 2007)

Nome	Código
JARILÂNDIA	151000
PORTO DE MOZ	152001
FAZENDA BELA VISTA	152006
ÓBIDOS	155001
SANTA CRUZ	253000
ALTAMIRA	352001
ACAMPAMENTO ICOMI	8051011
SERRA DO NAVIO	8052000
APALAI	8154000
CUPIXI	8051012
SERRA DO NAVIO	8052001
KUXARE	8156001
PORTO PLATON	8051000
LEÔNIDAS	8051005
MACAPÁ	8051002
LOURENÇO	8251003
TIRIOS	8255000
CARECURU	52001
PANCADA	51003
IRATAPURU	52002
VILA DO MARACÁ	51004
SÃO PEDRO	52003
FAZENDA PAQUIRA	53000
SÃO FRANCISCO	52000

Para efeito de cálculo da precipitação média optou-se pela utilização de Polígonos de Thiessen, variando em conformidade com a disponibilidade de dados nos postos pluviométricos para cada mês da série no período de janeiro de 1971 a dezembro de 2007. Este procedimento resultou em 174 combinações distintas de Polígonos de Thiessen para o cálculo dos ponderadores, que representam a influência de cada posto em cada mês da série para a composição da chuva média. Os Polígonos de Thiessen foram gerados por meio de ferramentas de geoprocessamento disponibilizadas no software ArcGis® em função da localização geográfica de cada posto e posteriormente recortados pela área da bacia de contribuição considerada. Os ponderadores calculados foram multiplicados pelas alturas pluviométricas de cada posto e o seu resultado acumulado gerando assim a série de precipitação média mensal na bacia.

Para o cálculo da precipitação média na bacia do posto fluviométrico São Francisco, para o período de 1931 a 1970, foram considerados os dados de altura pluviométrica de 6 postos localizados na região de estudo (dentro e no entorno da bacia hidrográfica) e listados na Tabela 3.2, além de 15 postos pluviométricos localizados na Guiana Inglesa, Suriname e Guiana Francesa, recentemente incorporados à base de dados da ANA (códigos 8352001, 8354001, 8354004, 8354000, 8256000, 8356001, 8355000, 8353003, 8356000, 8454011, 8359003, 8658008, 8557013, 8557000, 8554013). Estes dados foram obtidos da base de dados da ANA (HIDRO), tendo sido utilizados em sua maioria os dados, que passaram por um processo de consistência, utilizando-se de dados brutos apenas na falta dos primeiros.

**Tabela 3.2** - Postos pluviométricos do território brasileiro para composição da precipitação média (período: 1931 a 1970)

Nome	Código
ALTAMIRA	352001
ÓBIDOS	155001
SANTARÉM - TAPERINHA	254001
MACAPÁ	8051002
PORTO MOZ	152001
SÃO FRANCISCO	52000

Para efeito de cálculo da precipitação média optou-se pela utilização de Polígonos de Thiessen, variando em conformidade com a disponibilidade de dados nos postos pluviométricos para cada mês da série no período de janeiro de 1931 a dezembro de 1970. Este procedimento resultou em 55 combinações distintas de Polígonos de Thiessen para o cálculo dos ponderadores, que representam a influência de cada posto em cada mês da série para a composição da chuva média. Os Polígonos de Thiessen foram gerados por meio de ferramentas de geoprocessamento disponibilizadas no software ArcGis® em função da localização geográfica de cada posto e posteriormente recortados pela área da bacia de contribuição considerada. Os ponderadores calculados foram multiplicados pelas alturas pluviométricas de cada posto e o seu resultado acumulado gerando assim a série de precipitação média mensal na bacia.

A Tabela 3.3 apresenta as estatísticas da série de precipitação média espacial na bacia. A precipitação média anual de 2219 mm (período de 1931 a 2008) pode ser considerada esperada para aquela região.

**Tabela 3.3** – Estatísticas da pluviometria média mensal na bacia

Período: 1931-1970													
Mínima	80	103	148	144	184	137	79	54	6	11	23	27	1659
Média Ger	215	233	284	306	328	239	165	104	52	44	84	164	2219
DesvioP	75	72	80	68	83	70	49	35	26	27	39	59	337
Máxima	402	413	451	416	585	482	276	229	142	119	175	293	2902

Período: 1971-2008													
Mínima	70	104	132	155	140	113	64	35	13	6	2	20	1434
Média Obs	234	237	288	319	331	221	181	112	61	54	57	124	2219
DesvioP	86	71	68	82	96	68	52	40	34	30	37	59	373
Máxima	464	455	407	575	587	419	281	221	188	139	155	240	3032

Período: 1931-2008													
Mínima	70	103	132	144	140	113	64	35	6	6	2	20	1434
Média	225	235	286	312	330	231	173	108	56	49	71	144	2219
DesvioP	81	71	74	75	89	69	51	38	30	29	40	62	352
Máxima	464	455	451	575	587	482	281	229	188	139	175	293	3032
MediaPC	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184

### 3.1 Série de pluviometria média mensal

A série de pluviometria média mensal, em milímetros, para o período de 1931 a 2008 é mostrada na Tabela 3.4.



## 4. Modelo Chuva-Vazão no Posto São Francisco

Objetivando estender a série de vazões médias mensais do posto São Francisco (com área de drenagem de 51.364 km<sup>2</sup>) foi utilizado o modelo chuva-vazão CN3S. Esse modelo foi calibrado, no período de 1972 a 1993, validado nos períodos de 1994 a 2008, e em seguida empregado para a extensão da respectiva série de vazões, no período de 1931 a 1972.

### 4.1 Descrição do modelo CN3S

O modelo CN-3S (Curve Number 3 Step), com vasta experiência de aplicação na região semi-árida nordestina, assim como no bioma cerrado brasileiro, baseia-se nas relações desenvolvidas pelo *U. S. Conservation Service* das curvas CN (Curve Number) e é composto de seis parâmetros de calibragem. Trata-se de um modelo conceitual para a geração de deflúvios que foi desenvolvido por Taborga & Freitas (1987).

O modelo determinístico chuva-vazão CN-3S (*Curve Number with Three Step Antecedent Precipitation*) foi desenvolvido com o objetivo de gerar vazões sintéticas para a simulação de operações de reservatórios. O CN-3S utiliza como dados de entrada, necessário ao cálculo da lâmina de escoamento superficial de um determinado intervalo de tempo, a precipitação pluviométrica do próprio período e as precipitações dos três períodos antecedentes.

Para a avaliação do valor dessa lâmina, empregou-se as equações de escoamento real com o escoamento potencial, conforme as equações do *U. S. Conservation Service*:

$$\frac{(P - I_m) - Q}{S} = \frac{Q}{(P - I_m)} \quad (\text{Equação 01})$$

onde:

P – altura de chuva (mm);

Q – lâmina de escoamento direto (mm);

S – diferença máxima de potencial entre P e Q;

I<sub>m</sub> – interceptação, infiltração e armazenamento superficial.

Tirando o valor de Q na expressão anterior, com I<sub>m</sub> = ALFA \* S, resulta em:

$$Q = \frac{(P - ALFA * S)^2}{P + (1 - ALFA) * S} \quad (\text{Equação 02})$$

Os técnicos do *U. S. Conservation Service* adotam ALFA igual 0.2, ou seja, 20% da capacidade de armazenamento do solo. Para o modelo CN-3S, entretanto, ALFA é um parâmetro de calibragem. Nos diversos casos analisados (Freitas & Porto, 1990), a calibração, adotando-se o valor de ALFA igual a 0.2, mostrou-se satisfatória, o que reduz para cinco o número de parâmetros a serem ajustados. A versão aqui empregada usa cinco parâmetros.

Conforme detalhes encontrados em Taborga & Freitas (1987), a partir dos valores numéricos dos CNs tabelados pelo SCS, em função das características da chuva antecedente e dos complexos solo-vegetação, calculando-se as curvas de regressão potencial, chega-se a seguinte regressão múltipla:

$$CNV_j = 0.925 * CN1^{1.019} * V_j^{8.256 - 0.479 * \ln(CN1)} \quad (\text{Equação 03})$$

onde CN1 é um parâmetro de ajuste do modelo.

O valor de  $V_j$  na equação acima exprime o coeficiente de chuva antecedente, empregando como insumo a chuva dos três intervalos de tempo antecedentes ao intervalo em questão. Os valores de  $V_j$  ( $1 \leq V_j \leq 3$ ), são computados pela expressão a seguir:

$$V_j = 1 + BETA * (P_{j-1} + K0 * P_{j-2} + K0^2 * P_{j-3}) \quad (\text{Equação 04})$$

onde:

BETA e K0 – parâmetros de ajuste da chuva antecedente,

Com o valor de CNV<sub>j</sub> obtido, calcula-se, então o valor de S<sub>j</sub> pela equação seguinte:

$$CN = \frac{1000}{(S / 25.4) + 10} \quad (\text{Equação 05})$$

A equação anterior representa as relações das curvas CN (Curve Number), em função da variável S, ou seja, da diferença máxima de potencial. A lâmina referente ao escoamento direto Q<sub>up</sub> é obtida pela Equação 01, com os valores de precipitação P e do parâmetro ALFA.

Os valores de CN, em função da lâmina de precipitação antecedente e do uso e classe do solo, estão dispostos na Tabela 4.1. Para se encontrar a relação entre os dados (V=1, V=2 e V=3) pode ser empregada uma regressão cruzada. Para cada coluna da Tabela 4.1 foi ajustada uma equação de regressão. As colunas dos valores de x e y contêm os coeficientes e os expoentes entre V=1, V=2 e V=3, para cada valor de CN, conforme a equação descrita a seguir:

$$CNV = x.V^y \quad (\text{Equação 06})$$

Após, é realizada uma regressão entre a coluna pivô (CN-I) com os coeficientes apresentados na coluna x.

$$x = 0.925(CN1)^{1.019} \quad (\text{Equação 07})$$

Entre a coluna pivô (CN-I) e a coluna y é ajustada uma regressão logarítmica dada por:

$$y = 2.356 - 0.478 \cdot \ln(CN1) \quad (\text{Equação 08})$$

**Tabela 4.1:** Valores de CN e os coeficientes de regressão

V=1 CN-I	V=2 CN-II	V=3 CN-III	x	y
4	10	26	3.75	1.663
7	15	33	6.65	1.378
9	20	39	8.73	1.315
12	25	45	11.72	1.188
15	30	50	14.76	1.086
19	35	55	18.73	0.958
23	40	60	22.72	0.865
27	45	65	26.72	0.793
31	50	70	30.73	0.736
35	55	75	34.76	0.689
40	60	79	39.77	0.616
45	65	83	44.80	0.554
51	70	87	50.75	0.483
57	75	91	56.72	0.423
63	80	94	62.80	0.362
70	85	97	69.80	0.295
78	90	98	77.99	0.208

Substituindo-se ambas as equações acima na Equação 06, resulta-se em:

$$CNV_j = 0.925(CN1)^{1.019} \cdot V_j^{2.356-0.478 \cdot \ln(CN1)} \quad (\text{Equação 09})$$

O coeficiente de regressão dessa equação é 0,997. Os valores de  $V_j$  na equação correspondem ao coeficiente das lâminas mensais de precipitação antecedente:

$$V_j = 1 + BETA \cdot (N_{j-1} + K0 \cdot N_{j-2} + K0^2 \cdot N_{j-3}) \quad (\text{Equação 10})$$

$V_j$  = Coeficiente de lâmina de precipitação antecedente ( $1 \leq V_j \leq 3$ ),

BETA= Parâmetro de precipitação antecedente;

K0 = Parâmetro de precipitação antecedente.

O escoamento básico ou de base é calculado sob a hipótese de que uma parcela da diferença entre a precipitação e a lâmina de escoamento direto, a uma taxa  $K1$ , alimenta o lençol freático, e este sofre, por sua vez, uma depleção a uma taxa  $K2$ , correspondente ao escoamento básico  $Q_{low}$  (mm), consoante sequência adiante:

$$R_j = R_{j-1} + K1 \cdot (P_j - Q_{up}), \quad K1 < 1 \quad (\text{Equação 11})$$

$$Q_{low} = K2 \cdot R_j \quad (\text{Equação 12})$$

O lençol freático após a depleção  $Q_{low}$ , no fim do período  $j$ , resulta:

$$R_j = R_{j-1} + K1 * (P_j - Q_{up}) - Q_{low}, \quad (\text{Equação 13})$$

Então, teremos o escoamento total dado por:

$$Q_{total} = Q_{up} + Q_{low} \quad (\text{Equação 14})$$

Como condição inicial de  $R_0$ , pode-se adotar, para rios não perenes o valor de zero e para rios perenes, calcula-se por iteração, até atingir a quantia do primeiro valor de vazão observado. Posto a grande dimensão da bacia hidrográfica foi empregada uma defasagem temporal de um mês na resposta da vazão.

## 4.2 Calibração e validação

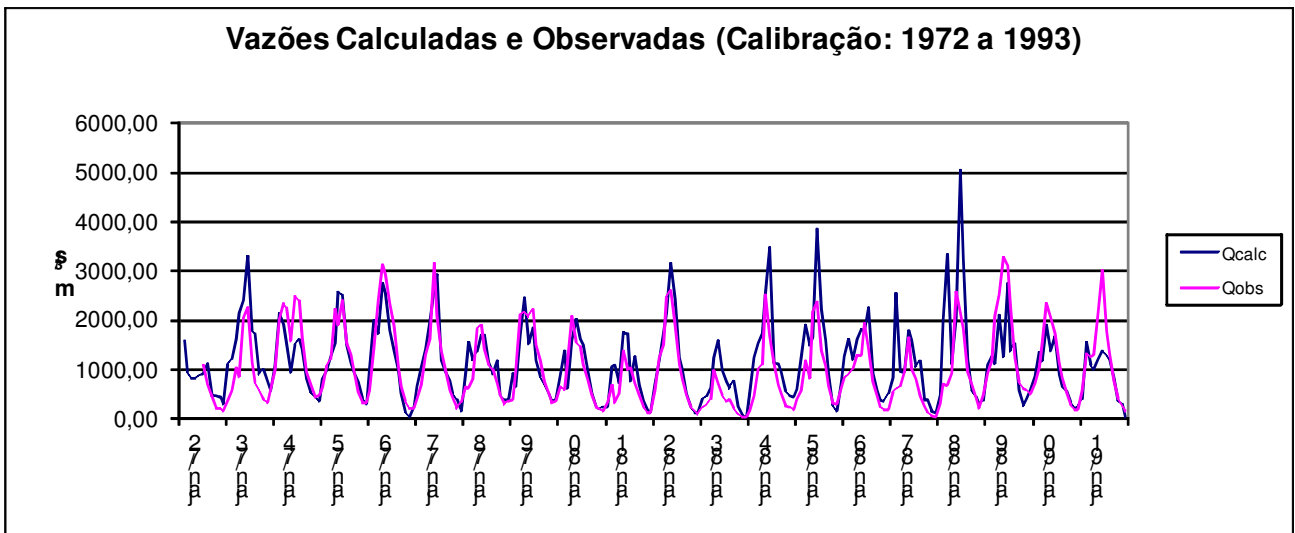
A Tabela 4.2 mostra os parâmetros otimizados do modelo CN3S para a bacia de drenagem do Posto São Francisco, calibrados no período de 1972 a 1993.

**Tabela 4.2** - Parâmetros otimizados do modelo CN3S para a bacia de drenagem do Posto São Francisco, calibrado no período de 1972 a 1993).

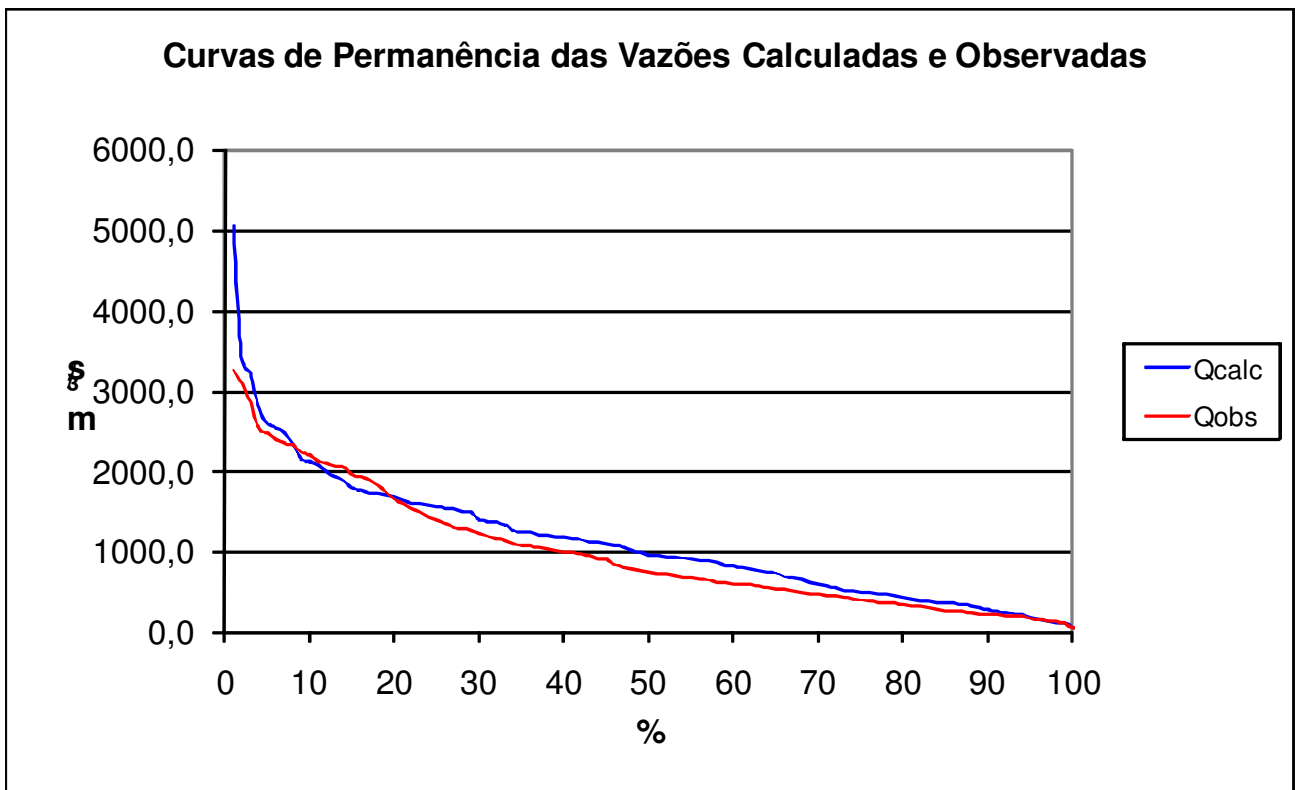
Modelo CN-3S	
CN1	20,00
ALFA	0,20
BETA	0,00032
K0	0,60
K1	0,270
K2	0,900

A Figura 4.1 apresenta as vazões calculadas e observadas para o período de calibração (1972 a 1993) e a Figura 4.2 mostra as curvas de permanência das vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, para o período de calibração. A Tabela 4.3 mostra os parâmetros estatísticos (média, desvio padrão) das séries de vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, no período de calibração, bem como o coeficiente de escoamento (c.e.), em l/s.km<sup>2</sup>, para esse mesmo período.





**Figura 4.1** - Vazões Calculadas e Observadas (Período de Calibração: 1972 a 1993).

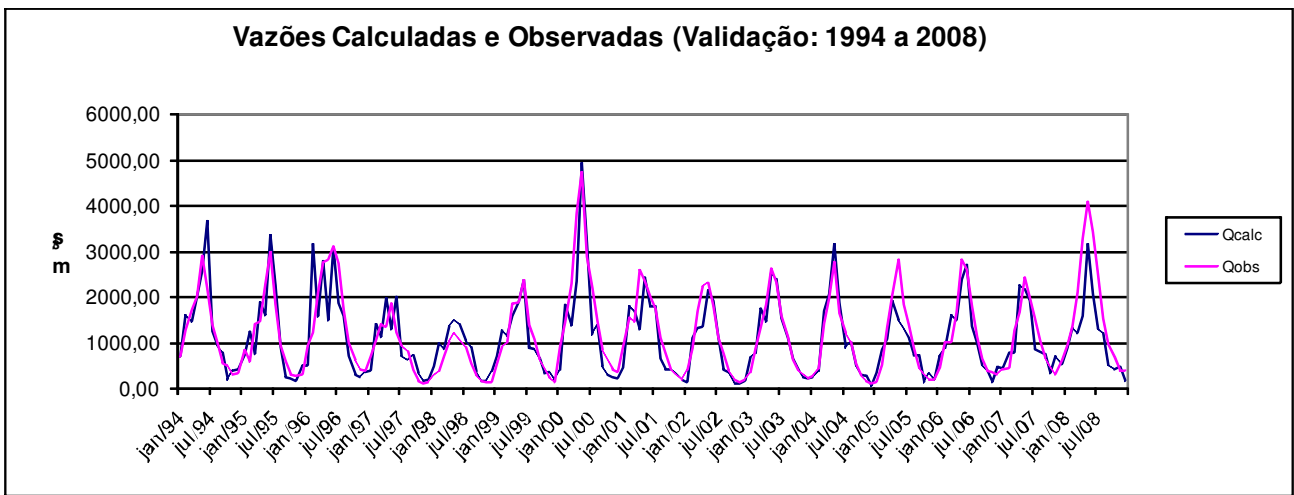


**Figura 4.2** - Curvas de Permanência das Vazões Calculadas e Observadas (Período de Calibração: 1972 a 1993).

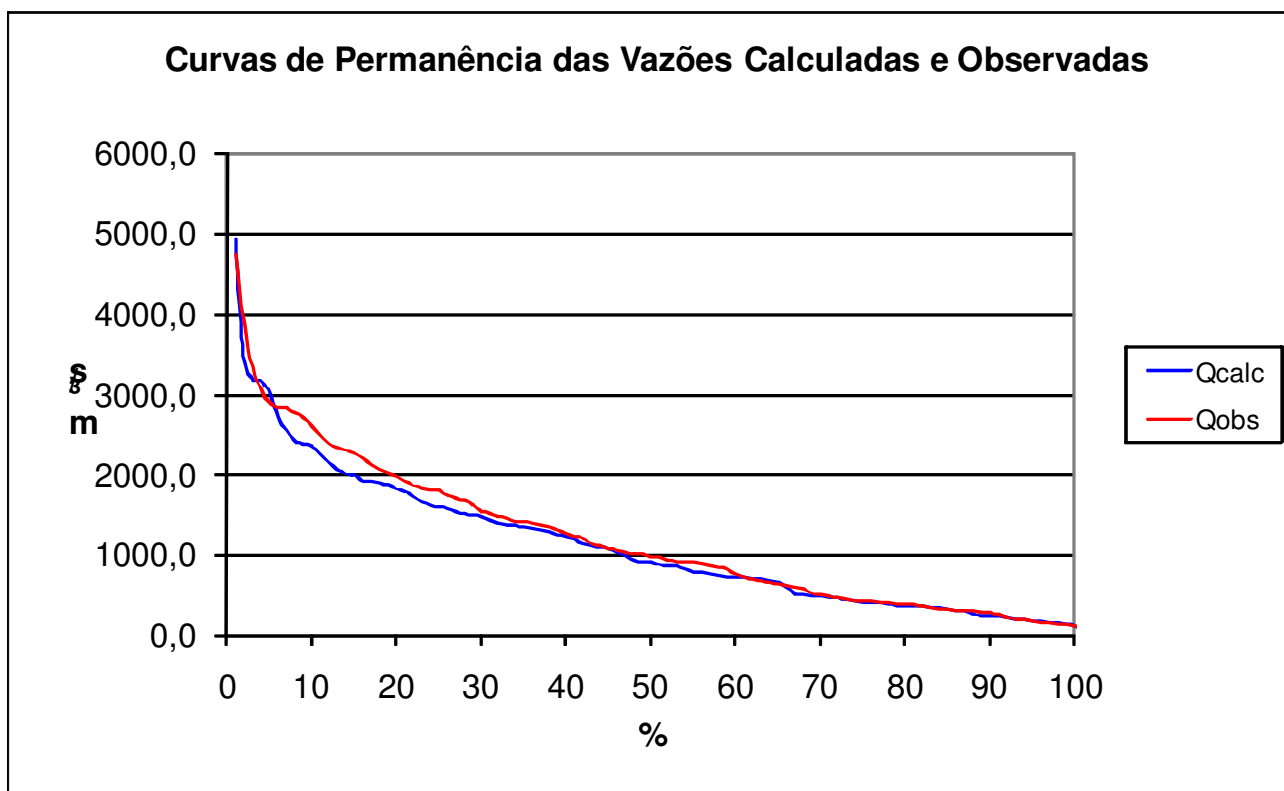
**Tabela 4.3** - Parâmetros estatísticos das séries de vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, no período de calibração (1972 a 1993).

	Qcal (m³/s)	Qobs(m³/s)
média	1096,58	969,56
desv pad	772,36	745,83
c.e. (l/s.km²)	21,35	18,88

A Figura 4.3 apresenta as vazões calculadas e observadas para o período de validação (1994 a 2008) e a Figura 4.4 mostra as curvas de permanência das vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, para o período de validação. A Tabela 4.4 mostra os parâmetros estatísticos (média, desvio padrão) das séries de vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, no período de validação, bem como o coeficiente de escoamento (c.e.), em l/s.km², para esse mesmo período.



**Figura 4.3** - Vazões Calculadas e Observadas (Período de Validação: 1994 a 2008).



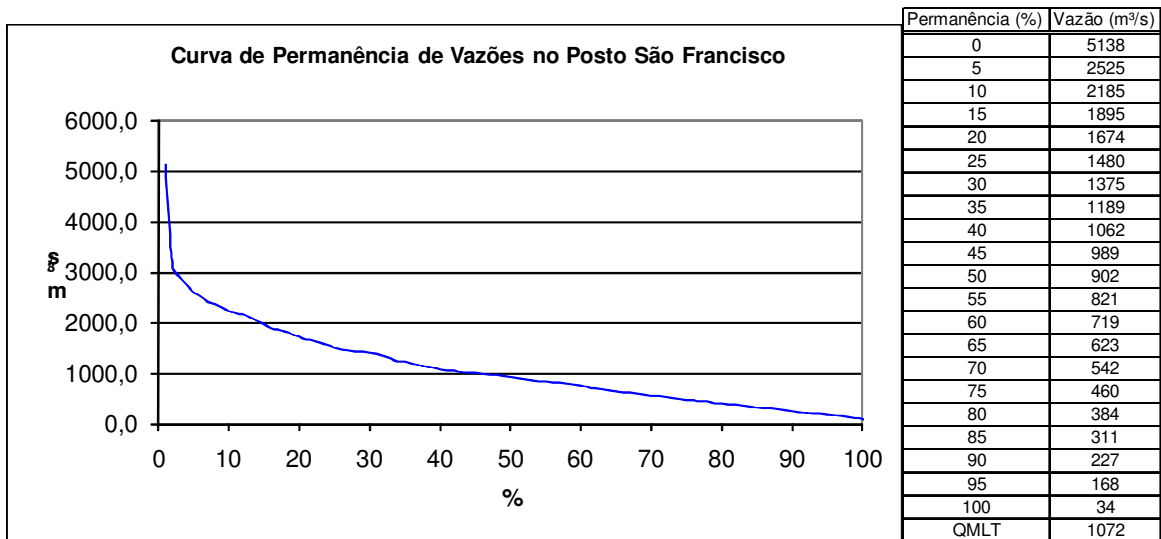
**Figura 4.4** - Curvas de Permanência das Vazões Calculadas e Observadas (Período de Validação: 1994 a 2008).

**Tabela 4.4** - Parâmetros estatísticos das séries de vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, no período de validação (1994 a 2008).

	Qcal (m³/s)	Qobs(m³/s)
média	1104,02	1186,62
desv pad	848,02	910,63
c.e. (l/s.km²)	21,49	23,10

## 5. Série de vazão média mensal

A Figura 5.1 apresenta as permanências de vazões médias no posto São Francisco e, pela premissa de proximidade adotada, no aproveitamento Santo Antonio do Jari. A série de vazão média mensal no local do referido aproveitamento é apresentada na Tabela 5.2. Vale ressaltar, que os meses de maio e junho de 2005 foram determinados a partir de interpolação das cotas e posterior aplicação da curva-chave. Os meses de fevereiro e dezembro de 2007 foram preenchidos a partir das cotas diárias aplicadas à curva-chave, conforme estudos do Consórcio Amapá Energia.



**Figura 5.1** - Curvas de Permanência das Vazões (1931 a 2008).



## **6. Conclusão**

Estes Estudos Hidrológicos determinaram a série de vazões afluentes na seção do posto fluviométrico São Francisco (e, por proximidade, na UHE Santo Antonio do Jari), localizado no Jari, para o período 1931 a 2008, com o objetivo de instrumentalizar a ANA para se pronunciar sobre solicitação de Outorga para a citada UHE.

## **7. Referências Bibliográficas**

Freitas, M. A. S. & Porto, A. S. Considerações Sobre um Modelo Determinístico Chuva-Vazão Aplicado às Bacias do Semi-Árido Nordestino. Revista Tecnologia (UNIFOR), Fortaleza, v. 1, n. 11, p. 45-49, 1990.

Taborga, J. & Freitas, M. A. S. Simulação da Lâmina de Escoamento Mensal. In: III Simpósio Luso-Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos, 1987, Salvador. Anais do III Simpósio Luso Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos, 1987. v. 2. p. 558-570.