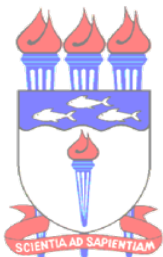


UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE TECNOLOGIA – CTEC  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL



# OBTENÇÃO DO HIDROGRAMA DE ENTRADA DA BACIA DO RIO CARANGUEJA ATRAVÉS DE SEU DO BALANÇO HÍDRICO DIÁRIO

João Pessoa, 25 de maio de 2012



# OBTENÇÃO DO HIDROGRAMA DE ENTRADA DA BACIA DO RIO CARANGUEJA ATRAVÉS DE SEU DO BALANÇO HÍDRICO DIÁRIO

Autores: Ricardo Luis Barreto de Sales Reis  
Valmir Pedrosa Albuquerque  
Carlos Ruberto Fragoso Junior





# Objetivo

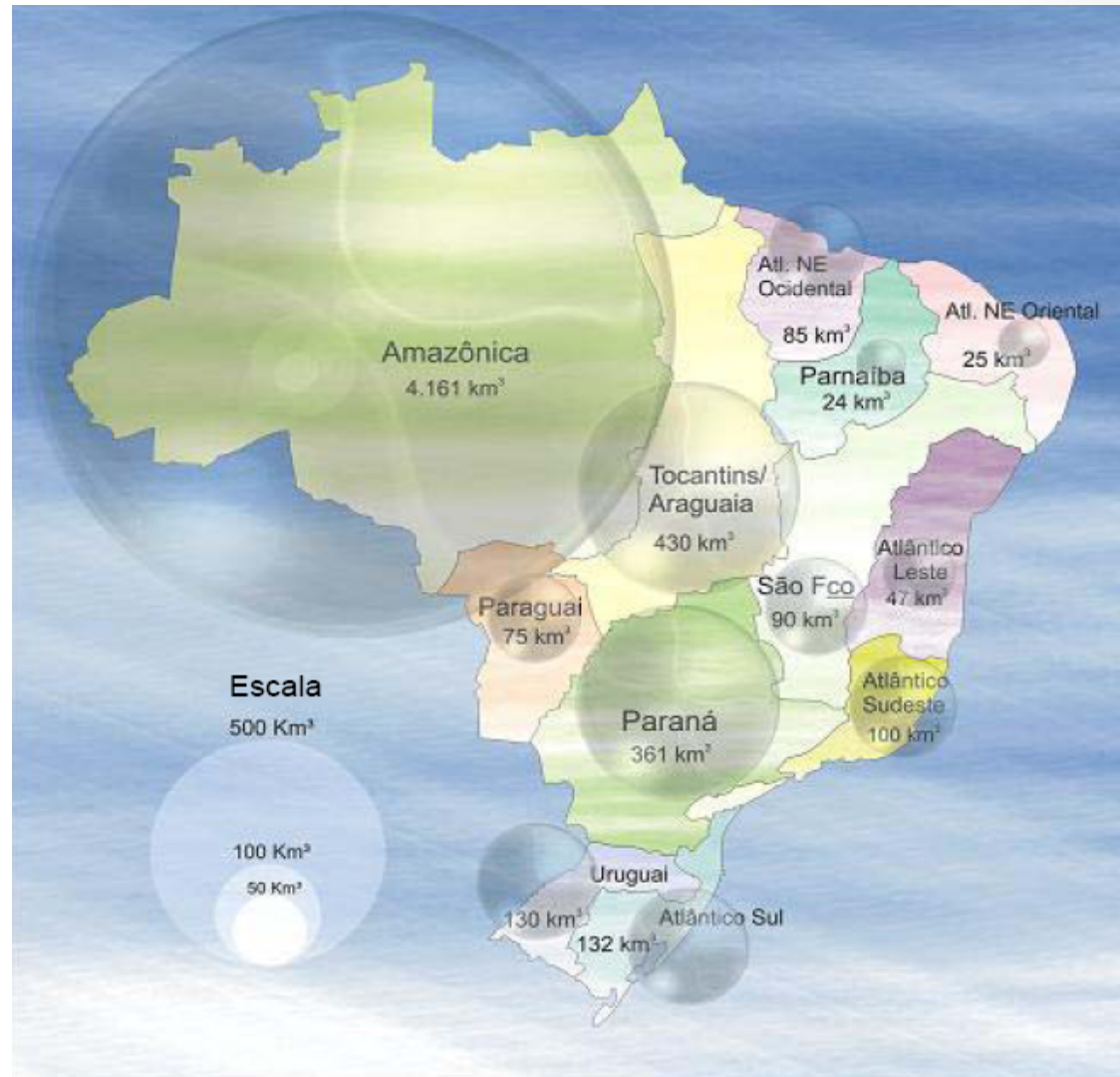
Obter o **Hidrograma de entrada** da bacia do Rio Carangueja de **maneira indireta** durante o período de nove meses utilizando **dados coletados** de precipitação, nível da água e consumo, além de uma **estimativa** de evaporação, caracterizados de tal forma a constituir as variáveis da equação de **balanço hídrico**, método utilizado.

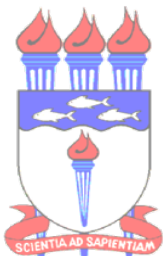


# Disponibilidade Hídrica

## No Brasil

- Relação *descarga/precipitação* de **36%**.
- Média anual de **5.209 km<sup>3</sup>**.
- Distribuída de forma **desigual**.



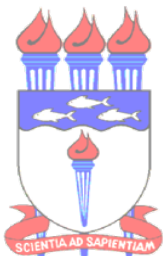


# Disponibilidade Hídrica

## No Brasil

- Relação *descarga/precipitação* de **36%**.
- Média anual de **5.209 km<sup>3</sup>**.
- Distribuída de forma **desigual**.

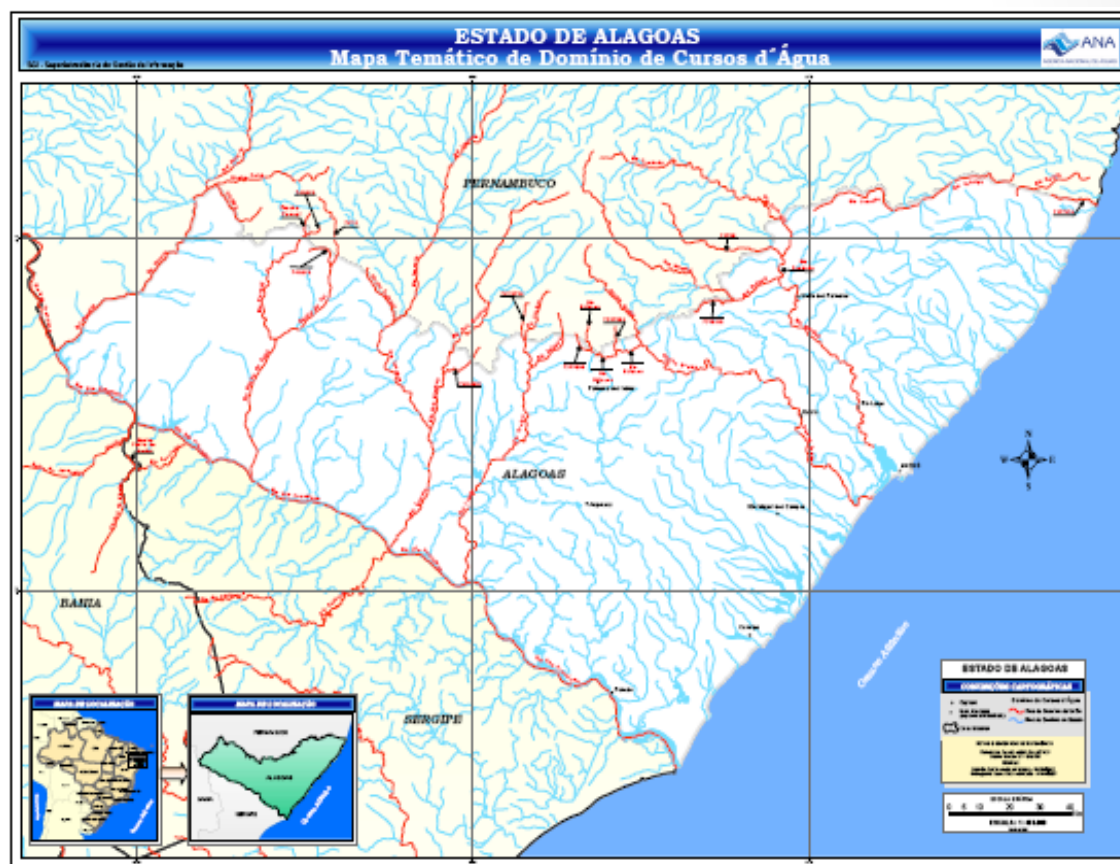




# Disponibilidade Hídrica

## Em Alagoas

- Potencial hídrico de **4,4 km<sup>3</sup>/ano.**
- Demanda urbana de **0,11 km<sup>3</sup>/ano.**
- Demanda para irrigação de **0,18km<sup>3</sup>/ano.**
- Demanda industrial de **0,04km<sup>3</sup>/ano.**



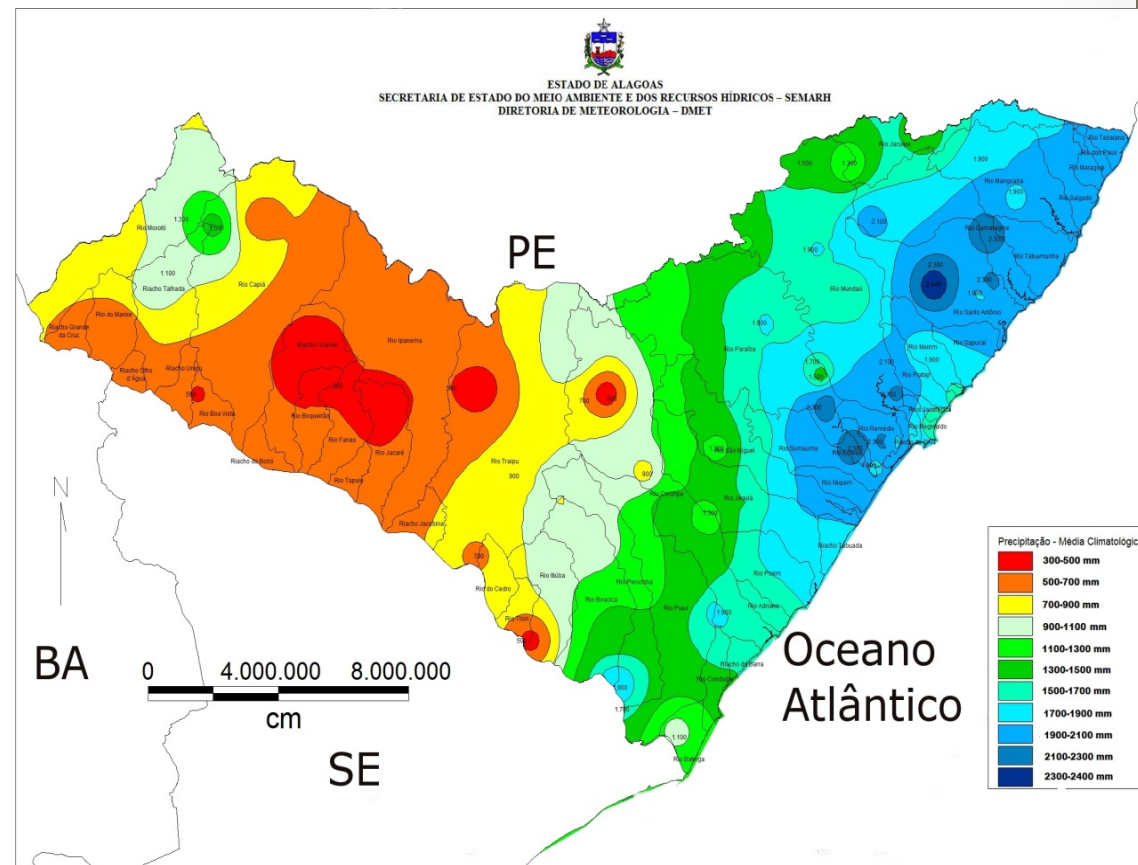




# Disponibilidade Hídrica

## Em Alagoas

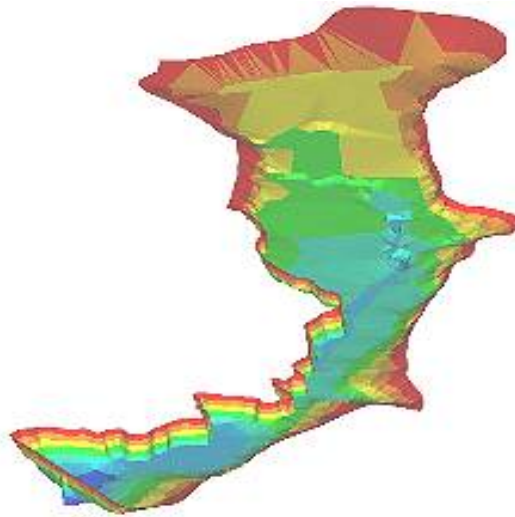
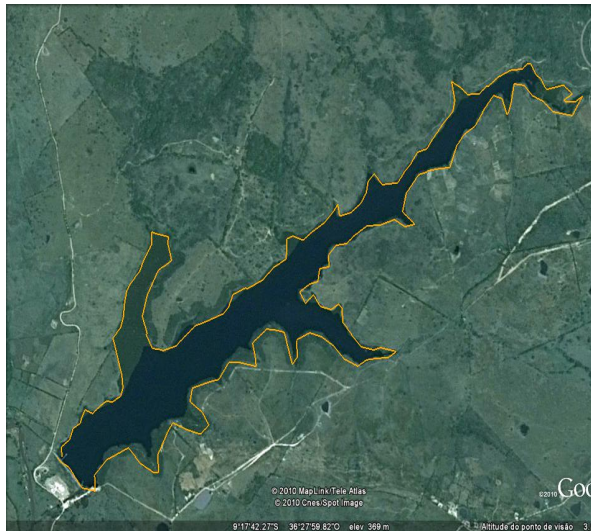
- Potencial hídrico de **4,4 km<sup>3</sup>/ano.**
- Demanda urbana de **0,11 km<sup>3</sup>/ano.**
- Demanda para irrigação de **0,18 km<sup>3</sup>/ano.**
- Demanda industrial de **0,04 km<sup>3</sup>/ano.**



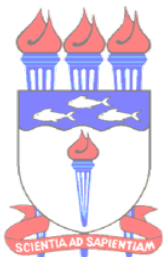


# Reservatórios

Na busca de **solução** para as **secas periódicas** que flagelam uma grande parte do Nordeste brasileiro, a construção de **reservatórios** tem sido a **política** pública mais praticada pelos governantes.







# Conflito pela Água

No âmbito da política de reservatório, surgiu entre os **conflitos pela água**, o seu uso para a **técnica da aquicultura**.





# Conflito pela Água

Onde este conflito, pode **impactar** negativamente a **qualidade da água** do reservatório, que já apresenta **problemas** históricos de excessos de **matéria orgânica**, favorecendo a **eutrofização** de suas águas.



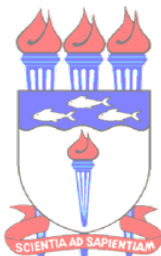


# Conflito pela Água

O Reservatório Carangueja, atende às cidades de **Palmeira dos Índios**, **Minador do Negrão** e **Estrela de Alagoas**, dividindo até pouco tempo suas águas com a atividade de **criação de tilápias** em tanque-rede.







# Área de Estudo

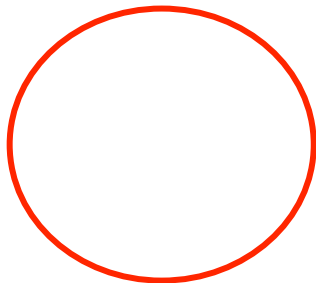
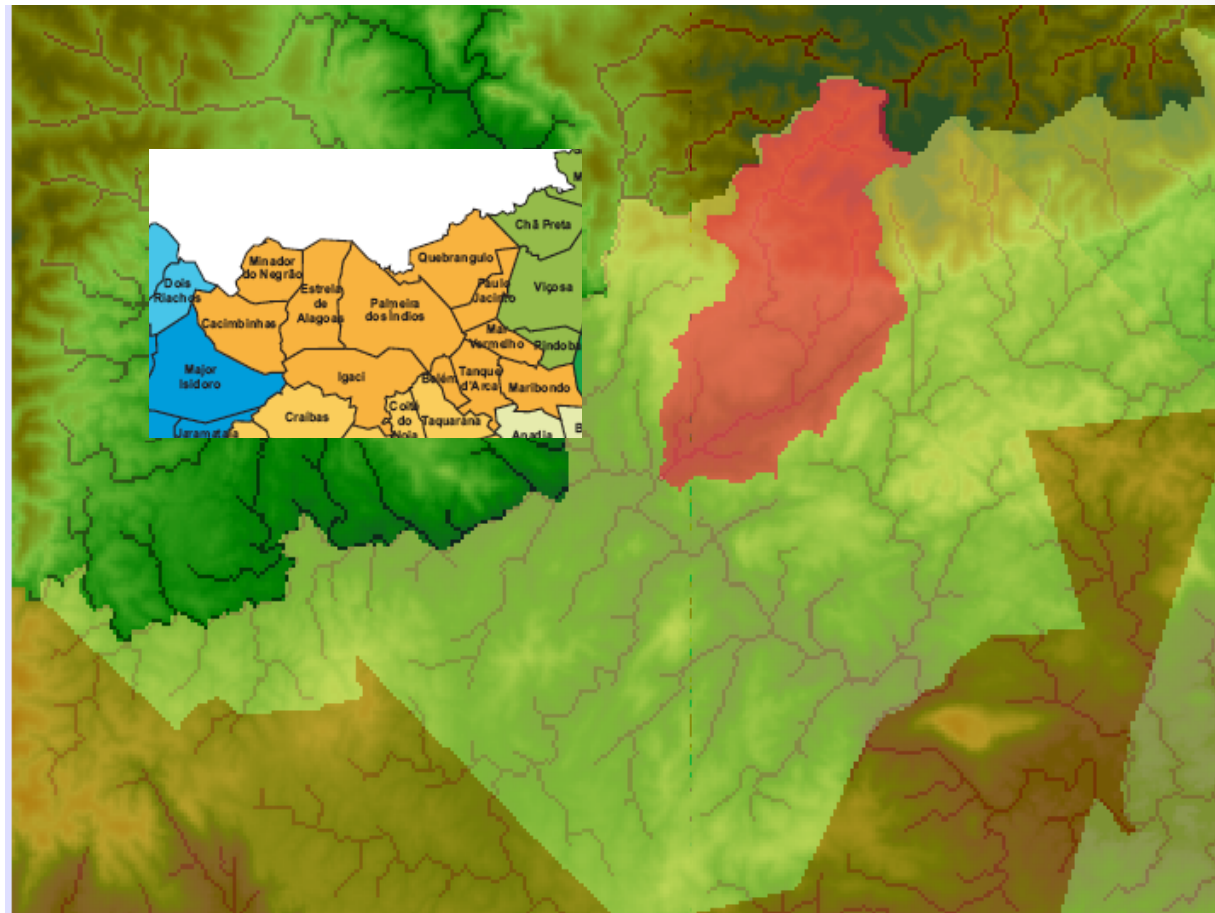
Situa-se na região do **Agreste Alagoano**...





# Área de Estudo

No município de Quebrangulo.







# Área de Estudo

- O reservatório recebe contribuição de uma área de **41km<sup>2</sup>**;
- O Rio Carangueja tem sua nascente na **Serra da Pedra Talhada**;
- Comprimento de **15,6km**;

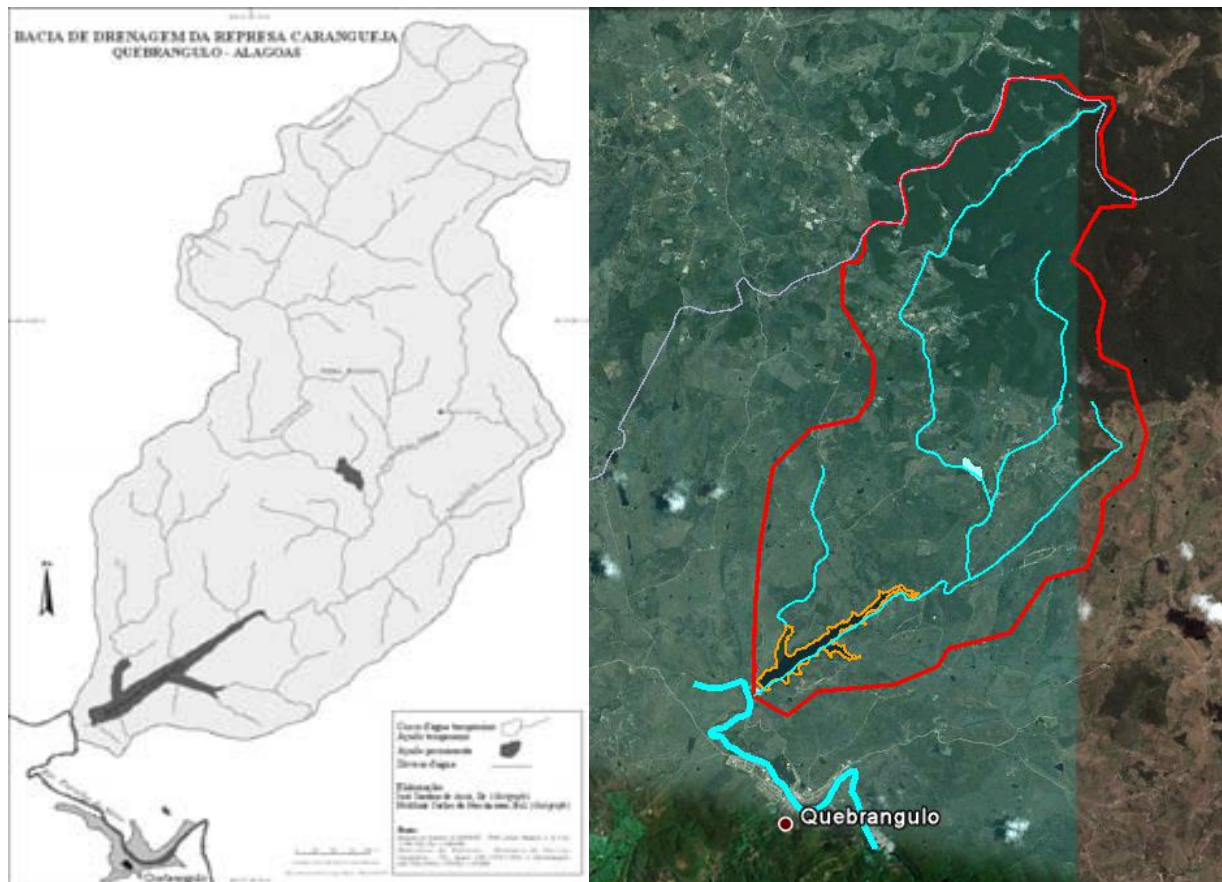


- **Diferença de nível** entre nascente e reservatório é de **440m**;
- O **vertedor** tem largura de **21m**;
- A **cota** da soleira está a **352m**;
- A demanda de água da CASAL é de **220l/s**.



# Área de Estudo

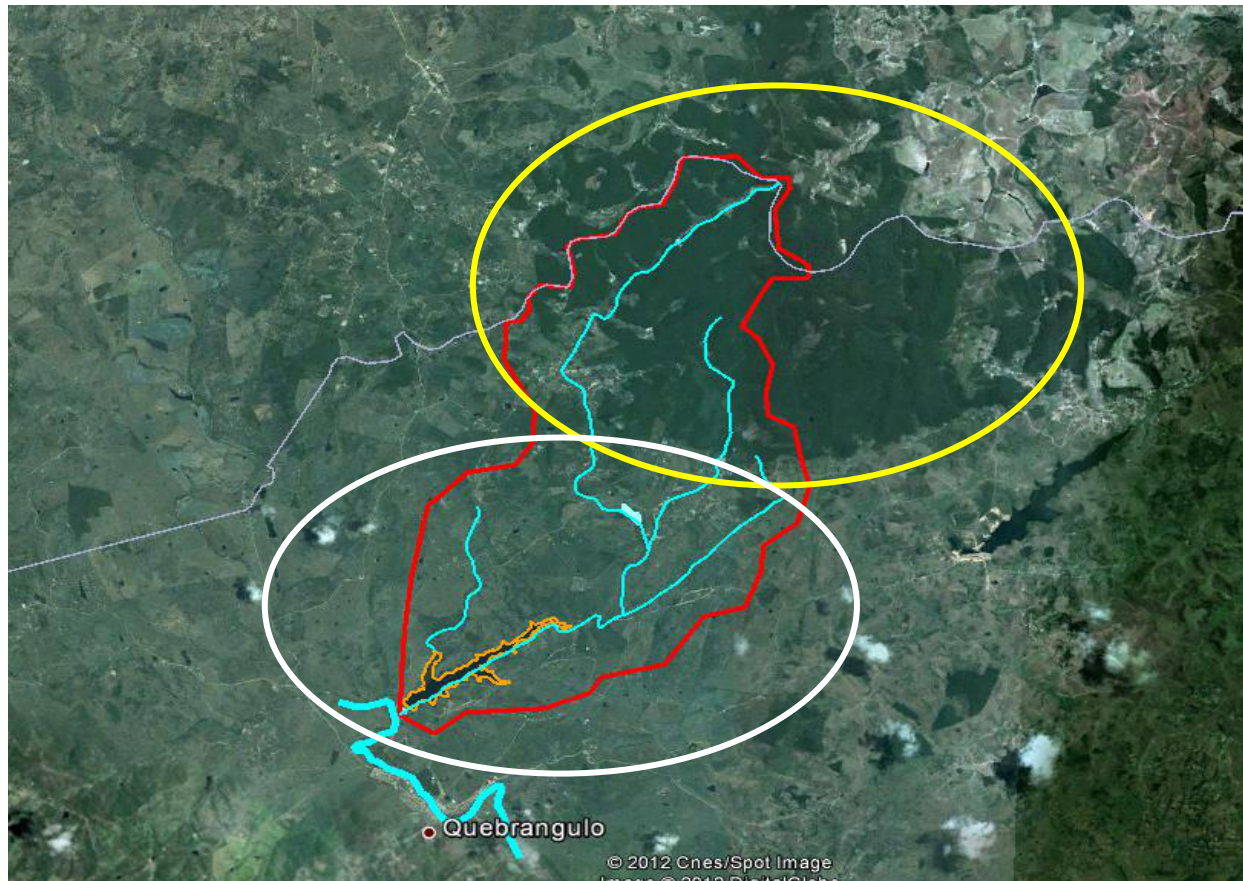
A bacia está situada numa zona de **TRANSIÇÃO FITOECOLÓGICA...**

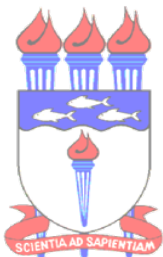




# Área de Estudo

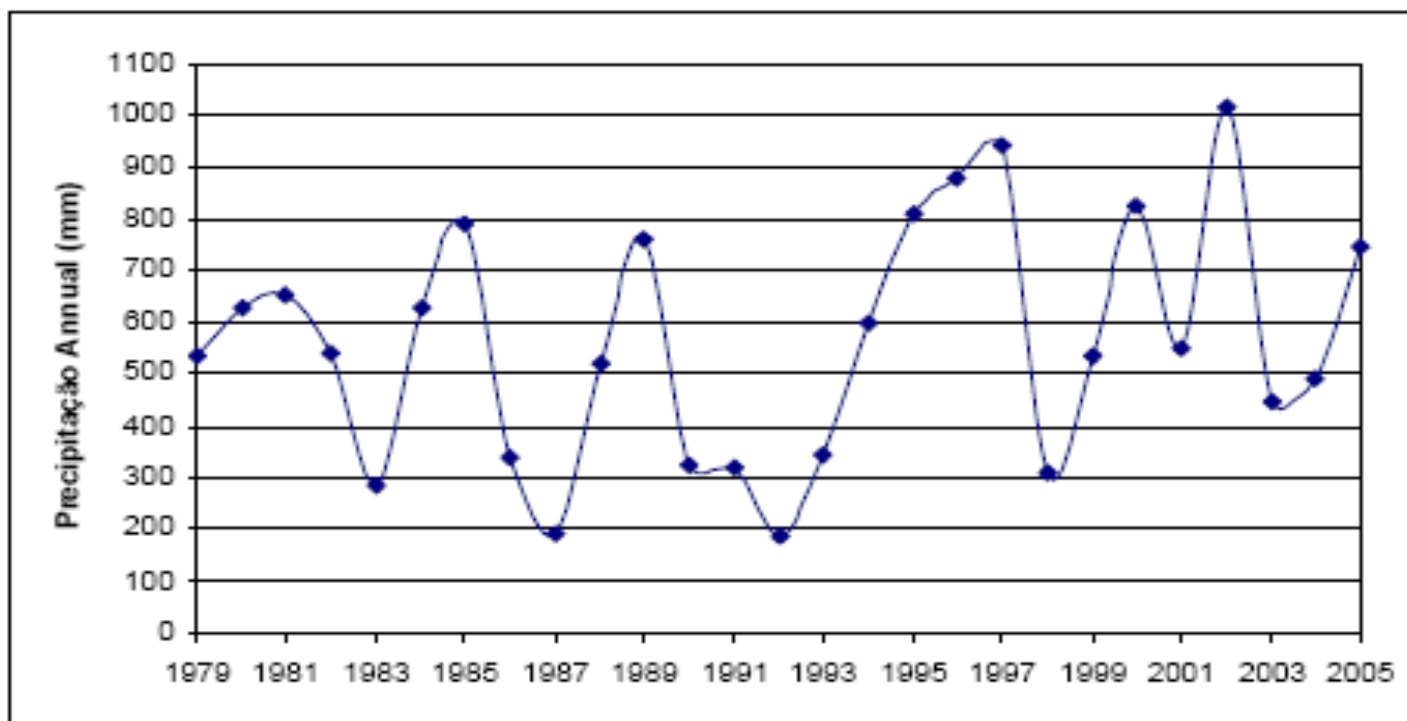
...desta forma, sua **vegetação** está compreendida entre:  
fragmentos de **Floresta Atlântica Úmida**; **Caatinga**, Mata Branca.





# Área de Estudo

A **precipitação média anual** do município de Quebrangulo é de **550mm**, apresentando concentração de chuvas nos meses de **maio até agosto**, onde chove cerca de **70%** do total no ano.





# Metodologia

Os métodos empregados foram as **coletas de dados** no local através de instrumentos, na ausência de dados coletados, foram feitas **estimativas** dentro dos **conceitos hidrológicos** e após isso feita uma **análise** desses **dados de entrada**. Os dados tratados correspondem ao período de **abril a dezembro de 2009**.





# Metodologia

- **Coleta de dados**
- **Precipitação**

foi instalado um **pluviógrafo** com mecanismo de **báscula dupla**, composto por um *datalogger*, armazena os dados a uma rotina de **4mm/pulso**.

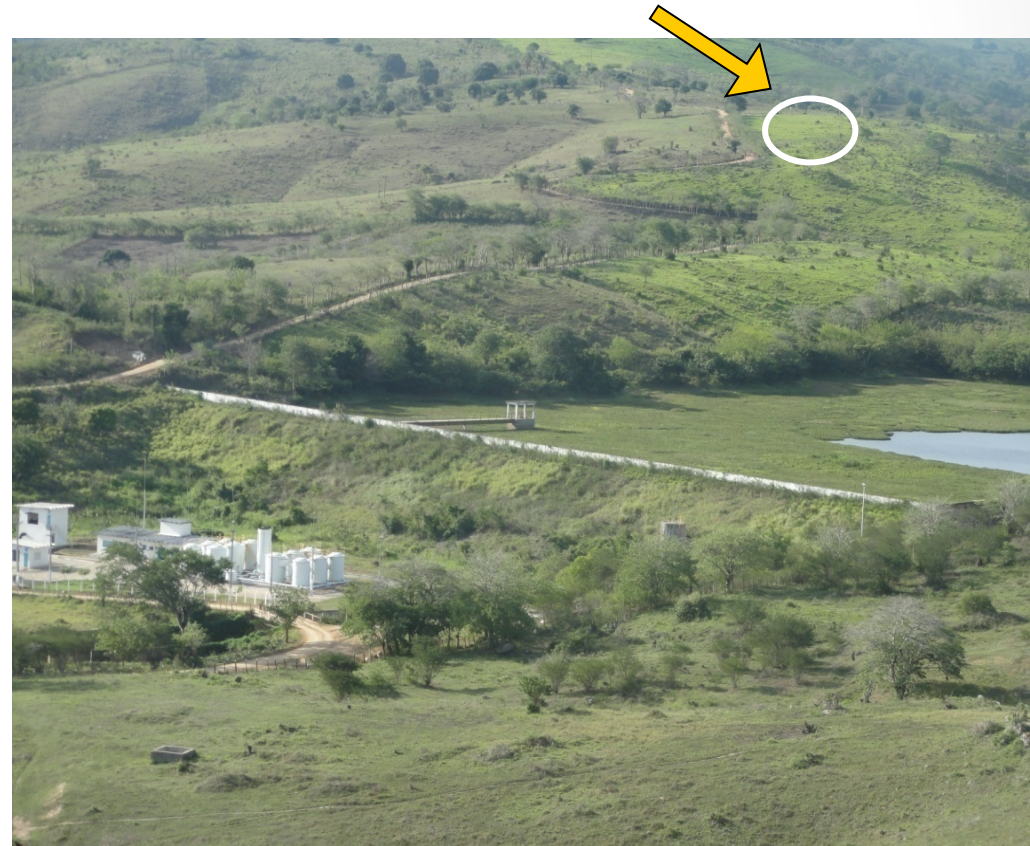




# Metodologia

- **Coleta de dados**
- **Precipitação**

foi instalado um **pluviógrafo** com mecanismo de **báscula dupla**, composto por um *datalogger*, armazena os dados a uma rotina de **4mm/pulso**.





# Metodologia

- **Coleta de dados**

- **Nível da Água**

foi feita a instalação de uma **régua linimétrica** de alumínio, padrão **ANEEL/ANA**, com marcação **centimétrica** em vermelho. Sendo sempre **medido** o seu nível a cada dia por um operador da barragem e **aferido** durante visitas **periódicas** pelos autores do estudo.





# Metodologia

- **Balanço Hídrico**

$$V_{\text{entra}} + [(P - EVP) \times A_{\text{lago}}] - V_{\text{demanda}} - V_{\text{sai,vert}} = \Delta V$$

- $V_{\text{entra}}$  é o volume de entrada ao reservatório;
- $V_{\text{sai}}$  é o volume vertido pela estrutura extravadora;
- $V_{\text{demanda}}$  é o volume requerido para abastecimento;
- $P$  é a precipitação coletada;
- $EVP$  é a evaporação estimada;
- $A_{\text{lago}}$  é a área do espelho da água no reservatório;
- $\Delta V$  é a variação de volume em um intervalo de tempo.





# Metodologia

- **Estimativa da Evaporação (Penman-Monteith)**

$$E = \left( \frac{\Delta \cdot (R_L - G) + \rho_A \cdot c_p \cdot \frac{(e_s - e_d)}{r_a}}{\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \right) \cdot \frac{1}{\lambda \cdot \rho_w}$$

- **E** [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] é a taxa de evaporação da água;
- **$\lambda$**  [ $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] é o calor latente de vaporização;
- **$\Delta$**  [ $\text{kPa}\cdot\text{°C}^{-1}$ ] é a taxa de variação da pressão de saturação do vapor com a temperatura do ar;
- **$R_L$**  [ $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ] é a radiação líquida que incide na superfície;
- **$G$**  [ $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ] é o fluxo de energia para o solo;
- **$\rho_a$**  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ] é a massa específica do ar;
- **$\rho_w$**  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ] é a massa específica da água;





# Metodologia

- **Estimativa da Evaporação (Penman-Monteith)**

$$E = \left( \frac{\Delta \cdot (R_L - G) + \rho_A \cdot c_p \cdot \frac{(e_s - e_d)}{r_a}}{\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \right) \cdot \frac{1}{\lambda \cdot \rho_w}$$

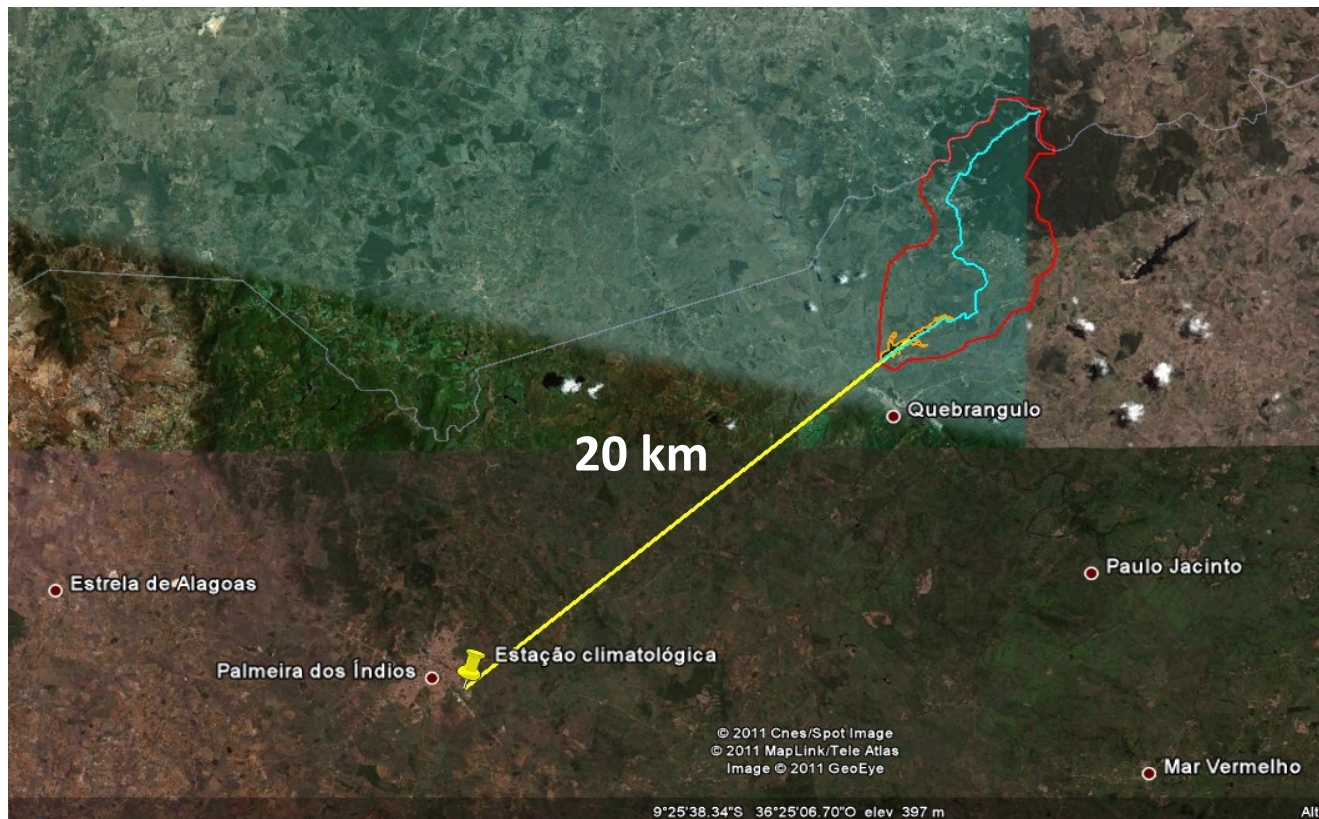
- $c_p$  [MJ.kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>] é o calor específico do ar úmido
- $e_s$  [kPa] é a pressão de saturação do vapor;
- $e_d$  [kPa] é a pressão real de vapor de água no ar;
- $\gamma$  [kPa.°C<sup>-1</sup>] é a constante psicrométrica ( $\gamma = 0,066$ );
- $r_s$  [s.m<sup>-1</sup>] é a resistência superficial da vegetação;
- $r_a$  [s.m<sup>-1</sup>] é a resistência aerodinâmica.

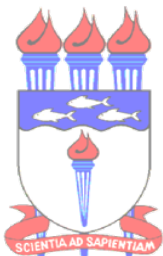


# Metodologia

- **Estimativa da Evaporação**

Estação **Climatológica** mais próxima, na cidade de Palmeira dos Índios, localizada a **20 km** de distância do **centro** do reservatório.



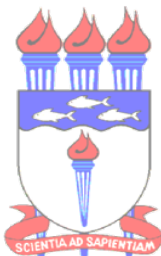


# Metodologia

- **Estimativa da Evaporação**

Situadas na mesma **região climática, Tropical Quente e Seco.**

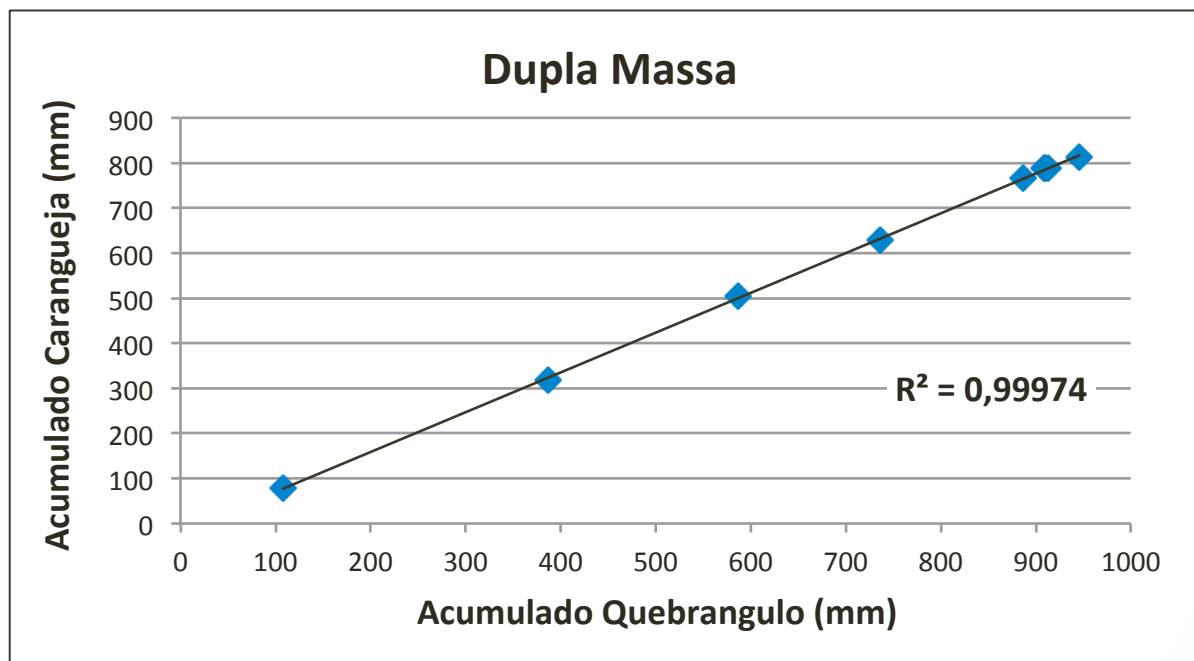


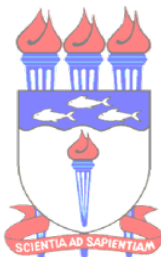


# Metodologia

- **Análise dos Dados**

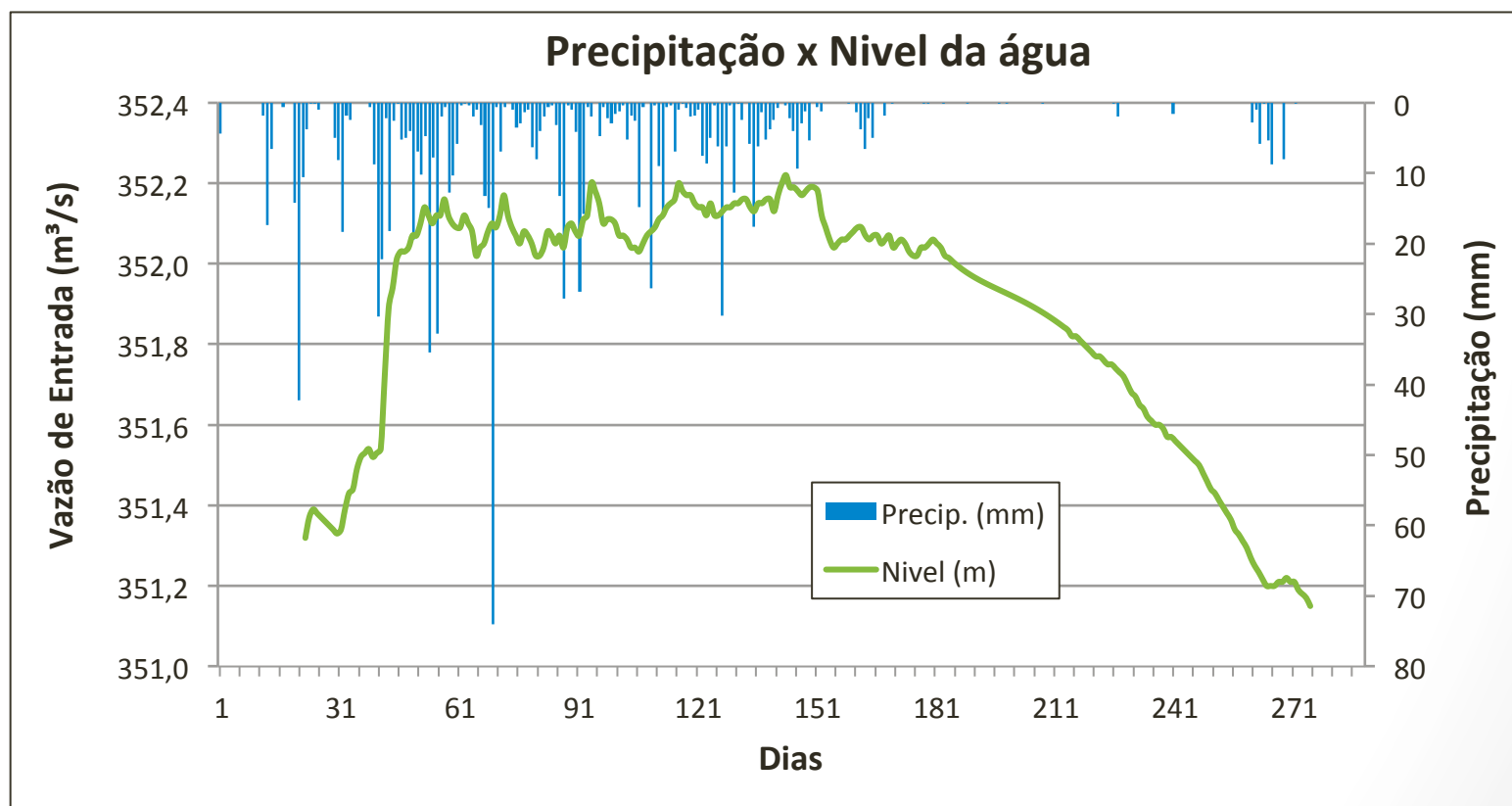
Foi feita uma pequena análise (**Dupla Massa**) comparando os dados do **pluviógrafo** utilizado no período de coleta com o **pluviômetro** da **ANA** instalado na cidade de **Quebrangulo** no intervalo respectivo, cujos mesmos estão separados por **5km** de distância.



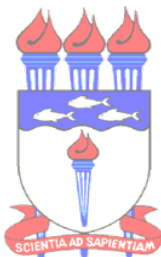


# Resultados

Análise da distribuição temporal da **precipitação** em comparação com o **nível da água**.

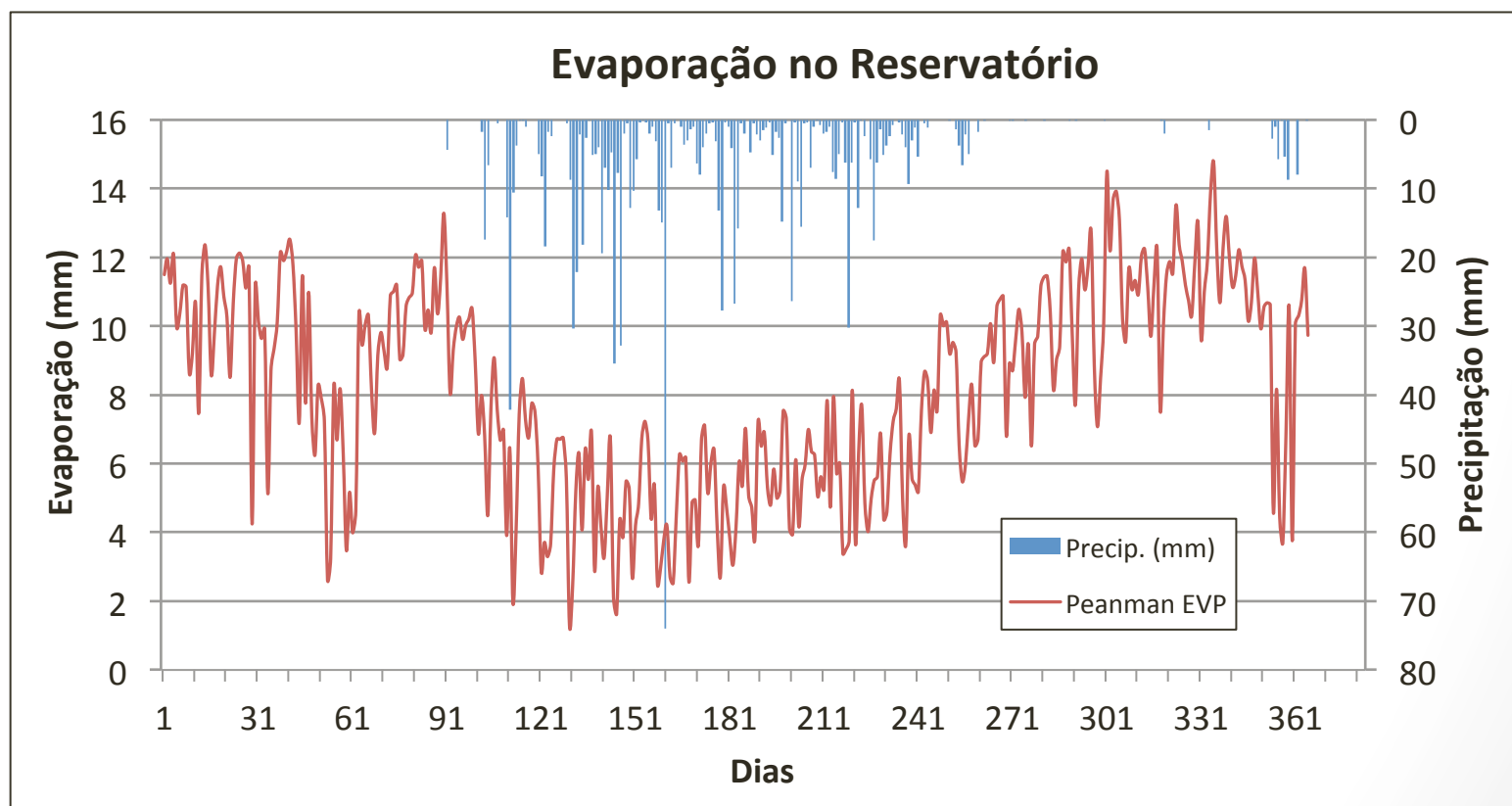






# Resultados

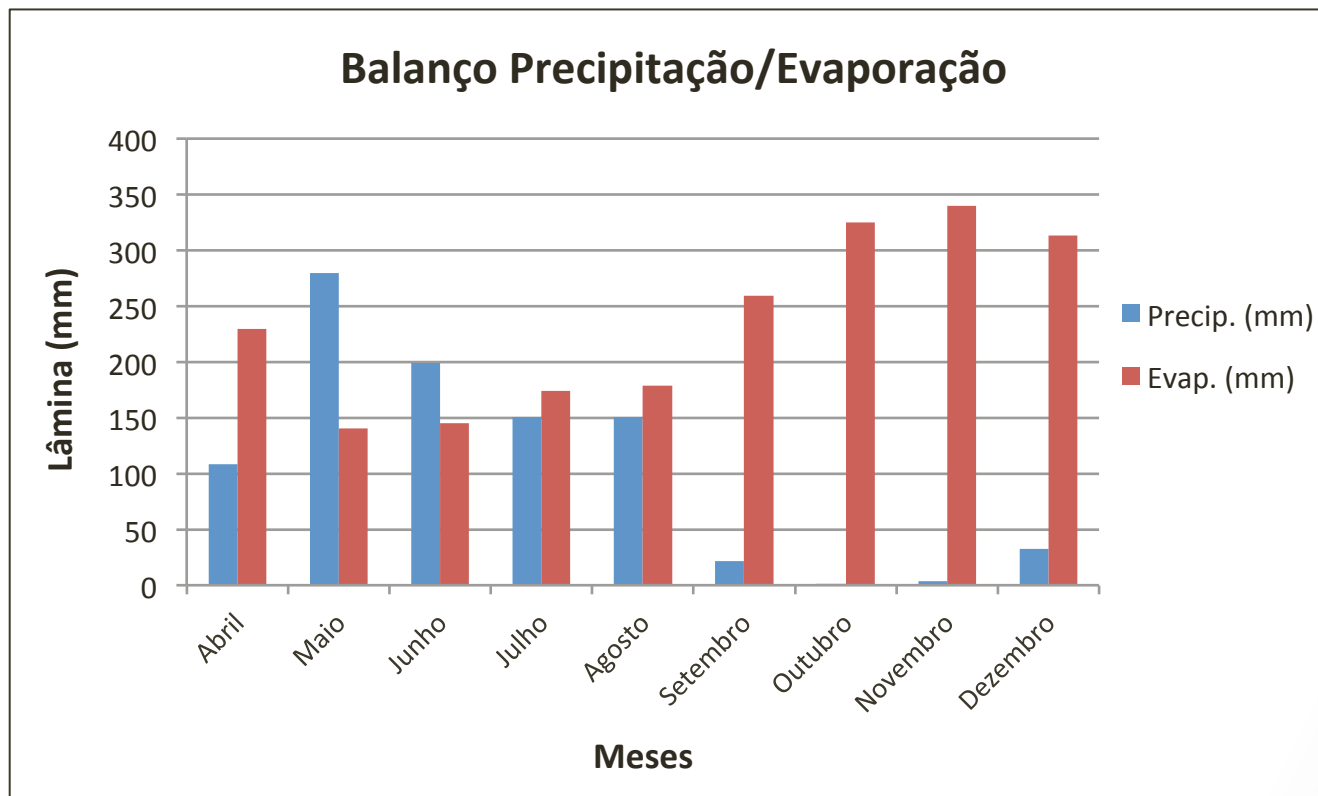
Varição da **evaporação** direta do **espelho da água** do **reservatório** durante o ano. Diminuição da taxa nos meses mais frios.





# Resultados

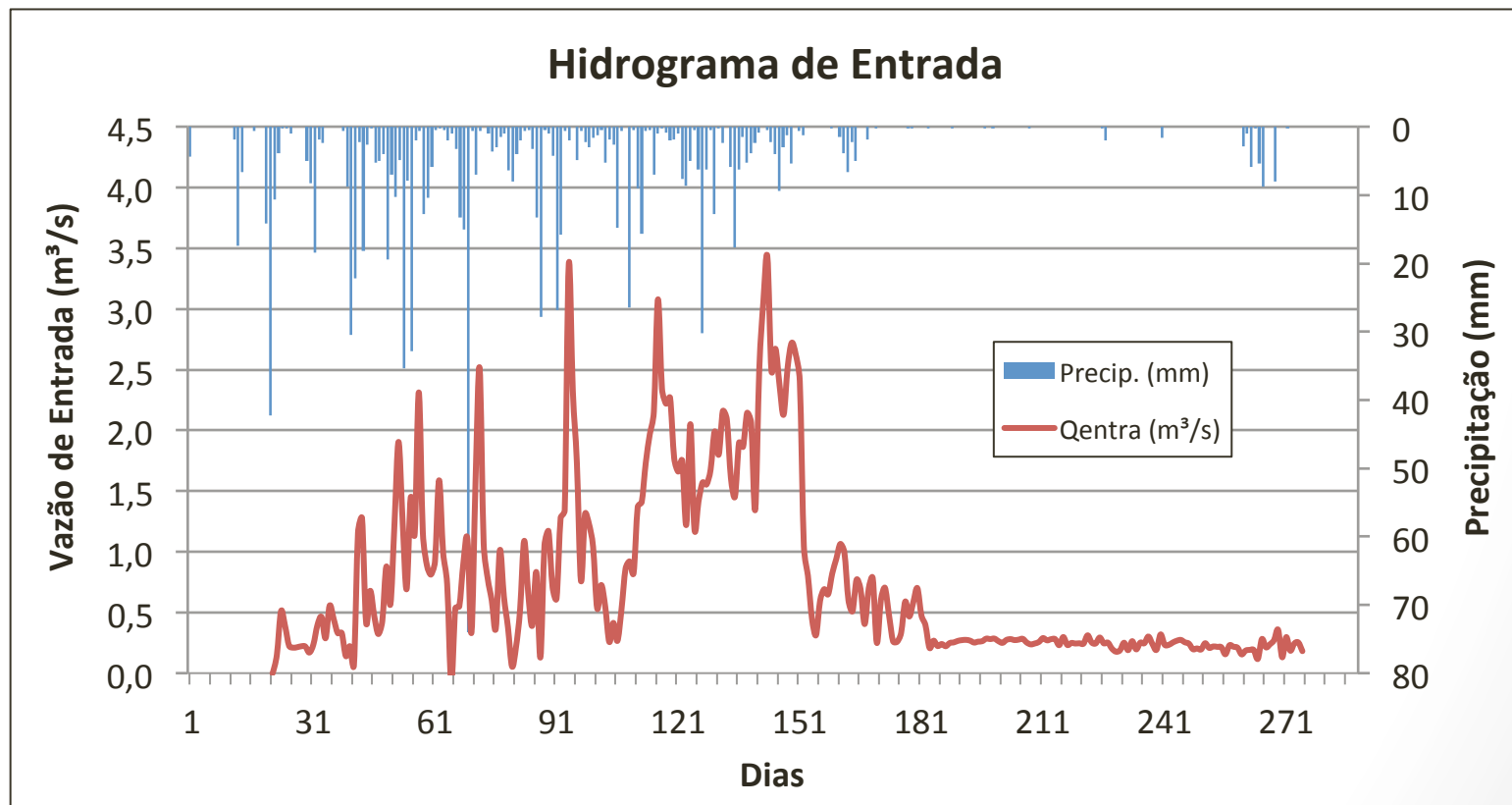
Temos o **hidrograma de entrada** com sua oscilação **regida** pelo **hidrograma de saída**, no qual é **amortecido**.





# Resultados

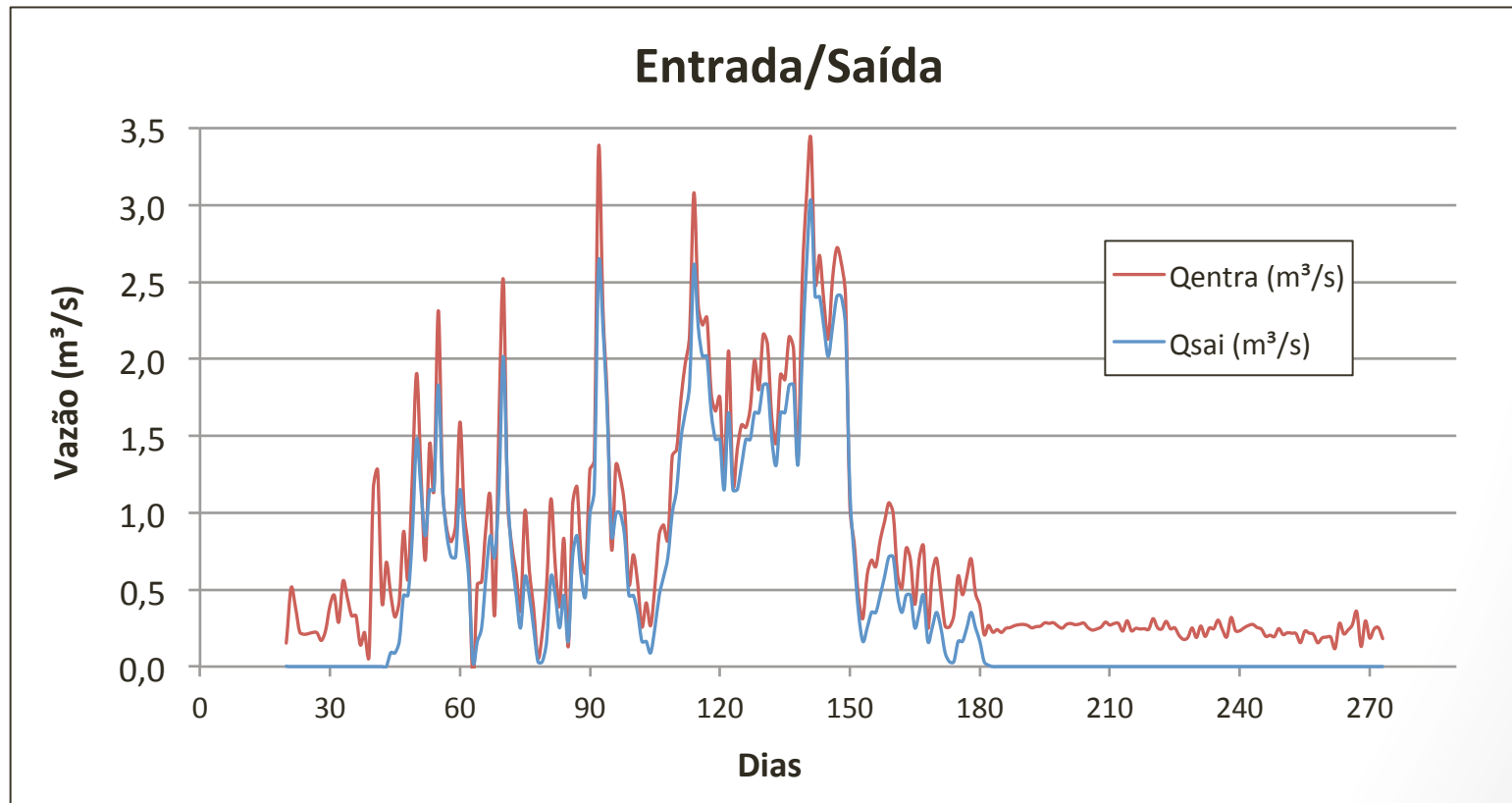
Percebe-se uma **boa evolução** dos **picos de cheia** conforme a precipitação anterior, trazendo resultados de **magnitude aceitável** para a área de estudo.





# Resultados

Temos o **hidrograma de entrada** com sua oscilação **regida** pelo **hidrograma de saída**, no qual é **amortecido**.





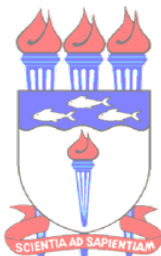
# Resultados

Feita uma análise do **coeficiente de escoamento**, dividindo o **volume de entrada** (integral numérica da área do hidrograma gerado) pelo **volume total precipitado**, obteve-se um coeficiente de **0,426** aproximadamente.

Tabela 1 - Valores totais das variáveis do balanço hídrico nos meses de **Abril a Dezembro**.

<b>Total Prec. Bacia (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol. de Entrada (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Total Evaporado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Total Demandado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol. Vertido (m<sup>3</sup>)</b>
39.327.101	16.784.441	1.273.590	4.828.032	11.332.158

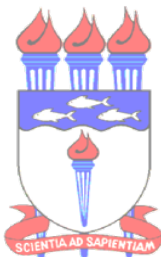




# Resultados

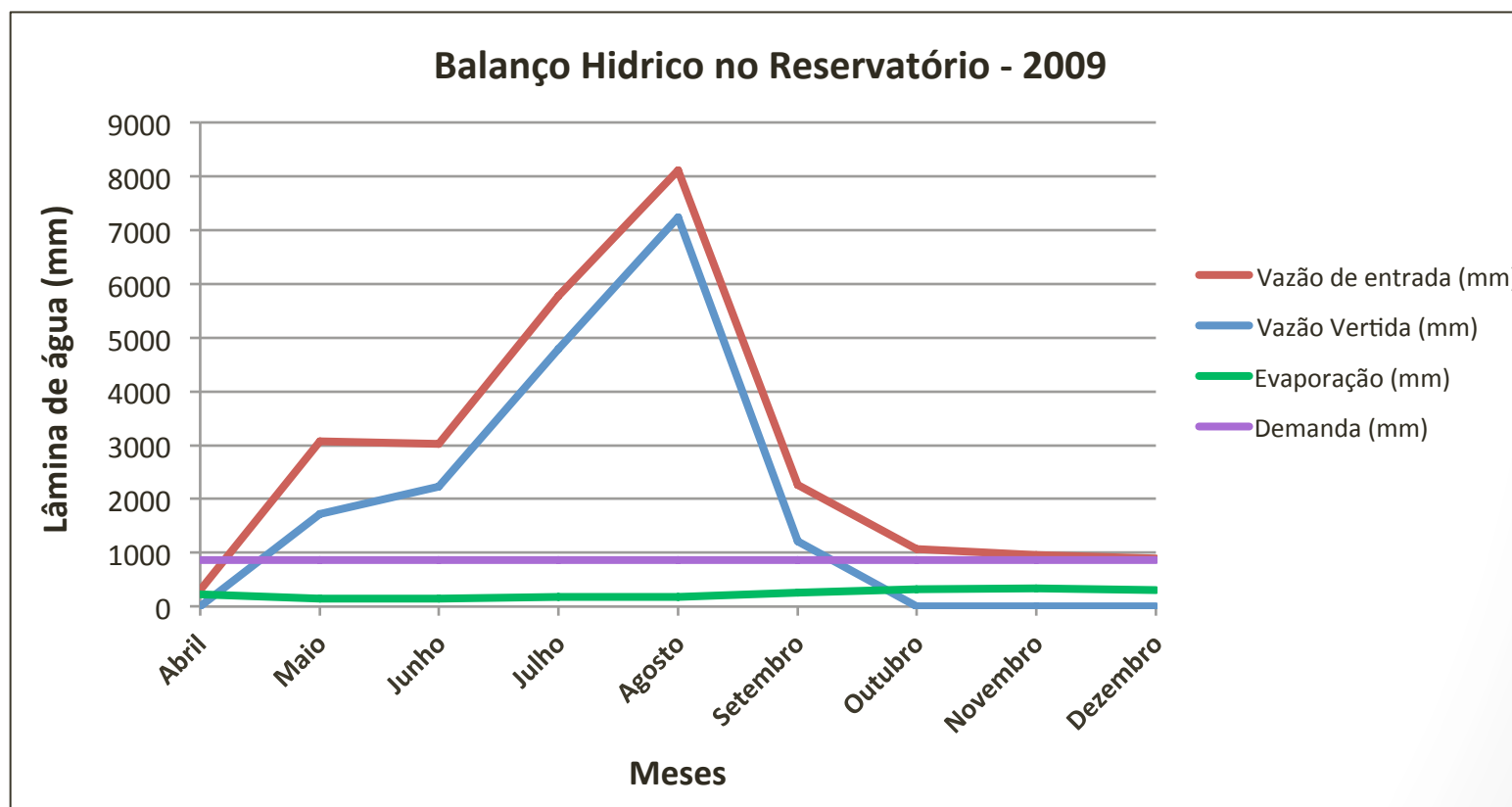
Tabela 2 - Valores totais mensais de cada variável utilizada no balanço hídrico.

Balanço Hídrico no Reservatório - Ano 2009					
Mês	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)	Demanda (mm)	Vazão Vertida (mm)	Vazão de entrada (mm)
Abril	108	229,56	865,09	0,00	303,39
Maio	279,2	140,24	865,09	1723,37	3073,49
Junho	198,8	144,93	865,09	2225,46	3020,44
Julho	150,2	174,00	865,09	4792,66	5767,34
Agosto	150,6	178,89	865,09	7229,48	8110,98
Setembro	21,6	259,17	865,09	1219,37	2265,34
Outubro	1	324,81	865,09	1,19	1070,78
Novembro	3,8	339,95	865,09	0,00	963,20
Dezembro	32,2	312,99	865,09	0,00	888,00
<b>Total</b>	<b>945,40</b>	<b>2104,54</b>	<b>7785,78</b>	<b>17191,53</b>	<b>25462,95</b>



# Resultados

Influência da de cada variável no balanço.





# Conclusão

Tendo em vista o comportamento do **hidrograma de entrada**, conclui-se que nesse reservatório tem-se como **fator predominante** no balanço hídrico, o **hidrograma de saída**, no qual depende da equação do vertedor e conseqüentemente das variáveis: **nível da água**, largura do vertedor e coeficiente do vertedor.

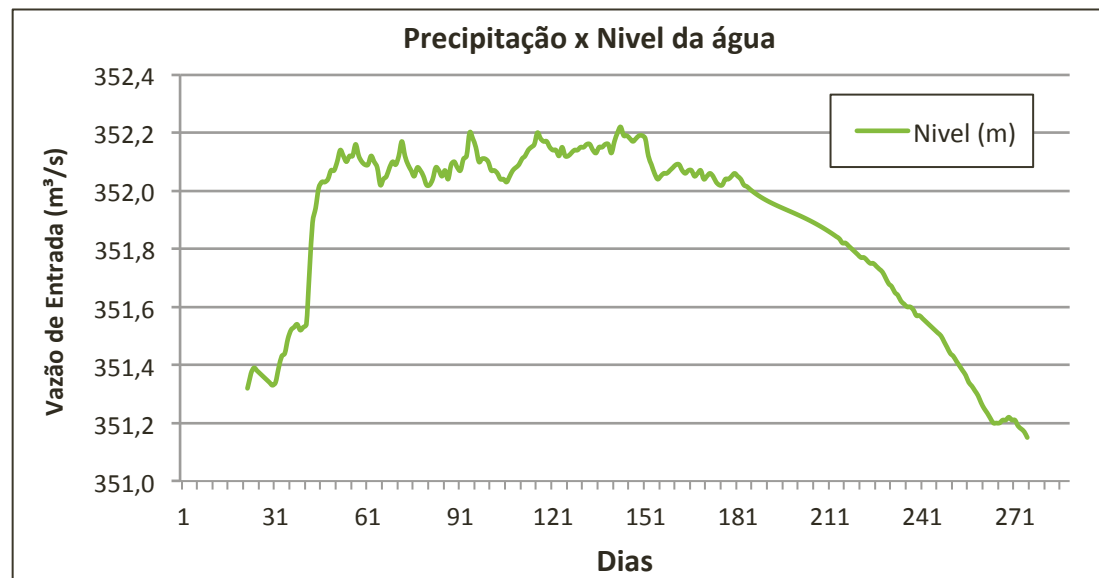
$$V_{\text{entra}} + [(P - EVP) \times A_{\text{lago}}] - V_{\text{demanda}} - V_{\text{sai,vert}} = \Delta V$$

$$V_{\text{sai,vert}} \rightarrow Q_{\text{sai}} = K \times L \times H^{2/3}$$



# Conclusão

A **coerência** teórica de **enchimento** e **esvaziamento** do **reservatório**, bem como a magnitude do coeficiente de escoamento encontrado para a bacia do Carangueja, comprovam a **boa estimativa** do **volume** de entrada tendo como base os dados coletados, tanto quanto os físicos e meteorológicos.

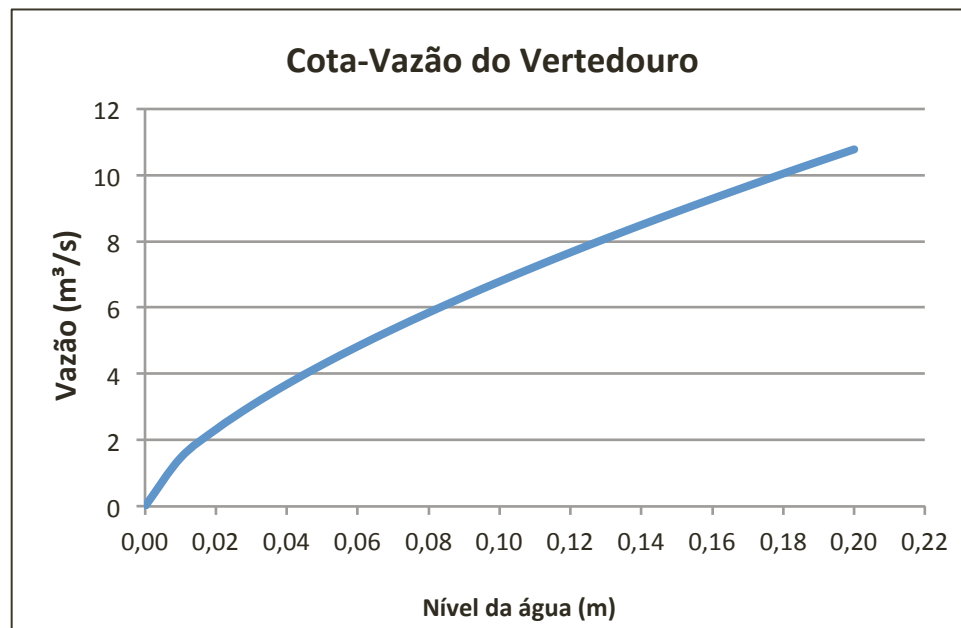


$$C_{\text{runoff}} = 0,42$$



# Conclusão

Mesmo assim, ao se coletar os dados, deve-se dar **atenção** especial aos dados de **níveis da água** com a **cota do vertedor**, pois **erros** mínimos, da ordem de poucos **centímetros** nesta diferença, causam **variações** drásticas no balanço.



$$V_{\text{sai,vert}} = K \times L \times H^{2/3}$$





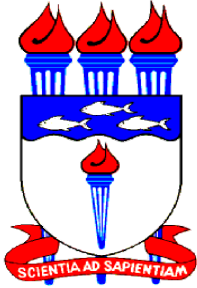
# Conclusão

**Definição do marco zero para a gestão dos Recursos Hídricos do Reservatório Carangueja.**



# Referências Bibliográficas

- [1] BRAGA, B. *et. al.* **Dams and the environment: The Brazilian experience.** Water Resources Development v.14, p.126-139. Internacional, 1998.
- [2] TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: RiMa, p.1-100. São Paulo, 2003.
- [3] Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Cartilha do Observador de Pluviometria.** DNAEE, Brasília, 1985.
- [4] BARTH, F. T. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos.** Editora Nobel/ABRH, p1-200. São Paulo, 1987.
- [5] CAMPOS, J.N.B. **Dimensionamento de Reservatórios: O Método do Diagrama Triangular de Regularização.** Expressão Gráfica e Editora, p1-100. Fortaleza, 2005.
- [6] PEDROSA, V. A. *et. al.* **Vulnerabilidade ambiental à eutrofização: Reservatório Carangueja.** IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, p.1-14. Bahia, 2008.
- [7] Menezes A. F *et. al.* **Cobertura vegetal do estado de Alagoas & mangues de Alagoas.** Instituto do Meio Ambiente de Alagoas/PETROBRAS, p.1-50. Maceió, 2010.
- [9] ALLEN R.G. *et. al.* **FAO56 - Penman-Montheith equation, in Crop Evapotranspiration.** FAO, p. 17 – 150. Roma, 1998.
- [8] TUCCI, C.E.M. **Modelos Hidrológicos.** Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, p.314-390. Porto Alegre, 1998.



MUITO  
OBRIGADO!