

CAPACITAÇÃO



DETERMINAÇÃO DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS E SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

MINISTRANTES



JOÃO PEDRO CHAVES DA SILVA RODRIGUES

Gerente Executivo de Operações de Mananciais – GEOM AESA

Engenheiro Agrônomo - UFPB



BRUNO JOSÉ DE MACEDO SILVA LEITE

Técnico em geoprocessamento – GEOM AESA

Engenheiro Ambiental – UFPB

Técnico em Controle Ambiental - IFPB



MÁRCIO MATTOS CARVALHO CABRAL E SILVA

Estagiário– GEOM AESA

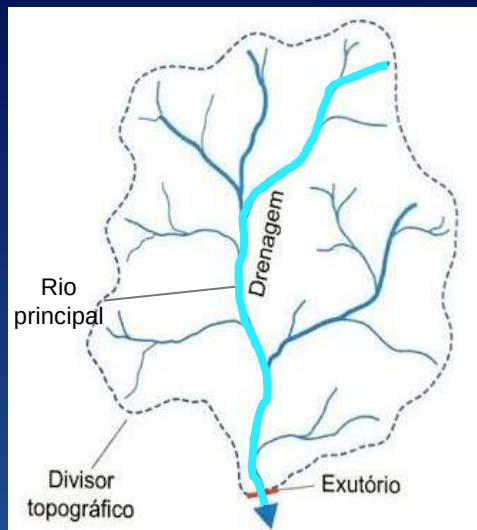
Graduando em Engenharia Civil – UFPB

O QUE É UMA BACIA HIDROGRÁFICA E UMA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA?



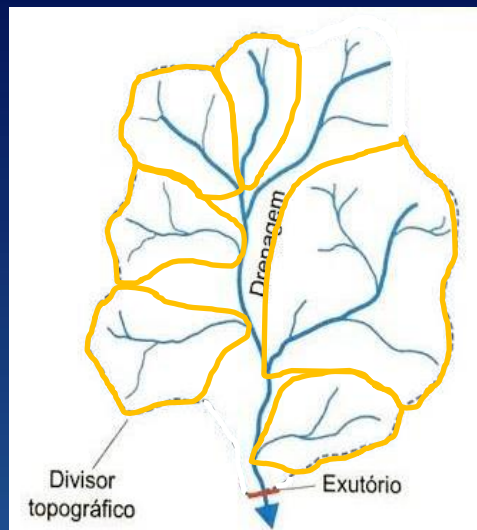
Unidade geográfica, delimitada por divisores topográficos (linha de cumeada), composta por um rio principal e onde toda a água proveniente da precipitação converge para uma única seção transversal denominada de exutório.

Áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal



**Bacia
Hidrográfica**

Fonte: Google



**Sub-bacias
Hidrográficas**

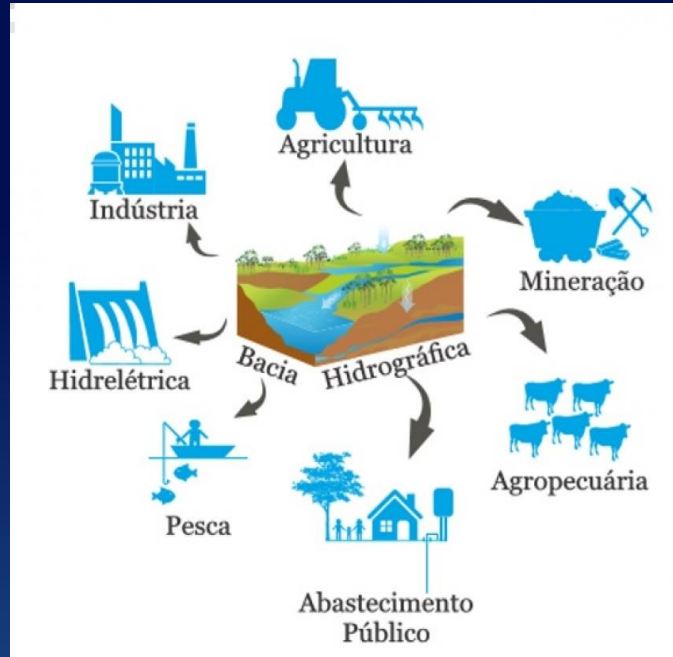
QUAL A IMPORTÂNCIA DE DELIMITAR UMA BACIA HIDROGRÁFICA?



“bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (Lei 9.433/1997 – PNRH, Art. 1º, V).

“A bacia hidrográfica é uma unidade básica físico-territorial de planejamento e gerenciamento dos Recursos Hídricos.” (Lei 6.308/1996 – PERH-PB, Art. 2º, III).

É importante entender a bacia hidrográfica do ponto de vista morfológico, socioeconômico, ambiental, hidrológico, entre outras perspectivas.



Fonte: Google

CLASSIFICAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E SEUS ELEMENTOS



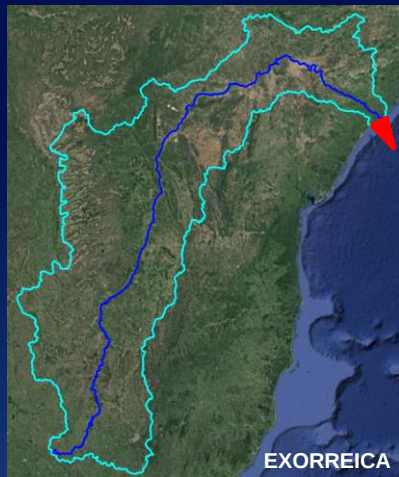
TIPOS DE DRENAGEM



CLASSIFICAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E SEUS ELEMENTOS



TIPOS DE DRENAGEM



CLASSIFICAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E SEUS ELEMENTOS



CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO REGIME DE FLUXO

Perenes: São os cursos de água cujo leito menor está sempre transportando o deflúvio da bacia contribuinte. (GUERRA, 1993).

Intermitentes: Ocorre durante época de chuva. Regime não permanente. (GUERRA, 1993).

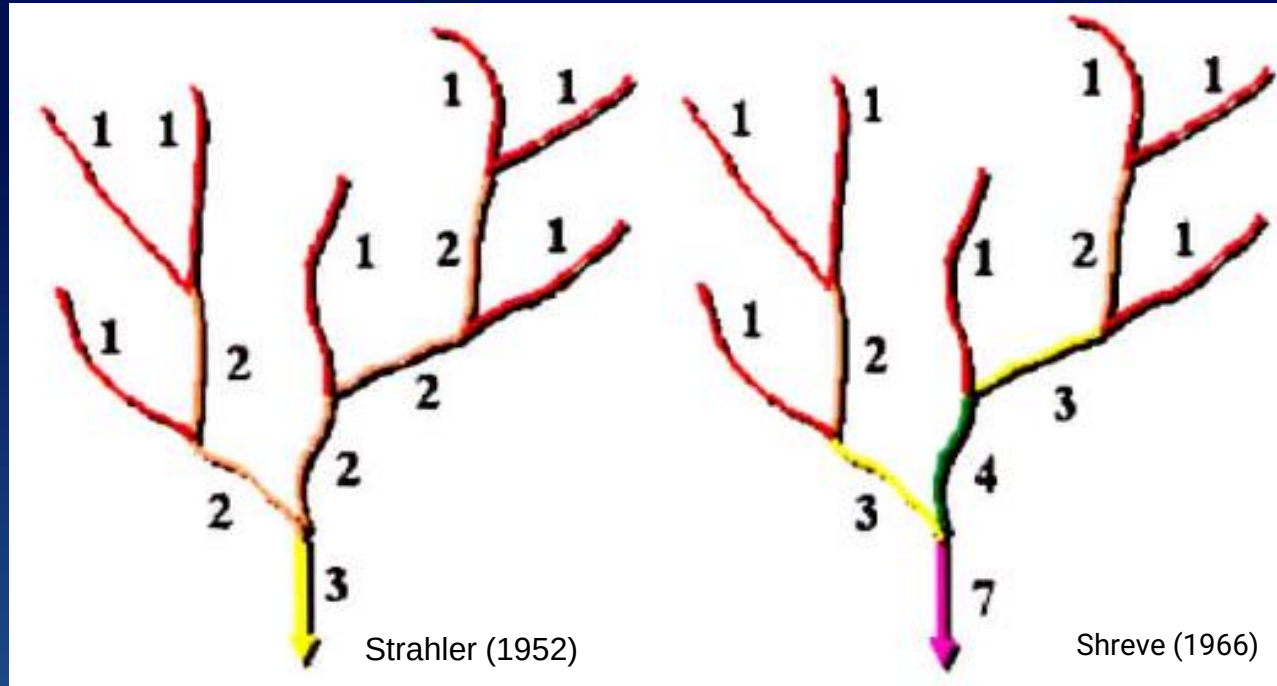
Efêmeros: Ocorrem em períodos torrenciais. (GUERRA, 1993).



CLASSIFICAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E SEUS ELEMENTOS



MORFOMETRIA – Hierarquização Fluvial



QUAL A IMPORTÂNCIA DE UMA BARRAGEM E DE SABER A DISPONIBILIDADE HÍDRICA?



Obra hídrica de grande impacto social, econômico e ambiental

Desenvolvimento da agricultura

Geração de energia

Amortecimento de cheias

Navegação e translação entre as margens

Abastecimento público

A disponibilidade hídrica servirá com um dos parâmetros para viabilizar projetos de obras hídricas na bacia hidrográfica e a quantidade de água a ser gerida.

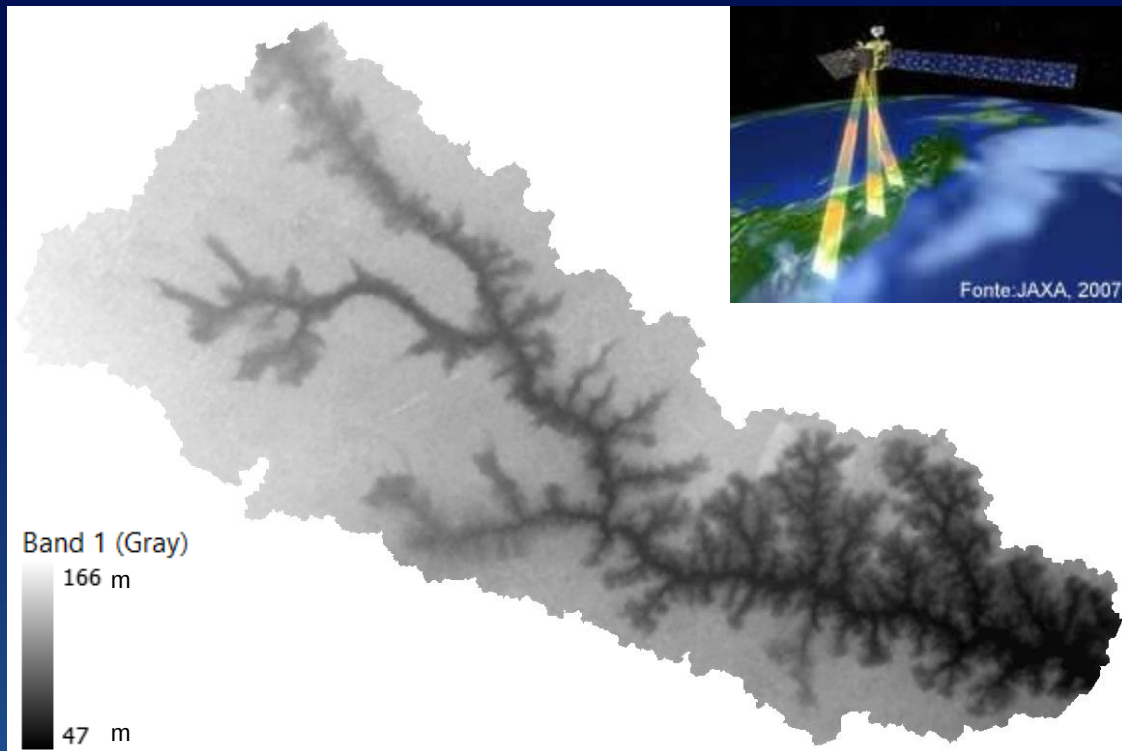


Fonte: Google

GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO ESTUDO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS



MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)



ESTUDO DE CASO – BARRAGEM SÃO SALVADOR (PARAÍBA)



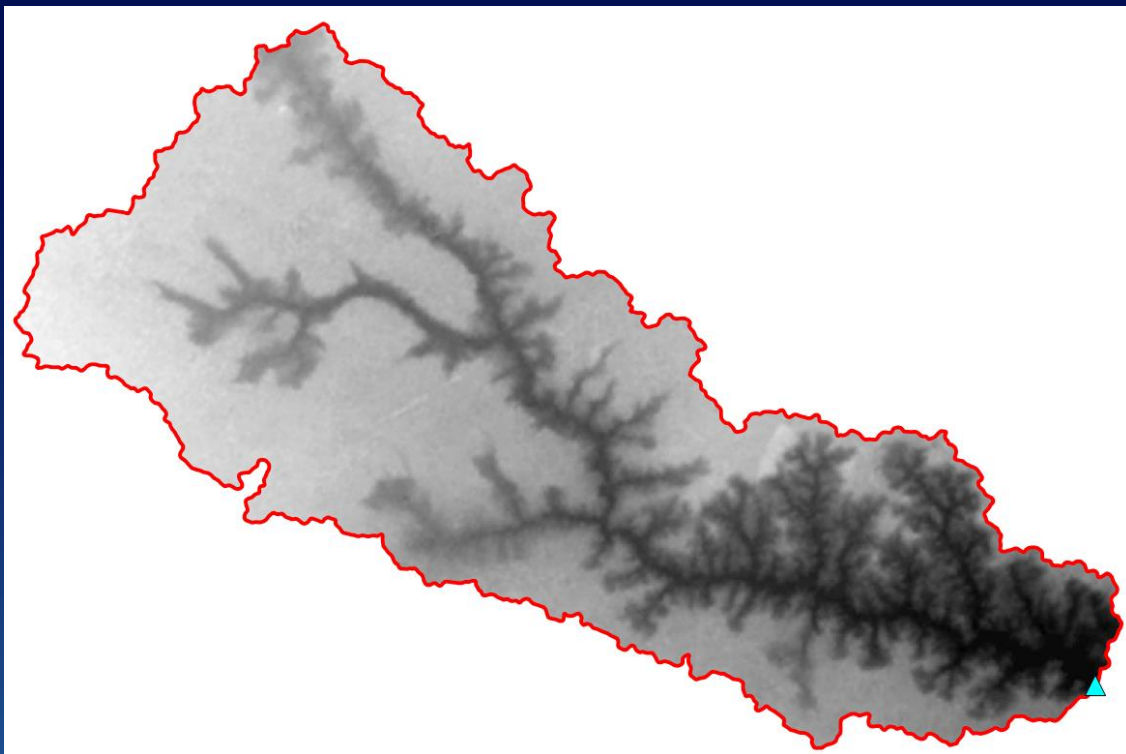
Localização: Município de Sapé - PB



ESTUDO DE CASO – BARRAGEM SÃO SALVADOR (PARAÍBA)



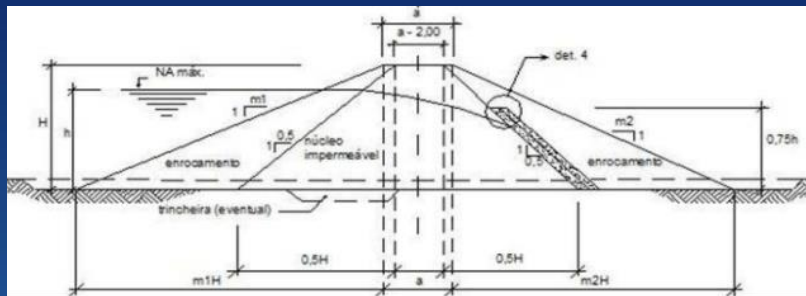
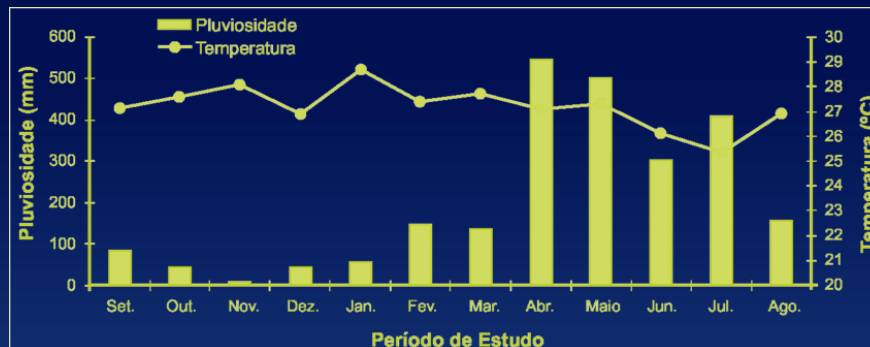
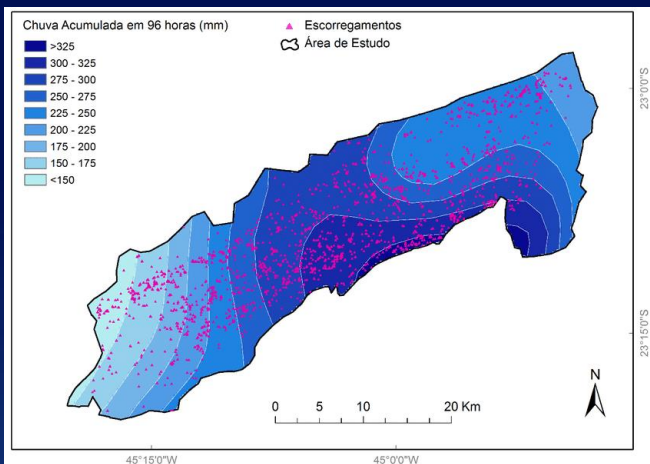
1º Delimitação da Bacia Hidrográfica de Drenagem da Barragem



ESTUDO DE CASO – BARRAGEM SÃO SALVADOR (PARAÍBA)



2º Buscar série histórica de pluviometria e dados da barragem

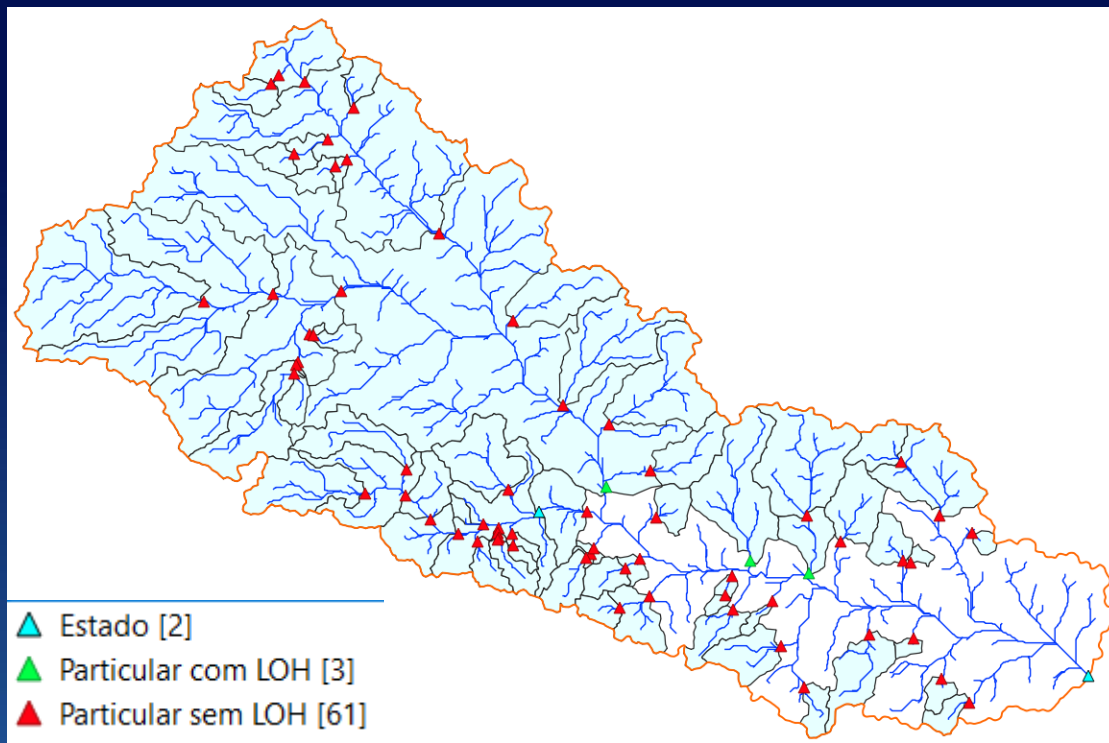


Fonte: Google

ESTUDO DE CASO – BARRAGEM SÃO SALVADOR (PARAÍBA)



3º Identificar barramentos a montante e gerar suas bacias hidrográficas de drenagem



ESTUDO DE CASO – BARRAGEM SÃO SALVADOR (PARAÍBA)



4° Escolher uma metodologia de disponibilidade hídrica – METODO DE AGUIAR (1978)

$$R_{mm} = 28,53 H - 112,95 H^2 + 351,91 H^3 - 118,74 H^4$$

2.1. Cálculo do RUN-OFF (Para $H \leq 1.000$ mm) – Rendimento Pluvial da Bacia

$$R\% = \frac{H^2 - (400H) + 230.000}{55.000}$$

$$R\% = \frac{R_{mm}}{10 H}$$

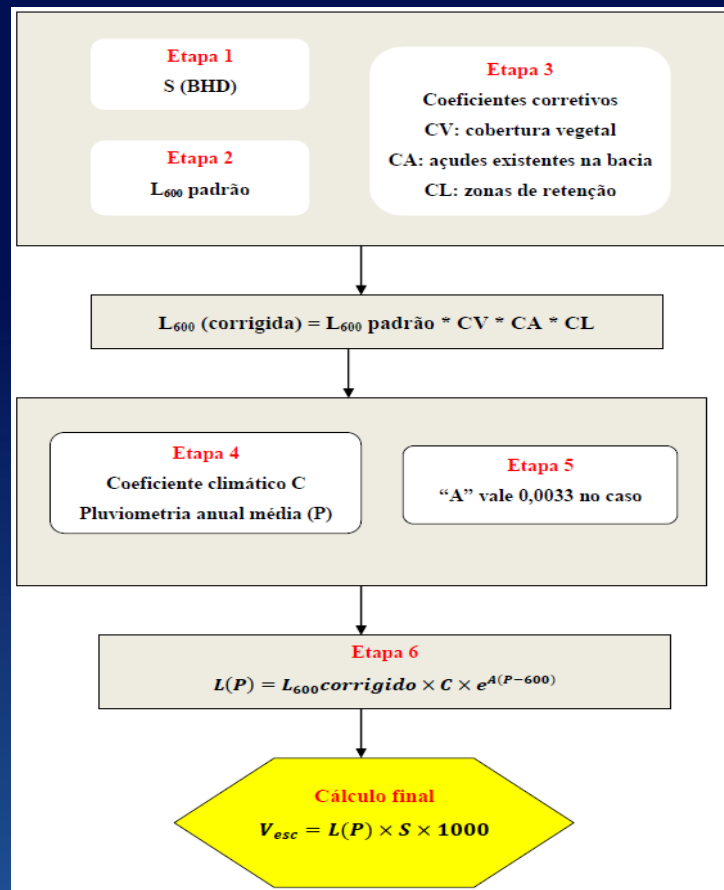
$$V_a = R\% \times H \times U \times A$$

Tipo	Bacia Hidrográfica	U
1	Pequena íngreme e rochosa	1,3 e 1,4
2	Bem acidentada sem depressões evaporativas	1,2
3	Média	1
4	Ligeiramente acidentada	0,8
5	Idem, com depressões evaporativas	0,7
6	Quase plana, terreno argiloso	0,65
7	Idem, terreno variável	0,6
8	Idem, terreno arenoso	0,5

ESTUDO DE CASO – BARRAGEM SÃO SALVADOR (PARAÍBA)



4° Escolher uma metodologia de disponibilidade hídrica –
METODO DE CADIER (1994)



ESTUDO DE CASO – BARRAGEM SÃO SALVADOR (PARAÍBA)



METODO DE CADIER (1994) – Etapa 2

- Quando a BHD contém mais de um TS, deve-se aplicar a fórmula a seguir:

$$L_{600padr\tilde{a}o}(BHD) = \frac{L_{600}(TS1) \times S(TS1) + L_{600}(TS2) \times S(TS2) + \dots + L_{600}(TSn) \times S(TSn)}{S}$$

onde:

- $S(TSi)$ são as superfícies dos diversos tipos de solos que estão situados no interior da BHD;
- S é a superfície total da BHD.

ESTUDO DE CASO – BARRAGEM SÃO SALVADOR (PARAÍBA)



METODO DE CADIER (1994) – Etapa 3

ESTADO DA COBERTURA VEGETAL	SOLOS COM	SOLOS COM
	$20 \text{ mm} < L_{600} < 50 \text{ mm}$	$L_{600} < 20 \text{ mm}$ ou $L_{600} > 50 \text{ mm}$
Extremamente bem conservada (mais de 80% da bacia com caatinga fechada, sem zona de solo nu)	0,5	0,75
Bem conservada (vegetação ou pasto bem conservado)	0,75	0,90
Normal (BHD com 20 a 60% desmatada ou BHD com cobertura vegetal rala)	1,00	1,00
Degradada (BHD com 60% ou mais desmatada)	1,50	1,25
Muito degradada (solos nus e degradados com marcas de erosão acentuadas)	2,00	1,50

Densidade de açudes	Muito forte $> 0,5 \text{ açude/km}^2$	Normal entre 0,25 e 0,50 açude/km ²	Nula
ou Sa/s	$> 0,55$	entre 0,35 e 0,55	0
CA	< 1	1	1,6

Sa é a soma das superfícies das bacias hidrográficas dos açudes de montante e S área total da bacia.

Importância do mecanismo de retenção	Muito elevada	Elevada	Normal	Fraca ou nula
Fator CL	0,8	0,9	1	1,2

ESTUDO DE CASO – BARRAGEM SÃO SALVADOR (PARAÍBA)



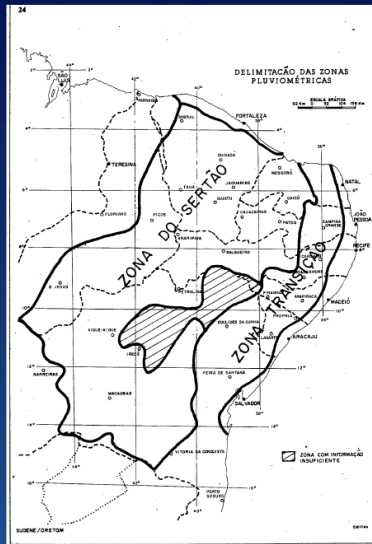
METODO DE CADIER (1994) – Etapa 4

O valor final ou corrigido de L_{600} é calculado pela seguinte fórmula:

$$L_{600} \text{ (corrigida)} = L_{600} \text{ padrão} \times CV \times CA \times CL$$

METODO DE CADIER (1994) – Etapa 5

$$L(P) = L_{600} \text{ corrigido} \times C \times e^{A(P-600)}$$



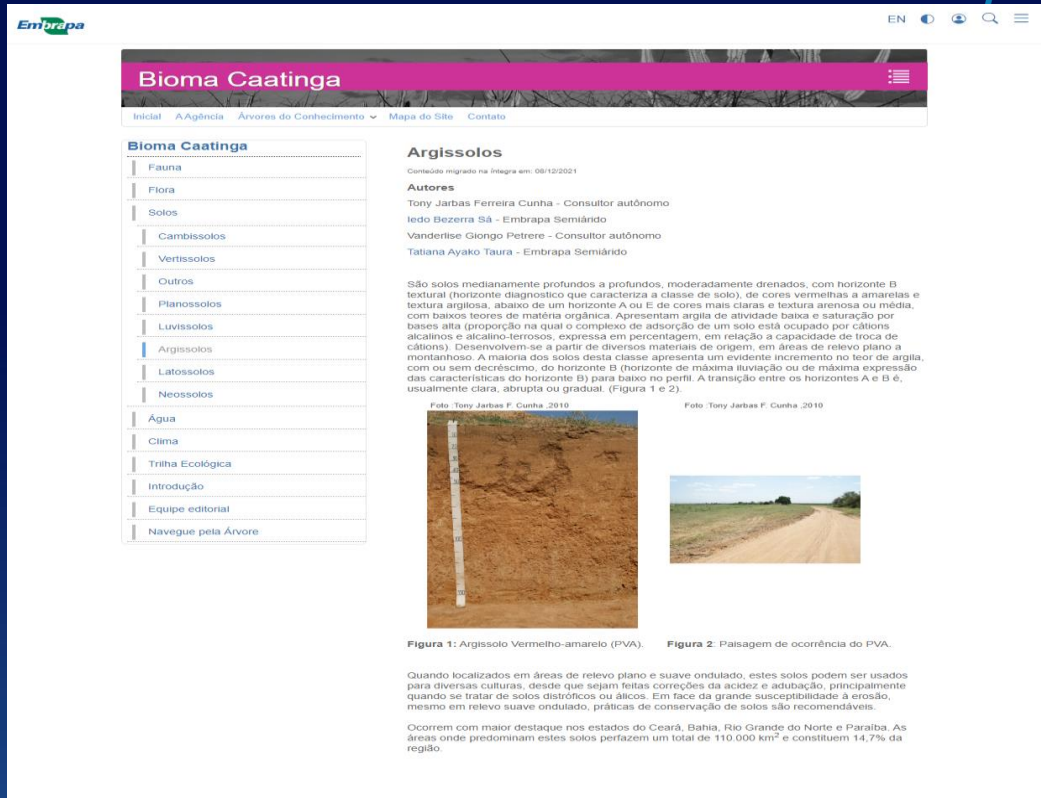
LIMITAÇÕES DOS MODELOS

MÉTODO DE CADIER (1994)

O método de Cadier foi projetado para ser aplicado no semiárido nordestino.

As abstrações com relação aos coeficientes a serem aplicados também são um grande fator limitante do modelo, perdendo bastante em precisão.

Características do solo adotadas pelo modelo são de acordo com classificação antiga adotada pela EMBRAPA, necessitando de uma atualização.



The screenshot displays the Embrapa Bioma Caatinga website. The left sidebar lists various topics under 'Bioma Caatinga', with 'Argissolos' highlighted. The main content area is titled 'Argissolos' and includes a migration notice, authors (Tony Jarbas Ferreira Cunha, Iedo Bezerra Sá, Vandertse Giongo Petreire, and Tatiana Ayako Taura), and a detailed description of the soil type. It mentions that these are medium to deep, moderately drained soils with a B horizon, characterized by red to yellow colors and argillaceous texture. It also notes their occurrence in flat or gently undulating areas and their use for various crops. The text specifies that they are most prominent in the states of Ceará, Bahia, Rio Grande do Norte, and Paraíba, covering a total of 110,000 km² or 14.7% of the region.

Figura 1: Argissolo Vermelho-amarelo (PVA).

Figura 2: Paisagem de ocorrência do PVA.

LIMITAÇÕES DOS MODELOS



MÉTODO DE AGUIAR (1978)

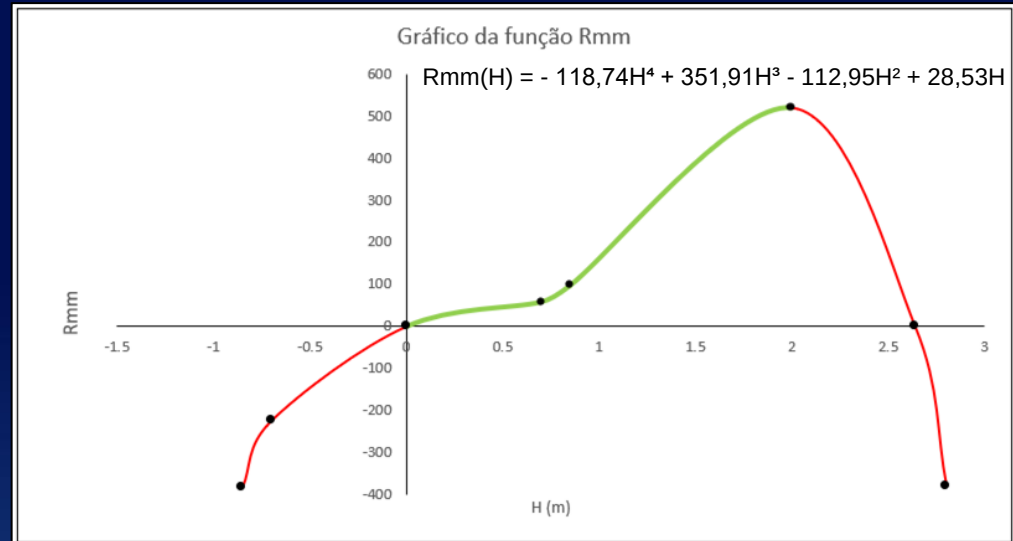
Intervalo positivo do ponto de vista real (0 – 2000 mm)

Fórmula empírica - validade restrita às condições das observações dos dados usados na sua geração

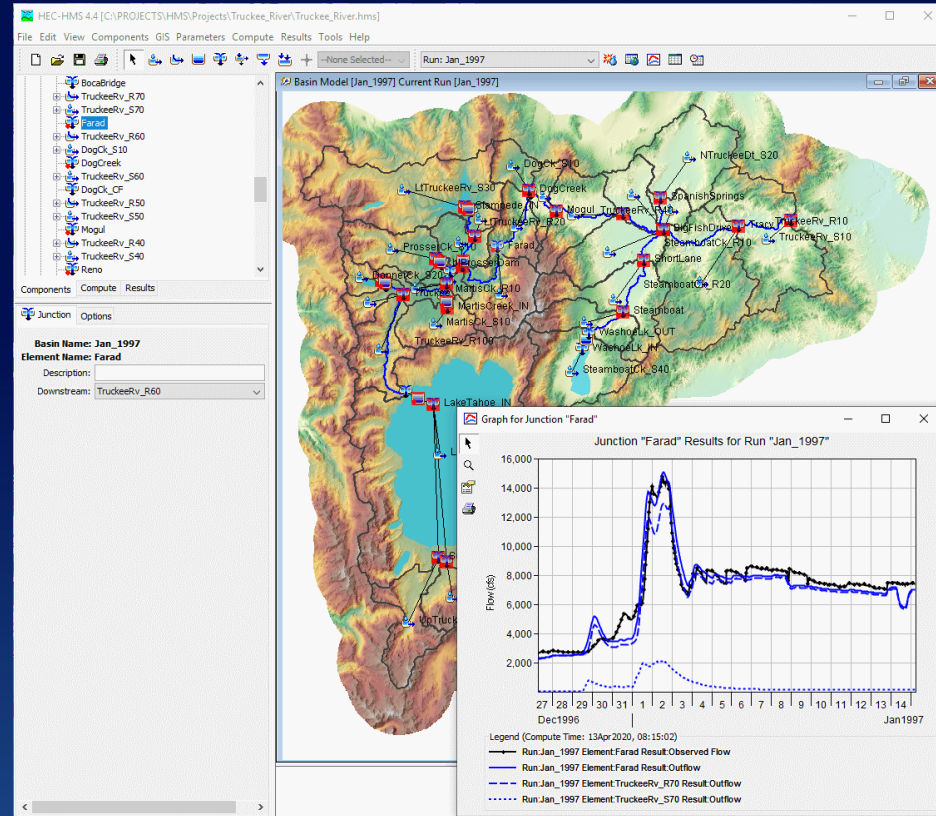
Bacias cristalinas

As lâminas escoadas calculadas pela fórmula de Aguiar não levam a valores destoantes em relações aos valores observados, para bacias com pouca interferência antrópica.

Erros maiores ocorreram em bacias parcialmente sedimentares



O Sistema de Modelagem Hidrológica (HEC-HMS) é projetado para simular os processos hidrológicos completos de sistemas de bacias hidrográficas dendríticas. O software inclui muitos procedimentos tradicionais de análise hidrológica, como infiltração de eventos, hidrogramas unitários e roteamento hidrológico. O HEC-HMS também inclui procedimentos necessários para simulação contínua, incluindo evapotranspiração, derretimento de neve e contabilidade de umidade do solo.

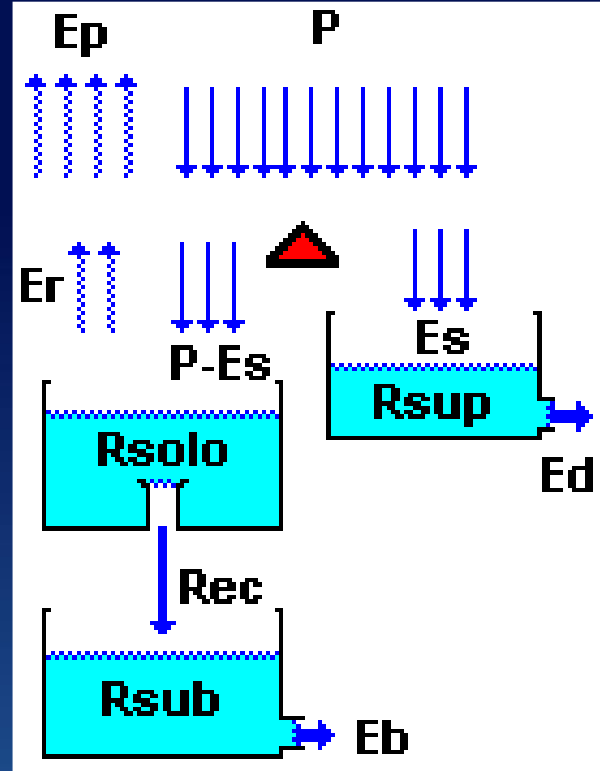


MODELOS CHUVA VAZÃO



SMAP (Procedimento de contabilidade de umidade do solo)

O modelo SMAP é um modelo determinístico de simulação hidrológica do tipo transformação chuva-vazão.

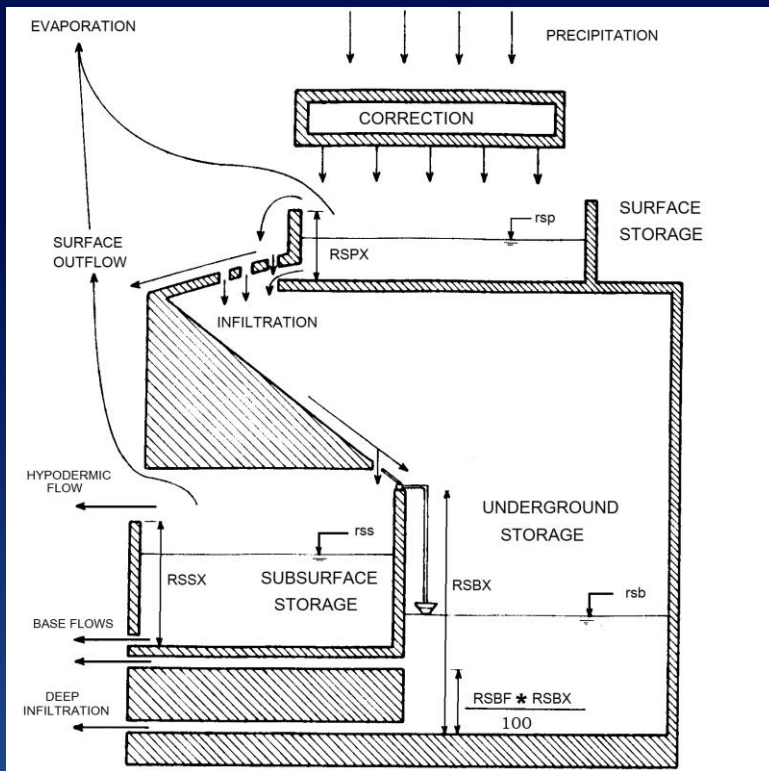


MODELOS CHUVA VAZÃO



MODHAC (Modelo Hidrológico Autocalibrável)

Em resumo, o MODHAC é um modelo hidrológico conceitual, determinístico e concentrado no espaço, pois não considera a variação espacial das características fisiográficas intervenientes no processo de transformação chuva – deflúvio.



FERRAMENTAS UTILIZADAS E TUTORIAIS DO QGIS

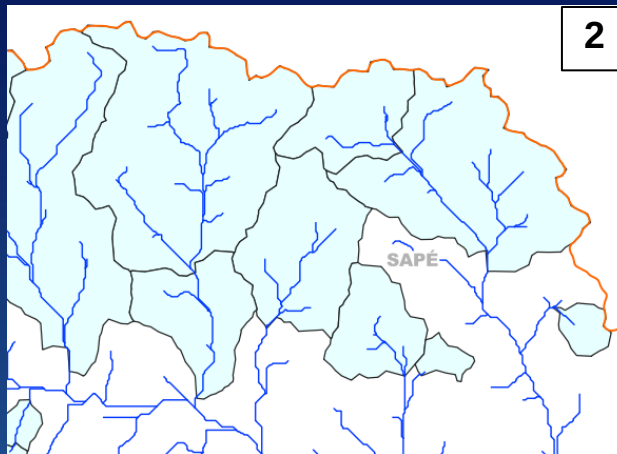
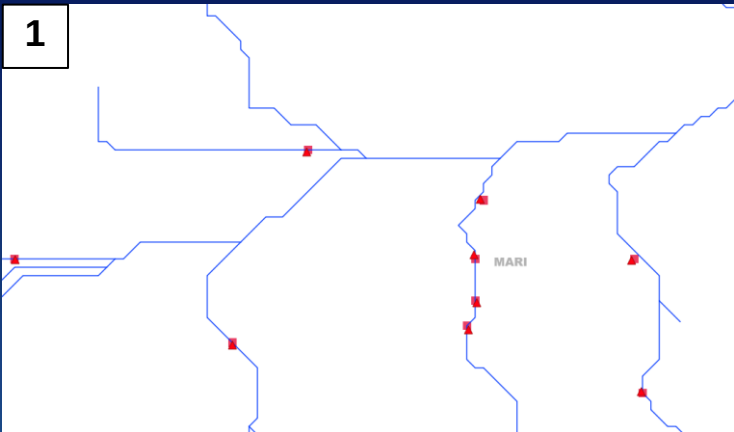


1 - Snap pour points and delineate multiple catchments in QGIS

https://www.youtube.com/watch?v=Hqc_1CMadhA&t=2s

2 - Stream and catchment delineation in QGIS 3

<https://www.youtube.com/watch?v=Ro-RRzMMw-c&t=1582s>



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



CAMPOS, J. N. B.. Dimensionamento de reservatórios. 2. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2005. v. 1. 112p .

LIMA, W. S. G. ; MELO, M. A. R. ; MEDEIROS, L. R. A. ; FERREIRA, E. G. ; VASCONCELOS, GUISEPPE C. . Um estudo de caso da ampliação da barragem benício do amaral - PB.. 01ed.Cabedelo -PB: , 2018, v. 01, p. 267-.

Rosinete Batista dos Santos ; SILVA, G. S. ; Almeida, C. N. ; Celso Augusto Guimarães Santos . Avaliação da disponibilidade hídrica em bacias do semiárido paraibano através do método Cadier. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011, Maceió.

Vieira, V. de P. P. B.; Neto, A. G.. Roteiro para projeto de pequenos açudes. DNOCS. 2ª ed. Fortaleza. 1983.

Cadier, Eric. Hidrologia das Pequenas Bacias do Nordeste Semi-Árido: Transposição Hidrológica. Recife: SUDENE, DPG. PRN. M E , 1994.

Molle, François; Cadier Eric. Manual do pequeno açude. Recife, SUDENE-DPG-PRN-DPP-APR, 1992.

USACE. HEC-HMS. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>

Obrigado pela participação!



JOÃO PEDRO CHAVES DA SILVA RODRIGUES

Gerente Executivo de Operações de Mananciais – GEOM AESA

joaopedro@aes.a.pb.gov.br



BRUNO JOSÉ DE MACEDO SILVA LEITE

Técnico em geoprocessamento – GEOM AESA

bruno@aes.a.pb.gov.br

<https://www.linkedin.com/in/bruno-j-macedo-428ba5128>