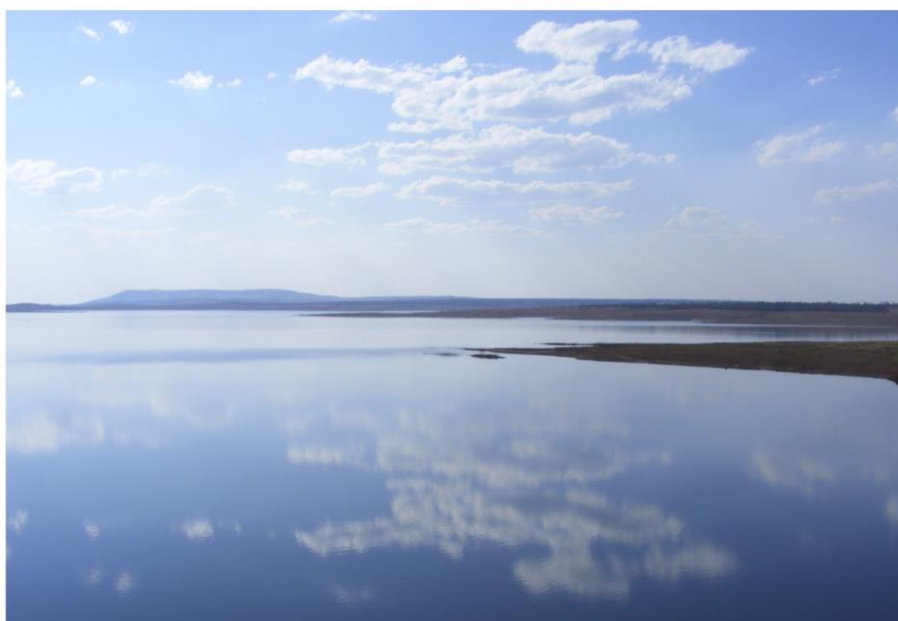




# FORMAÇÃO EM HIDROLOGIA



## MÓDULO DE FORMAÇÃO 1 HIDROLOGIA E TRATAMENTO DE DADOS RELATÓRIO FINAL

NOVEMBRO 2020





**MINISTÉRIO DO AMBIENTE**  
**GABINETE DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS**

**FORMAÇÃO EM HIDROLOGIA**

**MÓDULO DE FORMAÇÃO 1 – HIDROLOGIA E TRATAMENTO DE DADOS**

**RELATÓRIO FINAL**

|                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Documento nº</b> 40484FHID | <b>Data:</b> 19 Novembro 2020 |
|-------------------------------|-------------------------------|

|                   | <b>Nome</b>   | <b>Função</b>  | <b>Assinatura</b>  |
|-------------------|---|--|--|
| <b>Elaborado</b>  | Estrela do Rosário<br>Mariana Correia<br>João Delgado | Coordenadora do Módulo 1 e Formadora no Módulo 1<br>Chefe do Projeto e Formadora no Módulo 1<br>Formador no Módulo 1 | <i>Estrela do Rosário</i><br><i>Mariana Correia</i><br><i>João Delgado</i> |
| <b>Verificado</b> | Estrela do Rosário<br>Mariana Correia<br>João Delgado | Coordenadora do Módulo 1 e Formadora no Módulo 1<br>Chefe do Projeto e Formadora no Módulo 1<br>Formador no Módulo 1 | <i>Estrela do Rosário</i><br><i>Mariana Correia</i><br><i>João Delgado</i> |
| <b>Aprovado</b>   | Estrela do Rosário                                    | Coordenadora do Módulo 1 e Formadora no Módulo 1   | <i>Estrela do Rosário</i>  |

**Registo de Revisões:**

| <b>Revisão</b> | <b>Data</b> | <b>Elaborado</b> | <b>Verificado</b> | <b>Aprovado</b> | <b>Descrição</b> |
|----------------|-------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|
|                |             |                  |                   |                 |                  |



**MINISTÉRIO DO AMBIENTE  
GABINETE DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS**

**FORMAÇÃO EM HIDROLOGIA**

**MÓDULO DE FORMAÇÃO 1 – HIDROLOGIA E TRATAMENTO DE DADOS**

**RELATÓRIO FINAL**

**ÍNDICE**

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>MATERIAIS FORNECIDOS .....</b>   | <b>3</b> |
| <b>3</b> | <b>PROGRAMA E CONTEÚDOS DESENVOLVIDOS NAS AULAS .....</b>   | <b>5</b> |
| 3.1      | PROGRAMA .....  | 5        |
| 3.2      | SUB-MÓDULO 1 – FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA.....   | 7        |
| 3.2.1    | Ciclo Hidrológico e balanço hídrico .....   | 7        |
| 3.2.2    | Bacia hidrográfica.....   | 7        |
| 3.2.3    | Precipitação.....   | 8        |
| 3.2.4    | Evaporação e evapotranspiração .....  | 8        |
| 3.2.5    | Solo, água no solo e uso do solo.....   | 9        |
| 3.2.6    | Escoamento superficial e subterrâneo .....  | 9        |
| 3.3      | SUB-MÓDULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DE FENÓMENOS EXTREMOS.....  | 9        |
| 3.3.1    | Estudo estatístico de cheias .....  | 9        |
| 3.3.2    | Métodos precipitação-escoamento.....  | 10       |
| 3.3.3    | Caracterização de secas .....   | 11       |
| 3.3.4    | Caracterização da erosão laminar.....   | 11       |
| 3.4      | SUB-MÓDULO 3 - TRATAMENTO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO, DE ALTURAS HIDROMÉTRICAS E CAUDAIS. DADOS DE SATÉLITE E COMPARAÇÃO COM DADOS TERRESTRES ..... | 12       |
| 3.4.1    | Instrumentos de recolha de dados .....  | 12       |
| 3.4.2    | Tratamento de dados de precipitação (rede terrestre nacional meteorológica e climatológica).....  | 14       |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.4.3    | Tratamento de dados de alturas hidrométricas e de caudais.....                | 16        |
| 3.4.4    | Dados de satélite.....  | 18        |
| 3.5      | SUB-MÓDULO 4 – MODELO HEC-HMS .....   | 20        |
| <b>4</b> | <b>FORMANDOS INSCRITOS E PRESENCAS.....</b>                                   | <b>23</b> |
| <b>5</b> | <b>AFERIÇÃO DA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTOS E COMPETÊNCIAS .....</b>            | <b>25</b> |
| <b>6</b> | <b>AVALIAÇÃO PELOS FORMANDOS DAS ACTIVIDADES DO MÓDULO DE FORMAÇÃO 1.....</b> | <b>27</b> |
| <b>7</b> | <b>EQUIPA DE FORMADORES. RESUMO DOS CURRICULUM VITAE.....</b>                 | <b>31</b> |

ANEXO 1 – TESTE DE AFERIÇÃO DOS CONHECIMENTOS E COMPETÊNCIAS

ANEXO 2 – FICHA DE AVALIAÇÃO DO MÓDULO DE FORMAÇÃO 1

### LISTA DE QUADROS

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Quadro 3.1 | – Programa do Módulo de Formação 1 – Hidrologia e Tratamento de Dados..... | 5  |
| Quadro 4.1 | – Lista de formandos e presenças registadas .....                          | 23 |
| Quadro 6.1 | – Resumo das respostas à ficha de avaliação da Formação – Módulo 1.....    | 27 |

### LISTA DE FIGURAS

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Figura 3.1  | – Método dos polígonos de Thiessen. Postos udométricos e pesos das suas áreas de influência para cálculo da precipitação anual ponderada na bacia hidrográfica do rio Calai em Chissola..... | 9  |
| Figura 3.2  | - Hidrograma de cheia obtido da convolução do Hidrograma unitário de duração D com um Hietograma da precipitação útil .....  | 11 |
| Figura 3.3  | – Hietogramas de projecto para Luanda e período de retorno de 10 anos. Precipitação total e precipitação útil .....  | 11 |
| Figura 3.4  | – Exemplo de cálculo da evaporação real em albufeiras .....  | 13 |
| Figura 3.5  | - Exemplo esquemático. Pontos medidos numa secção transversal de uma linha de água .....   | 13 |
| Figura 3.6  | - Exemplo esquemático: Perfil de velocidade da secção VI indicada na figura anterior.....  | 13 |
| Figura 3.7  | - Tratamento de dados. Curvas de vazão de uma estação hidrométrica .....   | 14 |
| Figura 3.8  | – Precipitação anual registada na estação meteorológica de Luanda (média móvel de 5 anos) .....  | 15 |
| Figura 3.9  | – Ensaio de valores duplamente acumulados .....  | 15 |
| Figura 3.10 | – 26º Exercício – Análise de sensibilidade de curvas de vazão. (a) curvas de vazão; (b) série histórica do caudal médio diário .....   | 17 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 3.11 – Curva de duração média anual do caudal médio diário.....  | 17 |
| Figura 3.12 – Correlação e comparação das séries históricas de caudal entre duas estações hidrométricas na mesma bacia hidrográfica. Comparação entre utilização de dados médios diários e dados médios mensais ..... | 18 |
| Figura 3.13 - Satélites que compõem a missão GPM.....   | 19 |
| Figura 3.14 - Exemplo. Relação entre precipitação mensal obtida de satélite e a precipitação de uma estação udométrica.....   | 19 |
| Figura 3.15 - Hidrograma de cheia para T= 100 anos ( <i>output</i> directo do HEC-HMS) .....  | 22 |
| Figura 3.16 - Hidrogramas de cheias para T= 100, 200, 500, 1000, 2000 e 5000 anos.....  | 22 |
| Figura 5.1 – Número de testes entregues, parte teórica e prática .....  | 26 |
| Figura 5.2 – Resultados do Teste .....  | 26 |
| Figura 6.1 – Resumo das respostas dadas às fichas de avaliação da Formação – Módulo 1 .....   | 28 |





## 1 INTRODUÇÃO

O **Gabinete de Alterações Climáticas do Ministério do Ambiente da República de Angola**, adjudicou à COBA Portugal e à COBA Angola o desenvolvimento da “**Formação em Hidrologia**”, que visa capacitar os quadros técnicos do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INAMET), do Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INRH) e do Gabinete para Administração das Bacias Hidrográficas do Cunene, Cubango e Cuvelai (GABHIC) em áreas de interesse relacionadas com a Hidrologia, Gestão de Recursos Hídricos e Obras Hidráulicas, para fortalecimento das capacidades para acesso e utilização de dados meteorológicos e hidrológicos disponíveis a nível nacional e internacional e sua integração com dados colectados localmente para a análise e previsão do tempo e de riscos de desastres.

A pedido do PNUD e das instituições angolanas envolvidas no Projecto, INAMET, INRH e GABHIC, devido à situação criada pela pandemia da covid 19, o Módulo de Formação 1 foi realizado por videoconferência pela plataforma Teams, prevendo-se que os restantes módulos de formação também se realizem do mesmo modo.

Esta situação obrigou a reorganizar alguns conteúdos das aulas do Módulo de Formação 1, nomeadamente da parte prática, com vista à realização das aulas por videoconferência. A parte teórica foi apresentada em PowerPoint e a parte prática foi apresentada por meio de ficheiros de exercícios em Excel que foram resolvidos durante as aulas em folhas Excel partilhadas, por forma a substituir o quadro de uma aula presencial. Estes exercícios procuraram abordar e consolidar os conteúdos dados na parte teórica e melhorar as competências práticas.

As aulas do Módulo de Formação 1 foram gravadas e após cada aula foram enviados a todos os formandos os PowerPoint e os exercícios de Excel dados na aula, bem como a aula vídeo gravada.

O presente relatório compreende a síntese da informação relevante respeitante ao Módulo de Formação 1, em particular, os objectivos e os conteúdos específicos da formação, a aferição dos conhecimentos e competências adquiridos pelos formandos e a avaliação pelos formandos das condições de realização da formação no que diz respeito ao conteúdo da formação e condições da sua implementação por videoconferência.



## 2 MATERIAIS FORNECIDOS

Para acompanhamento e aprendizagem dos conteúdos das aulas foram fornecidos diversos materiais didácticos listados em baixo, com destaque para o livro Hidrologia e Recursos Hídricos, dos autores João Reis Hipólito e Álvaro Carmo Vaz, que trata de forma profunda e rigorosa a física dos fenómenos hidrológicos e abrange as principais questões actualmente colocadas pela hidrologia e recursos hídricos.

- Hipólito, J.R. & Vaz, A. C. 2011 – Hidrologia e Recursos Hídricos, Instituto Superior Técnico, Lisboa (enviado pela Abreu Carga e Trânsitos);
- Decreto Presencial nº 59 de 2011 (em pdf);
- Ficheiro executável do Modelo HEC-HMS;
- Manual do Modelo HEC-HMS (em pdf);
- Slides de PowerPoint com os conteúdos teóricos das aulas (em PowerPoint);
- Vídeos de todas as aulas;
- Ficheiros com os exercícios práticos das aulas (em Excel);
- Indicações de como converter um ficheiro .csv ou .txt em formato trabalhável em Excel (em word);
- Artigo sobre estabilidade de secções de estações hidrométricas (em PDF).

A componente logística para acesso por videoconferência pela plataforma Teams dos formandos e dos formadores às aulas esteve a cargo da COBA Portugal e da COBA Angola. Foram disponibilizados aos formandos, consoante as necessidades identificadas por cada Instituição, pacotes de dados de internet para carregamento de routers existentes, pens + dados de internet e um router + carregamento de dados para acesso à Internet.

Foi igualmente criada por formando, previamente às aulas, uma conta Microsoft para acesso à aplicação Teams, a qual permite acesso a um grupo específico de formandos e formadores, por Módulo, assim como às videoconferências pela plataforma Teams. Foi prestado apoio informático, pela Secção Informática da COBA Portugal, a todos os formandos que o solicitaram. Tendo em consideração que nem todos os formandos conseguiram efectuar o login com a conta Microsoft, optou-se pela utilização de link directo enviado por email, para cada um dos dias de formação, para acesso à videoconferência.

Com o objectivo de se criar mais um canal de comunicação e desta forma agilizar ainda mais a mesma, foi adquirido um telemóvel específico para o projecto e criado um grupo de whatsapp.



### 3 PROGRAMA E CONTEÚDOS DESENVOLVIDOS NAS AULAS

#### 3.1 PROGRAMA

Este módulo de formação visou de forma geral fornecer aos formandos os Fundamentos da Hidrologia e a Caracterização dos Fenómenos Extremos e promover a aplicação prática dos conhecimentos teóricos adquiridos pela realização de exercícios em Excel em todas as aulas teóricas. Nas últimas semanas de aulas foi reforçada a componente prática da formação, sendo fornecidas e exemplificadas técnicas de tratamento dos dados recolhidos do campo e explicado as componentes do modelo de evento precipitação-escoamento HEC-HMS com aplicação a uma bacia hidrográfica para cálculo de hidrogramas de cheias.

No Quadro 3.1 apresenta-se o Programa do Módulo de Formação 1, com indicação do dia de realização de cada aula, durações estimadas para a parte teórica e prática e o formador da aula.

**Quadro 3.1 – Programa do Módulo de Formação 1 – Hidrologia e Tratamento de Dados**

| Programa   | Dia/mês | Teóricas | Práticas | Formador           |
|--|---------|----------|----------|--------------------|
| <b>1ª semana:</b>  |         |          |          |                    |
| <b>Ciclo hidrológico e balanço hídrico</b>   | 28/set  | 2,5 h    | 0,5 h    | Estrela do Rosário |
| <b>Bacia hidrográfica</b><br>Caracterização morfométrica. Indicadores habitualmente utilizados   | 29/set  | 2 h      | 1 h      |                    |
|  | 30/set  | 1 h      | 2 h      |                    |
| <b>Precipitação e análise estatística</b><br>Medição da precipitação, precipitação em áreas, variáveis aleatórias, frequências relativas e acumuladas e estatísticas amostrais   | 01/out  | 1,5 h    | 1,5 h    |                    |
|  | 02/out  | 1,5 h    | 1,5 h    |                    |
| <b>2ª semana:</b>  |         |          |          |                    |
| <b>Precipitação e análise estatística</b><br>Ajustamento de modelos de distribuição às séries hidrológicas, testes de ajustamento ( $\chi^2$ ), correlação e regressão linear  | 06/out  | 1 h      | 2 h      | Estrela do Rosário |
|  | 07/out  | 1 h      | 2 h      |                    |
| <b>Evaporação e evapotranspiração</b>  | 08/out  | 2,5      | 0,5      |                    |
| <b>Solos, água no solo e coberto vegetal</b>   | 09/out  | 1 h      | 2 h      |                    |
| <b>3ª semana:</b>  |         |          |          |                    |
| <b>Solos, água no solo e coberto vegetal</b>   | 12/out  | 2 h      | 1 h      | Estrela do Rosário |
| <b>Escoamento superficial</b>  | 13/out  | 2 h      | 1 h      |                    |
| <b>Caracterização e modelos de cálculo de cheias</b><br>Fórmula racional, hidrograma unitário de duração D, equação da convolução, hidrograma unitário sintético e hidrograma de precipitação de projecto (período de retorno) | 14/out  | 1 h      | 2 h      |                    |
|  | 15/out  | 1 h      | 2 h      |                    |
| <b>Caracterização de secas</b>   | 16/out  | 0,5 h    | 1 h      |                    |

| Programa  | Dia/mês | Teóricas | Práticas | Formador        |
|---|---------|----------|----------|-----------------|
| <b>Erosão do solo e transporte de sedimentos</b>  |         | 1 h      | 0,5 h    |                 |
| <b>4ª semana:</b>   |         |          |          |                 |
| <b>Instrumentos de recolha de dados hidrológicos e trabalho de campo</b><br>Definições; recolha de dados de precipitação; recolha de dados de evaporação e recolha de dados de escoamento.  | 19/out  | 2,5 h    | 0,5 h    | João Delgado    |
| <b>Tratamento de dados de precipitação (rede terrestre nacional meteorológica e climatológica)</b><br>Conceito de séries hidrológicas; séries hidrológicas – homogeneidade e consistência; séries hidrológicas – persistência e aleatoriedade; métodos de preenchimento de falhas dos registos de precipitação.                         | 20/out  | 1,0 h    | 2,0 h    | Mariana Correia |
| <b>Tratamento de dados de alturas hidrométricas e de caudais</b><br>Revisão sobre curvas de vazão, Definições, Escoamento – Situação em Angola, Pré-tratamento dos dados, curvas de duração de caudal, análise de escoamentos diários, mensais e anuais, preenchimento de falhas.   | 21/out  | 0,5 h    | 2,5 h    | João Delgado    |
|   | 22/out  | 0,5 h    | 2,5 h    |                 |
| <b>Modelo HEC-HMS</b><br>Apresentação e potencialidades do modelo. Exemplos de aplicação do modelo hidrológico. Modelos implementados no programa (perdas de precipitação, transformação da precipitação efectiva em escoamento directo em condições de cheia. Precipitação efectiva de projecto. Hidrograma unitário sintético do SCS. | 23/out  | 2,5 h    | 0,5 h    | Mariana Correia |
| <b>5ª semana:</b>   |         |          |          |                 |
| <b>Modelo HEC-HMS</b><br>Aplicação prática – Exercício 1 ( <i>n.º 30 no geral</i> ). Rio Cambumba. T=100 anos   | 26/out  | 3,0 h    | -        | Mariana Correia |
|   | 27/out  | 3,0 h    | -        |                 |
| <b>Modelo HEC-HMS</b><br>Aplicação prática – Exercício 2 ( <i>n.º 31 no geral</i> ). Rio Cambumba. T=100 anos, considerando, no futuro, um cenário de impermeabilização de uma parte da bacia hidrográfica.   | 28/out  | 3,0 h    | -        |                 |
| <b>Modelo HEC-HMS</b><br>Aplicação prática – Exercício 3 ( <i>n.º 32 no geral</i> ). Rio Cambumba. Vários períodos de retorno.  | 29/out  | 3,0 h    | -        |                 |
| <b>Dados de Satélite e comparação com dados da rede terrestre.</b><br>Tipos de sistemas de aquisição de dados de precipitação. Bases de dados globais. Comparação de dados de precipitação de satélite e dados terrestres.  | 30/out  | 3,0 h    | -        | João Delgado    |

| Programa  | Dia/mês | Teóricas | Práticas | Formador  |
|---|---------|----------|----------|---|
| <b>6ª semana: 2 a 6 de Novembro: período para os formandos realizarem o Teste e a Ficha de Avaliação do Módulo 1.</b> |         |          |          |   |
| <b>No dia 6 de Novembro realizou-se a última aula com as seguintes actividades:</b>                                   |         |          |          |   |
| Correcção do teste.<br>Esclarecimento de dúvidas.<br>Partilha de experiências relativas ao Módulo 1.                  |         |          |          | Estrela do Rosário<br>Mariana Correia<br>João Delgado |

**Duração total do Módulo de Formação 1:** 25 dias úteis

## 3.2 SUB-MÓDULO 1 – FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA

### 3.2.1 Ciclo Hidrológico e balanço hídrico

O Sub-Módulo 1 iniciou-se com a definição dos conceitos hidrologia e ciclo hidrológico. Foram descritas as diversas componentes do ciclo hidrológico que no decurso da Formação do Módulo 1 foram definidas, analisadas e avaliadas quantitativamente:

- Precipitação de água (no estado líquido e sólido) sobre a superfície da terra;
- Evaporação de água das superfícies dos oceanos, das linhas de água e dos lagos;
- Evapotranspiração da água do solo e da água interceptada e transpirada pela vegetação que reveste o solo;
- A interceptação pelo coberto vegetal e retenção da água em depressões e infiltração da água a partir da superfície do solo;
- Escoamento superficial sobre o terreno e nas linhas de água e escoamento subsuperficial e subterrâneo nas camadas superficiais e profundas do subsolo.

A equação do balanço hídrico que considera todas as componentes do ciclo hidrológico permite quantificar para uma dada região e um dado período de tempo a quantidade de água que circula no ciclo hidrológico. Foram apresentadas tabelas com os balanços hídricos médios anuais aplicados ao nosso planeta e aos continentes.

### 3.2.2 Bacia hidrográfica

Este tema iniciou-se pela introdução do conceito de bacia hidrográfica e de exutório da bacia hidrográfica. Foram definidos os critérios para traçado do limite ou contorno de uma bacia hidrográfica a partir de base cartográfica e foi apresentado um exercício prático aos formandos. No seguimento, foram explanados os seguintes indicadores morfométricos tipicamente utilizados para a caracterização das bacias hidrográficas:

- Características geométricas da bacia hidrográfica (área, perímetro, índice de compacidade de Gravelius, factor de forma, rectângulo equivalente e índice de alongamento);
- Características da rede de drenagem da bacia hidrográfica (densidade de drenagem, ordem das linhas de água, razão de bifurcação);
- Características de relevo da bacia hidrográfica (curva hipsométrica, altitude média, altura média, perfil e declive da linha de água principal, declive da bacia hidrográfica).

A formação prática para o cálculo dos diversos indicadores foi dada através do 2º Exercício - Caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica (em Excel), tendo-se considerado a bacia hidrográfica do rio Calai, definida pela secção de confluência do rio Culele.

### 3.2.3 Precipitação

No âmbito da análise da precipitação foi introduzido o conceito de precipitação e da sua variabilidade no espaço e tempo e mostrada a importância da sua medição em vários locais e ao longo de anos. Foram identificados os aparelhos de medição e registo da precipitação num dado local (udómetros e udógrafos) e explicados os métodos para cálculo da precipitação média (anual, mensal, diária, horária ou outras durações) ponderada na área de uma dada bacia hidrográfica (Thiessen, Isoietas e Inverso da distância) a partir das medições locais.

As aulas seguintes sobre precipitação tiveram como objectivo capacitar os formandos em estatística aplicada à hidrologia, com a introdução dos conceitos de série hidrológica temporal como amostra de uma variável aleatória hidrológica, com foco nos seguintes itens:

- Definição dos conceitos de funções de frequência absoluta, frequência relativa e frequência acumulada e de probabilidade de uma variável aleatória com base numa amostra. A exemplificação foi efectuada através do 3º Exercício – Determinação da função da frequência relativa e da função de frequência acumulada e desenho dos gráficos das funções de frequência relativa e acumulada para a série de precipitação anual do posto udométrico de Rio Chipia;
- Definição das estatísticas amostrais e exemplificação do seu cálculo através do 4º Exercício – Caracterização estatística da série da precipitação anual do posto udométrico de Rio Chipia pela utilização das estatísticas amostrais, aplicando a formulação teórica dada na aula e as fórmulas disponíveis no Excel;
- Definição das funções de densidade e de distribuição de probabilidade aplicáveis às diferentes variáveis hidrológicas, definição dos parâmetros das distribuições e avaliação do ajustamento dos modelos de distribuição de probabilidade à amostra. A exemplificação foi efectuada através do 5º Exercício – Selecção do modelo de ajustamento de uma distribuição de probabilidade (distribuição Normal, Gama ou Gumbel) à série da precipitação anual do posto udométrico de Rio Chipia pela aplicação do teste do  $\chi^2$  e do teste de Kolmogorov-Smirnov;
- Previsão da precipitação anual associada a diversas probabilidades e períodos de retorno pela aplicação da distribuição Normal, depois de verificar que foi a que melhor se ajustou à amostra da precipitação anual em Rio Chipia;
- Procedimentos para o preenchimento de falhas nos registos de precipitação, com destaque para a correlação entre variáveis aleatórias e a recta de regressão. A exemplificação foi efectuada através do 6º Exercício – Determinação do coeficiente de correlação e a recta de regressão da série de precipitação anual de Vila Verde sobre a de Rio Chipia pelo mínimos quadrados.

A análise da qualidade e tratamento dos dados de precipitação foi programada para as aulas práticas do Módulo de Formação 1.

### 3.2.4 Evaporação e evapotranspiração

No âmbito da análise da evaporação e da evapotranspiração foram introduzidos os seus conceitos e apresentados os modelos mais indicados para determinação dos respectivos fluxos de vapor de água para a atmosfera: método de Penman e de Penman-Monteith da FAO. Foram expostos os evaporímetros de tina ou de tanque e os atmómetros para medição da evaporação e os lisímetros para cálculo da evapotranspiração por balanço hídrico.



### 3.2.5 Solo, água no solo e uso do solo

No âmbito desta temática foram definidos os diversos conceitos envolvidos (solo e água no solo: infiltração e escoamento na zona não saturada e saturada do solo e coberto do solo). Tipos de solos (classificação de solos da ISSS e da USDA). Movimento da água no solo e infiltração. Modelo de infiltração proposto por Green-Ampt e modelo de cálculo das perdas de água numa bacia hidrográfica proposta pelo SCS (Soil Conservation Service).

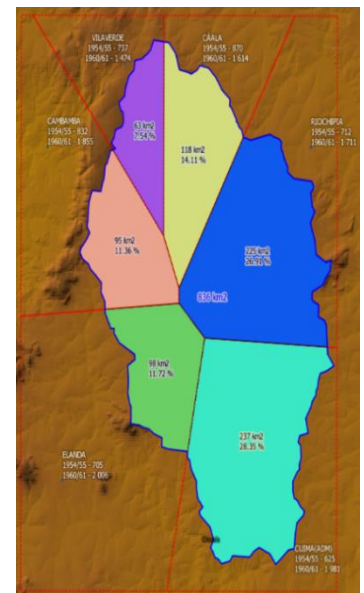
A exemplificação foi efectuada através do 7º Exercício – Determinação das perdas de água (intercepção na vegetação, retenção em depressões e infiltração) numa bacia hidrográfica durante um evento de precipitação pelo método do SCS.

### 3.2.6 Escoamento superficial e subterrâneo

Definição dos conceitos gerais e processos de escoamento. Descrição dos procedimentos para a medição indirecta do escoamento superficial através da medição do nível de água na secção transversal das estações hidrométricas e cálculo do caudal através das curvas de vazão. O 8º Exercício – faz a exemplificação dos procedimentos para a determinação do caudal escoado na secção transversal, com base nas medições de campo das profundidades e das velocidades médias em áreas elementares de uma secção transversal da linha de água e para a determinação da curva de vazão a partir de um conjunto de pares de valores do caudal e da altura do escoamento, por ajustamento de uma função matemática do tipo:  $Q=a(h-h_0)^b$ .

Para a caracterização estatística da série do escoamento superficial anual procedeu-se no 8º Exercício ao ajustamento de uma função distribuição (Normal e Gumbel) à série de escoamentos anuais em Jamba-la-Oma, no período de anos hidrológicos de 1939/40 a 1973/74, com aplicação do teste do  $\chi^2$ . A previsão do escoamento anual associado a diversas probabilidades e períodos de retorno foi efectuada pela aplicação da distribuição Gumbel, a que melhor se ajustou à amostra de escoamentos anuais em Jamba-la-Oma.

Foram apresentados modelos matemáticos precipitação-escoamento, de regressão e o modelo de Turc. A exemplificação da aplicação do modelo de Turc foi efectuada no 9º Exercício. Para aplicação deste método foi calculada, pelo método dos polígonos de Thiessen, a série das precipitações anuais ponderadas no período de anos de 1949/50 a 1973/74 na bacia hidrográfica do rio Calai em Chissola.



**Figura 3.1 – Método dos polígonos de Thiessen. Postos udométricos e pesos das suas áreas de influência para cálculo da precipitação anual ponderada na bacia hidrográfica do rio Calai em Chissola.**

## 3.3 SUB-MÓDULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DE FENÓMENOS EXTREMOS

No Sub-módulo 2 foram caracterizadas as situações de cheias, secas e de erosão laminar.

### 3.3.1 Estudo estatístico de cheias

Na análise estatística de cheias foi considerada a metodologia dos factores de probabilidade. Nesta metodologia, para séries temporais de variáveis hidrológicas (precipitações máximas anuais para dadas durações e caudais máximos instantâneos anuais) correspondentes a eventos extremos, utiliza-se a equação do factor de probabilidade para obter o valor de um evento hidrológico associado ao período de retorno pretendido. A equação é dada por:  $x_T = \mu + K_T \sigma$  que pode ser aproximada por:  $x_T = \bar{x} + K_T s$ , com  $\bar{x}$  e  $s$ , média e desvio padrão da amostra.

Para uma dada lei de distribuição, é necessário determinar o factor de probabilidade  $K_T$  associado a cada período de retorno e as estatísticas amostrais média e desvio padrão e, para distribuições de 3 parâmetros, o coeficiente de assimetria da série temporal.

No 14º Exercício – utilizou-se a metodologia dos factores de probabilidade para determinação dos valores da precipitação máxima anual com a duração de 10 minutos associados a vários períodos de retorno (2,5,10,20,25,50,100,500,1000,5000 e 10000 anos) pela aplicação das distribuições de probabilidade Normal, Gumbel e Pearson III. Foi também exemplificado com um exercício de Excel como determinar as curvas-I-D-F.

### 3.3.2 Métodos precipitação-escoamento

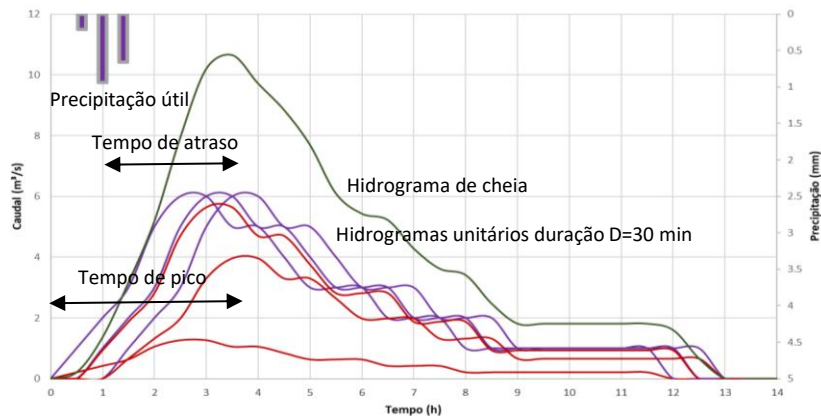
O estudo de cheias a partir das precipitações foi iniciado com a aplicação da fórmula racional para determinar caudais de ponta de cheia em pequenas bacias hidrográficas rurais e urbanas.

No seguimento, foram desenvolvidas metodologias de cálculo de hidrogramas de cheia baseadas no conceito do hidrograma unitário: hidrograma unitário de duração  $D$ , hidrograma unitário sintético, hietograma de precipitação total e útil, hietogramas de projecto e modelos de perdas de água nas bacias hidrográficas – que se aplicam nos modelos de evento precipitação-escoamento para avaliação de caudais de ponta de cheia e hidrogramas de cheia associados aos períodos de retorno pretendidos.

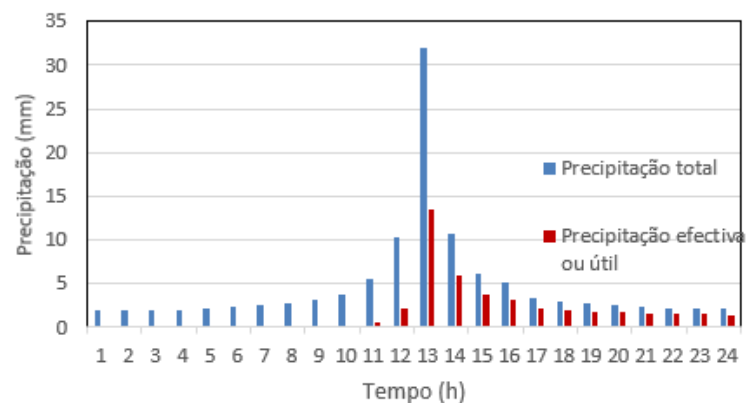
O exemplo apresentado no 10º Exercício – permite compreender como a partir a precipitação útil e do hidrograma unitário de dada duração se pode determinar o hidrograma de cheia do escoamento directo, aplicando os princípios da proporcionalidade e da sobreposição da teoria do hidrograma unitário.

O exemplo apresentado no 11º Exercício – permite compreender como se determina numa bacia hidrográfica sem medição de caudais, o hidrograma unitário sintético do Soil Conservation Service para uma dada duração, com base no hidrograma unitário adimensional do SCS e nas expressões para cálculo do tempo de pico e do caudal de pico.

O exemplo apresentado no 12º Exercício – permite compreender como se determina o Hietograma de Projecto (precipitação total) para uma dada duração pelo método dos blocos alternados e período de retorno  $T_r = 10$  anos, com base nas curvas I-D-F do Decreto Presencial Nº 59 de 2011 e nos factores de redução em área da precipitação e no 13º Exercício – foi calculado o Hietograma da Precipitação Útil a partir do Hietograma de Projecto do Exercício nº12, utilizando o modelo de perdas de água na bacia hidrográfica desenvolvido pelo SCS.



**Figura 3.2 - Hidrograma de cheia obtido da convolução do Hidrograma unitário de duração D com um Hietograma da precipitação útil**



**Figura 3.3 – Hietogramas de projecto para Luanda e período de retorno de 10 anos. Precipitação total e precipitação útil**

### 3.3.3 Caracterização de secas

Foram sistematizados diferentes critérios de avaliação de seca em função das consequências da carência hídrica (secas meteorológicas, agrícolas, hidrológicas). Foi tratada a seca meteorológica, utilizando como variável instrumental a precipitação. A formação prática incidiu sobre a determinação do Índice de Precipitação Padronizada, SPI (standardized precipitation index), reconhecido pela OMM para aplicação generalizada.

No 15º Exercício – utilizou-se a metodologia descrita na aula teórica para caracterizar pelo Índice SPI (Standardized Precipitation Index) as secas anuais na posto udométrico de Rio Chipia.

### 3.3.4 Caracterização da erosão laminar

Foi também caracterizada a erosão laminar e a aplicação do modelo para a sua avaliação “Equação Universal de Perda de Solo Revista (RUSLE - Revised Universal Soil Loss Equation), tendo sido apresentado em exemplo prático real desenvolvido pela COBA, com aplicação de SIG, para avaliação da perda de solo numa bacia hidrográfica.

### 3.4 SUB-MÓDULO 3 - TRATAMENTO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO, DE ALTURAS HIDROMÉTRICAS E CAUDAIS. DADOS DE SATÉLITE E COMPARAÇÃO COM DADOS TERRESTRES

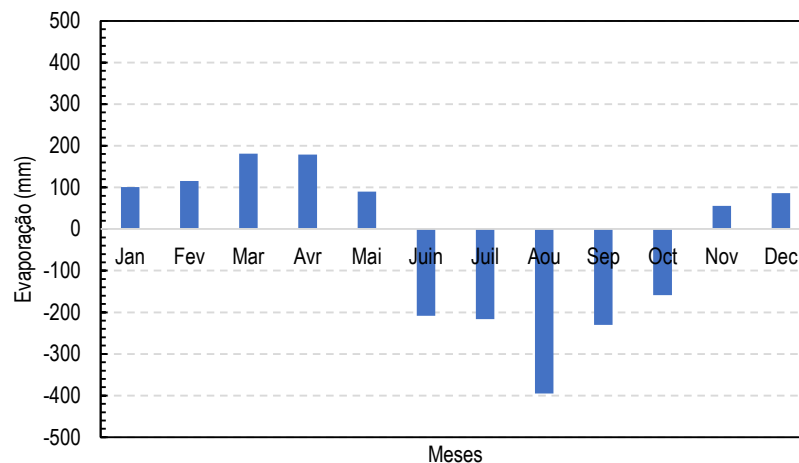
O Sub-módulo 3 iniciou-se com a apresentação e descrição dos instrumentos de recolha de dados hidrológicos e do correspondente trabalho de campo a desenvolver. Procedeu-se de seguida à análise da qualidade de dados pluviométricos (rede terrestre nacional meteorológica e climatológica) e a consequente validação quanto à sua consistência e homogeneidade. Posteriormente, foi abordado o tratamento de dados de alturas hidrométricas e caudais. Foi igualmente abordada a temática da obtenção e utilização de dados de satélite e a sua comparação com dados terrestres.

#### 3.4.1 Instrumentos de recolha de dados

A recolha de dados de campo é fundamental para a correcta caracterização do regime hidrológico de uma determinada bacia hidrográfica. Estes dados correspondem geralmente, mas não exclusivamente, a dados de precipitação, evaporação, temperatura e escoamento (altura hidrométrica de uma secção de escoamento). Foram apresentados diferentes sistemas de aquisição de dados hidrológicos, nomeadamente:

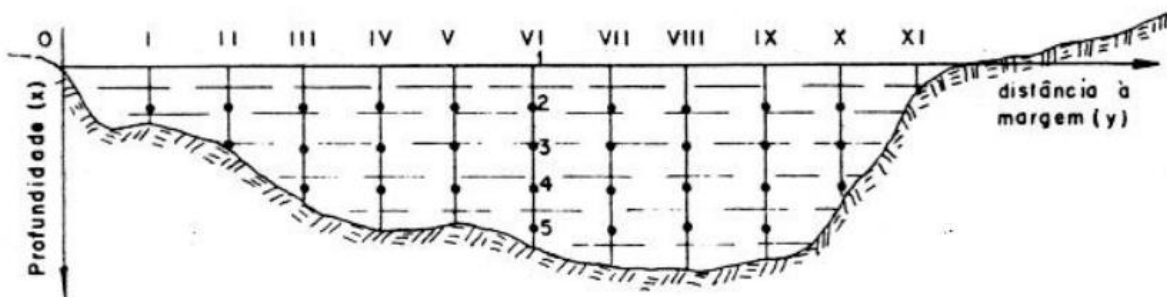
- Precipitação: Apresentação de estações udométricas e udográficas, assim como estações climatológicas e meteorológicas. Complementou-se a apresentação dos conteúdos com exemplos de instalação em Portugal continental
- Evaporação: Apresentação dos diferentes equipamentos e conceitos utilizados para medição de evaporação, assim como os vários tipos de evaporímetros padronizados. Apresentou-se a relação entre evaporação medida em ambiente controlado e evaporação real.
- Escoamento: Foram abordados os seguintes conteúdos:
  - Caracterização da rede de estações hidrométricas em Angola;
  - Tipos de equipamentos utilizados em estações hidrométricas: escalas limnimétricas; descarregadores auxiliares; torres com limnígrafo; sistemas de telemetria e estações equipadas com *datalogger* e sensores hidrostáticos.
  - Escolha do local para implantação das estações hidrométricas de acordo com normas internacionais;
  - Medição de pares de pontos de caudal-altura hidrométrica utilizando: (i) molinete; (ii) Perfiladores acústicos de efeito doppler;
  - Curvas de vazão – definição, exemplos, potenciais problemas e análise de sensibilidade.

O 16º Exercício permitiu calcular a evaporação real em albufeiras tendo por base dados hidrológicos de evaporação em tinas do tipo BAC e dados de precipitação média mensal, tal como apresentado na Figura 3.4.

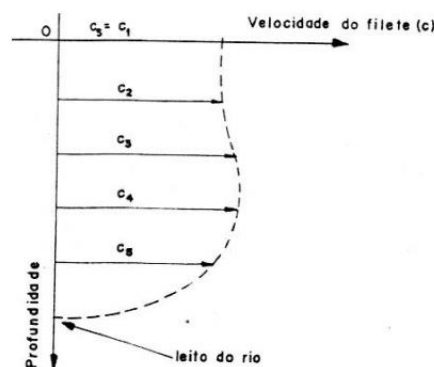


**Figura 3.4 – Exemplo de cálculo da evaporação real em albufeiras**

No tratamento de dados de alturas hidrométricas e caudais, para além da interpretação de curvas de vazão em si, foram abordados temas como a análise da sua variabilidade no tempo e apresentadas as premissas que devem ser asseguradas na escolha do local das medições de velocidades e de alturas de água (importância da estabilidade das secções das estações hidrométricas). Foram também abordados os eventuais problemas que são geralmente identificados nas curvas de vazão, como por exemplo discrepâncias significativas entre as mesmas de ano para ano, e abordada a temática da necessidade, ou não, de se proceder a ajustes da curva de vazão.

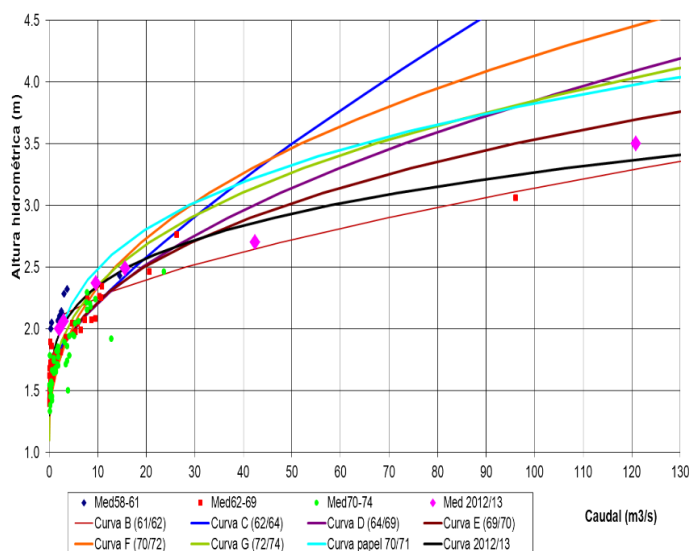


**Figura 3.5 - Exemplo esquemático. Pontos medidos numa secção transversal de uma linha de água**



**Figura 3.6 - Exemplo esquemático: Perfil de velocidade da secção VI indicada na figura anterior**

Na Figura 3.7 apresenta-se, a título de exemplo, o traçado das curvas de vazão e as medições de caudais antigas e recentes numa estação hidrométrica. Exemplo para permitir seleccionar as curvas a utilizar e a eliminar, por se afastarem radicalmente das restantes curvas de vazão sem justificação aparente, possivelmente devido à existência de erros nas medições (por exemplo má calibração dos micromolinetes utilizados).

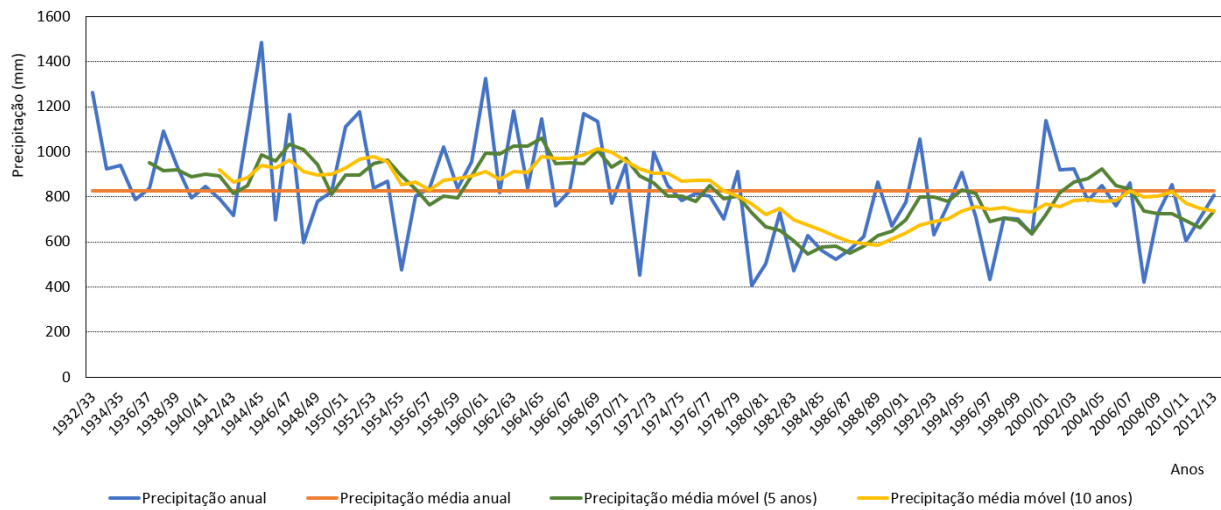


**Figura 3.7 - Tratamento de dados. Curvas de vazão de uma estação hidrométrica**

### 3.4.2 Tratamento de dados de precipitação (rede terrestre nacional meteorológica e climatológica)

O tratamento de dados de precipitação da rede terrestre iniciou-se com a introdução do conceito de séries hidrológicas, tendo sido dados exemplos, como séries de valores da precipitação diária, da precipitação mensal, da precipitação anual e da precipitação diária máxima anual.

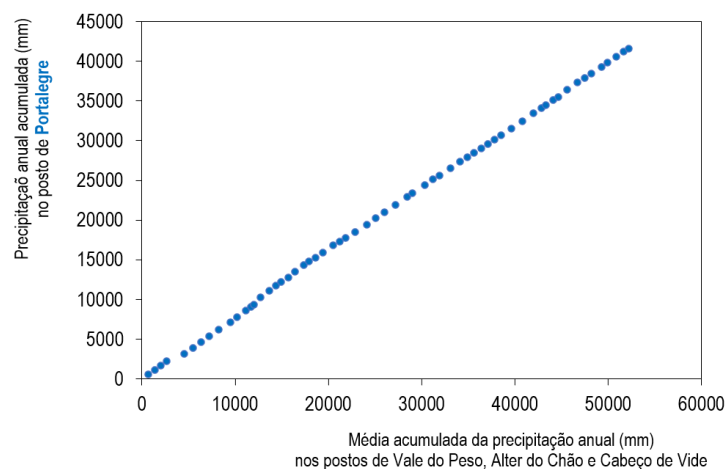
O 17º Exercício – Médias Móveis, teve como objectivo permitir identificar eventuais tendências nos registos de precipitação anual mediante a utilização de médias móveis de 5 e de 10 anos. Na Figura 3.8 apresenta-se o resultado da aplicação prática aos dados de precipitação anual registados na estação meteorológica do Lubango.



**Figura 3.8 – Precipitação anual registada na estação meteorológica de Luanda (média móvel de 5 anos)**

Foram introduzidos os conceitos de homogeneidade e consistência de uma dada grandeza, tendo sido apresentados exemplos de alterações e de causas que podem conduzir à quebra de homogeneidade de uma determinada série hidrológica. Posteriormente, foi apresentada uma das formas de detecção mais comum de quebra de homogeneidade e de consistência de séries anuais de precipitação, o ensaio de valores duplamente acumulados (*double mass curve*).

Na Figura 3.9 é apresentado um ensaio de valores duplamente acumulados, exposto na formação (18º Exercício).



**Figura 3.9 – Ensaio de valores duplamente acumulados**

Se o ensaio dos valores duplamente acumulados revelar inconsistência e se for encontrada a respectiva explicação ou aceite como significativas do ponto de vista estatístico as diferenças do coeficiente angular dos segmentos de recta, os valores da precipitação do intervalo de tempo respeitante a esse segmento poderão ser ajustados em relação aos do intervalo de tempo tomados como base (19º Exercício).

Além do ensaio dos valores duplamente acumulados, foi também efectuado um ensaio de valores simplesmente acumulados (20º Exercício) e apresentados exemplos de ensaios efectuados a dados de precipitação registados em vários postos meteorológicos e climatológicos localizados em Angola.

No 21º Exercício foi desenvolvido um ensaio dos valores duplamente acumulados entre dados de precipitação anual e de escoamento anual, para o mesmo período de registos.



Foram apresentadas as propriedades de persistência e de aleatoriedade de valores das séries de precipitação e de escoamento.

De seguida, foram elaborados com os formandos dois testes de rejeição da aleatoriedade de uma amostra de valores:

- Teste do número de extremos locais (22º Exercício);
- Teste do coeficiente de autocorrelação (23º Exercício).

Para finalizar, foram apresentados dois métodos de preenchimento de falhas anuais de precipitação e desenvolvidos os exercícios práticos correspondentes:

- U.S. Weather Bureau (24º Exercício);
- Correlação e regressão linear simples (25º Exercício).

### 3.4.3 Tratamento de dados de alturas hidrométricas e de caudais

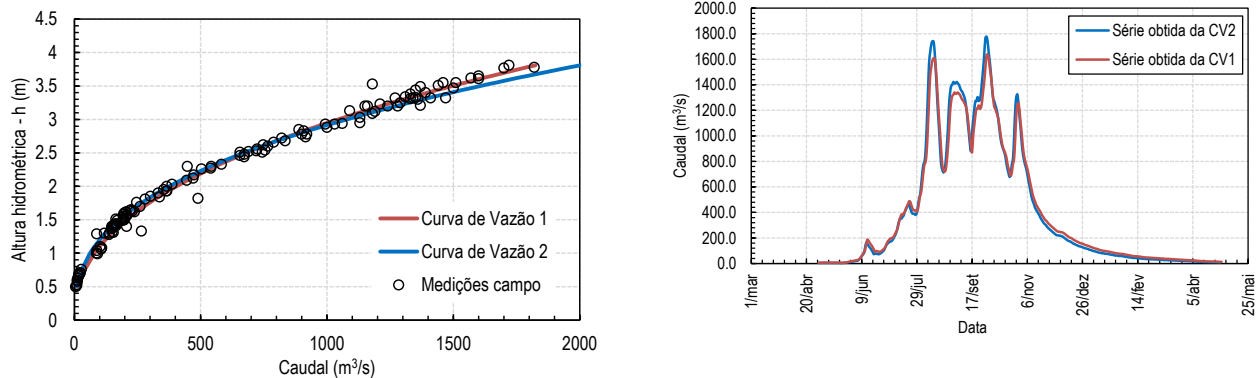
A formação focou-se no tratamento de dados de escoamento, tendo como base valores de caudal médio diário medido, geralmente, através da altura hidrométrica e com recurso a curvas de vazão determinadas *a priori*. Os dados utilizados para a formação, assim como os exemplos apresentados no decorrer desta, foram fornecidos em formato Excel. A formação focou-se nos seguintes temas no âmbito do tratamento de alturas hidrométricas e caudais:

- Definições: Escoamento, caudal médio diário, aflúências totais e escoamento médio;
- Caracterização do escoamento sobre o território Angolano;
- Tratamento de dados de caudal, tendo sido abordos os seguintes tópicos:
  - Pré-tratamento de dados: Procedimentos a ter em conta de forma a uniformizar os dados a analisar, visando a redução de erros;
  - Curvas de duração de caudal – conceitos e exemplos;
  - Análise de caudal médio diário e cálculo de caudal, escoamento e aflúências médias diárias, mensais e anuais;
  - Preenchimento de falhas;
- Todos os tópicos foram complementados com exercícios de demonstração sob a base dos ficheiros Excel fornecidos.

O tratamento de dados de alturas hidrométricas e caudais desenvolveu-se ao longo de duas aulas, focando-se maioritariamente num exemplo da bacia do Cunene, compreendendo as estações hidrométricas de Jamba-la-Oma, Jamba-la-Mina, Luceque, Vila Folgares, Matunto e Xangongo.

O 26º Exercício teve como objectivo ilustrar a importância do ajustamento adequado de curvas de vazão aos dados de medição de caudal em secções de estações hidrométricas. Apresentaram-se duas curvas de vazão bastante semelhantes, foram calculados os valores do caudal médio diário para a série histórica das medições de altura hidrométrica (ver Figura 3.10).

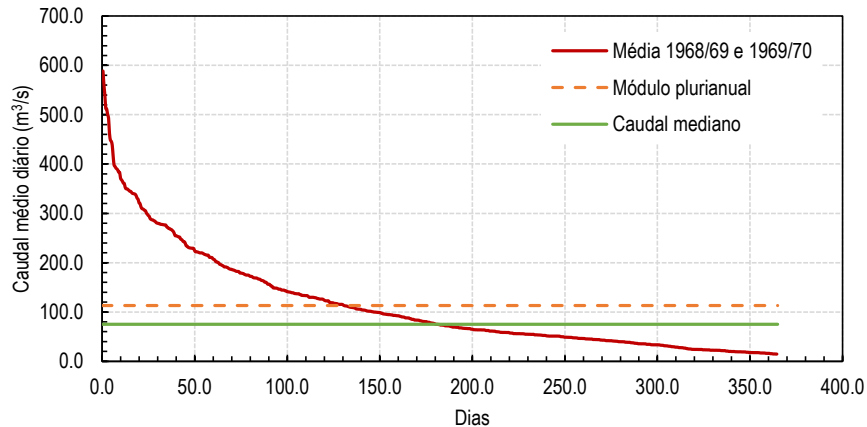




**Figura 3.10 – 26º Exercício – Análise de sensibilidade de curvas de vazão. (a) curvas de vazão; (b) série histórica do caudal médio diário**

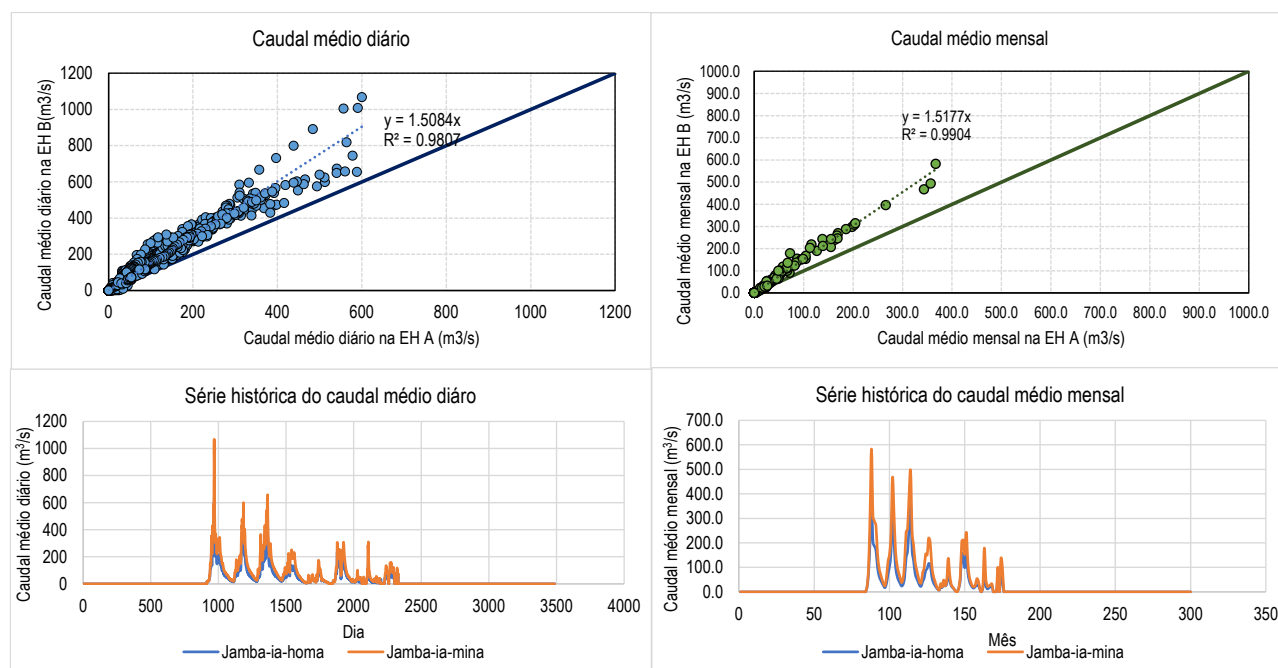
O 27º Exercício teve como objectivo a revisão dos conceitos de caudal médio diário, afluência (i.e., escoamento medido em volume) e escoamento médio diário com base num exemplo concreto da bacia do Cunene.

O 28º Exercício teve como objectivo ilustrar o procedimento de obtenção da curva de duração média anual do caudal médio diário, assim como exemplificar que tipo de conclusões se podem retirar da utilização destas curvas. Isto é, o cálculo do número de dias que em média um determinado valor de caudal é excedido num determinada estação hidrométrica/secção do rio.



**Figura 3.11 – Curva de duração média anual do caudal médio diário**

O 29º Exercício visou, de forma interactiva, a comparação de séries de caudal médio diário e caudal médio mensal entre duas estações hidrométricas inseridas na mesma bacia hidrográfica. Procedeu-se ao cálculo da correlação entre duas estações hidrométricas. Foram discutidos casos práticos (ver Figura 3.12) tendo por base a análise dos dados em conjunto com os formandos.



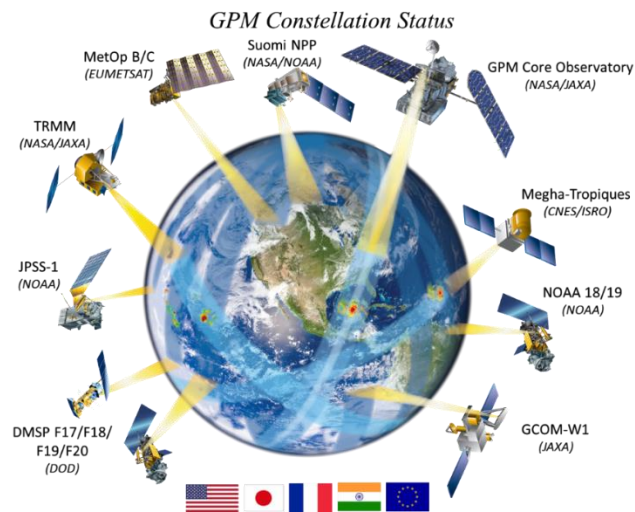
**Figura 3.12 – Correlação e comparação das séries históricas de caudal entre duas estações hidrométricas na mesma bacia hidrográfica. Comparação entre utilização de dados médios diários e dados médios mensais**

### 3.4.4 Dados de satélite

Em alternativa aos dados da rede udométrica terrestre, que poderão apresentar insuficiências ao nível da densidade de estações e/ou da ausência de dados, inviabilizando por vezes a sua utilização em projectos e estudos, os dados de precipitação podem ser obtidos via sensoriamento remoto.

A qualidade dos dados gerados por esta via de observação indirecta tem sido objecto de escrutínio contínuo dos meteorologistas de todo o mundo com o objectivo de melhorar a sua fiabilidade. A título de exemplo, no site da EOSDIS (NASAS's Earth Observing System Data and Information System) são disponibilizados dados referentes à observação da terra, recolhidos das mais diversas plataformas, entre as quais satélites.

A recolha de dados de precipitação nas últimas duas décadas tem sido efectuada pelo satélite meteorológico *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), o qual esteve operacional de 1997 a 2015 e mais recentemente, desde 2014 até aos dias de hoje, pela rede de satélites da missão *Global Precipitation Measurement* (GPM). Os valores obtidos pelo TRMM e pela GPM são ajustados a dados observados de uma rede terrestre esparsa, portanto não são puramente estimados por satélites, mas ajustados a uma malha.



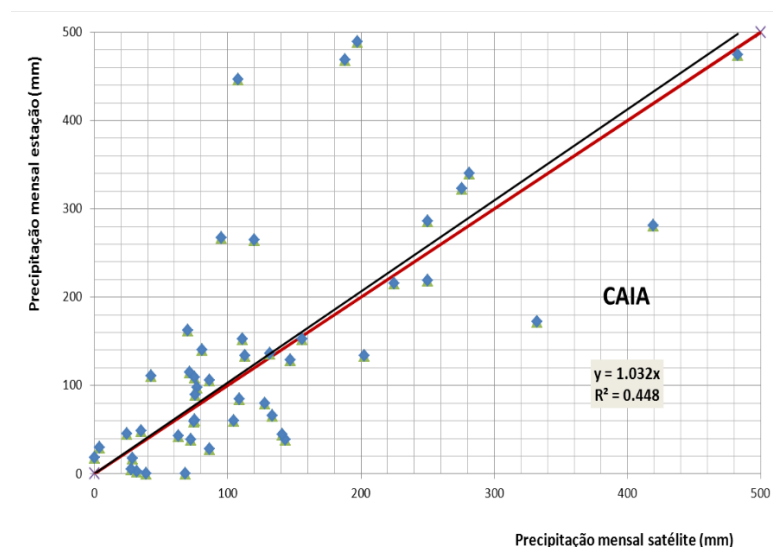
**Figura 3.13 - Satélites que compõem a missão GPM**

(Fonte: NASA)

O passo temporal a adoptar na comparação dos dados de precipitação da rede terrestre e da rede satélite será função dos dados disponíveis para a região em estudo.

Os dados de satélite permitem contribuir para a identificação da presença de tendências da precipitação numa escala temporal à partida mais extensa do que a rede terrestre, especialmente se a região em estudo corresponder a uma região com rede esparsa e que apresente um elevado número de falhas, assim como fornecer dados representativos da precipitação tal como a média, a mediana, valores máximo e mínimo, desvio padrão, entre outros.

Um exemplo da distribuição da precipitação média anual (mm) obtida a partir de dados satélite e dados terrestres pode ser visualizada na Figura seguinte.



**Figura 3.14 - Exemplo. Relação entre precipitação mensal obtida de satélite e a precipitação de uma estação udométrica**

A técnica de interpolação linear, pelo inverso do quadrado da distância ou de Krigagem, entre outras técnicas, permitirá criar uma superfície de precipitação para uma determinada região em estudo.

Tal como acontece com a rede udométrica, por vezes a grande maioria das estações climatológicas não está operacional, verificando-se um elevado número de falhas que podem restringir fortemente a sua utilização. Para contornar as deficiências relacionadas com a disponibilidade de dados pode ser adoptada a mesma estratégia seguida para os dados de precipitação. Assim, os dados diários da temperatura máxima e mínima do ar podem ser obtidos a partir da base de dados de produtos de reanálises diárias (ERA Interim) do *European Centre for Medium Range Weather Forecast* (ECMRF), numa resolução de 0,75 graus ( $\approx$  83 km). Reanálise consiste no uso de modelos climáticos que se ajustam aos dados de campo e interpolam os campos de temperatura.

A formação foi realizada de forma interactiva e com recurso a um navegador web (e.g., Google Chrome) de forma a explorar várias bases de dados globais de variáveis climatológicas. Apresentaram-se as seguintes bases de dados globais de variáveis climatológicas:

1. GPCC– Global Precipitation Climatology Centre: <https://kunden.dwd.de/GPCC/Visualizer>
2. Tropical Rainfall Measuring Mission: <https://disc.sci.gsfc.nasa.gov/SSW/>
3. PERSIANN: <https://chrsdata.eng.uci.edu/>
4. Global Precipitation Measurement: <https://gpm.nasa.gov/data/visualizations/precip-apps>
5. Sistema de Reanálise ERA5: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/toolbox>
6. Aquisição de fotografia aérea: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

### 3.5 SUB-MÓDULO 4 – MODELO HEC-HMS

No sub-módulo 4 procedeu-se à estimativa de caudais de cheia e respectivos hidrogramas mediante a aplicação do modelo HEC-HMS numa determinada secção do rio Cambumba, localizado perto da cidade de N'Dalatando. Para tal, foram aplicados vários conceitos introduzidos e desenvolvidos ao longo de todo o Módulo 1 (traçado da bacia hidrográfica, estimativa do tempo de concentração, análise de precipitações intensas, estabelecimento dos hietogramas de precipitação para diversos períodos de retorno, modelos de perdas de precipitação, entre outros).

O trabalho foi realizado com recurso a folhas de cálculo Excel e ao programa HEC-HMS do US Army Corps of Engineers.

Apresenta-se de seguida o conteúdo do Sub-Módulo 4:

- Apresentação e potencialidades do Modelo HEC-HMS:
  - Indicação de links para download do programa e para os manuais (*Users manual* e *Quick Start Guide*);
  - Introdução ao conceito de modelação hidrológica;
  - Exemplos de aplicações do Modelo Hidrológico HEC-HMS;
  - Indicação dos modelos implementados no programa HEC-HMS;
  - Modelos de perdas de precipitação;
  - Modelos de transformação da precipitação útil ou efectiva em escoamento directo em condições de cheia;
  - Definição de Hidrogramas Unitários Sintéticos (UHS);

- Passos para definição da precipitação efectiva de projecto:
  - Estabelecimento das precipitações de projecto;
  - Atribuição de Hietogramas às precipitações de projecto;
  - Cálculo das perdas de precipitação (perdas iniciais e contínuas).
- Aplicação prática – 30º Exercício – Rio Cambumba – T=100 anos
  - Passos de criação de um novo projecto no modelo;
  - Criação das seguintes componentes e preenchimento dos campos respectivos:
    - “Basin Model Manager”
    - “Meteorologic Model Manager”
    - “Control Specifications Manager”
    - “Time series Data Manager”
      - Introdução dos dados necessários para se proceder à simulação, no campo “Simulation Run Manager”;
      - Visualização e explicação dos resultados obtidos.
- Aplicação prática – 31º Exercício - Rio Cambumba – T=100 anos considerando, no futuro, um cenário de impermeabilização de uma parte da bacia hidrográfica:
  - Introdução de 15% de área de impermeabilização da bacia hidrográfica em estudo;
  - Análise de resultados: as perdas totais de precipitação diminuem caudal de ponta e volume de cheia aumentam comparativamente aos resultados obtidos no exercício 30.
- Aplicação prática – 32º Exercício – Rio Cambumba – Vários períodos de retorno (T):
  - Para os períodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 500 e 1000 anos, foram seguidos os mesmos passos aplicados no 30º Exercício para o período de retorno de 100 anos;
  - Análise de resultados;
  - Passagem dos resultados do programa HEC-HMS directamente para o programa EXCEL.

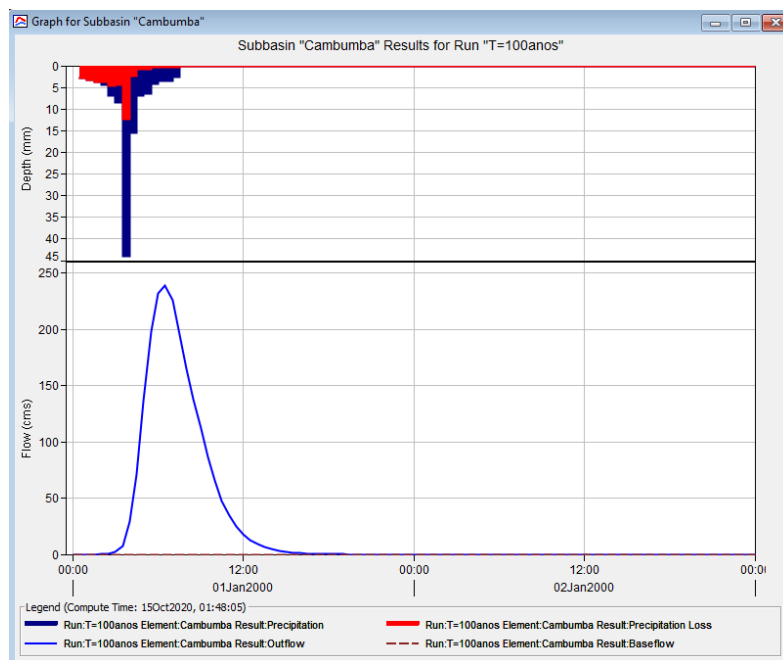


Figura 3.15 - Hidrograma de cheia para T= 100 anos (*output* directo do HEC-HMS)

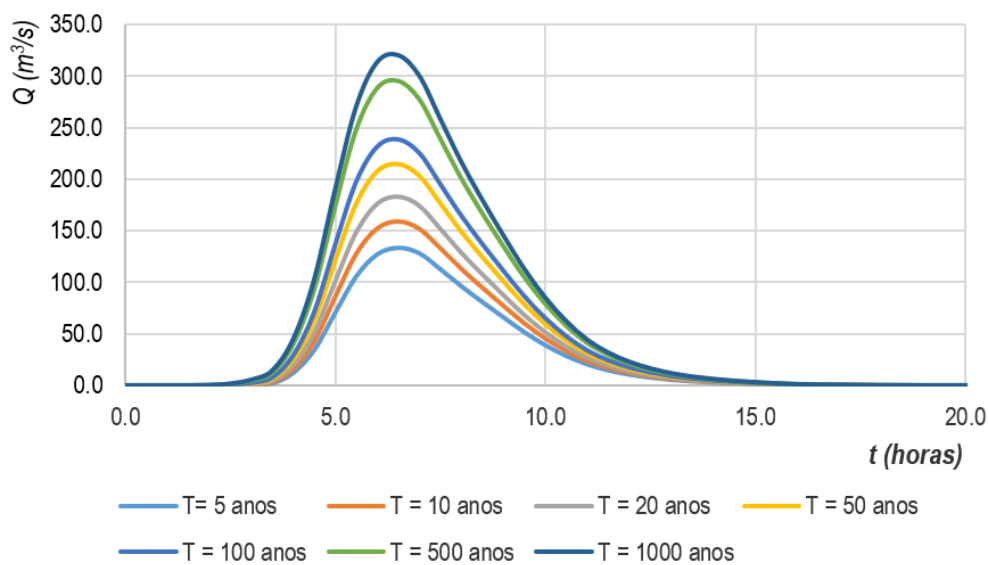


Figura 3.16 - Hidrogramas de cheias para T= 100, 200, 500, 1000, 2000 e 5000 anos

## 4 FORMANDOS INSCRITOS E PRESENCAS

A formação contou com 35 formandos inscritos, correspondendo 11 ao GABHIC, 15 ao INAMET e 9 ao INRH. Os formandos estavam localizados em várias cidades provinciais de Angola, contando-se 18 formandos em Luanda, e os restantes 17 formandos nas cidades do Bengo, Benguela, Calueque, Huambo, Huila, Malanje, Menongue e Ondjiva.

No Quadro 4.1 apresenta-se a lista dos formandos referenciados às instituições onde trabalham, bem como as presenças registadas em cada aula do Módulo de Formação 1.

**Quadro 4.1 – Lista de formandos e presenças registadas**

| PARTICIPANTES NO MÓDULO DE FORMAÇÃO 1    |                                |             | Semana de 28 de setembro a 2 de outubro |        |        |        |        | Semana de 5 de outubro a 9 de outubro |        |        |        | Semana de 12 de outubro a 16 de outubro |        |        |        |        | Semana de 19 de outubro a 23 de outubro |        |        |        |        | Semana de 26 de outubro a 30 de outubro |        |        |        |        | 1 a 6 de nov. |        |   |   |
|--|--------------------------------|-------------|---|--------|--------|--------|--------|---------------------------------------|--------|--------|--------|---|--------|--------|--------|--------|---|--------|--------|--------|--------|---|--------|--------|--------|--------|---------------|--------|---|---|
| No.                                      | Nome dos Formandos             | Instituição | Local de Trabalho                       | 28/set | 29/set | 30/set | 01/out | 02/out                                | 06/out | 07/out | 08/out | 09/out                                  | 12/out | 13/out | 14/out | 15/out | 16/out                                  | 19/out | 20/out | 21/out | 22/out | 23/out                                  | 26/out | 27/out | 28/out | 29/out | 30/out        | 06/nov |   |   |
| 1  | Joaquim José Pinto Tavares     | GABHIC      | Luanda                                  | P      | P      | P      | P      |                                       |        | P      | P      | P                                       |        | P      | P      |        | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P             | P      |   |   |
| 2  | Nsacalo Domingos N. Maseu      |             | Calueque                                | P      |        | P      | P      | P                                     |        |        |        |   | P      |        | P      | P      |   | P      | P      |        | P      |   | P      | P      | P      | P      | P             | P      | P |   |
| 3  | Paulo Kibela Quitonda          |             | Luanda                                  | P      | P      | P      | P      | P                                     | P      |        |        | P                                       |        | P      | P      | P      |   |        | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P             | P      | P |   |
| 4  | Falco Elivanilson Cabral Kiowa |             | Luanda                                  | P      | P      |        | P      | P                                     |        | P      |        |   |        |        | P      | P      |   |        |        | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P             | P      | P |   |
| 5  | Elísio Lopes Vaz               |             | Calueque                                | P      | P      | P      | P      | P                                     | P      | P      | P      | P                                       |        |        | P      |        | P                                       |        | P      |        | P      | P                                       | P      |        |        |        |               |        |   |   |
| 6  | Ivuila António Rufino          |             | Calueque                                | P      | P      | P      | P      | P                                     | P      | P      | P      | P                                       | P      |        |        |        |   | P      |        |        | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P             | P      | P |   |
| 7  | Adolfo Zacarias Epalanga       |             | Calueque                                | P      | P      | P      | P      | P                                     | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P             | P      | P |   |
| 8  | Tchimbale Kanhungulo           |             | Menongue                                | P      | P      | P      | P      | P                                     | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      |        |   |        | P      |        | P      | P             | P      | P |   |
| 9  | Brez Neves Mandume             |             | Ondjiva                                 | P      | P      | P      | P      | P                                     | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      |        |   |        | P      |        | P      | P             | P      | P |   |
| 10                                       | Joaquim Semente Sabino         |             | Menongue                                | P      | P      | P      | P      | P                                     | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P             | P      | P |   |
| 11                                       | Gerónimo Sambaca               |             | Huambo                                  | P      | P      | P      |        | P                                     | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      |        |   | P      | P      | P      | P      | P             | P      | P |   |
| 1  | Domingos Nsoko Pedro           | INAMET      | Luanda                                  | P      | P      | P      | P      | P                                     | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      |        | P                                       | P      |        |        |        | P                                       |        |        |        |        |               | P      |   |   |
| 2  | Lucia Yola da Costa Fernando   |             | Luanda                                  | P      |        | P      | P      |                                       |        |        | P      |   |        | P      |        |        |   |        |        |        |        | P                                       |        |        |        |        |               |        |   |   |
| 3  | Dario Mário dos Santos         |             | Luanda                                  | P      |        |        |        |                                       |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |               |        |   |   |
| 4  | Francisco José Canhangá        |             | Luanda                                  |        |        |        |        |                                       |        | P      |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |               |        |   |   |
| 5  | Amílcar José                   |             | Luanda                                  | P      | P      |        | P      |                                       | P      |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |               |        |   |   |
| 6  | Antonio Lameira Gaspar         |             | Luanda                                  | P      | P      | P      |        |                                       | P      | P      |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |               |        |   |   |
| 7  | Amaral Guedes                  |             | Luanda                                  | P      | P      |        | P      | P                                     |        | P      | P      |   |        | P      | P      |        | P                                       | P      |        |        |        |   |        |        |        |        |               |        |   |   |
| 8  | Juliana Paixa Muhongo          |             | Luanda                                  | P      | P      | P      | P      | P                                     |        | P      | P      |   |        | P      |        | P      | P                                       |        |        |        |        | P                                       |        | P      | P      |        |               | P      |   |   |
| 9  | Artur da Silva Nazaré          |             | Huila                                   |        |        |        |        |                                       |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |               |        |   |   |
| 10                                       | Simão Chinguma                 |             | Benguela                                |        |        |        |        |                                       |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |               |        |   |   |
| 11                                       | João dos Anjos Marcolino       |             | Malanje                                 | P      |        |        |        |                                       |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |               |        |   |   |
| 12                                       | Frederico da Cunha             |             | Bengo                                   |        |        |        |        |                                       |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |               |        |   |   |
| 13                                       | Flavio Mitange                 |             | Luanda                                  |        |        |        |        | P                                     |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |               |        |   |   |
| 14                                       | António Pereira                |             | Cunene                                  |        |        |        |        |                                       |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |               |        |   |   |
| 15                                       | Edson Segunda Tchivango        |             | Luanda                                  |        | P      | P      | P      | P                                     | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       |        | P      |        |        | P                                       | P      | P      |        |        | P             |        | P |   |
| 1  | Narciso Augusto Ambrósio       | INRH        | Luanda                                  | P      | P      | P      | P      | P                                     | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P             | P      | P |   |
| 2  | Maida Margarida Luís Gomes     |             | Luanda                                  | P      |        | P      |        | P                                     |        | P      |        | P                                       | P      | P      | P      |        | P                                       |        | P      |        | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P             | P      | P | P |
| 3  | Emanuel dos Santos C. Ferreira |             | Luanda                                  | P      | P      | P      | P      | P                                     |        | P      |        | P                                       |        | P      |        | P      |   | P      |        | P      |        | P                                       |        | P      |        | P      |               | P      | P | P |
| 4  | Natália Graciete F. Capingano  |             | Luanda                                  | P      | P      | P      | P      | P                                     |        | P      | P      | P                                       | P      |        | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P             | P      | P | P |
| 5  | João Agostinho Paulo Cariri    |             | Malanje                                 | P      | P      | P      | P      | P                                     | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P             | P      | P | P |
| 6  | João Kawedji                   |             | Malanje                                 | P      | P      | P      | P      | P                                     |        | P      |        | P                                       |        |        |        |        |   |        |        |        |        | P                                       |        | P      |        | P      |               | P      |   | P |
| 7  | Yuri Carlos da Costa Mulaja    |             | Benguela                                |        |        | P      |        | P                                     |        | P      | P      | P                                       |        |        |        | P      |   | P      |        | P      |        | P                                       |        | P      |        | P      |               | P      |   | P |
| 8  | Augusto Zeferino Calado        |             | Benguela                                | P      | P      | P      | P      | P                                     | P      | P      | P      | P                                       |        |        | P      |        | P                                       |        | P      |        | P      |   | P      |        | P      |        | P             |        | P | P |
| 9  | Avelino Cacoma                 |             | Luanda                                  |        |        | P      | P      | P                                     |        | P      |        |   |        | P      |        | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P                                       | P      | P      | P      | P      | P             | P      | P | P |
| Frequência relativa de presenças diárias |                                |             | Valores diários                         | 74%    | 63%    | 69%    | 66%    | 66%                                   | 46%    | 69%    | 51%    | 54%                                     | 49%    | 37%    | 60%    | 40%    | 54%                                     | 43%    | 34%    | 37%    | 49%    | 51%                                     | 43%    | 29%    | 49%    | 46%    | 54%           | 34%    |   |   |
|  |                                |             | Média                                   | 51%    |        |        |        |                                       |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |   |        |        |        |        |               |        |   |   |

A frequência relativa de presenças nos dias do Módulo de Formação 1 foi em média de 51%, tendo a frequência relativa das presenças diárias variado durante a formação entre um valor mínimo de 29% e um máximo de 74%.

Durante o curso alguns formandos tiveram o cuidado de avisar a sua não comparência por motivos de compromissos de trabalho coincidentes com o período da formação.

Outros casos de impossibilidade ou de más condições em assistir às aulas foi devida a deficiência de internet, principalmente nos formandos que estavam a assistir em cidades que não Luanda. Em muitas destas situações, as aulas foram assistidas através do vídeo da gravação da aula. A alguns dos formandos, que num determinado dia não conseguiram assistir à respectiva aula, foram dadas aulas suplementares quando solicitado.





## 5 AFERIÇÃO DA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTOS E COMPETÊNCIAS

Ao longo das 5 semanas de aulas do Módulo de Formação 1 os formandos mostraram-se bastante activos e interessados, com sugestões e questões que permitiram aos formadores esclarecer e melhorar a forma de comunicação, o que teve resultados positivos na aquisição dos conhecimentos e das competências para todo o grupo.

Uma das sugestões indicadas referia-se aos exercícios de Excel, que embora resolvidos durante a aula não era suficientemente clara a ordem dos procedimentos a efectuar quando, depois da aula, se retomava o exercício para o resolver individualmente. A sugestão, que foi desde logo aceite, de introduzir nos exercícios de Excel todos os passos de cálculo necessários à resolução do exercício, passou a ser aplicada a todos os exercícios, o que teve resultados positivos na agilidade para lidar com o Excel.

Situações de partilha interessantes, com maior colaboração e interactividade entre todos os formandos, como no exercício de estatísticas amostrais com utilização de funções do Excel para o seu cálculo, que permitiu dar a conhecer ao grupo a versão em português das funções do Excel uma vez que o formador tinha as funções em inglês ou na partilha da informação sobre os procedimentos que o INRH utiliza na medição do caudal escoado em linhas de água Angolanas.

Na sequência da aplicação das curvas I-D-F do Decreto Presencial nº 59 de 2011 para cálculo do caudal de ponta de cheia de uma pequena bacia hidrográfica, uma questão sobre como determinar as curvas I-D-F deu origem a mais um exercício que não estava previsto.

Assim, a forma como os formandos foram mantendo o contacto entre si e com os formadores, permitiu aos formadores ter a percepção que existiu sempre grande envolvimento, interesse e pró-actividade por parte dos formandos durante a formação.

Para além desta avaliação geral dos formandos foi elaborado pelos formadores um Teste para aferir os conhecimentos e competências adquiridos individualmente durante a formação.

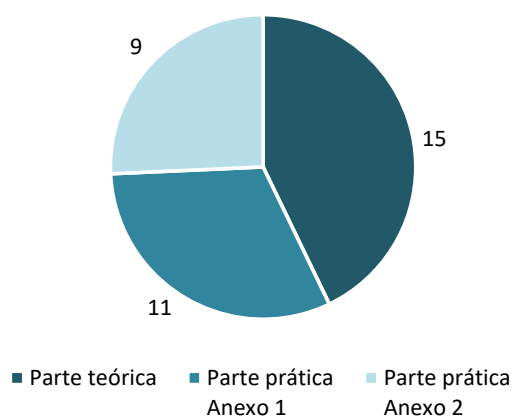
O Teste constou de uma parte teórica e de uma parte prática. A 1ª parte do Teste compreendeu questões teóricas de escolha múltipla para as quais foram consideradas três hipóteses de resposta, estando apenas correcta e completa uma das respostas fornecidas.

A 2ª parte do Teste compreendeu a resolução prática de exercícios em Excel, semelhantes aos exemplos realizados durante as aulas, tendo-se subdividido nos seguintes itens:

- Tratamento de dados de precipitação (Anexo 1);
- Tratamento de dados de caudal (Anexo 2).

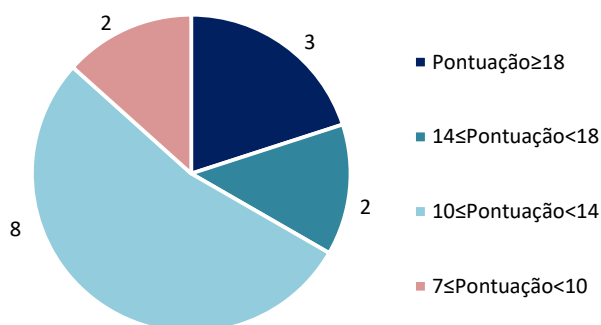
Com o Teste pretendeu-se completar a avaliação efectuada durante as aulas de forma a aferir melhor a aquisição dos conhecimentos e competências pelos formandos. O Teste foi elaborado para 20 valores, ou seja a classificação de 20 valores corresponderia a 100% de respostas correctas.

Forem entregues 15 testes, mas nem todos apresentavam a parte prática completa. A Figura seguinte ilustra o número de entregas da Parte Teórica e de cada uma das Partes Práticas.



**Figura 5.1 – Número de testes entregues, parte teórica e prática**

Os resultados da avaliação do Teste, no conjunto da parte teórica e da parte prática, pode ser visualizada na Figura seguinte:



**Figura 5.2 – Resultados do Teste**

Em anexo apresenta-se o enunciado do Teste, parte teórica e prática, com a respectiva resolução.

Os certificados de participação no Módulo 1 serão entregues no final da Formação em Hidrologia, juntamente com os certificados relativos aos Módulos 2, 3 e 4.

## 6 AVALIAÇÃO PELOS FORMANDOS DAS ACTIVIDADES DO MÓDULO DE FORMAÇÃO 1

No fim de 24 dias de formação foi solicitado via email a cada formando o preenchimento de uma Ficha de Avaliação relativa à sua experiência individual durante a participação no Módulo de Formação 1.

No Quadro e nas Figuras seguintes apresentam-se as estatísticas das respostas dadas. No Anexo 2 consta a Ficha de Avaliação com o detalhe das avaliações e respectivos comentários dos formandos.

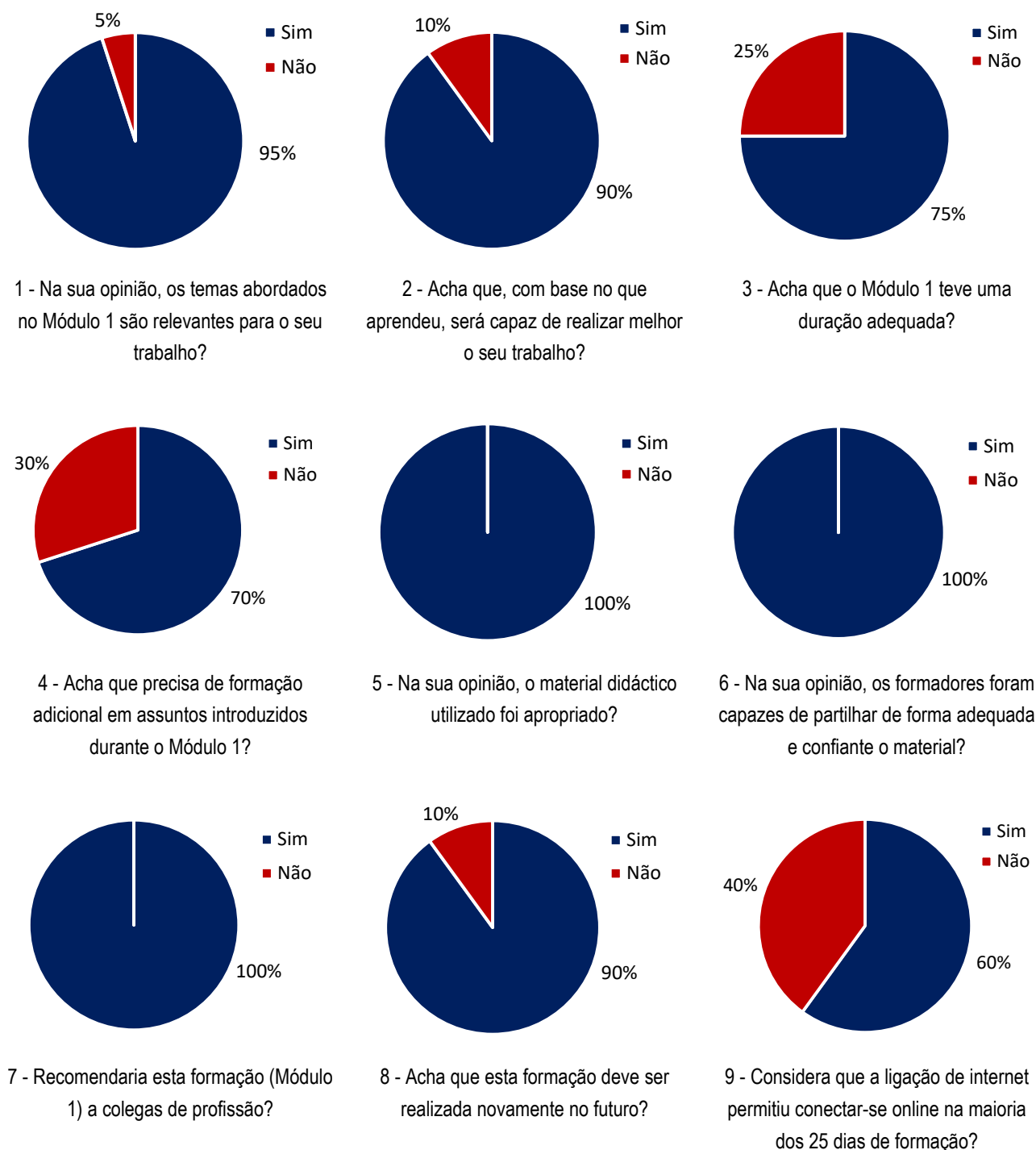
**Quadro 6.1 – Resumo das respostas à ficha de avaliação da Formação – Módulo 1**

| <i>Avaliação das Actividades</i>  | <b>Sim</b> | <b>Não</b> |
|---|------------|------------|
| Na sua opinião, os temas abordados no Módulo 1 são relevantes para o seu trabalho?                                    | 19         | 1          |
| Acha que, com base no que aprendeu, será capaz de realizar melhor o seu trabalho?                                     | 18         | 2          |
| Acha que o Módulo 1 teve uma duração adequada?  | 15         | 5          |
| Acha que precisa de formação adicional em assuntos introduzidos durante o Módulo 1?<br>Se sim, por favor especifique: | 14         | 6          |
| Na sua opinião, o material didáctico utilizado foi apropriado?<br>Se não, por favor especifique o que faltou:         | 20         | 0          |
| Na sua opinião, os formadores foram capazes de partilhar de forma adequada e confiante o material?                    | 20         | 0          |
| Recomendaria esta formação (Módulo 1) a colegas de profissão?   | 20         | 0          |
| Acha que esta formação deve ser realizada novamente no futuro?  | 18         | 2          |
| Considera que a ligação de internet permitiu conectar-se online na maioria dos 25 dias de formação?                   | 12         | 8          |

Relativamente às respostas negativas sobre a duração do Módulo 1, as mesmas são justificadas por ter sido considerado, pelos formandos, que o Módulo 1 deveria ter tido uma duração superior, da ordem de 6 a 8 semanas.

A formação adicional pretendida refere-se aos seguintes temas :

- Sensoriamento Remoto - Dados Satélite;
- Componente técnica das estações;
- Cálculo do hietograma de precipitação.



**Figura 6.1 – Resumo das respostas dadas às fichas de avaliação da Formação – Módulo 1**

Em termos qualitativos, as opiniões dos formandos foram as seguintes:

### **Relevância**

- *Reconhecemos que os conteúdos temáticos do Módulo 1 são de um nível avançado para alguns dos nossos técnicos, mas podemos compensar com formações complementares de base em hidrometria/Hidrologia. O primeiro módulo foi muito bem preparado e executado pelo grau de experiência e profissionalismo dos Formadores, pelo que se recomenda.*
- *Preciso de uma formação adicional com relação aos cálculos feitos no Excel sobre Hidrologia, foram introduzidas as fórmulas muito rapidamente e dificultou-me bastante por não dominar bem a ferramenta Excel. Então pediria mais esclarecimento de forma leviana ou se puder passo a passo para melhor percepção, pois a Hidrologia é um ramo da minha área de formação e me identifico bastante.*
- *Esta formação permitiu esclarecer todas as dúvidas na área de hidrologia.*
- *Acho que é necessária uma formação adicional para exercitar mais e entender os diferentes cálculos.*
- *Estou imensamente agradecido pela vossa perícia na transmissão dos conhecimentos e da matéria. Continuo a ter as aulas por intermédio do material enviado, quer por vídeo, quer pela matéria em "Power Point", o que me tem enriquecido imensamente em termos de conhecimento.*

### **Opiniões**

- *Tive problemas de energia e internet, por isso não acompanhei devidamente as aulas. Mas em suma a formação foi boa.*
- *A internet falhou bastante e tive problemas de responder algumas perguntas do teste porque não consegui assistir às aulas.*
- *Penso que dada a importância do curso para o desempenho das actividades diárias dos formandos, uma primeira abordagem não deveria ser online, mais sim presencial, muito embora reconheçamos as dificuldades para o efeito.*
- *Formação muito importante para quem trabalha com recursos hídricos. Infelizmente a Pandemia COVID não permitiu a formação presencial o que seria ótimo para melhor desempenho de todos os participantes.*

### **Sugestões**

- *Sobre a questão de formação adicional, eu disse sim, mas não necessariamente uma formação, mas sim um "ombro", caso dificuldades sejam encontradas no futuro. Ou seja, apoio futuro caso achemos dificuldades durante o processo de instalação dos equipamentos de aquisição de dados. Isso porque no terreno as coisas são bem diferentes do que se vê nas aulas.*
- *É sempre bom depois de 1 ou 2 anos proporcionar aos técnicos acções de capacitação, para melhorar cada vez mais a sua performance.*
- *Como sugestão, gostaria que optássemos o uso do aplicativo zoom.*
- *Pretende-se com a formação adicional em modo presencial, aulas práticas de campo, na recolha de dados nos instrumentos e seu processamento directo com os formadores.*
- *Gostaria que esta e outras formações ligadas à gestão de bacias fossem realizadas com mais frequência no sentido de continuar a capacitar os técnicos ligados aos recursos hídricos e também devido às dificuldades de acesso à internet sugeria que as próximas formações fossem mais de carácter presencial se assim as condições o permitirem.*



## 7 EQUIPA DE FORMADORES. RESUMO DOS CURRICULUM VITAE

A equipa de formadores do Módulo 1 foi constituída pelos seguintes especialistas da COBA:

- Estrela do Rosário - Coordenadora e Formadora do Módulo 1;
- Mariana Correia - Formadora do Módulo 1;
- João Delgado - Formador do Módulo 1.

### **Estrela do Rosário**

Especialista com mais de 40 anos de experiência em Projectos na área da Hidrologia e Hidráulica, Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais, Planeamento de Recursos Hídricos e de Impacte Ambiental. É actualmente Membro do Conselho Técnico Consultivo para as áreas de Hidrologia, Hidráulica e Recursos Hídricos, sendo Coordenadora de Equipas e Chefe de Projecto. Realizou intensa actividade na área de investigação relacionada com a sua tese de mestrado em Hidrologia de Cheias; autora e/ou co-autora de dezenas de comunicações apresentadas em Portugal e no estrangeiro, e de artigos publicados nas mais prestigiadas revistas da especialidade. Destaca-se a elaboração de diversos estudos hidrológicos de cheias de barragens e de controlo de inundações fluviais. Vasta experiência em Angola, onde se destaca, a participação e/ou coordenação de diversos Estudos e Projectos, designadamente a Revisão do Plano Director de Saneamento de Luanda, Revisão dos Planos Directores e Projectos para o Reforço dos Sistemas de Abastecimento de Água e Saneamento das cidades de N'Dalatando e Saurimo, estudos hidrológicos e hidráulicos para o Aproveitamento Hidroeléctrico de Chicapa II, Avaliação Técnica do Aproveitamento Hidroeléctrico de Chicapa I, para a Reabilitação dos descarregador da Barragem do Gove e para a realização de Obras de Arte. Destaque ainda para a sua participação no Plano Nacional da Água de Angola.

### **Mariana Correia**

Engenheira Civil, especialista com 18 anos de experiência nas áreas de hidrologia e gestão de recursos hídricos. Mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos (Instituto Superior Técnico), autora da Tese de Mestrado “Análise da Precipitação Máxima com Média Duração em Portugal Continental”. Destaca-se a elaboração de diversos estudos hidrológicos de barragens localizadas em diversos países, assim como a participação em projetos de Gestão de Recursos Hídricos de grande relevância, nomeadamente o Plano Nacional da Água de Angola, o Plano Nacional Director de Irrigação de Angola, o Plano Estratégico para a Utilização e Desenvolvimento da Bacia Hidrográfica do rio Zambeze e a Estratégia de Gestão de Recursos Hídricos de Moçambique.

### **João Delgado**

Engenheiro Civil com mais de 7 anos de experiência nas áreas de hidráulica e hidrologia. Detém um doutoramento com duplo grau em Energia pela École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suíça e em Engenharia Civil pelo Instituto Superior Técnico, Portugal. É também Mestre em Engenharia Civil pelo Instituto Superior Técnico. É autor de vários artigos científicos publicados em revistas internacionais com arbitragem por pares da especialidade e também em congressos da especialidade. Actualmente, é Engenheiro Civil na COBA Portugal, destacando-se a participação nos Estudos do Aproveitamento Hidroeléctrico do Saltinho na Guiné Bissau, Revisão do Projeto do Aproveitamento Hidroeléctrico de Caculo Cabaça em Angola e na Remodelação da Central Hidroeléctrica da Serra da Água em Portugal. Anteriormente, foi investigador e consultor no Instituto Superior Técnico, destacando-se o desenvolvimento dos estudos prévios de centrais mini-hídricas instaladas em sistemas de abastecimento de água em Lisboa.





## **ANEXO 1 – TESTE DE AFERIÇÃO DOS CONHECIMENTOS E COMPETÊNCIAS**



**MINISTÉRIO DO AMBIENTE  
GABINETE DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS**

**FORMAÇÃO EM HIDROLOGIA**

**MÓDULO DE FORMAÇÃO 1 - HIDROLOGIA E TRATAMENTO DE DADOS**

**TESTE DE AVALIAÇÃO**

**MINISTÉRIO DO AMBIENTE  
GABINETE DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS**

**FORMAÇÃO EM HIDROLOGIA  
MÓDULO DE FORMAÇÃO 1 - HIDROLOGIA E TRATAMENTO DE DADOS**

**TESTE DE AVALIAÇÃO**

O Teste de Avaliação, para aplicação dos conhecimentos e competências adquiridas, consta de uma parte teórica e de uma parte prática.

A 1ª Parte do Teste compreende questões teóricas de escolha múltipla para as quais foram consideradas três hipóteses de resposta, estando apenas correcta e completa uma das respostas fornecidas. Deve seleccionar com um **X** a resposta correcta e completa.

A 2ª Parte do Teste compreende exercícios que deve resolver nos Anexos em Excel fornecidos para o efeito, que se baseiam nos exemplos realizados durante as Aulas.

## 1 - PARTE TEÓRICA - ESCOLHA MÚLTIPLA

1. O ciclo hidrológico descreve os diversos caminhos através dos quais a água na natureza circula e se transforma. Para uma dada região e um dado período de tempo, a quantidade de água que circula no ciclo hidrológico pode ser avaliada pela equação do balanço hídrico. Em que condições pode aplicar a fórmula simplificada da equação do balanço hídrico:  $P - (Q + E + ET) = 0$ ?
  - i. Quando se refere a uma bacia hidrográfica e a um período de tempo suficientemente longo para que a variação do armazenamento de água possa ser considerada nula ou a um período do ano hidrológico;
  - ii. Quando se refere a uma bacia hidrográfica e ao mês;
  - iii. Quando se refere à área total do país.
  
2. A curva hipsométrica  $A(z)$  permite determinar que indicador da bacia hidrográfica?
  - i. O declive médio da linha de água principal da bacia hidrográfica;
  - ii. O declive médio da bacia hidrográfica;
  - iii. A altitude média da bacia hidrográfica.
  
3. Como se define a precipitação?
  - i. A precipitação é o processo que ocorre por condensação na forma de gotas, em contacto com superfícies frias;
  - ii. A precipitação é o processo pelo qual a água, sob a forma líquida ou sólida, atinge a superfície da terra;
  - iii. A precipitação provém da camada atmosférica em contacto com a superfície terrestre.
  
4. Como se chama o método de cálculo da precipitação (anual, mensal, diária, horária ou outras durações) ponderada na área de uma dada bacia hidrográfica que tem a seguinte fórmula de cálculo:  $P = 1/A \sum_{i=1}^N (P_i \times A_i)$ , sendo P a precipitação na bacia hidrográfica para a duração pretendida, i o índice do posto udométrico, variável de 1, ..., N,  $P_i$  – a precipitação no posto i correspondente à duração pretendida, e  $A_i$  – a área de influência do posto i?
  - i. Método dos polígonos de Thiessen;
  - ii. Método das isoietas;
  - iii. Método da ponderação pelo inverso da distância

5. Considere uma amostra da variável aleatória X. Como se designam as estatísticas amostrais que são calculadas através das seguintes 3 expressões:

$$1) \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i;$$

$$2) s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2;$$

$$3) C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

- i. Média, variância e mediana;
- ii. Média, variância e coeficiente de variação;
- iii. Média, variância e coeficiente de assimetria.**

6. Existem vários modelos de distribuição de probabilidade para variáveis contínuas que são habitualmente adoptados em Hidrologia para ajustamento às séries hidrológicas temporais. Quais são os modelos habitualmente utilizados no ajustamento à série da precipitação máxima diária anual ou à série de caudais instantâneos máximos anuais?

- i. A distribuições Normal;
- ii. As distribuições de Gumbel, log-Normal, Pearson tipo III e log-Pearson tipo III;**
- iii. A distribuição de Weibull.

7. Depois de se ter seleccionado a lei de distribuição de probabilidade para o ajustamento a uma série de variável hidrológica, é feita a especificação do modelo através da estimação dos seu parâmetros, sendo necessário, antes de considerar a aplicação dessa lei de distribuição, verificar se o modelo se ajusta à série da variável hidrológica. Quais os processos utilizados para verificação do ajustamento?

- i. Os testes de ajustamento mais utilizados são os gráficos, com base em papel de probabilidade, e os testes analíticos, sendo os mais utilizados os testes da Normal e da Log-Normal;
- ii. Os testes de ajustamento mais utilizados são os gráficos, com base em papel de probabilidade, e os testes analíticos, sendo os mais utilizados os testes do  $\chi^2$  e do Kolmogorov-Smirnov;**
- iii. Os testes de ajustamento mais utilizados são os gráficos, com base em papel de probabilidade, e os testes analíticos, sendo os mais utilizados os testes da Média e da Variância.

8. O coeficiente de correlação linear entre duas variáveis aleatórias hidrológicas X e Y fornece uma medida do grau de associação entre as duas variáveis. Quais os valores recomendados dos seguintes conjuntos de resultados de coeficientes de correlação para ser utilizada a regressão linear de Y sobre X no preenchimento de falhas?
- $0 \leq \text{coef. de correlação} \leq 0,1$ ;
  - $0 \leq \text{coef. de correlação} \leq 1$ ;
  - $0,7 \leq \text{coef. de correlação} \leq 1$ .**
9. Como distingue a evaporação da evapotranspiração?
- A evaporação de superfícies livres de água, processo de passagem da água do estado líquido ao estado gasoso a qualquer temperatura inferior ao ponto de ebulição, distingue-se da evapotranspiração que corresponde ao processo de evaporação da água do solo, da água interceptada e da água transpirada pela vegetação que reveste o solo;**
  - A evaporação de superfícies livres de água, processo de passagem da água do estado líquido ao estado gasoso a qualquer temperatura inferior ao ponto de ebulição, distingue-se da evapotranspiração que corresponde ao processo da água transpirada pela vegetação que reveste o solo;
  - A evaporação de superfícies livres de água, processo de passagem da água do estado líquido ao estado gasoso a qualquer temperatura inferior ao ponto de ebulição, distingue-se da evapotranspiração que corresponde ao processo da evaporação da água do solo.
10. A infiltração é o processo que consiste na entrada de água num solo pela sua superfície. De que factores depende a infiltração de água num solo permeável?
- Características hidráulicas do solo, como porosidade, condutividade hidráulica e teor de humidade, características da cobertura do solo e disponibilidade de água à superfície do solo;**
  - Características hidráulicas do solo, como porosidade, condutividade hidráulica e teor de humidade e da cobertura do solo;
  - Características hidráulicas do solo, como porosidade, condutividade hidráulica e teor de humidade.
11. O hidrograma unitário de duração D (HUD) define-se como o hidrograma do escoamento directo na secção da linha de água da bacia hidrográfica, resultante de um input unitário de precipitação útil de duração D. De acordo com a teoria do Hidrograma Unitário de Duração D, que princípios aplica quando determina o hidrograma de cheia do escoamento directo a partir de um hidrograma de precipitação útil?
- Princípio da proporcionalidade e princípio da sobreposição;**
  - Princípio da proporcionalidade e princípio da simetria;
  - Princípio da semelhança e princípio da simetria.

12. Hidrograma unitário sintético (HUS) é a equação ou procedimento que relaciona as características do hidrograma unitário com certas características fisiográficas das bacias hidrográficas. A sintetização implica transferência para outras bacias das relações estabelecidas entre os parâmetros do HUS (tempo, caudal e forma) e as características fisiográficas de bacias hidrográficas com medição de caudal. Qual o objectivo da determinação do Hidrograma Unitário Sintético?
- i. **Para determinação do hidrograma de cheia de escoamento directo em bacias hidrográficas sem medição da precipitação-escoamento em eventos de cheia;**
  - ii. Para determinação do hidrograma da precipitação útil;
  - iii. Para determinação do hidrograma da precipitação total.
13. Num cenário futuro de impermeabilização de uma determinada percentagem da área total de uma bacia hidrográfica, inicialmente sem área impermeabilizada, que resultados são esperados ao nível da perda total de precipitação, assim como do caudal e do volume de cheia, num determinado evento de cheia?
- i. Aumento da perda total de precipitação, diminuição do caudal de cheia e aumento do volume de cheia;
  - ii. Diminuição da perda total de precipitação, aumento do caudal de cheia e diminuição do volume de cheia;
  - iii. **Diminuição da perda total de precipitação, aumento do caudal de cheia e aumento do volume de cheia;**



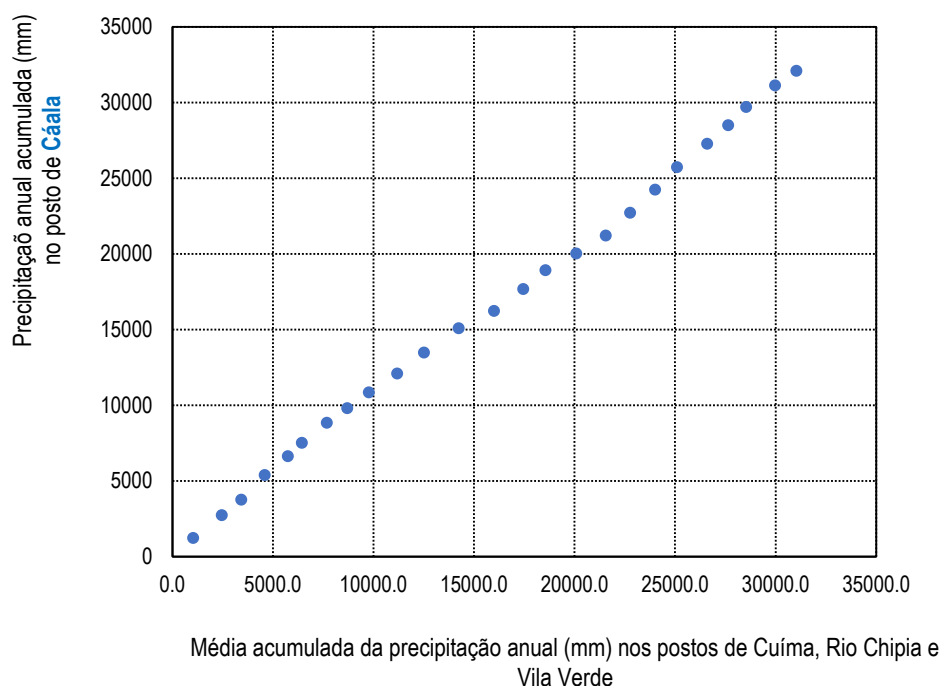
## 2 - PARTE PRÁTICA – EXERCÍCIOS EM EXCEL

### 2.1 Exercícios de tratamento de dados de precipitação

Ver Anexo 1.1 - Ficheiro Excel: Exercício\_Tratamento de dados de precipitação – Enunciado

1 – O ensaio dos valores duplamente acumulados (“double mass curve”) constitui uma das formas mais comuns de detecção de quebra de homogeneidade de séries anuais de precipitação. Tendo em conta os dados históricos das séries anuais de precipitação de 4 postos udométricos localizados em Angola (para o período 1949/50 – 1973/74), nomeadamente Cáala, Cuima, Rio Chipia e Vila Verde, elabore em excel o gráfico do duplo acumulado para Cáala, tendo por base os valores registados nesse posto e os valores registados em Cuima, Rio Chipia e Vila Verde.

Anexo 1.1 - Folha do ficheiro de Excel: 1\_Duplamente\_acumulados



2 – Aplicando o método do U.S. Weather Bureau, calcule a hipotética falha do ano hidrológico 1964/65 do posto de Cuima, tendo por base os valores registados nesse mesmo ano nos postos de Cáala, Rio Chipia e Vila Verde.

Ver Anexo 1.1 - Folha do ficheiro de Excel: 2\_Preenchimento\_falha\_anual\_A

**Resultado:**  $P_{\text{anual em Cuima (1964/65)}} = 1235,4 \text{ mm}$

3 – Aplicando o método de correlação linear simples, calcule a hipotética falha do ano hidrológico 1966/67 do posto de Rio Chipia, tendo por base os valores registados nesse posto e os valores registados no posto de Vila Verde.

Ver Anexo 1.1 - Folha do ficheiro de excel: Folha 3\_Preenchimento\_falha\_anual\_B

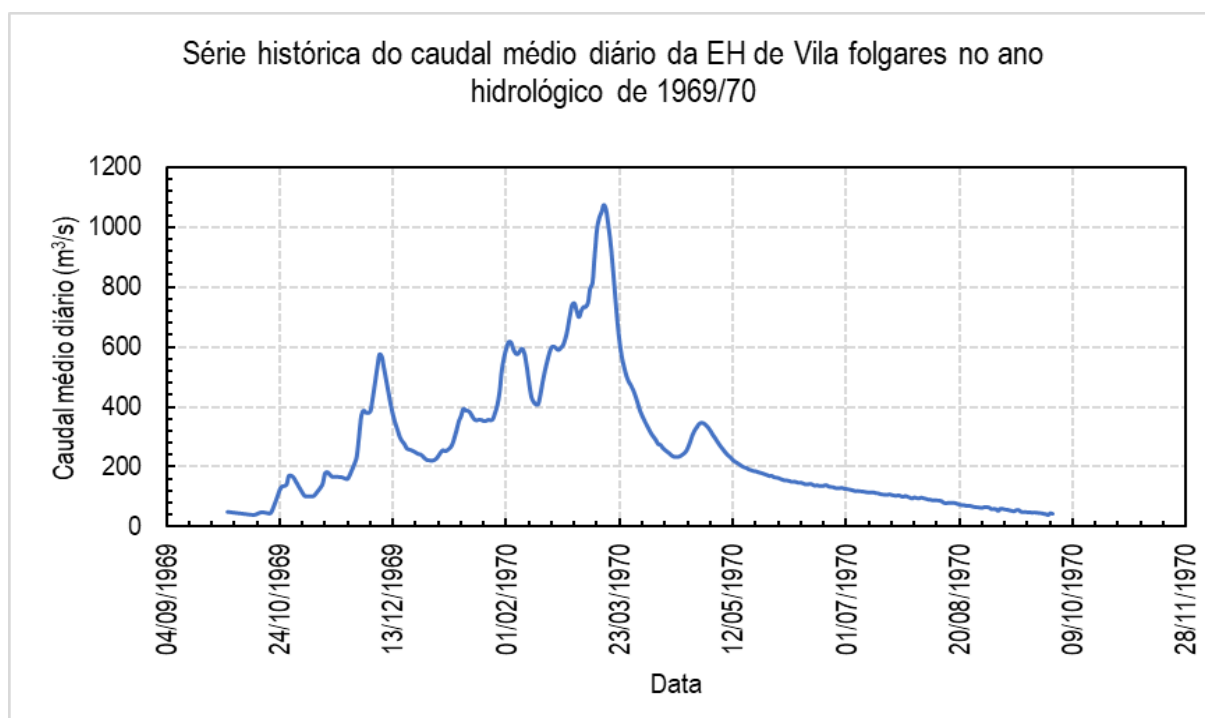
Resultado:  $P_{\text{anual em Rio Chipia (1966/67)}} = 1369,4 \text{ mm}$

## 2.2 Exercício de tratamento de dados de caudais

Ver Anexo 1.2 - Ficheiro Excel: Exercicio\_Tratamento\_Dados\_Caudais.xlsx enviado

A série temporal do caudal médio diário da Estação Hidrométrica de Vila Folgares no ano hidrológico 1969/70 indicada no Anexo 1.2 encontra-se representada na figura seguinte.

A estação hidrométrica de Vila Folgares é caracterizada por uma bacia hidrográfica com uma área de **35 510 km<sup>2</sup>**.



Tendo em conta os dados anteriormente apresentados e o ficheiro de Excel em anexo calcule:

- Qual o caudal médio diário do ano hidrológico 1969/70 da estação hidrométrica de Vila Folgares.

$$Q = 260,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Calcule as aflúncias totais anuais (volume anual escoado) no ano hidrológico 1969/70 da estação hidrométrica de Vila Folgares.

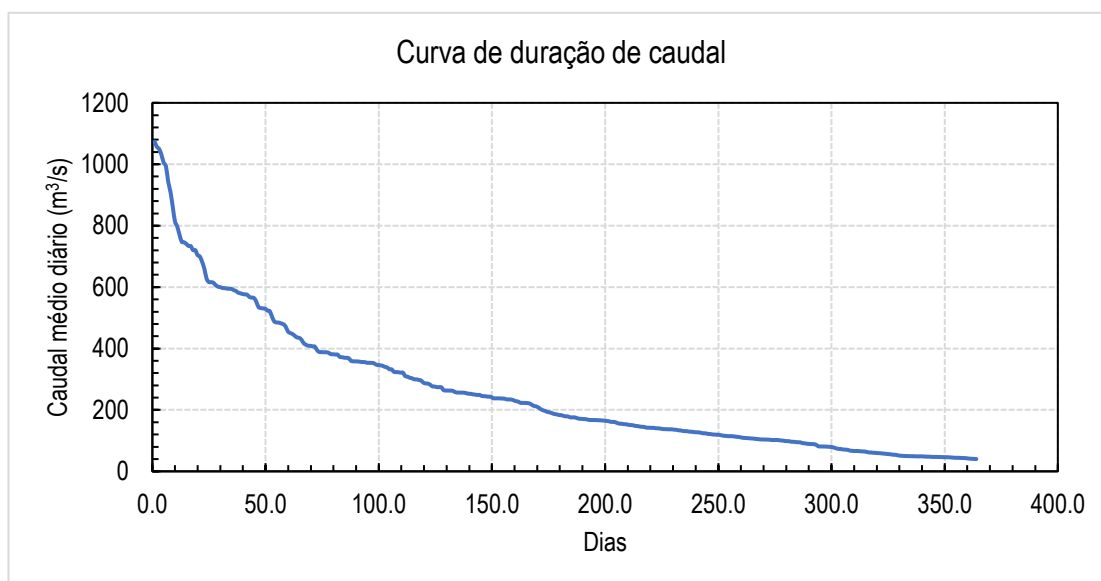
$$V = 260,0 \times 365 \times 24 \times 3600 / 1000000 = 8199 \text{ hm}^3$$

- Calcule o escoamento médio anual nesta estação.

$$H = 8199/35510 \times 1000 = 231 \text{ mm}$$

4. Obtenha a Curva de Duração anual do caudal médio diário da estação hidrométrica de Vila Folgares. Tendo em conta os resultados obtidos, qual o número de dias nesse ano em que os valores de caudal abaixo apresentados foram igualados ou excedidos?

| Caudal médio diário (m <sup>3</sup> /s) | Dias  |
|---|-------|
| 50,0                                    | 333,0 |
| 100,0                                   | 278,2 |
| 200,0                                   | 166,5 |
| 700,0                                   | 20,9  |





## **ANEXO 1.1 – EXERCÍCIOS DE TRATAMENTO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO**



**Exercício - Ensaio dos valores duplamente acumulados**

Nome das estações: Cáala, Cuima, Rio Chipia, Vila Verde

Tipo de série temporal : Precipitação anual (mm)

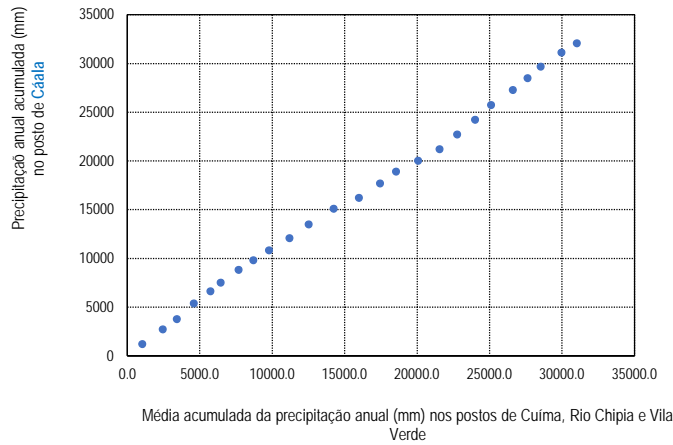
Calculos a efectuar pelo formando (colunas D, H e I)

Passos:

- 1 - Calcule a precipitação acumulada de Cáala (coluna D)
- 2 - Calcule, para cada ano, o valor médio dos valores da precipitação anual registada em Cuima, Rio Chipia e Vila Verde (Coluna H)
- 3 - Calcule a precipitação média acumulada de Cuima, Rio Chipia e Vila Verde (coluna I)
- 4 - Elabore e apresente o gráfico "duplamente acumulado" com base na Coluna D (eixo do Y) e na Coluna I (eixo do X)

| Ano     | Coluna D                |                             | Cuima  | Rio Chipia | Vila Verde | Coluna H                                | Coluna I   |
|---------|-------------------------|-----------------------------|--------|------------|------------|---|--|
|         | Cáala                   |                             |        |            |            | Média de Cuima, Rio Chipia e Vila Verde | Precipitação média acumulada de Cuima, Rio Chipia e Vila Verde |
|         | P <sub>anual</sub> (mm) | P <sub>acumulada</sub> (mm) |        |            |            | P (mm)                                  | P <sub>acumulada</sub> (mm)                                    |
| 1949/50 | 1224.7                  | 1224.7                      | 924.8  | 1157.0     | 1028.0     | 1036.6                                  | 1036.6   |
| 1950/51 | 1502.0                  | 2726.7                      | 1556.6 | 1418.3     | 1272.1     | 1415.6                                  | 2452.2   |
| 1951/52 | 1034.7                  | 3761.4                      | 801.8  | 1090.5     | 1018.9     | 970.4                                   | 3422.6   |
| 1952/53 | 1612.2                  | 5373.6                      | 1125.6 | 1280.3     | 1130.5     | 1178.8                                  | 4601.4   |
| 1953/54 | 1262.0                  | 6635.6                      | 800.1  | 1403.2     | 1239.9     | 1147.7                                  | 5749.2   |
| 1954/55 | 870.1                   | 7505.7                      | 625.1  | 711.7      | 737.2      | 691.3                                   | 6440.5   |
| 1955/56 | 1339.7                  | 8845.4                      | 1314.1 | 1260.4     | 1135.0     | 1236.5                                  | 7677.1   |
| 1956/57 | 962.3                   | 9807.7                      | 1094.7 | 1094.7     | 956.3      | 1019.9                                  | 8697.0   |
| 1957/58 | 1037.5                  | 10845.2                     | 1150.8 | 1091.4     | 996.7      | 1079.6                                  | 9776.6   |
| 1958/59 | 1247.9                  | 12093.1                     | 1457.8 | 1478.5     | 1299.0     | 1411.8                                  | 11188.4  |
| 1959/60 | 1384.9                  | 13478.0                     | 1208.6 | 1474.6     | 1304.0     | 1329.1                                  | 12517.5  |
| 1960/61 | 1613.7                  | 15091.7                     | 1980.6 | 1710.5     | 1473.7     | 1721.6                                  | 14239.1  |
| 1961/62 | 1128.0                  | 16219.7                     | 2012.0 | 1707.0     | 1556.7     | 1758.6                                  | 15997.6  |
| 1962/63 | 1461.5                  | 17681.2                     | 1345.9 | 1517.6     | 1494.5     | 1452.7                                  | 17450.3  |
| 1963/64 | 1243.6                  | 18924.8                     | 1113.2 | 1117.2     | 1089.3     | 1106.6                                  | 18556.9  |
| 1964/65 | 1094.0                  | 20018.8                     | 1716.4 | 1482.2     | 1369.9     | 1522.8                                  | 20079.7  |
| 1965/66 | 1181.1                  | 21199.9                     | 1544.0 | 1381.1     | 1498.8     | 1474.6                                  | 21554.4  |
| 1966/67 | 1518.0                  | 22717.9                     | 988.3  | 1412.0     | 1237.3     | 1212.5                                  | 22766.9  |
| 1967/68 | 1519.0                  | 24236.9                     | 1385.5 | 1401.8     | 942.5      | 1243.3                                  | 24010.2  |
| 1968/69 | 1497.0                  | 25733.9                     | 1026.4 | 1110.9     | 1147.5     | 1094.9                                  | 25105.1  |
| 1969/70 | 1540.0                  | 27273.9                     | 1376.6 | 1600.0     | 1524.0     | 1500.2                                  | 26605.3  |
| 1970/71 | 1229.0                  | 28502.9                     | 698.4  | 1322.0     | 1073.1     | 1031.2                                  | 27636.5  |
| 1971/72 | 1193.5                  | 29696.4                     | 511.9  | 1173.3     | 1026.3     | 903.8                                   | 28540.3  |
| 1972/73 | 1426.0                  | 31122.4                     | 1418.7 | 1635.7     | 1262.9     | 1439.1                                  | 29979.4  |
| 1973/74 | 963.7                   | 32086.1                     | 1031.0 | 1218.9     | 913.3      | 1054.4                                  | 31033.8  |

Elaborar gráfico "duplamente acumulado":



**Exercício - Preenchimento de falhas de precipitação (método U.S. Weather Bureau)**

*Suposição: Falha em 1964/65 no posto de Cuima*

*Objectivo: Preencher essa falha pelo método do U.S. Weather Bureau*

*Nome das estações: Cáala, Cuima, Rio Chipia, Vila Verde*

*Tipo de série temporal: Precipitação anual (mm)*

Valor da precipitação anual a determinar pelo formando (cálculo a efectuar na célula D21)

Cálculos a efectuar pelo formando (linha 50 e célula D21)

Passos:

1 - Calcule a média da precipitação anual em cada posto (linha 50)

2 - Com base na expressão seguinte determine o valor da precipitação anual ( $P$ ) em Cuima, no ano hidrológico de 1964/65:

$$P = \frac{1}{3} \left( \frac{\bar{P}}{\bar{P}_1} P_1 + \frac{\bar{P}}{\bar{P}_2} P_2 + \frac{\bar{P}}{\bar{P}_3} P_3 \right)$$

Valor da precipitação que queremos obter:  $P$

Precipitação média anual em cada um desses postos:  $\bar{P}_1, \bar{P}_2, \bar{P}_3$

Precipitação média anual no posto em causa (posto com falha):  $\bar{P}$

Valores da precipitação observados em três postos próximos:  $P_1, P_2$  e  $P_3$

$P_{\text{anual}}$  em Cuima (1964/65)  mm

| Ano          | $P_{\text{anual}}$ (mm) |                                     |             |             |
|--------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|
|              | Cáala                   | Cuima                               | Rio Chipia  | Vila Verde  |
| 1949/50      | 1224.7                  | 924.8                               | 1157.0      | 1028.0      |
| 1950/51      | 1502.0                  | 1556.6                              | 1418.3      | 1272.1      |
| 1951/52      | 1034.7                  | 801.8                               | 1090.5      | 1018.9      |
| 1952/53      | 1612.2                  | 1125.6                              | 1280.3      | 1130.5      |
| 1953/54      | 1262.0                  | 800.1                               | 1403.2      | 1239.9      |
| 1954/55      | 870.1                   | 625.1                               | 711.7       | 737.2       |
| 1955/56      | 1339.7                  | 1314.1                              | 1260.4      | 1135.0      |
| 1956/57      | 962.3                   | 1094.7                              | 1008.7      | 956.3       |
| 1957/58      | 1037.5                  | 1150.8                              | 1091.4      | 996.7       |
| 1958/59      | 1247.9                  | 1457.8                              | 1478.5      | 1299.0      |
| 1959/60      | 1384.9                  | 1208.6                              | 1474.6      | 1304.0      |
| 1960/61      | 1613.7                  | 1980.6                              | 1710.5      | 1473.7      |
| 1961/62      | 1128.0                  | 2012.0                              | 1707.0      | 1556.7      |
| 1962/63      | 1461.5                  | 1345.9                              | 1517.6      | 1494.5      |
| 1963/64      | 1243.6                  | 1113.2                              | 1117.2      | 1089.3      |
| 1964/65      | 1094.0                  | <input type="text" value="1235.4"/> | 1482.2      | 1369.9      |
| 1965/66      | 1181.1                  | 1544.0                              | 1381.1      | 1498.8      |
| 1966/67      | 1518.0                  | 988.3                               | 1412.0      | 1237.3      |
| 1967/68      | 1519.0                  | 1385.5                              | 1401.8      | 942.5       |
| 1968/69      | 1497.0                  | 1026.4                              | 1110.9      | 1147.5      |
| 1969/70      | 1540.0                  | 1376.6                              | 1600.0      | 1524.0      |
| 1970/71      | 1229.0                  | 698.4                               | 1322.0      | 1073.1      |
| 1971/72      | 1193.5                  | 511.9                               | 1173.3      | 1026.3      |
| 1972/73      | 1426.0                  | 1418.7                              | 1635.7      | 1262.9      |
| 1973/74      | 963.7                   | 1031.0                              | 1218.9      | 913.3       |
| <b>Média</b> | 1283.4                  | 1187.2                              | 1326.6      | 1189.1      |
|              | $\bar{P}_1$             | $\bar{P}$                           | $\bar{P}_2$ | $\bar{P}_3$ |



**Exercício - Preenchimento de falhas (método de correlação linear simples)**  
(nota - forma gráfica)

Suposição: Falha em 1966/67 no posto de Rio Chipia

Objectivo: Preencher essa falha pelo método de correlação linear simples

Nome das estações: Cáala, Cuima, Rio Chipia, Vila Verde

Tipo de série temporal: Precipitação anual (mm)

Valor da precipitação anual a determinar pelo formando (cálculo a efectuar na célula E19)

Passos:

- 1 - Elabore o gráfico das precipitações de ambos os postos (Dados de Vila Verde - eixo do X ; dados de precipitação anual de Rio Chipia - eixo do Y)
- 2 - Adicione uma *trendline* linear
- 3 - Escolha as opções "Display Equation on chart" ("mostre a equação no gráfico") e "Display R-squared value on chart" ("mostre o valor de R<sup>2</sup> no gráfico")

- Display Equation on chart
- Display R-squared value on chart

- 4 - Com base na expressão indicada no gráfico, calcule a precipitação do ano hidrológico de 1966/67 no posto de Rio Chipia

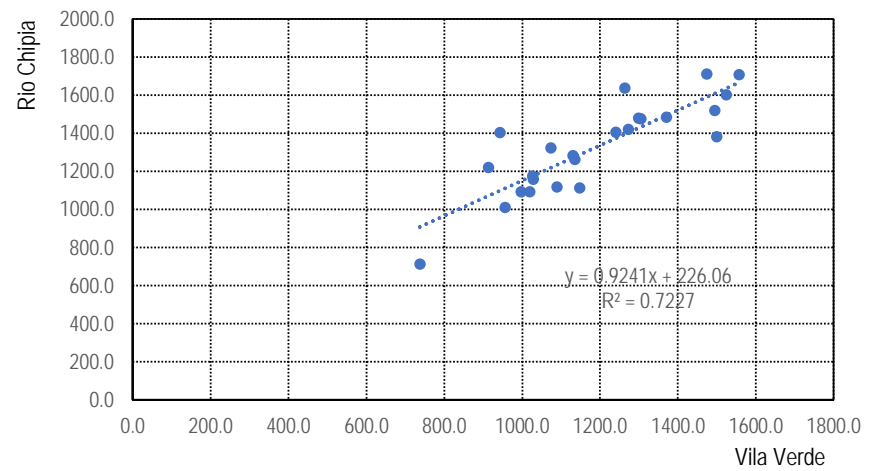
P<sub>anual</sub> em Rio Chipia (1966/67)  mm

| Ano     | P <sub>anual</sub> (mm) |            |
|---------|-------------------------|------------|
|         | Rio Chipia              | Vila Verde |
| 1949/50 | 1157.0                  | 1028.0     |
| 1950/51 | 1418.3                  | 1272.1     |
| 1951/52 | 1090.5                  | 1018.9     |
| 1952/53 | 1280.3                  | 1130.5     |
| 1953/54 | 1403.2                  | 1239.9     |
| 1954/55 | 711.7                   | 737.2      |
| 1955/56 | 1260.4                  | 1135.0     |
| 1956/57 | 1008.7                  | 956.3      |
| 1957/58 | 1091.4                  | 996.7      |
| 1958/59 | 1478.5                  | 1299.0     |
| 1959/60 | 1474.6                  | 1304.0     |
| 1960/61 | 1710.5                  | 1473.7     |
| 1961/62 | 1707.0                  | 1556.7     |
| 1962/63 | 1517.6                  | 1494.5     |
| 1963/64 | 1117.2                  | 1089.3     |
| 1964/65 | 1482.2                  | 1369.9     |
| 1965/66 | 1381.1                  | 1498.8     |
| 1966/67 |                         | 1237.3     |
| 1967/68 | 1401.8                  | 942.5      |
| 1968/69 | 1110.9                  | 1147.5     |
| 1969/70 | 1600.0                  | 1524.0     |
| 1970/71 | 1322.0                  | 1073.1     |
| 1971/72 | 1173.3                  | 1026.3     |
| 1972/73 | 1635.7                  | 1262.9     |
| 1973/74 | 1218.9                  | 913.3      |

| Eixo X                  |            | Eixo Y                  |            |
|-------------------------|------------|-------------------------|------------|
| P <sub>anual</sub> (mm) |            | P <sub>anual</sub> (mm) |            |
| Vila Verde              | Rio Chipia | Vila Verde              | Rio Chipia |
| 1028.0                  | 1157.0     | 1028.0                  | 1157.0     |
| 1272.1                  | 1418.3     | 1272.1                  | 1418.3     |
| 1018.9                  | 1090.5     | 1018.9                  | 1090.5     |
| 1130.5                  | 1280.3     | 1130.5                  | 1280.3     |
| 1239.9                  | 1403.2     | 1239.9                  | 1403.2     |
| 737.2                   | 711.7      | 737.2                   | 711.7      |
| 1135.0                  | 1260.4     | 1135.0                  | 1260.4     |
| 956.3                   | 1008.7     | 956.3                   | 1008.7     |
| 996.7                   | 1091.4     | 996.7                   | 1091.4     |
| 1299.0                  | 1478.5     | 1299.0                  | 1478.5     |
| 1304.0                  | 1474.6     | 1304.0                  | 1474.6     |
| 1473.7                  | 1710.5     | 1473.7                  | 1710.5     |
| 1556.7                  | 1707.0     | 1556.7                  | 1707.0     |
| 1494.5                  | 1517.6     | 1494.5                  | 1517.6     |
| 1089.3                  | 1117.2     | 1089.3                  | 1117.2     |
| 1369.9                  | 1482.2     | 1369.9                  | 1482.2     |
| 1498.8                  | 1498.8     | 1498.8                  | 1381.1     |
| 942.5                   | 1401.8     | 942.5                   | 1401.8     |
| 1147.5                  | 1110.9     | 1147.5                  | 1110.9     |
| 1524.0                  | 1600.0     | 1524.0                  | 1600.0     |
| 1073.1                  | 1322.0     | 1073.1                  | 1322.0     |
| 1026.3                  | 1173.3     | 1026.3                  | 1173.3     |
| 1262.9                  | 1635.7     | 1262.9                  | 1635.7     |
| 913.3                   | 1218.9     | 913.3                   | 1218.9     |

R 0.85 Coeficiente de correlação  
R<sup>2</sup> 0.72 Coeficiente de determinação

Elaborar o gráfico da Precipitação em Vila Verde (Eixo do X) e em Rio Chipia (Eixo do Y):





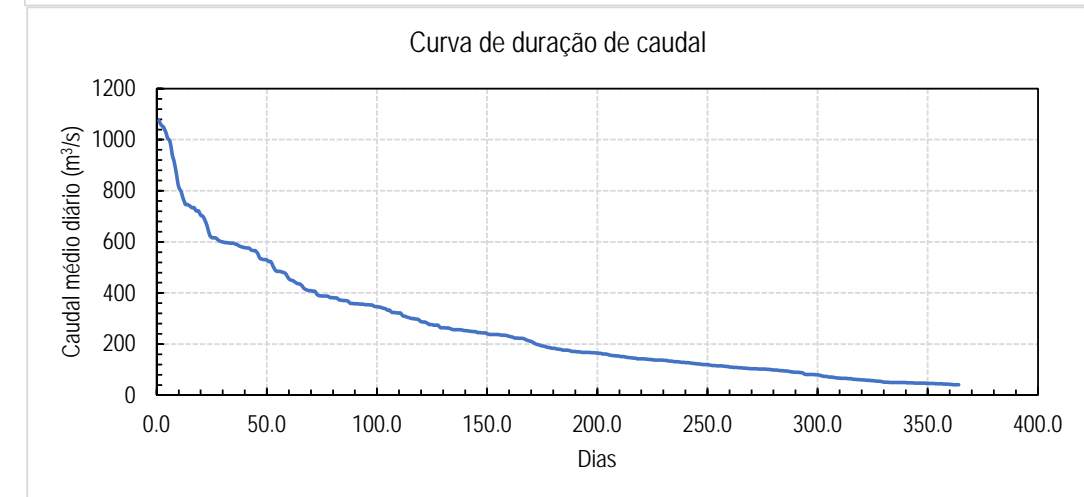
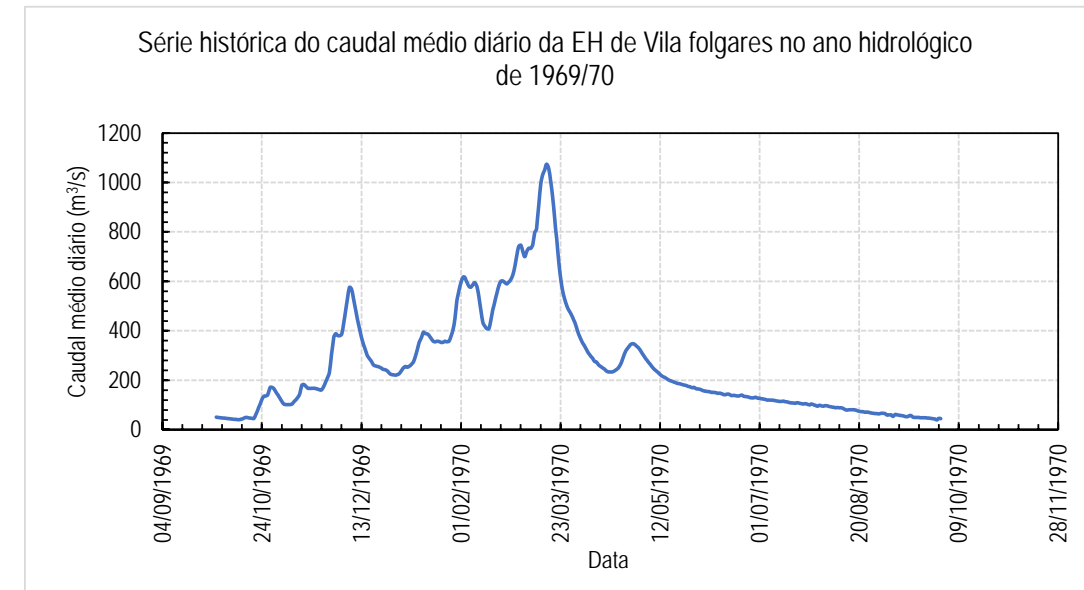
## **ANEXO 1.2 – EXERCÍCIOS DE TRATAMENTO DE DADOS DE CAUDAIS**



Exercício

Número da estação : 607324  
 Nome da estação : CUNENE - VILA FOLGARES (607324)  
 Tipo de série temporal : Vazão (m³/s)  
 Latitude : 14:54: 0 S  
 Longitude : 15: 5: 0 E  
 Altitude : 1190.0 metros  
 Área : 35510.0 km²      35510

| Ano  | Mês | Dia | Data       | Caudal | i (-) | dias (-) | Q <sub>1969/70</sub> (m³/s) | Q   | V    | H          |
|------|-----|-----|------------|--------|-------|----------|-----------------------------|-----|------|------------|
| 1969 | 10  | 1   | 01/10/1969 | 50.71  | 1     | 1.0      | 1074                        | 260 | 8199 | 230.886153 |
| 1969 | 10  | 2   | 02/10/1969 | 49.76  | 2     | 2.0      | 1057                        |     |      |            |
| 1969 | 10  | 3   | 03/10/1969 | 48.82  | 3     | 3.0      | 1050                        |     |      |            |
| 1969 | 10  | 4   | 04/10/1969 | 47.88  | 4     | 4.0      | 1031                        |     |      |            |
| 1969 | 10  | 5   | 05/10/1969 | 46.94  | 5     | 5.0      | 1005                        |     |      |            |
| 1969 | 10  | 6   | 06/10/1969 | 46.01  | 6     | 6.0      | 994                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 7   | 07/10/1969 | 45.09  | 7     | 7.0      | 943                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 8   | 08/10/1969 | 44.17  | 8     | 8.0      | 910                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 9   | 09/10/1969 | 43.25  | 9     | 9.0      | 862                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 10  | 10/10/1969 | 42.34  | 10    | 10.0     | 814                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 11  | 11/10/1969 | 41.44  | 11    | 11.0     | 797                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 12  | 12/10/1969 | 40.65  | 12    | 12.0     | 771                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 13  | 13/10/1969 | 40.94  | 13    | 13.0     | 748                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 14  | 14/10/1969 | 43.76  | 14    | 14.0     | 746                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 15  | 15/10/1969 | 47.05  | 15    | 15.0     | 741                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 16  | 16/10/1969 | 49.77  | 16    | 16.0     | 734                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 17  | 17/10/1969 | 48.82  | 17    | 17.0     | 733                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 18  | 18/10/1969 | 47.25  | 18    | 18.0     | 720                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 19  | 19/10/1969 | 45.7   | 19    | 18.9     | 720                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 20  | 20/10/1969 | 46.55  | 20    | 19.9     | 704                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 21  | 21/10/1969 | 62.19  | 21    | 20.9     | 700                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 22  | 22/10/1969 | 81.57  | 22    | 21.9     | 683                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 23  | 23/10/1969 | 102.42 | 23    | 22.9     | 660                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 24  | 24/10/1969 | 123.99 | 24    | 23.9     | 628                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 25  | 25/10/1969 | 135.45 | 25    | 24.9     | 617                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 26  | 26/10/1969 | 136.88 | 26    | 25.9     | 616                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 27  | 27/10/1969 | 141.66 | 27    | 26.9     | 614                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 28  | 28/10/1969 | 170.3  | 28    | 27.9     | 607                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 29  | 29/10/1969 | 171.44 | 29    | 28.9     | 602                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 30  | 30/10/1969 | 165.94 | 30    | 29.9     | 600                         |     |      |            |
| 1969 | 10  | 31  | 31/10/1969 | 153.5  | 31    | 30.9     | 597                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 1   | 01/11/1969 | 140.18 | 32    | 31.9     | 597                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 2   | 02/11/1969 | 127.17 | 33    | 32.9     | 595                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 3   | 03/11/1969 | 114.5  | 34    | 33.9     | 594                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 4   | 04/11/1969 | 103.68 | 35    | 34.9     | 594                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 5   | 05/11/1969 | 102.15 | 36    | 35.9     | 590                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 6   | 06/11/1969 | 102.15 | 37    | 36.9     | 588                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 7   | 07/11/1969 | 102.15 | 38    | 37.9     | 582                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 8   | 08/11/1969 | 103.34 | 39    | 38.9     | 580                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 9   | 09/11/1969 | 111.76 | 40    | 39.9     | 577                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 10  | 10/11/1969 | 121.58 | 41    | 40.9     | 576                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 11  | 11/11/1969 | 131.6  | 42    | 41.9     | 575                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 12  | 12/11/1969 | 145.78 | 43    | 42.9     | 568                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 13  | 13/11/1969 | 179.13 | 44    | 43.9     | 566                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 14  | 14/11/1969 | 183.46 | 45    | 44.9     | 565                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 15  | 15/11/1969 | 175.79 | 46    | 45.9     | 553                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 16  | 16/11/1969 | 168.2  | 47    | 46.9     | 535                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 17  | 17/11/1969 | 167.12 | 48    | 47.9     | 532                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 18  | 18/11/1969 | 167.12 | 49    | 48.9     | 531                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 19  | 19/11/1969 | 167.12 | 50    | 49.9     | 529                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 20  | 20/11/1969 | 166.76 | 51    | 50.9     | 523                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 21  | 21/11/1969 | 164.25 | 52    | 51.9     | 522                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 22  | 22/11/1969 | 161.4  | 53    | 52.9     | 503                         |     |      |            |
| 1969 | 11  | 23  | 23/11/1969 | 161.06 | 54    | 53.9     | 488                         |     |      |            |



|      |    |    |            |        |     |       |     |
|------|----|----|------------|--------|-----|-------|-----|
| 1969 | 11 | 24 | 24/11/1969 | 175.81 | 55  | 54.8  | 485 |
| 1969 | 11 | 25 | 25/11/1969 | 193.48 | 56  | 55.8  | 484 |
| 1969 | 11 | 26 | 26/11/1969 | 211.57 | 57  | 56.8  | 482 |
| 1969 | 11 | 27 | 27/11/1969 | 236.66 | 58  | 57.8  | 479 |
| 1969 | 11 | 28 | 28/11/1969 | 303.1  | 59  | 58.8  | 472 |
| 1969 | 11 | 29 | 29/11/1969 | 371.86 | 60  | 59.8  | 456 |
| 1969 | 11 | 30 | 30/11/1969 | 388.36 | 61  | 60.8  | 451 |
| 1969 | 12 | 1  | 01/12/1969 | 381.69 | 62  | 61.8  | 448 |
| 1969 | 12 | 2  | 02/12/1969 | 380.36 | 63  | 62.8  | 442 |
| 1969 | 12 | 3  | 03/12/1969 | 386.39 | 64  | 63.8  | 436 |
| 1969 | 12 | 4  | 04/12/1969 | 429.09 | 65  | 64.8  | 435 |
| 1969 | 12 | 5  | 05/12/1969 | 479.18 | 66  | 65.8  | 429 |
| 1969 | 12 | 6  | 06/12/1969 | 530.66 | 67  | 66.8  | 418 |
| 1969 | 12 | 7  | 07/12/1969 | 575.26 | 68  | 67.8  | 412 |
| 1969 | 12 | 8  | 08/12/1969 | 567.73 | 69  | 68.8  | 409 |
| 1969 | 12 | 9  | 09/12/1969 | 529.47 | 70  | 69.8  | 409 |
| 1969 | 12 | 10 | 10/12/1969 | 488.2  | 71  | 70.8  | 407 |
| 1969 | 12 | 11 | 11/12/1969 | 447.54 | 72  | 71.8  | 406 |
| 1969 | 12 | 12 | 12/12/1969 | 406.98 | 73  | 72.8  | 394 |
| 1969 | 12 | 13 | 13/12/1969 | 372.71 | 74  | 73.8  | 389 |
| 1969 | 12 | 14 | 14/12/1969 | 345.44 | 75  | 74.8  | 388 |
| 1969 | 12 | 15 | 15/12/1969 | 323.31 | 76  | 75.8  | 388 |
| 1969 | 12 | 16 | 16/12/1969 | 299.56 | 77  | 76.8  | 388 |
| 1969 | 12 | 17 | 17/12/1969 | 286.36 | 78  | 77.8  | 386 |
| 1969 | 12 | 18 | 18/12/1969 | 276.76 | 79  | 78.8  | 382 |
| 1969 | 12 | 19 | 19/12/1969 | 262.4  | 80  | 79.8  | 381 |
| 1969 | 12 | 20 | 20/12/1969 | 258.53 | 81  | 80.8  | 380 |
| 1969 | 12 | 21 | 21/12/1969 | 256.36 | 82  | 81.8  | 380 |
| 1969 | 12 | 22 | 22/12/1969 | 252.77 | 83  | 82.8  | 373 |
| 1969 | 12 | 23 | 23/12/1969 | 248.7  | 84  | 83.8  | 372 |
| 1969 | 12 | 24 | 24/12/1969 | 243.95 | 85  | 84.8  | 370 |
| 1969 | 12 | 25 | 25/12/1969 | 242.52 | 86  | 85.8  | 370 |
| 1969 | 12 | 26 | 26/12/1969 | 237.09 | 87  | 86.8  | 368 |
| 1969 | 12 | 27 | 27/12/1969 | 228.65 | 88  | 87.8  | 360 |
| 1969 | 12 | 28 | 28/12/1969 | 223.3  | 89  | 88.8  | 358 |
| 1969 | 12 | 29 | 29/12/1969 | 222.37 | 90  | 89.8  | 358 |
| 1969 | 12 | 30 | 30/12/1969 | 221.21 | 91  | 90.8  | 358 |
| 1969 | 12 | 31 | 31/12/1969 | 222.83 | 92  | 91.7  | 357 |
| 1970 | 1  | 1  | 01/01/1970 | 227.25 | 93  | 92.7  | 356 |
| 1970 | 1  | 2  | 02/01/1970 | 237.57 | 94  | 93.7  | 356 |
| 1970 | 1  | 3  | 03/01/1970 | 248.71 | 95  | 94.7  | 354 |
| 1970 | 1  | 4  | 04/01/1970 | 256.37 | 96  | 95.7  | 353 |
| 1970 | 1  | 5  | 05/01/1970 | 252.53 | 97  | 96.7  | 353 |
| 1970 | 1  | 6  | 06/01/1970 | 256.61 | 98  | 97.7  | 352 |
| 1970 | 1  | 7  | 07/01/1970 | 262.88 | 99  | 98.7  | 348 |
| 1970 | 1  | 8  | 08/01/1970 | 273.83 | 100 | 99.7  | 346 |
| 1970 | 1  | 9  | 09/01/1970 | 296.07 | 101 | 100.7 | 345 |
| 1970 | 1  | 10 | 10/01/1970 | 322.82 | 102 | 101.7 | 344 |
| 1970 | 1  | 11 | 11/01/1970 | 352.46 | 103 | 102.7 | 340 |
| 1970 | 1  | 12 | 12/01/1970 | 370.05 | 104 | 103.7 | 338 |
| 1970 | 1  | 13 | 13/01/1970 | 394    | 105 | 104.7 | 333 |
| 1970 | 1  | 14 | 14/01/1970 | 388.63 | 106 | 105.7 | 332 |
| 1970 | 1  | 15 | 15/01/1970 | 387.83 | 107 | 106.7 | 324 |
| 1970 | 1  | 16 | 16/01/1970 | 381.43 | 108 | 107.7 | 323 |
| 1970 | 1  | 17 | 17/01/1970 | 368.18 | 109 | 108.7 | 323 |
| 1970 | 1  | 18 | 18/01/1970 | 358.19 | 110 | 109.7 | 322 |
| 1970 | 1  | 19 | 19/01/1970 | 355.83 | 111 | 110.7 | 321 |
| 1970 | 1  | 20 | 20/01/1970 | 358.45 | 112 | 111.7 | 310 |
| 1970 | 1  | 21 | 21/01/1970 | 356.88 | 113 | 112.7 | 308 |
| 1970 | 1  | 22 | 22/01/1970 | 353.48 | 114 | 113.7 | 305 |
| 1970 | 1  | 23 | 23/01/1970 | 353.74 | 115 | 114.7 | 303 |
| 1970 | 1  | 24 | 24/01/1970 | 357.93 | 116 | 115.7 | 300 |
| 1970 | 1  | 25 | 25/01/1970 | 355.83 | 117 | 116.7 | 300 |
| 1970 | 1  | 26 | 26/01/1970 | 359.77 | 118 | 117.7 | 298 |
| 1970 | 1  | 27 | 27/01/1970 | 380.38 | 119 | 118.7 | 296 |
| 1970 | 1  | 28 | 28/01/1970 | 406.16 | 120 | 119.7 | 289 |
| 1970 | 1  | 29 | 29/01/1970 | 450.68 | 121 | 120.7 | 286 |

|      |   |    |            |         |     |       |     |
|------|---|----|------------|---------|-----|-------|-----|
| 1970 | 1 | 30 | 30/01/1970 | 523.47  | 122 | 121.7 | 286 |
| 1970 | 1 | 31 | 31/01/1970 | 565.97  | 123 | 122.7 | 282 |
| 1970 | 2 | 1  | 01/02/1970 | 596.5   | 124 | 123.7 | 277 |
| 1970 | 2 | 2  | 02/02/1970 | 616.58  | 125 | 124.7 | 276 |
| 1970 | 2 | 3  | 03/02/1970 | 615.98  | 126 | 125.7 | 274 |
| 1970 | 2 | 4  | 04/02/1970 | 594.41  | 127 | 126.7 | 274 |
| 1970 | 2 | 5  | 05/02/1970 | 579.82  | 128 | 127.7 | 274 |
| 1970 | 2 | 6  | 06/02/1970 | 576.27  | 129 | 128.6 | 264 |
| 1970 | 2 | 7  | 07/02/1970 | 587.55  | 130 | 129.6 | 263 |
| 1970 | 2 | 8  | 08/02/1970 | 594.4   | 131 | 130.6 | 263 |
| 1970 | 2 | 9  | 09/02/1970 | 577.48  | 132 | 131.6 | 263 |
| 1970 | 2 | 10 | 10/02/1970 | 535.01  | 133 | 132.6 | 262 |
| 1970 | 2 | 11 | 11/02/1970 | 481.73  | 134 | 133.6 | 259 |
| 1970 | 2 | 12 | 12/02/1970 | 434.81  | 135 | 134.6 | 257 |
| 1970 | 2 | 13 | 13/02/1970 | 417.52  | 136 | 135.6 | 257 |
| 1970 | 2 | 14 | 14/02/1970 | 408.82  | 137 | 136.6 | 256 |
| 1970 | 2 | 15 | 15/02/1970 | 409.11  | 138 | 137.6 | 256 |
| 1970 | 2 | 16 | 16/02/1970 | 442     | 139 | 138.6 | 255 |
| 1970 | 2 | 17 | 17/02/1970 | 484.8   | 140 | 139.6 | 253 |
| 1970 | 2 | 18 | 18/02/1970 | 521.65  | 141 | 140.6 | 253 |
| 1970 | 2 | 19 | 19/02/1970 | 552.74  | 142 | 141.6 | 251 |
| 1970 | 2 | 20 | 20/02/1970 | 581.92  | 143 | 142.6 | 250 |
| 1970 | 2 | 21 | 21/02/1970 | 600.07  | 144 | 143.6 | 249 |
| 1970 | 2 | 22 | 22/02/1970 | 601.57  | 145 | 144.6 | 249 |
| 1970 | 2 | 23 | 23/02/1970 | 595.29  | 146 | 145.6 | 245 |
| 1970 | 2 | 24 | 24/02/1970 | 590.22  | 147 | 146.6 | 245 |
| 1970 | 2 | 25 | 25/02/1970 | 597.38  | 148 | 147.6 | 244 |
| 1970 | 2 | 26 | 26/02/1970 | 606.66  | 149 | 148.6 | 243 |
| 1970 | 2 | 27 | 27/02/1970 | 627.76  | 150 | 149.6 | 243 |
| 1970 | 2 | 28 | 28/02/1970 | 660.06  | 151 | 150.6 | 238 |
| 1970 | 3 | 1  | 01/03/1970 | 704.26  | 152 | 151.6 | 238 |
| 1970 | 3 | 2  | 02/03/1970 | 740.93  | 153 | 152.6 | 238 |
| 1970 | 3 | 3  | 03/03/1970 | 745.98  | 154 | 153.6 | 238 |
| 1970 | 3 | 4  | 04/03/1970 | 720.49  | 155 | 154.6 | 237 |
| 1970 | 3 | 5  | 05/03/1970 | 699.87  | 156 | 155.6 | 237 |
| 1970 | 3 | 6  | 06/03/1970 | 720.48  | 157 | 156.6 | 234 |
| 1970 | 3 | 7  | 07/03/1970 | 733.35  | 158 | 157.6 | 234 |
| 1970 | 3 | 8  | 08/03/1970 | 733.98  | 159 | 158.6 | 234 |
| 1970 | 3 | 9  | 09/03/1970 | 747.59  | 160 | 159.6 | 231 |
| 1970 | 3 | 10 | 10/03/1970 | 797.36  | 161 | 160.6 | 229 |
| 1970 | 3 | 11 | 11/03/1970 | 814.2   | 162 | 161.6 | 227 |
| 1970 | 3 | 12 | 12/03/1970 | 910.45  | 163 | 162.6 | 223 |
| 1970 | 3 | 13 | 13/03/1970 | 993.83  | 164 | 163.6 | 223 |
| 1970 | 3 | 14 | 14/03/1970 | 1031.06 | 165 | 164.5 | 223 |
| 1970 | 3 | 15 | 15/03/1970 | 1049.66 | 166 | 165.5 | 222 |
| 1970 | 3 | 16 | 16/03/1970 | 1073.9  | 167 | 166.5 | 221 |
| 1970 | 3 | 17 | 17/03/1970 | 1056.59 | 168 | 167.5 | 217 |
| 1970 | 3 | 18 | 18/03/1970 | 1005.41 | 169 | 168.5 | 213 |
| 1970 | 3 | 19 | 19/03/1970 | 943.46  | 170 | 169.5 | 212 |
| 1970 | 3 | 20 | 20/03/1970 | 862.48  | 171 | 170.5 | 208 |
| 1970 | 3 | 21 | 21/03/1970 | 770.92  | 172 | 171.5 | 203 |
| 1970 | 3 | 22 | 22/03/1970 | 682.95  | 173 | 172.5 | 199 |
| 1970 | 3 | 23 | 23/03/1970 | 614.26  | 174 | 173.5 | 197 |
| 1970 | 3 | 24 | 24/03/1970 | 564.51  | 175 | 174.5 | 193 |
| 1970 | 3 | 25 | 25/03/1970 | 531.77  | 176 | 175.5 | 192 |
| 1970 | 3 | 26 | 26/03/1970 | 503.26  | 177 | 176.5 | 190 |
| 1970 | 3 | 27 | 27/03/1970 | 484.47  | 178 | 177.5 | 187 |
| 1970 | 3 | 28 | 28/03/1970 | 471.78  | 179 | 178.5 | 186 |
| 1970 | 3 | 29 | 29/03/1970 | 456.11  | 180 | 179.5 | 183 |
| 1970 | 3 | 30 | 30/03/1970 | 436.16  | 181 | 180.5 | 183 |
| 1970 | 3 | 31 | 31/03/1970 | 412.37  | 182 | 181.5 | 181 |
| 1970 | 4 | 1  | 01/04/1970 | 387.85  | 183 | 182.5 | 179 |
| 1970 | 4 | 2  | 02/04/1970 | 369.77  | 184 | 183.5 | 179 |
| 1970 | 4 | 3  | 03/04/1970 | 353.23  | 185 | 184.5 | 176 |
| 1970 | 4 | 4  | 04/04/1970 | 338.44  | 186 | 185.5 | 176 |
| 1970 | 4 | 5  | 05/04/1970 | 324.06  | 187 | 186.5 | 176 |
| 1970 | 4 | 6  | 06/04/1970 | 310.35  | 188 | 187.5 | 174 |

|      |   |    |            |        |     |       |     |
|------|---|----|------------|--------|-----|-------|-----|
| 1970 | 4 | 7  | 07/04/1970 | 299.79 | 189 | 188.5 | 171 |
| 1970 | 4 | 8  | 08/04/1970 | 289.09 | 190 | 189.5 | 171 |
| 1970 | 4 | 9  | 09/04/1970 | 276.27 | 191 | 190.5 | 170 |
| 1970 | 4 | 10 | 10/04/1970 | 274.07 | 192 | 191.5 | 170 |
| 1970 | 4 | 11 | 11/04/1970 | 263.36 | 193 | 192.5 | 168 |
| 1970 | 4 | 12 | 12/04/1970 | 256.61 | 194 | 193.5 | 167 |
| 1970 | 4 | 13 | 13/04/1970 | 250.85 | 195 | 194.5 | 167 |
| 1970 | 4 | 14 | 14/04/1970 | 244.9  | 196 | 195.5 | 167 |
| 1970 | 4 | 15 | 15/04/1970 | 238.03 | 197 | 196.5 | 167 |
| 1970 | 4 | 16 | 16/04/1970 | 234.27 | 198 | 197.5 | 166 |
| 1970 | 4 | 17 | 17/04/1970 | 233.8  | 199 | 198.5 | 166 |
| 1970 | 4 | 18 | 18/04/1970 | 234.27 | 200 | 199.5 | 165 |
| 1970 | 4 | 19 | 19/04/1970 | 237.8  | 201 | 200.5 | 164 |
| 1970 | 4 | 20 | 20/04/1970 | 243.24 | 202 | 201.4 | 163 |
| 1970 | 4 | 21 | 21/04/1970 | 249.9  | 203 | 202.4 | 161 |
| 1970 | 4 | 22 | 22/04/1970 | 263.13 | 204 | 203.4 | 161 |
| 1970 | 4 | 23 | 23/04/1970 | 282.43 | 205 | 204.4 | 160 |
| 1970 | 4 | 24 | 24/04/1970 | 304.82 | 206 | 205.4 | 157 |
| 1970 | 4 | 25 | 25/04/1970 | 321.26 | 207 | 206.4 | 155 |
| 1970 | 4 | 26 | 26/04/1970 | 332.51 | 208 | 207.4 | 155 |
| 1970 | 4 | 27 | 27/04/1970 | 343.6  | 209 | 208.4 | 154 |
| 1970 | 4 | 28 | 28/04/1970 | 348.01 | 210 | 209.4 | 153 |
| 1970 | 4 | 29 | 29/04/1970 | 346.19 | 211 | 210.4 | 151 |
| 1970 | 4 | 30 | 30/04/1970 | 340.24 | 212 | 211.4 | 151 |
| 1970 | 5 | 1  | 01/05/1970 | 331.99 | 213 | 212.4 | 150 |
| 1970 | 5 | 2  | 02/05/1970 | 321.51 | 214 | 213.4 | 148 |
| 1970 | 5 | 3  | 03/05/1970 | 308.33 | 215 | 214.4 | 147 |
| 1970 | 5 | 4  | 04/05/1970 | 297.54 | 216 | 215.4 | 146 |
| 1970 | 5 | 5  | 05/05/1970 | 285.87 | 217 | 216.4 | 145 |
| 1970 | 5 | 6  | 06/05/1970 | 274.31 | 218 | 217.4 | 144 |
| 1970 | 5 | 7  | 07/05/1970 | 264.33 | 219 | 218.4 | 142 |
| 1970 | 5 | 8  | 08/05/1970 | 254.69 | 220 | 219.4 | 142 |
| 1970 | 5 | 9  | 09/05/1970 | 245.38 | 221 | 220.4 | 142 |
| 1970 | 5 | 10 | 10/05/1970 | 237.8  | 222 | 221.4 | 142 |
| 1970 | 5 | 11 | 11/05/1970 | 231.46 | 223 | 222.4 | 140 |
| 1970 | 5 | 12 | 12/05/1970 | 223.07 | 224 | 223.4 | 140 |
| 1970 | 5 | 13 | 13/05/1970 | 217.29 | 225 | 224.4 | 139 |
| 1970 | 5 | 14 | 14/05/1970 | 213.15 | 226 | 225.4 | 138 |
| 1970 | 5 | 15 | 15/05/1970 | 207.9  | 227 | 226.4 | 137 |
| 1970 | 5 | 16 | 16/05/1970 | 202.68 | 228 | 227.4 | 137 |
| 1970 | 5 | 17 | 17/05/1970 | 199.06 | 229 | 228.4 | 137 |
| 1970 | 5 | 18 | 18/05/1970 | 196.59 | 230 | 229.4 | 137 |
| 1970 | 5 | 19 | 19/05/1970 | 192.12 | 231 | 230.4 | 136 |
| 1970 | 5 | 20 | 20/05/1970 | 189.66 | 232 | 231.4 | 135 |
| 1970 | 5 | 21 | 21/05/1970 | 186.78 | 233 | 232.4 | 134 |
| 1970 | 5 | 22 | 22/05/1970 | 185.89 | 234 | 233.4 | 133 |
| 1970 | 5 | 23 | 23/05/1970 | 183.02 | 235 | 234.4 | 132 |
| 1970 | 5 | 24 | 24/05/1970 | 181.04 | 236 | 235.4 | 131 |
| 1970 | 5 | 25 | 25/05/1970 | 179.07 | 237 | 236.4 | 131 |
| 1970 | 5 | 26 | 26/05/1970 | 176    | 238 | 237.3 | 129 |
| 1970 | 5 | 27 | 27/05/1970 | 173.61 | 239 | 238.3 | 129 |
| 1970 | 5 | 28 | 28/05/1970 | 169.92 | 240 | 239.3 | 128 |
| 1970 | 5 | 29 | 29/05/1970 | 171.01 | 241 | 240.3 | 127 |
| 1970 | 5 | 30 | 30/05/1970 | 166.26 | 242 | 241.3 | 127 |
| 1970 | 5 | 31 | 31/05/1970 | 165.18 | 243 | 242.3 | 126 |
| 1970 | 6 | 1  | 01/06/1970 | 163.47 | 244 | 243.3 | 124 |
| 1970 | 6 | 2  | 02/06/1970 | 160.27 | 245 | 244.3 | 124 |
| 1970 | 6 | 3  | 03/06/1970 | 157.08 | 246 | 245.3 | 122 |
| 1970 | 6 | 4  | 04/06/1970 | 155.38 | 247 | 246.3 | 122 |
| 1970 | 6 | 5  | 05/06/1970 | 154.96 | 248 | 247.3 | 120 |
| 1970 | 6 | 6  | 06/06/1970 | 153.28 | 249 | 248.3 | 120 |
| 1970 | 6 | 7  | 07/06/1970 | 150.75 | 250 | 249.3 | 119 |
| 1970 | 6 | 8  | 08/06/1970 | 151.38 | 251 | 250.3 | 119 |
| 1970 | 6 | 9  | 09/06/1970 | 149.92 | 252 | 251.3 | 118 |
| 1970 | 6 | 10 | 10/06/1970 | 147.41 | 253 | 252.3 | 116 |
| 1970 | 6 | 11 | 11/06/1970 | 147.83 | 254 | 253.3 | 115 |
| 1970 | 6 | 12 | 12/06/1970 | 145.12 | 255 | 254.3 | 115 |



|      |   |    |            |        |     |       |     |
|------|---|----|------------|--------|-----|-------|-----|
| 1970 | 6 | 13 | 13/06/1970 | 142.22 | 256 | 255.3 | 115 |
| 1970 | 6 | 14 | 14/06/1970 | 142.22 | 257 | 256.3 | 115 |
| 1970 | 6 | 15 | 15/06/1970 | 144.29 | 258 | 257.3 | 113 |
| 1970 | 6 | 16 | 16/06/1970 | 141.6  | 259 | 258.3 | 113 |
| 1970 | 6 | 17 | 17/06/1970 | 137.9  | 260 | 259.3 | 112 |
| 1970 | 6 | 18 | 18/06/1970 | 139.34 | 261 | 260.3 | 110 |
| 1970 | 6 | 19 | 19/06/1970 | 137.29 | 262 | 261.3 | 109 |
| 1970 | 6 | 20 | 20/06/1970 | 136.88 | 263 | 262.3 | 108 |
| 1970 | 6 | 21 | 21/06/1970 | 137.49 | 264 | 263.3 | 108 |
| 1970 | 6 | 22 | 22/06/1970 | 140.37 | 265 | 264.3 | 107 |
| 1970 | 6 | 23 | 23/06/1970 | 135.86 | 266 | 265.3 | 107 |
| 1970 | 6 | 24 | 24/06/1970 | 133.82 | 267 | 266.3 | 106 |
| 1970 | 6 | 25 | 25/06/1970 | 133.21 | 268 | 267.3 | 105 |
| 1970 | 6 | 26 | 26/06/1970 | 130.57 | 269 | 268.3 | 104 |
| 1970 | 6 | 27 | 27/06/1970 | 128.96 | 270 | 269.3 | 104 |
| 1970 | 6 | 28 | 28/06/1970 | 129.16 | 271 | 270.3 | 104 |
| 1970 | 6 | 29 | 29/06/1970 | 130.98 | 272 | 271.3 | 103 |
| 1970 | 6 | 30 | 30/06/1970 | 127.75 | 273 | 272.3 | 103 |
| 1970 | 7 | 1  | 01/07/1970 | 126.95 | 274 | 273.3 | 102 |
| 1970 | 7 | 2  | 02/07/1970 | 125.55 | 275 | 274.2 | 102 |
| 1970 | 7 | 3  | 03/07/1970 | 123.95 | 276 | 275.2 | 102 |
| 1970 | 7 | 4  | 04/07/1970 | 122.16 | 277 | 276.2 | 102 |
| 1970 | 7 | 5  | 05/07/1970 | 119.78 | 278 | 277.2 | 101 |
| 1970 | 7 | 6  | 06/07/1970 | 120.37 | 279 | 278.2 | 100 |
| 1970 | 7 | 7  | 07/07/1970 | 119.38 | 280 | 279.2 | 99  |
| 1970 | 7 | 8  | 08/07/1970 | 118.99 | 281 | 280.2 | 99  |
| 1970 | 7 | 9  | 09/07/1970 | 117.61 | 282 | 281.2 | 98  |
| 1970 | 7 | 10 | 10/07/1970 | 116.04 | 283 | 282.2 | 97  |
| 1970 | 7 | 11 | 11/07/1970 | 114.67 | 284 | 283.2 | 96  |
| 1970 | 7 | 12 | 12/07/1970 | 114.67 | 285 | 284.2 | 95  |
| 1970 | 7 | 13 | 13/07/1970 | 115.45 | 286 | 285.2 | 95  |
| 1970 | 7 | 14 | 14/07/1970 | 113.3  | 287 | 286.2 | 94  |
| 1970 | 7 | 15 | 15/07/1970 | 112.53 | 288 | 287.2 | 92  |
| 1970 | 7 | 16 | 16/07/1970 | 110    | 289 | 288.2 | 91  |
| 1970 | 7 | 17 | 17/07/1970 | 108.46 | 290 | 289.2 | 90  |
| 1970 | 7 | 18 | 18/07/1970 | 108.07 | 291 | 290.2 | 89  |
| 1970 | 7 | 19 | 19/07/1970 | 107.31 | 292 | 291.2 | 89  |
| 1970 | 7 | 20 | 20/07/1970 | 109.04 | 293 | 292.2 | 89  |
| 1970 | 7 | 21 | 21/07/1970 | 106.92 | 294 | 293.2 | 87  |
| 1970 | 7 | 22 | 22/07/1970 | 105.2  | 295 | 294.2 | 82  |
| 1970 | 7 | 23 | 23/07/1970 | 104.24 | 296 | 295.2 | 81  |
| 1970 | 7 | 24 | 24/07/1970 | 105.96 | 297 | 296.2 | 81  |
| 1970 | 7 | 25 | 25/07/1970 | 103.48 | 298 | 297.2 | 81  |
| 1970 | 7 | 26 | 26/07/1970 | 100.45 | 299 | 298.2 | 80  |
| 1970 | 7 | 27 | 27/07/1970 | 103.86 | 300 | 299.2 | 80  |
| 1970 | 7 | 28 | 28/07/1970 | 101.02 | 301 | 300.2 | 79  |
| 1970 | 7 | 29 | 29/07/1970 | 98.56  | 302 | 301.2 | 77  |
| 1970 | 7 | 30 | 30/07/1970 | 94.83  | 303 | 302.2 | 75  |
| 1970 | 7 | 31 | 31/07/1970 | 99.13  | 304 | 303.2 | 73  |
| 1970 | 8 | 1  | 01/08/1970 | 96.5   | 305 | 304.2 | 73  |
| 1970 | 8 | 2  | 02/08/1970 | 95.38  | 306 | 305.2 | 71  |
| 1970 | 8 | 3  | 03/08/1970 | 98.19  | 307 | 306.2 | 71  |
| 1970 | 8 | 4  | 04/08/1970 | 96.31  | 308 | 307.2 | 70  |
| 1970 | 8 | 5  | 05/08/1970 | 94.45  | 309 | 308.2 | 68  |
| 1970 | 8 | 6  | 06/08/1970 | 92.04  | 310 | 309.2 | 67  |
| 1970 | 8 | 7  | 07/08/1970 | 91.3   | 311 | 310.2 | 66  |
| 1970 | 8 | 8  | 08/08/1970 | 89.28  | 312 | 311.1 | 66  |
| 1970 | 8 | 9  | 09/08/1970 | 89.83  | 313 | 312.1 | 66  |
| 1970 | 8 | 10 | 10/08/1970 | 88.91  | 314 | 313.1 | 65  |
| 1970 | 8 | 11 | 11/08/1970 | 88.55  | 315 | 314.1 | 65  |
| 1970 | 8 | 12 | 12/08/1970 | 86.55  | 316 | 315.1 | 64  |
| 1970 | 8 | 13 | 13/08/1970 | 80.78  | 317 | 316.1 | 62  |
| 1970 | 8 | 14 | 14/08/1970 | 79.17  | 318 | 317.1 | 62  |
| 1970 | 8 | 15 | 15/08/1970 | 80.95  | 319 | 318.1 | 61  |
| 1970 | 8 | 16 | 16/08/1970 | 80.42  | 320 | 319.1 | 60  |
| 1970 | 8 | 17 | 17/08/1970 | 81.13  | 321 | 320.1 | 60  |
| 1970 | 8 | 18 | 18/08/1970 | 79.88  | 322 | 321.1 | 59  |

|      |   |    |            |       |     |       |    |
|------|---|----|------------|-------|-----|-------|----|
| 1970 | 8 | 19 | 19/08/1970 | 77.23 | 323 | 322.1 | 58 |
| 1970 | 8 | 20 | 20/08/1970 | 74.59 | 324 | 323.1 | 58 |
| 1970 | 8 | 21 | 21/08/1970 | 73.19 | 325 | 324.1 | 57 |
| 1970 | 8 | 22 | 22/08/1970 | 72.67 | 326 | 325.1 | 56 |
| 1970 | 8 | 23 | 23/08/1970 | 70.76 | 327 | 326.1 | 56 |
| 1970 | 8 | 24 | 24/08/1970 | 71.28 | 328 | 327.1 | 54 |
| 1970 | 8 | 25 | 25/08/1970 | 70.07 | 329 | 328.1 | 54 |
| 1970 | 8 | 26 | 26/08/1970 | 67.67 | 330 | 329.1 | 53 |
| 1970 | 8 | 27 | 27/08/1970 | 66.31 | 331 | 330.1 | 51 |
| 1970 | 8 | 28 | 28/08/1970 | 65.97 | 332 | 331.1 | 51 |
| 1970 | 8 | 29 | 29/08/1970 | 64.79 | 333 | 332.1 | 50 |
| 1970 | 8 | 30 | 30/08/1970 | 64.12 | 334 | 333.1 | 50 |
| 1970 | 8 | 31 | 31/08/1970 | 66.82 | 335 | 334.1 | 50 |
| 1970 | 9 | 1  | 01/09/1970 | 66.31 | 336 | 335.1 | 49 |
| 1970 | 9 | 2  | 02/09/1970 | 65.13 | 337 | 336.1 | 49 |
| 1970 | 9 | 3  | 03/09/1970 | 59.45 | 338 | 337.1 | 49 |
| 1970 | 9 | 4  | 04/09/1970 | 60.44 | 339 | 338.1 | 49 |
| 1970 | 9 | 5  | 05/09/1970 | 59.62 | 340 | 339.1 | 49 |
| 1970 | 9 | 6  | 06/09/1970 | 54.24 | 341 | 340.1 | 49 |
| 1970 | 9 | 7  | 07/09/1970 | 61.61 | 342 | 341.1 | 48 |
| 1970 | 9 | 8  | 08/09/1970 | 60.77 | 343 | 342.1 | 48 |
| 1970 | 9 | 9  | 09/09/1970 | 58.46 | 344 | 343.1 | 48 |
| 1970 | 9 | 10 | 10/09/1970 | 57.8  | 345 | 344.1 | 47 |
| 1970 | 9 | 11 | 11/09/1970 | 55.68 | 346 | 345.1 | 47 |
| 1970 | 9 | 12 | 12/09/1970 | 54.07 | 347 | 346.1 | 47 |
| 1970 | 9 | 13 | 13/09/1970 | 52.62 | 348 | 347.0 | 47 |
| 1970 | 9 | 14 | 14/09/1970 | 56.33 | 349 | 348.0 | 47 |
| 1970 | 9 | 15 | 15/09/1970 | 56.99 | 350 | 349.0 | 46 |
| 1970 | 9 | 16 | 16/09/1970 | 51.19 | 351 | 350.0 | 46 |
| 1970 | 9 | 17 | 17/09/1970 | 49.45 | 352 | 351.0 | 46 |
| 1970 | 9 | 18 | 18/09/1970 | 50.08 | 353 | 352.0 | 46 |
| 1970 | 9 | 19 | 19/09/1970 | 49.29 | 354 | 353.0 | 45 |
| 1970 | 9 | 20 | 20/09/1970 | 48.97 | 355 | 354.0 | 44 |
| 1970 | 9 | 21 | 21/09/1970 | 48.19 | 356 | 355.0 | 44 |
| 1970 | 9 | 22 | 22/09/1970 | 48.82 | 357 | 356.0 | 44 |
| 1970 | 9 | 23 | 23/09/1970 | 47.88 | 358 | 357.0 | 44 |
| 1970 | 9 | 24 | 24/09/1970 | 46.79 | 359 | 358.0 | 43 |
| 1970 | 9 | 25 | 25/09/1970 | 46.32 | 360 | 359.0 | 43 |
| 1970 | 9 | 26 | 26/09/1970 | 44.47 | 361 | 360.0 | 42 |
| 1970 | 9 | 27 | 27/09/1970 | 43.41 | 362 | 361.0 | 41 |
| 1970 | 9 | 28 | 28/09/1970 | 40.1  | 363 | 362.0 | 41 |
| 1970 | 9 | 29 | 29/09/1970 | 46.18 | 364 | 363.0 | 41 |
| 1970 | 9 | 30 | 30/09/1970 | 44.17 | 365 | 364.0 | 40 |

## **ANEXO 2 - FICHA DE AVALIAÇÃO DO MÓDULO DE FORMAÇÃO 1**



