



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

DIRETRIZES E ANÁLISES RECOMENDADAS PARA A CONSISTÊNCIA DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS E PLUVIOMÉTRICOS

*Conforme Artigo 6º da RESOLUÇÃO CONJUNTA SEMAD E IGAM Nº 2237,
de 05 de dezembro de 2014*

Março de 2015



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Secretário

Luiz Sávio de Souza Cruz

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Diretora Geral

Maria de Fátima Chagas Dias Coelho

Gerente de Monitoramento Hidrometeorológico e Eventos Críticos

Jeane Dantas de Carvalho

Equipe Técnica

Anita Veiga, Engenheira Civil

Adelmo Antônio Correia, Meteorologista

Cleber Afonso de Souza, Meteorologista

Daniel dos Santos, Meteorologista

Dayan Diniz de Carvalho, Meteorologista

Erlon Aide A. de Oliveira, Analista de Sistemas

Heriberto dos Anjos Amaro, Meteorologista

Luíza Pinheiro Rezende Ribas, Engenheira Ambiental

Michael Bezerra da Silva, Meteorologista

Paula Pereira de Souza, Meteorologista

Patrícia Lopes Carvalho, Engenheira Civil

Raimundo Nonato Frota Fernandes, Analista de Sistemas

Ruany Gomes Xavier Maia, Meteorologista



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

1- APRESENTAÇÃO

A RESOLUÇÃO CONJUNTA SEMAD E IGAM Nº 2237, de 05 de dezembro de 2014, publicada em 17 de dezembro de 2014, estabelece procedimentos a serem observados pelos usuários de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais visando ao envio dos dados de monitoramento pluviométrico, limnimétrico e fluviométrico associados a reservatórios para aproveitamento hidrelétrico e para abastecimento público, e dá outras providências.

Compete ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas medir e monitorar a qualidade e a quantidade das águas de forma permanente e contínua e gerir o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos e manter atualizados, com a cooperação das unidades executivas descentralizadas da gestão de recursos hídricos, os bancos de dados do Sistema, a importância da qualidade e disponibilidade de dados para o acompanhamento do regime dos reservatórios.

2- Introdução

Conforme a resolução fica estabelecido que todos os concessionários ou autorizados reservatórios para aproveitamento hidrelétrica e abastecimento público deverão enviar ao IGAM o relatório de consistência de dados gerados no ano anterior, conforme as orientações detalhadas nestas Diretrizes e Análises Recomendadas para a Consistência de Dados Fluviométricos e Pluviométricos. O artigo 6º da Resolução Conjunta estabelece a norma para envio dos mesmos.

Art. 6º Os concessionários ou autorizados deverão encaminhar ao IGAM, até o dia 30 de abril de cada ano, relatório de consistência dos dados gerados no ano anterior, no modelo indicado pelo IGAM no seu endereço virtual, incluindo os dados pluviométricos, limnimétricos e fluviométricos bem como as curvas de descarga líquida e sólida atualizadas.

Apresentam-se neste documento, algumas análises e diretrizes recomendadas para a etapa de consistência de dados fluviométricos e pluviométricos no âmbito da Resolução Conjunta SEMAD E IGAM Nº 2237/2014 a serem entregues posteriormente.

3- Forma de Envio dos Estudos de Consistência

O estudo de Consistência de Dados Pluviométricos (P) e Fluviométricos(F) e os dados P e F brutos e consistidos devem ser enviados, apenas em formato digital, mídia eletrônica (CD ou DVD), no documento denominado “Relatório Anual e ano de referência”. Além do arquivo digital, em formato Word, contendo a descrição da Consistência Pluviométrica e Fluviométrica realizada, é imprescindível o envio ao IGAM de todos os anexos descritos no Item 5.8 – Anexos, deste documento. Ressalta-se que os



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

registros hidrológicos brutos e consistidos devem ser enviados em banco de dados formato editável, visando sua inserção no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

O Relatório deve ser encaminhado para:

Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)

Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico e Eventos Críticos (GMHEC)

Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves

Edifício Minas, 1º andar, salas de reunião 6 e 7

Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n,

Bairro Serra Verde

Belo Horizonte/MG

CEP. 31.630-900

Telefone: (31) 3915-1136/1254

3.1- Como entrar em contato com o IGAM

Os contatos e informações referentes à Resolução Conjunta SEMAD E IGAM N° 2237/2014 podem ser obtidos nos endereços que se seguem:

Endereço:

Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)

Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico e Eventos Críticos (GMHEC)

Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves

Edifício Minas, 1º andar, salas de reunião 6 e 7

Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n,

Bairro Serra Verde

Belo Horizonte/MG

CEP. 31.630-900

Telefone: (31) 3915-1136/1254

Na Internet:

Para o correio eletrônico: dpma.igam@meioambiente.mg.gov.br

Com o assunto: Resolução Conjunta - GMHEC

4- Procedimentos para a elaboração do Relatório de Consistência de Dados Fluviométricos e Pluviométricos

O Relatório de Consistência de Dados Fluviométricos a ser apresentado anualmente ao IGAM deverá conter:

Capa: contendo a identificação do nome do agente autorizado ou concessionário, na parte superior; o nome do reservatório em linha aparte; o título “Relatório de Consistência de Dados



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Fluviométricos e Pluviométricos em Atendimento à Resolução Conjunta SEMAD E IGAM Nº 2237/2014”, centralizado na página; o nome da empresa e do técnico competente pela elaboração do Relatório, bem como o registro profissional, local e data, em linhas consecutivas, no extremo inferior da capa.

Contracapa: contendo sumário e a lista de anexos (mapas, croquis, tabelas).

Conteúdo: apresentação do projeto com os itens detalhados nesta Diretriz.

O Projeto deve ser enviado, preferencialmente, apenas em formato digital, mídia eletrônica (CD ou DVD) contendo todos os arquivos referentes às análises realizadas, como mapas, planilhas, gráficos, banco de dados formato editável, etc. para o seguinte destinatário e endereço.

Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)

Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico e Eventos Críticos (GMHEC)

Título: DIRETRIZES E ANÁLISES RECOMENDADAS PARA A

CONSISTÊNCIA DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS E PLUVIOMÉTRICOS

Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves

Edifício Minas, 1º andar, salas de reunião 6 e 7

Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n,

Bairro Serra Verde

Belo Horizonte/MG

CEP. 31.630-900

Telefone: (31) 3915-1136 /1254

5- Análises Recomendadas e Conteúdo Mínimo Dos Estudos De Consistência

Pluviométrica

Foram definidos os seguintes itens que devem ser abordados e explicitados nos estudos de consistência de dados pluviométricos:

5.1- Descrição do Estudo de Consistência

Descrever o objeto do estudo de consistência, apresentando o número das estações, bem como seus códigos, nomes, localização na bacia hidrográfica, mapa de localização das estações.

5.2 Descrição da Bacia Hidrográfica

Apresentar uma descrição geral da bacia hidrográfica, relatando informações sobre tipo e uso do solo, vegetação, relevo, hidrografia, geologia, características das precipitações, área de drenagem, dentre outras informações relevantes da Bacia.

5.3- Metodologia para Consistência dos Totais Pluviométricos



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Descrever a metodologia utilizada para análise de consistência dos totais pluviométricos.

5.4 Parâmetros e Testes Estatísticos

Descrever os parâmetros e testes estatísticos empregados na análise de consistência.

5.5 Metodologia para Complementação de Séries

Descrever a metodologia para complementação e preenchimento de séries de totais pluviométricos.

5.6 Metodologia para Compatibilização dos Dados Diários, Mensais e Anuais

Apresentar a metodologia utilizada para compatibilização dos dados diários aos totais mensais e destes aos totais anuais.

5.7 Ferramentas Computacionais e Referências Bibliográficas

Relacionar as ferramentas computacionais e referências bibliográficas utilizadas para realizar a análise de consistência.

5.8 Anexos

As informações a seguir descritas devem constar no anexo dos Estudos de Consistência Pluviométrica:

5.8.1 Todos os materiais e arquivos em meio digital que tenham sido elaborados ou consultados para realizar a análise de consistência, incluindo:

5.8.1.1 Mapas da bacia ou sub-bacias

5.8.1.2 Mapa com localização das estações

5.8.1.3 Mapa com isoietas médias anuais

5.8.1.4 Diagrama de barra com a disponibilidade de dados pluviométricos.

5.8.1.5 Arquivo digital em formato editável contendo os dados hidrológicos brutos e consistidos para a inserção no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH

5.8.2 Gráficos e/ou tabelas que apresentem o resultado da análise global de precipitações das estações em cada bacia hidrográfica, dentre eles:

5.8.2.1 Gráfico de Precipitações Médias Diárias Brutas Versus Tempo.

5.8.2.2 Gráfico de Precipitações Médias Diárias Consolidadas Versus Tempo.

5.8.2.3 Gráfico de Precipitações Médias Diárias Consolidadas e Precipitações Médias Diárias Brutas Versus Tempo.

5.8.2.4 Gráfico da Distribuição Sazonal das Precipitações Médias Mensais para os postos de cada região homogênea.

5.8.2.5 Planilha eletrônica com as Séries Finais dos Totais Precipitados Mensais dos Postos Pluviométricos Consistidos e Complementados.



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

5.8.2.6 Tabela com os Parâmetros Estatísticos (média, máximo, mínimo, desvio-padrão, coeficiente de variação) das Séries Mensais e Anuais.

5.8.2.7 Curvas Duplo-Acumulativas ou Curvas de Dupla Massa, no caso de adoção desse método de consistência.

Ao longo do estudo de consistência de dados pluviométricos devem ser apresentadas observações ou comentários sobre as análises realizadas para cada uma das estações cujos dados sofreram consistência.

Destaca-se que a consistência de dados pluviométricos deve ser realizada a nível diário, com conseqüente reflexo nas séries mensais, anuais e históricas de cada estação. Sendo assim, os dados com frequência superior à diária, ou seja, dados horários, a cada 15 minutos ou em qualquer outro intervalo de tempo devem ser convertidos para dados diários. Por exemplo, chuva horária deve resultar em chuva diária, as quais devem ser calculadas como sendo a soma dos 24 valores correspondentes a um dia ou seja, dos 24 valores correspondentes ao período de 0h às 23h do mesmo dia.

5.9-Métodos de Consistência de Dados Pluviométricos

A análise de consistência dos dados pluviométricos deve ter como objetivo a identificação e correção de erros, bem como o preenchimento de falhas das séries pluviométricas.

A condição espacial da precipitação sugere sempre a necessidade de analisar os dados de conjuntos de estações de medição pluviométricas próximas para permitir o preenchimento de lacunas nos registros ou a substituição de dados observados e considerados errôneos.

Assim, deve-se lançar mão de estações situadas em bacias ou regiões vizinhas (Irani dos Santos et al., 2001) numa análise de registros pluviométricos. A análise dos dados precipitação é muito mais fácil e confiável, se as mesmas estações e os critérios de locação são usados ao longo das redes. Essa característica deve ser mesmo levada em consideração na concepção de redes (WMO, 2008).

Adicionalmente, é importante que o analista obtenha, da equipe encarregada da operação da Rede, informações sobre todas as irregularidades encontradas, de modo a melhorar a qualidade desses dados.

É desejável que o analista tenha conhecimento do regime climático, do sistema de circulação geral e demais processos geradores das chuvas, da orografia, da existência de microclimas e demais fatores que possam influenciar na ocorrência das chuvas na região em estudo. Em muitas ocasiões, totais pluviométricos bastante diferenciados entre estações próximas podem ser explicados por diferenças de altitude, pela localização das estações a barlavento ou sotavento,



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

pela ocorrência de chuvas convectivas etc. A qualidade do observador e a existência de aparelhos registradores são as variáveis mais importantes para decidir pela substituição ou não de um dado duvidoso (BRASIL, 1984; Tucci, 2001; Irani dos Santos et al., 2001).

Na análise preliminar, inicialmente, devem ser verificadas irregularidades na recepção dos dados pelos equipamentos, em seguida deve se proceder à avaliação dos dados diários e dos totais mensais, comparando-os com os das estações de apoio.

As estações a serem analisadas devem ser selecionadas e separadas em dois grupos: estações principais e estações secundárias. As estações principais são os locais a partir de cujos registros os resultados do estudo hidrológico em questão são obtidos e são identificadas a partir de algumas características consideradas básicas, como: localização adequada na bacia para os propósitos do estudo; grande extensão do período de observação (em geral, maior ou igual a 25 anos); poucos períodos de interrupção; presumivelmente bem operada com pouca ou nenhuma alteração na instalação (BRASIL, 1984; Tucci, 2001; Irani dos Santos et al., 2001).

As estações secundárias têm como finalidade principal verificar a existência de erros de observação ou transcrição nos dados das estações principais. Entretanto, em função dos resultados da análise de consistência, poderá uma estação secundária ser levada à condição de principal pela qualidade dos seus registros e das suas condições naturais. De uma forma geral, as estações secundárias ou de apoio, devem ser selecionadas tendo como base, dentre outros, os seguintes aspectos: maiores coeficientes de correlação (no mínimo igual a 0,8); menores distâncias entre as estações (quando possível, com distâncias máximas de 200 km); períodos de dados coincidentes; e altitudes semelhantes entre as estações.

Uma primeira etapa da análise de consistência é a da determinação de regiões quanto à pluviosidade. Dentre as diversas técnicas empregadas podem ser citadas: análise de componentes principais; análise de agrupamento (cluster analysis); análise hierárquica, dentre outras (Bouroche & Saporte, 1980; Everitt, 1974; Braga & Targino, 1996; Ward, 1963).

Segundo Bertoni & Tucci (2001), o “objetivo de um posto de medição de chuvas é o de obter uma série ininterrupta de precipitações ao longo dos anos (ou o estudo da variação das intensidades de chuva ao longo das tormentas)”. Em qualquer caso, pode ocorrer a existência de períodos sem informações ou com falhas nas observações, devido a problemas com os aparelhos de registro e/ou com o operador do posto. Os dados coletados devem ser submetidos a uma análise antes de serem utilizados.

A seguir, são enumerados alguns métodos para correção e homogeneização de dados pluviométricos:

- a) Método da ponderação regional (preenchimento de falhas)



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

O método da ponderação regional é, segundo Bertoni & Tucci (2001), um método simplificado normalmente utilizado para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitações, visando à homogeneização do período de informações e à análise estatística das precipitações. Para um grupo de postos, devem ser selecionados pelo menos três que possuam, no mínimo, dez anos de dados. Os postos vizinhos devem ter estar numa região climatológica semelhante ao posto a ser preenchido. O preenchimento efetuado por esta metodologia é simples e apresenta algumas limitações, quando cada valor é visto isoladamente. Para o preenchimento de valores diários de precipitação não se deve utilizar esta metodologia, pois os resultados podem ser muito ruins. Normalmente, valores diários são de difícil preenchimento devido à grande variação espacial e temporal da precipitação para os eventos de frequências médias e pequenas (Bertoni & Tucci, 2001).

b) Método da regressão linear (preenchimento de falhas)

O método de regressão linear consiste em utilizar regressões lineares simples ou múltiplas para o preenchimento de falhas. Na regressão linear simples, as precipitações do posto com falhas e de um posto vizinho são correlacionadas. Na regressão linear múltipla as informações pluviométricas do posto com falhas são correlacionadas com as correspondentes observações de vários postos vizinhos (Bertoni & Tucci, 2001).

c) Método de redes neurais artificiais (preenchimento de falhas)

Assim como no método de regressão linear, o emprego de redes neurais artificiais pode também ser útil no preenchimento de falhas e análise de séries pluviométricas (Freitas, 1998; Billib & Freitas, 1996; Freitas, 2010).

d) Método da dupla massa (análise de consistência)

O método da dupla massa, desenvolvido pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 1966), é um método de prática mais comum adotado no Brasil, sendo válido apenas para séries mensais e anuais. A metodologia consiste em selecionar os postos de uma região acumular para cada um deles os valores mensais, se for o caso, e plotar num gráfico cartesiano os valores acumulados correspondentes ao posto a validar (nas ordenadas) e de um outro posto confiável adotado como base de comparação (nas abscissas). Por esse método é possível identificar erros sistemáticos (mudança de declividade ou tendência), erros de transcrição ou postos sujeitos a diferentes regimes pluviométricos.

e) Método do Vetor Regional (preenchimento de falhas e análises de consistências)

O método do Vetor Regional foi desenvolvido por Hiez (1977 e 1978), aplicado à chuva (Hiez & Rancan, 1983) e constitui uma forma de realizar análise de consistências e preenchimentos de falhas de dados pluviométricos em níveis mensal e anual.



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

O vetor regional é definido como “uma série cronológica, sintética, de índices pluviométricos anuais (ou mensais), oriundos da extração por um método de máxima verossimilhança da informação contida nos dados de um conjunto de estações agrupadas regionalmente”. O método consiste na determinação de dois vetores $\{L\}$ (vetor coluna com n linhas, ou seja, n observações) e $\{C\}$ (vetor linha com m colunas, ou seja, m postos), cuja multiplicação resulta numa aproximação da matriz de precipitações $[Pe]$. O vetor $\{L\}$ contém índices que são únicos para toda a região e estão relacionados às alturas precipitadas em cada posto por meio dos coeficientes contidos no vetor $\{C\}$.

A análise visual de um gráfico mostrando os erros simples ou acumulados em função do tempo permite detectar erros sistemáticos, erros grosseiros ou anomalias climáticas locais e estimar valores para o preenchimento de falhas nas observações (Pante et al., 2004).

A despeito do tratamento dos dados em nível anual, considerando-se sua menor variabilidade, em comparação com as séries mensais, das seqüências de precipitações totais anuais, tais séries constituem um ótimo referencial para detecção de prováveis inconsistências.

A plotagem da dupla acumulação do Vetor Regional com qualquer uma das séries utilizadas na sua estimativa pode fornecer configurações típicas que possibilitam a visualização de desvios isolados, sistemáticos ou complexos (BRASIL, 1984; Tucci, 2001; Irani dos Santos et al., 2001).

Estas anomalias podem ser eliminadas quando ocorrem isoladamente; porém, em alguns casos o efeito combinado de desvios de múltipla natureza desestabiliza a curva dupla acumulativa de forma complexa, originando configurações de difícil correção. As correções a serem efetuadas podem ser facilmente percebidas analisando a curva dupla acumulativa da série em tratamento com sua correspondente base regional, e observando-se a ordem de grandeza dos desvios absolutos e relativos entre a série anual e a série sintética obtida com o vetor regional. Os valores a serem corrigidos têm desvios claramente acima da média dominante. As falhas anuais, por sua vez, são opcionalmente preenchidas pelo valor sintético correspondente (BRASIL, 1984; Tucci, 2001; Irani dos Santos et al., 2001).

Em relação ao tratamento de dados pluviométricos em nível mensal observa-se uma dificuldade adicional, posto que os desvios mensais não seguem, em geral, uma distribuição de probabilidades de tipo normal. Assim, adota-se, apenas, a compatibilização da série mensal consolidada com sua correspondente anual.

Além da simplicidade, o procedimento descrito apresenta a vantagem de corrigir principalmente os meses com maior número de dias chuvosos, o que é coerente com a ideia de proporcionalidade entre o número de leituras efetuadas pelo operador ao longo do mês e a probabilidade de leituras errôneas. No caso de meses sem nenhuma informação, seus totais poderão ser preenchidos pelos valores calculados com base no Vetor Regional mensal. Tais valores são totalizados anualmente, calculando-se, em seguida, o percentual de contribuição de cada um destes sobre esta soma (BRASIL, 1984; Tucci, 2001; Irani dos Santos et al., 2001).



Por fim, chega-se ao tratamento dos dados pluviométricos em nível diário. Nesta etapa, dispõem-se de séries anuais e mensais já corrigidas e compatíveis entre si; porém, incompatíveis, pelo menos nos anos com valores validados, com a série histórica diária. Para tais anos processa-se a correção dos valores diários correspondentes aos meses consolidados de maneira semelhante à desagregação descrita em nível mensal: os percentuais de cada um dos dias de um dado mês validado sobre o correspondente valor histórico mensal são calculados e utilizados para desagregação do valor validado mensal.

Decorre desse procedimento que as correções efetuadas serão proporcionais à ordem de grandeza da chuva diária, e, conseqüentemente, à distribuição de ocorrência de dias chuvosos no mês é preservada. O preenchimento de falhas em nível diário constitui ainda um campo aberto à pesquisa. Assim, na grande maioria dos casos, opta-se por não proceder ao preenchimento diário. Uma vez, contudo, efetivada a análise de consistência em nível mensal, torna-se, muitas vezes, necessária a compatibilização dos totais mensais com os dados diários correspondentes.

6- Análises Recomendadas e Conteúdo Mínimo dos Estudos de Consistência Fluviométrica

Foram definidos os seguintes itens que devem ser abordados e explicitados nos estudos de consistência de dados fluviométricos:

6.1 Descrição do Estudo de Consistência

Descrever o objeto do estudo de consistência, apresentando o número das estações, bem como seus códigos, nomes, localização na bacia hidrográfica, mapa de localização das estações.

6.2 Descrição da Bacia Hidrográfica

Apresentar uma descrição geral da bacia hidrográfica, relatando informações sobre tipo e uso do solo, vegetação, relevo, hidrografia, geologia, características das precipitações, dentre outras informações relevantes da Bacia.

6.3 Metodologia para Análise de Cotas

Descrever a metodologia utilizada para análise de cotas.

6.4 Metodologia para Análise de Medições de Descarga Líquida

Descrever a metodologia utilizada para análise de medições de descarga líquida.

6.5 Metodologia para Análise de Curvas-Chave

Descrever a metodologia utilizada para análise e tração de curva-chave.

6.6 Metodologia para Extrapolações de curvas-chave



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Descrever a metodologia para análise e traçado das extrapolações de curvas-chave, tanto para o ramo inferior quanto para o ramo superior da curva-chave.

6.7 Metodologia para Análise de Vazões

Descrever a metodologia para análise de vazões.

6.8 Metodologia para Preenchimento de Falhas de Cotas e/ou Vazões.

Descrever a metodologia empregada para preenchimento de falhas de cotas e/ou vazões.

6.9 Ferramentas Computacionais e Referências Bibliográficas

Relacionar as ferramentas computacionais e referências bibliográficas utilizadas para realizar a análise de consistência.

6.10 Anexos

As informações a seguir descritas devem constar no anexo dos Estudos de Consistência Fluviométrica:

6.10.1 Todos os materiais e arquivos em meio digital que tenham sido elaborados ou consultados para realizar a análise de consistência, incluindo:

6.10.1.1 Mapas da bacia ou sub-bacias.

6.10.1.2 Diagrama unifilar da bacia ou sub-bacias.

6.10.1.3 Fichas descritivas das estações analisadas.

6.10.1.4 Históricos das estações analisadas.

6.10.1.5 Fichas de campo digitalizadas que foram citadas no relatório.

6.10.1.6 Ferramentas e referências bibliográficas em meio digital que foram utilizadas para realizar a análise de consistência.

6.10.1.7 Arquivo digital em formato editável contendo os dados hidrológicos brutos e consistidos.

6.10.2 Gráficos e/ou tabelas que apresentem o resultado da análise global de cotas e vazões das estações em cada bacia hidrográfica, dentre eles:

6.10.2.1 Gráfico de Cotas Médias Diárias Brutas Versus Tempo.

6.10.2.2 Gráfico de Cotas Médias Diárias Consolidadas Versus Tempo.

6.10.2.3 Gráfico de Cotas Médias Diárias Consolidadas e Cotas Médias Diárias Brutas Versus Tempo.

6.10.2.4 Gráfico de Perfis Transversais.

6.10.2.5 Gráfico de Curvas-chave com Medições de Descarga.

6.10.2.6 Gráfico de Cotas/Chuva versus Tempo.

6.10.2.7 Gráfico de Vazões/Chuva versus Tempo.

6.10.2.8 Gráfico de Vazões Médias Diárias versus Tempo.

6.10.2.9 Gráfico de Vazões Médias Mensais versus Tempo.



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

- 6.10.2.10 Gráfico de Vazões Máximas Mensais versus Tempo.
- 6.10.2.11 Gráfico de Vazões Mínimas Mensais versus Tempo.
- 6.10.2.12 Gráfico de Vazões Máximas Anuais Versus Tempo.
- 6.10.2.13 Gráfico de Vazões Mínimas Anuais Versus Tempo.
- 6.10.2.14 Gráfico de Vazões Específicas Médias Diárias versus Tempo.
- 6.10.2.15 Gráfico de Vazões Específicas Médias Mensais versus Tempo.
- 6.10.2.16 Gráfico de Vazões Específicas Máximas Mensais versus Tempo.
- 6.10.2.17 Gráfico de Vazões Específicas Mínimas Mensais versus Tempo.
- 6.10.2.18 Gráfico de Vazões Específicas Máximas Anuais Versus Tempo.
- 6.10.2.19 Gráfico de Vazões Específicas Mínimas Anuais Versus Tempo.
- 6.10.2.20 Gráfico de Vazões Específicas Médias versus Área de Drenagem.
- 6.10.2.21 Gráfico de Vazões Específicas Diárias para Diversas Permanências versus Área de Drenagem.
- 6.10.2.22 Gráfico de Vazões Específicas Mensais para Diversas Permanências versus Área de Drenagem.
- 6.10.2.23 Gráfico de Vazões Específicas Mensais para Diversas Permanências versus Área de Drenagem.
- 6.10.2.24 Frequência de Cotas Acima da Máxima e Abaixo da Mínima Descarga Medida por Ano.
- 6.10.2.25 Frequência de Cotas Acima da Máxima e Abaixo da Mínima Descarga Medida por Período de Validade de Curva-chave.
- 6.10.2.26 Consistência de Vazões Médias Mensais (Incremental Negativo – Incrementais Mensais).
- 6.10.2.27 Teste de Continuidade de Vazões Médias Mensais.
- 6.10.2.28 Curvas de Permanência de Vazões Médias Diárias.
- 6.10.2.29 Curvas de Permanência de Vazões Médias Mensais.
- 6.10.2.30 Curvas de Permanência de Vazões Específicas Médias Diárias.
- 6.10.2.31 Curvas de Permanência de Vazões Específicas Médias Mensais.
- 6.10.3 Outras Informações:
 - 6.10.3.1 Descrição das obras hidráulicas localizadas na bacia hidrográfica analisada;
 - 6.10.3.2 Descrição geral da bacia, relatando informações sobre tipo e uso do solo, vegetação, relevo, hidrografia, geologia, características das precipitações, etc.

Adicionalmente, ao longo dos estudos de consistência de dados fluviométricos, devem ser apresentadas observações ou comentários sobre as análises realizadas para cada uma das estações cujos dados sofreram consistência.

Destaca-se que a consistência de dados fluviométricos deve ser realizada a nível diário, com conseqüente reflexo nas séries mensais, anuais e históricas de cada estação. Sendo assim, os dados com frequência superior à diária, ou seja, dados horários, a cada 15 minutos ou em qualquer outro intervalo de tempo devem ser convertidos para dados diários. Por exemplo, cotas horários devem resultar em cotas diárias, as quais devem ser calculadas como sendo a média



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

aritmética simples dos 24 valores correspondentes a um dia ou seja, dos 24 valores correspondentes ao período de 0h às 23h do mesmo dia

7- Métodos de Consistência de Dados Fluviométricos

Algumas diretrizes devem ser observadas para realização do trabalho de consistência de dados fluviométricos:

- As curvas-chave a serem traçadas devem ser equações do tipo potencial, uma vez que tal forma apresenta significado físico, conforme está bem explicado na publicação Rantz, S. E. et al. 1982. Measurement and Computation of Streamflow - Volume 2. Computation and Discharge. USGS Water Supply Paper 2175, dentre outras. Sendo assim, não devem ser definidas tabelas cota-descarga, salvo em situações devidamente justificadas. Se for necessário alterar alguma tabela cota-descarga existente, seja por inconsistência, seja por necessidade de extrapolação da curva-chave, deve-se traçar uma nova relação cota-descarga utilizando uma ou mais equações do tipo potencial com um ou mais ramos (tramos).
- Nas extrapolações de curvas-chave devem ser utilizados, no mínimo, três métodos distintos para determinar o ramo superior extrapolado.
- Os desvios das medições de vazão em relação à curva-chave válida para o período da medição devem ser calculados. Valores de diferenças até 5% são considerados bons e até 10% são considerados satisfatórios, dependendo da precisão da medição de vazão. Desvios superiores a esses limites devem ser investigados (DNAEE, 1983, página 67).
- Todos os dados fluviométricos coletados no âmbito da RESOLUÇÃO CONJUNTA SEMAD E IGAM Nº 2237, devem sofrer análise de consistência. Porém, toda a série histórica de dados das estações em questão deve ser considerada, inclusive, verificada a compatibilidade das curvas-chave a serem definidas para os diferentes períodos considerados.
- Caso a empresa do setor elétrico não seja a entidade responsável por todas as estações de monitoramento de uma determinada bacia hidrográfica onde a mesma possua estações de monitoramento, os dados fluviométricos de estações operadas por outras entidades que estejam mais próximas das estações operadas pela empresa devem ser considerados, a fim de se evitar inconsistências entre os dados dessas estações.

8- Recomendações Finais

A incorporação de dados pluviométricos deve atender o critério de confiabilidade, considerando a sua importância no planejamento e na gestão de recursos hídricos. Dessa forma a atenção aos procedimentos metodológicos a serem seguidos, com a clara expressão dos procedimentos adotados nos relatórios de consistência, além da apresentação de gráficos e mapas citados no



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

presente documento, deve ser seguida de acordo com a instrução contida neste documento. Reforça-se que os estudos de consistência de dados pluviométricos e fluviométricos devem ser enviados, até **30 de abril de cada ano**, no documento intitulado Relatório Anual, juntamente com os dados de medições realizado no exercício anterior. Reforça-se a necessidade de envio de todos os anexos citados nos itens 5.8 e 6.10 deste documento, em meio digital, bem como o arquivo em formato editável com os dados brutos e consistidos para a inserção no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH

9- Bibliografia

BRASIL. Agência Nacional das Águas, ANA, ORIENTAÇÕES PARA CONSISTÊNCIA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS. Brasília, 2012, 21p.

BRASIL. Agência Nacional das Águas, ANA DIRETRIZES E ANÁLISES RECOMENDADAS PARA A CONSISTÊNCIA DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS. Brasília, 2011, 14p.

BERTONI, J. C. & TUCCI, C. E. M. Precipitação. In.: Hidrologia: ciência e aplicação, Org. Carlos E. M. Tucci, 2ª ed., 2. reimpr., Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

BILLIB, M. H. A. & Freitas, M. A. S.: 1996: Drought Forecasting and Management for Northeast-Brazil by Statistics, Neuro-fuzzy Systems Analysis and Stochastic Simulation. In: Conference on Water Resources & Environment Research: towards the 21st Century, 1996, Kyoto. Symposium Sustainability of Water Resources Under Increasing Uncertainty. Kyoto: IAHS Publication.

BRAGA, C.C. & TARGINO, A.C.L. 1996. Simulação e Consistência de Séries Temporais de Precipitação para o Estado de Pernambuco. IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Campos do Jordão, SP, Anais, vol. 1, 312-315.

BOUROCHE, J.M. & SAPORTE, G., 1980: L'Analyse des Donnés. Presses Universitaire France, 127p.

BRASIL. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE. Divisão de Controle de Recursos Hídricos - DCRH. Manual para Serviços de Hidrometria. São Paulo, 1977, 95p.

BRASIL. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE. Divisão de Controle de Recursos Hídricos - DCRH. Sistemática para Análise de Consistência e Homogeneização de Dados Pluviométricos, 1984. Brasília – DF.

EVERITT, B. 1974: Cluster Analysis. Heinemann Educational Books, London, 135p.

FREITAS, M. A. S. Neurocomputação Aplicada, Ed. Gráfica UFPI, 1ª ed., Teresina, 1998, 60p.

FREITAS, M. A. S. Que Venha a Seca: modelos para a gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas. Ed. CBJE, 1ª ed., Rio de Janeiro, 2010, 413p.



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

HIEZ, G. L'homogénéité des données pluviométriques. Cahiers ORSTOM. Série Hydrologie. Paris, 1977, v.14, n.2, p.129-172.

HIEZ, G. Processamento dos dados pluviométricos do nordeste: homogeneização dos dados – métodos do vetor regional. Recife: SUDENE, 1978.

HIEZ, G.L.G. & RANCAN, L. Aplicação do Método do Vetor Regional no Brasil, In: V Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1983, Blumenau, Anais... ABRH, vol. 3, p.205-227.

HOLANDA, C.V.M., OLIVEIRA, E. Programa para Homogeneização de Dados – PROHD. In: Simpósio de Hidrologia, 3, 1979, Brasília. Anais. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 810-845, 1979, a qual consta no Manual do Hidro-Plu.

PANTE, A. R., NOBREGA, M.T. & FREITAS, M.A.S. Disponibilidade Hídrica Superficial nas bacias dos rios Poti e Longá. In.: Anais... VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luis – MA, 2004.

ONS – Relatório de Análise dos Dados Pluviométricos da Bacia do rio Paraíba do Sul e Ribeirão das Lajes, Contrato nº GPD-CT-185/06-2, Consórcio Enerconsult-Hidrosistem-Internave, Janeiro de 2008 18

ONS – Estudos de Consistência e Reconstituição de Séries de Vazões Naturais nas bacias dos rios Parnaíba, Jequitinhonha e Doce, Relatório Final, vol. I, 2008.

ONS – Estudos de Consistência e Reconstituição de Séries de Vazões Naturais na Bacia do Rio Paranapanema, Contrato ONS DPP Nº 040/2003 - Bacia do Rio Paranapanema, Relatório Final, LACTEC, CEHPAR, 2003

ONS – Consistência de Vazões Naturais na Bacia do Rio Grande – Relatório de Análise dos Dados Pluviométricos, HICON Engenharia Ltda.

USGS, 1966: Double-Mass Curves. Manual of Hydrology: Part I. General Surface-Water Techniques, by James K. Searcy and Clayton H. Hardison, United States Department of the Interior.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e Aplicação / organizado por Carlos E. M. Tucci – 2ª Ed.; 2. Reimp. – Porto Alegre: Ed. Universidade / UFRGS: ABRH, 2001.

WARD, J.H. :1963: Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of American Association, 58:236-244p.

WMO – World Meteorological Organization, 1982: Methods of Correction for Systematic Error in Point Precipitation Measurement for Operational Use (B. Sevruk). Operational Hydrology Report Nº 21, WMO-Nº 589, Geneva.

WMO – World Meteorological Organization, 1984: International Comparison of National Precipitation Gauges with a Reference Pit Gauge (B. Sevruk and W.R. Hamon). Instruments and Observing Methods Report Nº 17, WMO/TD-Nº 38, Geneva.



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

WMO – World Meteorological Organization, 1986: Papers Presented at the Workshop on the Correction of Precipitation Measurements (B. Sevruk, ed.) (Zurich, Switzerland, 1-3 April 1985). Instruments and Observation Methods Report N°25, WMO/TD-N°104, Geneva.

WMO – World Meteorological Organization, 1989a: Catalogue of National Standard Precipitation Gauges (B. Sevruk and S. Klemm). Instruments and Observing Methods Report N° 39, WMO/TD-N°313, Geneva.

WMO – World Meteorological Organization, 1989b: International Workshop on Precipitation Measurements (B. Sevruk, ed.) (St Moritz, Switzerland, 3-7 December 1989). Instruments and Observing Methods Report N° 48, WMO/TD-N°328, Geneva.

WMO – World Meteorological Organization, 1992: Snow Cover Measurements and Areal Assessment of Precipitation and Soil Moisture (B. Sevruk, ed.). Operational Hydrology Report N° 35, WMO-N° 749, Geneva.

WMO – World Meteorological Organization, 1998: WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison: Final Report (B. E. Goodison, P.Y.T. Louie and D. Yang) Instruments and Observing Methods Report N° 67, WMO/TD-N° 872, Geneva.

WMO – World Meteorological Organization, 2008: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observations, WMO-N° 8, Seventh edition, Geneva.