



GRUPO - 14

GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DA GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA - GET
ANÁLISE HIDRÁULICA-HIDROLÓGICA PARA O GANHO DE CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO EM
RESERVATÓRIO POR MEIO DO ALTEAMENTO DE UM VERTEDOIRO LATERAL

Igor Renan Braga dos Santos (*)
UNIFEI

Geraldo Lúcio Tiago Filho
UNIFEI

Oswaldo Honorato de Souza Júnior
UNIFEI

Bruna Tayla Cabral Vasconcellos
UNIFEI

Flávio José de Azevedo
DME

RESUMO

Este artigo aborda a análise hidráulica-hidrológica para aumento de capacidade de armazenamento e de regularização em um reservatório, por meio do desenvolvimento de um mecanismo para o alteamento de um vertedouro lateral. Trata-se da Represa Lindolpho Pio da Silva Dias, localizada na zona rural de Poços de Caldas/MG. Estabeleceu-se que para o alteamento em 1 m do nível de vertimento haverá um ganho em capacidade de aproximadamente 4,2 milhões de m³. Com isso, considerando um fluxo residual permanente de 0,50 m³/s, a vazão regularizada liberada de maio a outubro, será alterada de 1,635 m³/s, nas condições atuais, para 1,900 m³/s.

PALAVRAS-CHAVE

Capacidade de armazenamento, alteamento, regularização, comporta, vertedouro.

1.0 - INTRODUÇÃO

Este artigo aborda a análise hidráulica-hidrológica para o aumento de capacidade de regularização de um reservatório já existente por meio do desenvolvimento de um mecanismo para o alteamento de um vertedouro lateral. O aumento da capacidade de regularização de um reservatório já existente facilita tanto a aceitação do alteamento perante aos órgãos ambientais, bem como, à população, uma vez que esta já está acostumada aos benefícios de um reservatório de acumulação. O estudo demonstra que reservatórios em cascata podem ser operados de tal modo que, uma obra de alteamento em um dos reservatórios a montante, possibilita uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos, visto que há um incremento não só deste recurso, com a elevação de nível no reservatório, mas também, no âmbito energético, com o aumento da vazão regularizada em toda a cascata à jusante.

Além do mais, a elevação de nível propicia atender demandas inesperadas e enfrentar variações climáticas, já que há um ganho de capacidade do reservatório que reduz sua variabilidade sazonal, e conseqüentemente, contribui para a consolidação de seus usos múltiplos, como piscicultura, turismo, dentre outros. O Brasil, ainda que seja um país privilegiado no que se refere a recursos hídricos, já enfrentou eventos de seca intensa, os quais impactaram importantes bacias hidrográficas, e necessita de medidas urgentes, que visem diminuir a vulnerabilidade dos reservatórios em relação às condições climáticas. Conforme (3), recentemente no Brasil, foram registradas duas crises energéticas decorrentes de déficit hídrico. A primeira, em Julho de 2001, causou uma redução considerável na demanda mensal pois a energia armazenada não era suficiente para atendê-la. O impacto dessa crise atingiu fortemente a economia, de modo que o consumo de energia só voltou ao mesmo patamar em Janeiro de 2005. A segunda crise ocorreu de forma similar em 2014, na qual os reservatórios na região Sudeste atingiram o mesmo nível crítico de 34% verificado em 2001 (4). Avaliando em um aspecto mais geral, (2) aponta que, em comparação com os anos setenta, a capacidade de armazenamento dos reservatórios para geração de energia caiu de três a quatro anos para apenas quatro meses, quando cheios.

Assim, investimento para aumentar a segurança energética por meio do incremento na capacidade de armazenamento são necessários para se evitar novos retrocessos na economia. Logo depois da primeira crise no país, esforços e investimentos começaram a entrar em execução. Em 2001 a energia gerada no Sul ou Norte não era capaz de ser transmitida para o Sudeste e nordeste. Este problema foi resolvido pela implantação de novas linhas de transmissão que interligaram as regiões. Além disso, a capacidade de geração de energia tem crescido

nos últimos anos, projetando uma capacidade instalada de 18,2GW em 2019. (1). Contudo, riscos de racionamento ainda existem, de modo a deixar claro que estes esforços devem ser executados em conjunto com o aumento da capacidade de armazenamento energético.

O esgotamento de regiões técnico-ambientais favoráveis para a construção de grandes reservatórios de regularização plurianual no Brasil, levantou a possibilidade de aumento da capacidade dos já existentes por meio do alteamento dos mesmos. Com isso, empreendimentos de usos múltiplos da água, que já impactam de forma positiva o desenvolvimento regional, serão privilegiados, minimizando os possíveis impactos sociais e ambientais negativos destas obras.

2.0 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A análise hidráulico-hidrológica que engloba o cálculo do ganho de capacidade de armazenamento do reservatório, visa atender à uma lei de regularização, do diagrama de massas, do diagrama de Conti-Varley, do reservatório com comportas, bem como, do cálculo das vazões de interesse. A ideia central se baseia na correlação entre os reservatórios em cascata, uma vez que o princípio de armazenamento de reservatórios considera a entrada de água (influxo) e a vazão regularizada (ou turbinada).

2.1. Cálculo do volume do reservatório para atender à uma lei de regularização

De acordo com (6), uma vez conhecidas as vazões naturais ou de entrada no reservatório, deve-se calcular o volume deste para atender a uma dada lei para as vazões regularizadas ou de saída do reservatório. A lei de regularização é dada pela função da equação (1), segundo os mesmos autores.

$$y(t) = \frac{Q_r(t)}{\bar{Q}} \quad (1)$$

Onde “ $Q_r(t)$ ” é a vazão regularizada em função do tempo (t);
“ \bar{Q} ” é vazão média no período considerado.

De acordo com (6), dada a sequência no tempo das vazões naturais $[Q(t)]$, e conhecida a lei de regularização $y(t)$ é possível determinar a capacidade mínima do reservatório para atender a esta lei. Neste caso, a vazão regularizada $[Q_r(t)]$ é a soma de todas as vazões que saem do reservatório no tempo t. Os autores não fazem menção à evaporação, a despeito de preconizarem que esta poderá ser computada como função da área líquida exposta e de dados climatológicos, ou ainda, poderá ser subtraída das vazões naturais que entram no reservatório. Portanto, a capacidade mínima de um reservatório para atender a dada lei de regularização é dada pela diferença entre o volume acumulado que seria necessário para atender àquela lei no período mais crítico de estiagem e o volume que aflui ao reservatório no mesmo período. Por meio da consideração de diversos períodos de estiagem, o mais crítico é aquele que resultar na maior capacidade do reservatório. Deste modo, torna-se possível calcular a capacidade do reservatório para vários períodos de estiagem e adotar a maior capacidade encontrada (6).

Os autores sugerem supor que se queira a seguinte lei de regularização: $y(t) = 1$, o que significa que se deseja uma vazão regularizada constante e igual à média (\bar{Q}). No Brasil, o período crítico é definido pelos meses de abril a setembro inclusive e nos rios perenes do sul do país não é necessário que todo o período crítico esteja dentro de um ano civil. O volume necessário para manter a vazão “ \bar{Q} ” durante esses meses é dado pela equação (2) (6).

$$V_n = \bar{Q}(\Delta t_{ABR} + \Delta t_{MAI} + \Delta t_{JUN} + \Delta t_{JUL} + \Delta t_{AGO} + \Delta t_{SET}) \quad (2)$$

Onde “ Δt_{ABR} ” é o número de segundos do mês de abril, “ Δt_{MAI} ” é o número de segundos do mês de maio e assim por diante. “ \bar{Q} ” deve, nesse caso, ser dado em m^3/s e “ V_n ” em m^3 .

O volume que chega (V_a) ao reservatório neste período é dado pela equação (3)

$$V_a = (Q_{ABR}\Delta t_{ABR} + Q_{MAI}\Delta t_{MAI} + Q_{JUN}\Delta t_{JUN} + Q_{JUL}\Delta t_{JUL} + Q_{AGO}\Delta t_{AGO} + Q_{SET}\Delta t_{SET}) \quad (3)$$

Assim, a capacidade (C_r) mínima do reservatório para manter aquela lei de regularização será dado pela equação (4) (6)

$$C_r = V_n - V_a \quad (4)$$

2.2. Diagrama das massas

Conforme (6), o diagrama de massas ou diagrama de Rippl é definido como a integral da hidrógrafa, e trata-se de um diagrama de volumes acumulados que afluem ao reservatório. Portanto, as tangentes a essa curva são as vazões em cada tempo considerado, uma vez que é a integral da hidrógrafa. Sugere-se supor que se deseje a

mesma lei de regularização dada anteriormente no item i. do presente projeto; assim, pode-se observar que a vazão média (\bar{Q}) é dada pela inclinação da reta AB da Figura 1.

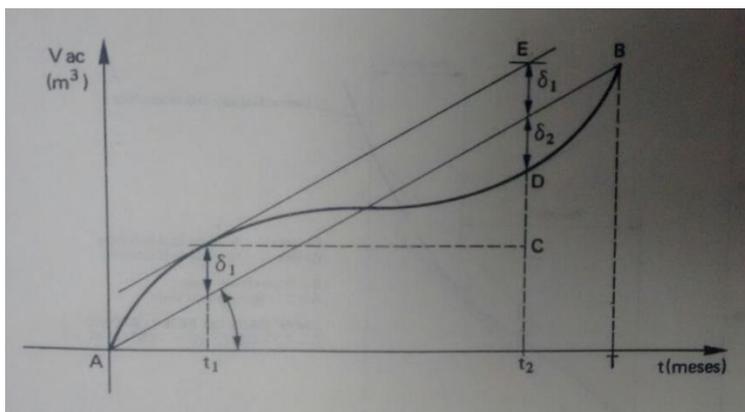


Figura 1 – Regularização da vazão média.
Fonte: (6).

Para derivar a vazão média (\bar{Q}), o período crítico será definido pelo intervalo de tempo (t_1, t_2). Como o diagrama da Figura 1 é um diagrama integral, o volume (V_n) fica representado pelo segmento EC. O volume que afluí (V_a) ao reservatório no período de tempo (t_1, t_2) é: $V_a = \int_{t_1}^{t_2} Q dt$. O volume (V_a) é representado pelo segmento DC. Assim, a capacidade do reservatório, isto é, ($V_n - V_a$) pelo segmento ED, que por sua vez é a soma de δ_1 e δ_2 , conforme Figura 1 (6).

2.3. Regularização Máxima

Conforme (6), este método pressupõe que dado um reservatório de capacidade (C_r), se deseje saber qual a lei $y(t)$ que mais se aproxima da regularização total, isto é, $y(t) = 1$. Inicialmente, constrói-se, com dados de vazões naturais, o diagrama de massas, dado pela curva ABCD, na Figura 2.

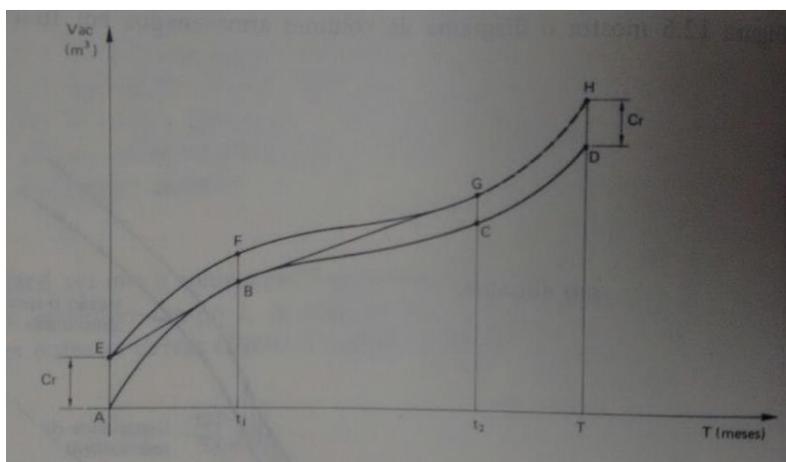


Figura 2 – Determinação da lei de regularização, dada a capacidade do reservatório.
Fonte: (6).

E, redesenhando o diagrama de massas deslocados da capacidade do reservatório (C_r), na curva EFGH, da Figura 2, (6) observam o seguinte:

- Se na origem da contagem dos tempos o reservatório estiver vazio, a reta CE é a melhor regularização, pois até o tempo " t_1 " as vazões naturais são muito grandes e a regularização será tanto maior quanto mais se diminuirmos as vazões que saem do reservatório.
- No tempo " t_1 " o reservatório estará completamente cheio, bem como no tempo " t_2 " o reservatório estará completamente vazio.

- c) A reta BG será a melhor regularização, pois será a máxima vazão que sair do reservatório no período de estiagem (t_1, t_2).
- d) Para que o reservatório continue completamente vazio e para que feche o ciclo, ficando ao final vazio como no início, deve-se no intervalo de tempo (t_2, T) derivar as vazões naturais, isto é, curva GH.

Assim sendo a regularização máxima possível, partindo de um reservatório vazio, será a curva EBGH da Figura 2. E (6) concluem que a máxima regularização é aquela dada pela curva descrita por um fio inextensível tendido entre as curvas ABCD (Diagrama de Massas) e EFGH (Diagrama de Massas deslocado do volume do reservatório).

3.0 - ANÁLISE HIDRÁULICA-HIDROLÓGICA DA BARRAGEM DO CIPÓ

3.1 Caracterização da área de estudo

O reservatório de acumulação, objeto de estudo deste artigo, localiza-se a montante de uma série em cascata de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), as quais possuem regularização diária (ou no máximo, mensal). Trata-se da Represa Lindolpho Pio da Silva Dias, também conhecida como Barragem Ribeirão do Cipó. A mesma se localiza na Rodovia do Contorno, no km 17, na zona rural do município de Poços de Caldas/MG, conforme as coordenadas geográficas, latitude $21^{\circ}51'12.84''S$ e longitude $46^{\circ}36'29.24''O$. A barragem, instalada em 1999, ocupa uma área alagada de aproximadamente $4,60 \text{ km}^2$, e apresenta um volume total de aproximadamente 30 milhões de m^3 , com volume útil de 29 milhões de m^3 e vida útil de 2.000 anos.

O barramento, de aproximadamente 500 m de comprimento, foi instalado em sistema de aterro compactado, com altura máxima de 27m, com crista na elevação 1.267,00 m. Trata-se de uma barragem de regularização de vazão do rio das Antas, na qual a operação é realizada em função da manutenção do nível do reservatório Bortolan, localizado a jusante, para que a geração da energia das PCH's Antas I e Antas II sejam privilegiadas no horário de pico (rendimento máximo) de liberação de água para abastecimento público. A vazão máxima prevista para a captação de água para o abastecimento da cidade é de $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$. O vertedouro de soleira livre, em concreto, para o controle do nível máximo no período de chuvas, provido de degraus, locado na ombreira esquerda, desincorporado da barragem, não possui dispositivos para controle de vazão, sendo o mesmo, objeto principal de estudo deste projeto. (5).

Para regularização da vazão a barragem possui uma válvula dispersora – válvula de fundo, a qual durante os meses de seca é mantém uma vazão a jusante de $2,27 \text{ m}^3/\text{s}$, já no restante do período garante a manutenção da vazão mínima de jusante de $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ e reserva a diferença até o seu vertimento (5). Diante do cenário de baixa precipitação registrado nos últimos anos de 2013 a 2015, cresce a preocupação quanto aos níveis desta represa, bem como sua capacidade de regularização.

3.2 Cálculo do volume do reservatório para atender à uma lei de regularização

Conhecidas as vazões naturais, ou seja, de entrada no reservatório da barragem do Cipó, calculou-se o provável volume deste reservatório para atender inicialmente a lei de regularização $y(t) = 1$, conforme sugerido por (6), ou seja, manter uma vazão regularizada constante e igual à média (\bar{Q}). Visto que este reservatório apresentou uma vazão média (\bar{Q}) de aproximadamente $2,05 \text{ m}^3/\text{s}$, tem-se que o volume mínimo do reservatório para atender essa lei seria de aproximadamente 28 milhões de metros cúbicos. Portanto, a capacidade mínima que este reservatório deve apresentar para atender a lei de regularização no período mais crítico de estiagem, da série de vazões utilizada, é de 28 milhões de metros cúbicos. Salienta-se ainda que computou para este cálculo a precipitação sobre o reservatório, bem como à sua evaporação, as quais foram admitidas em função da área líquida exposta e de dados climatológicos, sendo relacionadas às vazões naturais que entram no reservatório.

3.3 Diagrama de massas

O diagrama de massas, ou diagrama de Rippl, foi definido primeiramente a partir dos volumes acumulados que afluem ao reservatório, desconsiderando a implantação do mecanismo de ganho de capacidade em armazenamento. Com isso, buscou-se representar as condições atuais do reservatório. Este diagrama pode ser visualizado na Figura 3, disposta a seguir.

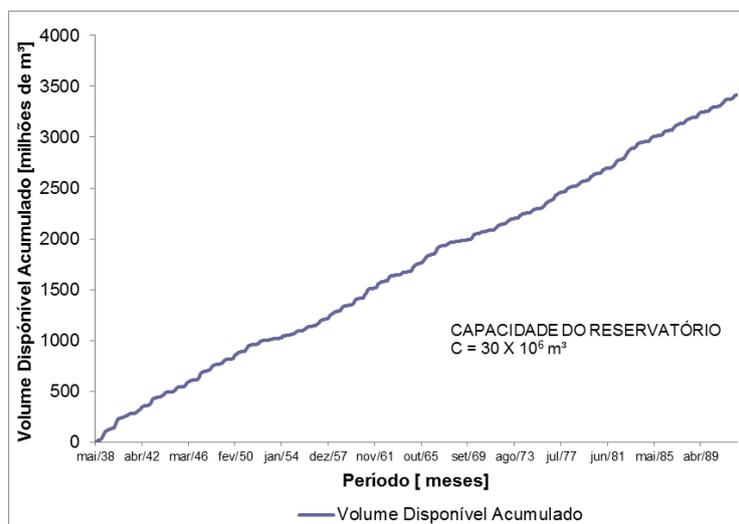


Figura 3 – Diagrama de Massas para condições atuais do reservatório.

A partir deste diagrama foi possível comprovar que a capacidade do reservatório é de 30 milhões de metros cúbicos, bem como, a partir da curva cota x volume, que a cota de vertimento é de 1262,50m.

Os estudos de regularização para esta cota de vertimento foi estabelecido à partir de um fluxo residual permanente ao longo dos anos, e uma vazão regularizada, liberada apenas 6 meses por ano, no período de maio a outubro. E para estas condições, obteve-se uma vazão de regularização de 1,635 m³/s e um fluxo residual de 0,50 m³/s, ou seja, durante os meses de estiagem (maio a outubro) mantêm-se uma vazão de 2,14 m³/s, e no restante, 0,50 m³/s. Estes dados apresentam-se coerentes com os disponibilizados durante a visita técnica realizada, e com os apresentados pelo licenciamento ambiental para construção do barramento (5), que dispõem de valores na ordem de 2,27 m³/s durante os meses de seca, e de 0,50 m³/s no restante do período. Salienta-se que esta simulação não apresentou nenhum mês em déficit, para a série histórica analisada, a qual varia de maio/1938 a abril/1992.

Realizou-se também o diagrama de massas para a condição de alteamento do vertedouro em 1 m, valor o qual foi sugerido pelo Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas/MG – DME/PC durante a visita técnica. O mesmo pode ser visualizado na Figura 4, a seguir.

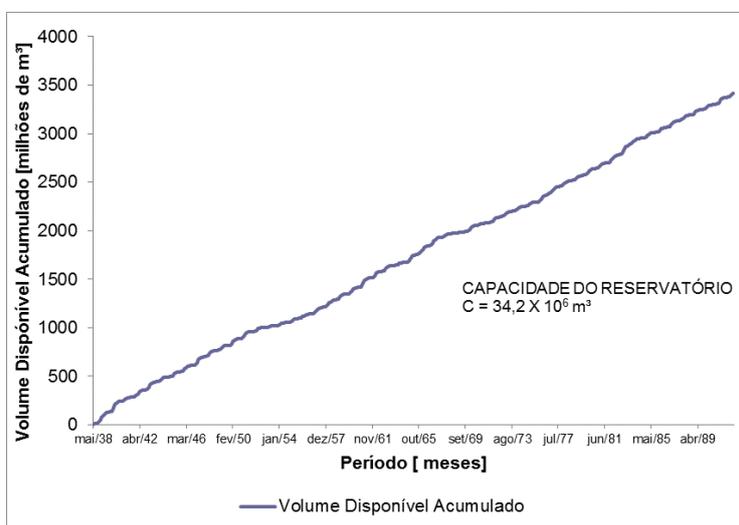


Figura 4 – Diagrama de Massas para condição de alteamento em 1 m.

Este diagrama indicou que a capacidade do reservatório é de 34,2 milhões de metros cúbicos, quando se determina a cota de vertimento em 1263,5m, ou seja, um ganho em armazenamento de 4,2 milhões de m³ em relação às condições atuais.

Mantendo as mesmas condições referentes aos estudos de regularização para esta cota de vertimento, dado que seja mantido o fluxo residual de 0,50 m³/s, obteve-se uma vazão de regularização de 1,9 m³/s, ou seja, durante os meses de estiagem (maio a outubro) mantêm-se uma vazão de 2,4 m³/s, e no restante do período, 0,50 m³/s. Estes

resultados asseguram valores acima de 95% de garantia para a série histórica analisada, a qual varia de maio/1938 a abril/1992. Para que se assegure 95% de garantia, mantendo-se um fluxo residual de 0,50 m³/s, o máximo valor de alteamento encontrado foi de 1,46m, o qual apresenta uma vazão de regularização de 2,02 m³/s. Ou seja, mantêm-se assim uma vazão de 2,52 m³/s na estiagem, e de 0,50 m³/s no restante do período.

3.4 Regularização Máxima

Para determinação da regularização máxima, utilizou-se o Diagrama de Conti-Varlet, conforme (6). Para tal, redesenhou-se o diagrama de massas, nas condições atuais, deslocado da capacidade do reservatório (30 milhões de m³). O diagrama foi realizado para o período de set/67 a set/71, o qual se trata do período mais crítico disponível da série. O Diagrama de Conti-Varlet obtido a partir deste procedimento está representado na Figura 5.

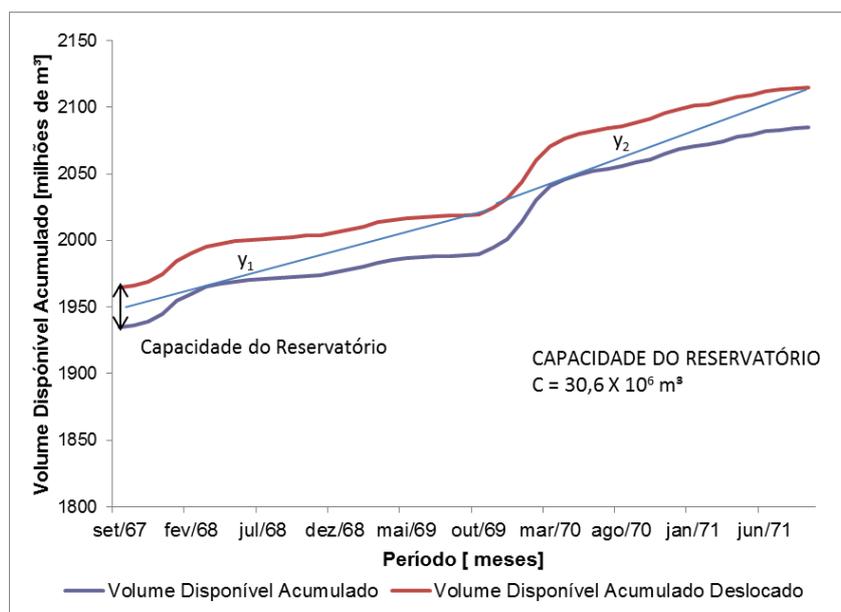


Figura 5 – Diagrama de Conti-Varlet para as condições atuais do reservatório.

Para o período analisado no diagrama de Conti-Varlet, nota-se que a lei de regularização variou de $y_1 = 0,56$ para $y_2 = 0,77$, ou seja, no período mais crítico da série, regularizou-se um valor de 56% da vazão média, resultando em aproximadamente 1,14 m³/s. Após esse período a capacidade de regularização parcial do reservatório subiu para 77% da vazão média. Para o volume de 34,2 milhões de m³, ou seja, com a cota de vertimento alteada em 1m. Dada que a variação de 4,2 milhões de m³ não representa um deslocamento tão significativo na escala gráfica, optou-se por não plotar este gráfico. E para este período analisado, o deslocamento da curva do volume disponível acumulado, permitiu uma lei de regularização de $y_1 = 0,58$, ou seja, permitiu um acréscimo de 2% na vazão regularizada, resultando em aproximadamente 1,17 m³/s.

Analisando a regularização total do reservatório, admitindo um fluxo residual de 0,50 m³/s, permanente durante os anos, e 95% de garantia da vazão regularizada, a vazão regularizada durante os meses de maio a outubro passou de 1,64 m³/s, nas condições atuais, para 1,9 m³/s com o alteamento, permitindo uma vazão total de 2,14 m³/s para 2,4 m³/s no referido período. Com isso a lei de regularização que era de $y = 1,06$ passa para $y = 1,19$.

3.5 Cheias de Projeto

Para verificação do comportamento do reservatório nas condições atuais e com a implantação do dispositivo de ganho energético, determinou-se hidrogramas afluentes, referentes às vazões máximas, com tempo de retorno (TR) = 10.000 anos. As vazões de pico foram baseadas nas cheias do posto abaixo da Cascata das Antas (AD = 477km²) corrigidas pela relação entre as áreas de drenagem. Os hidrogramas afluentes foram obtidos a partir do hietograma de projeto elaborado pelo método das relações de duração aplicado ao hidrograma triangular sintético (Figura 6) calculado para uma duração de chuva efetiva unitária de 2 horas e um tempo de concentração de 4 horas.

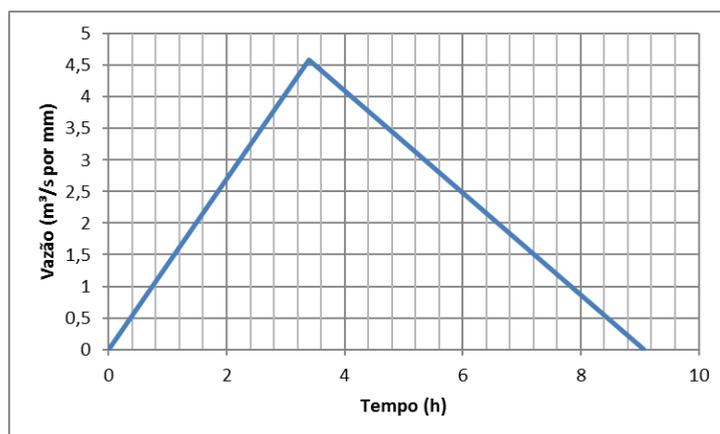


Figura 6 – Hidrograma unitário.

A propagação da onda de enchentes para as condições atuais, bem como para a condição de alteamento, pode ser visualizada respectivamente na Figura 7 e Figura 8.

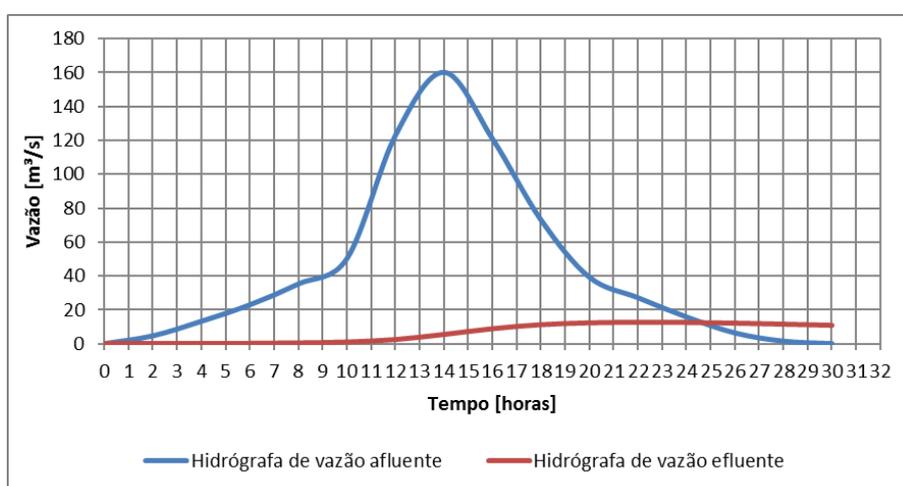


Figura 7 – Propagação da onda de cheia para as condições atuais do reservatório

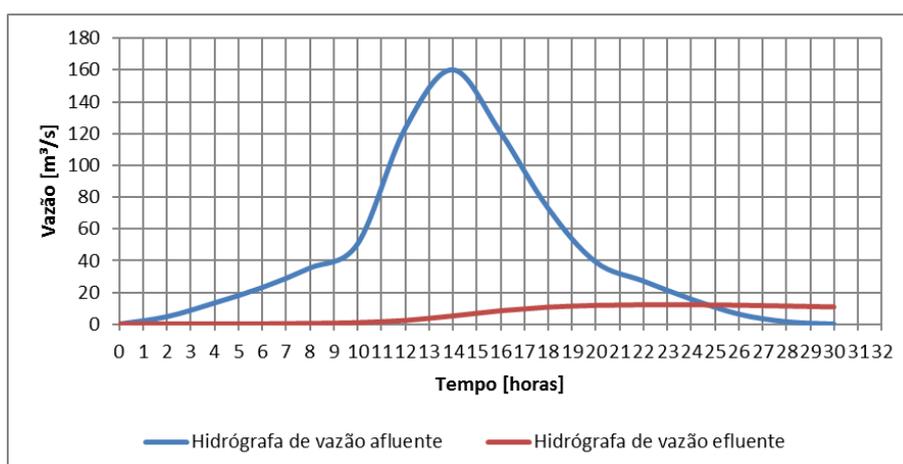


Figura 8 – Propagação da onda de cheia para a condição de alteamento do vertedouro

Ambos os hidrogramas afluentes admitiram uma vazão afluente máxima de 160 m³/s, para um TR = 10.000 anos, e foram amortecidos no reservatório para uma vazão efluente máxima de 13,01 m³/s, nas condições atuais, e de 12,61 m³/s com o alteamento. Os resultados encontrados pelo estudo hidrológico disponibilizado pelo DME/PC apontam valores na ordem de 9,4 m³/s para as condições de projeto do reservatório. Essa diferença entre os valores encontrados pela análise e os apresentados para as condições de projeto do reservatório deve-se ao fato

da metodologia empregada na obtenção da hidrógrafa de vazão afluente. Não foi possível representar as condições determinadas no projeto pela indisponibilidade da curva idf, a qual exigiu que fosse utilizado o método das relações de duração. Além disto, não há informações suficientes para conhecimento de qual metodologia foi empregada no projeto para avaliação da propagação de onda de cheias. Limitou-se, portanto, à apenas a metodologia aqui avaliada, a qual apresentou uma diferença para o valor das condições de projeto na ordem de 38%. A partir das equações de descarga do vertedouro de soleira livre e do vertedouro com comportas, foi possível determinar a lâmina máxima de descarga que estas vazões efluentes atingiriam. Os valores encontrados foram de 0,95 m para as condições atuais, e 0,93m para as condições de alteamento.

3.6 Síntese das análises realizadas

A partir da análise hidráulica-hidrológica realizada para a barragem do Cipó, estabeleceu-se que para o alteamento em 1 m do nível de vertimento, haverá um ganho em capacidade de aproximadamente 4,2 milhões de m³ em relação às condições atuais. Para os estudos de regularização, considerando um fluxo residual de 0,50 m³/s, permanente ao longo dos anos, a alteração da cota de vertimento para 1263,50m, permitiu que a vazão regularizada fosse alterada de 1,635 m³/s para 1,9 m³/s, sendo esta liberada 6 meses por ano, no período de maio a outubro. Com isso, o reservatório mantém uma vazão de 2,4 m³/s de maio a outubro, e no restante do período, 0,50 m³/s. Estes resultados asseguraram valores acima de 95% de garantia para a série histórica analisada, a qual varia de maio/1938 a abril/1992. Para que se assegure no mínimo 95% de garantia, mantendo-se um fluxo residual de 0,50 m³/s, o máximo valor de alteamento encontrado foi de 1,46m, o qual apresenta uma vazão de regularização de 2,02 m³/s. Ou seja, mantêm-se assim uma vazão de 2,52 m³/s na estiagem, e de 0,50 m³/s no restante do período. A vazão máxima de vertimento encontrada com o alteamento do vertedouro, em 1m, assumindo que este seja do tipo com comporta, é de 12,61 m³/s, para um tempo de retorno de 10.000 anos. Para a determinação da cota de vertimento em 1263,50m, ou seja, 1m acima da condição atual, a lâmina máxima de descarga acima do vertedouro seria de 0,93m, e, portanto, necessitaria de uma avaliação mais detalhada quanto à capacidade de suporte do canal da bacia de dissipação.

4.0 - CONCLUSÃO

Para o alteamento em 1m do nível de vertimento, conforme sugerido pelo Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas/MG – DME/PC durante a visita técnica, haverá um ganho em capacidade de aproximadamente 4,2 milhões de m³ em relação às condições atuais. Para os estudos de regularização, considerando um fluxo residual de 0,50 m³/s, permanente ao longo dos anos, a alteração da cota de vertimento para 1263,50m, permitiu que a vazão regularizada fosse alterada de 1,635 m³/s, nas condições atuais, para 1,9 m³/s, sendo esta liberada apenas 6 meses por ano, no período de maio a outubro. Com isso, o reservatório mantém uma vazão de 2,4 m³/s de maio a outubro, e no restante do período, 0,50 m³/s. Estes resultados asseguraram valores acima de 95% de garantia para a série histórica analisada, a qual varia de maio/1938 a abril/1992. Para que se assegure 95% de garantia, mantendo-se um fluxo residual de 0,50 m³/s, o máximo valor de alteamento encontrado foi de 1,46m, o qual apresenta uma vazão de regularização de 2,02 m³/s. Ou seja, mantêm-se assim uma vazão de 2,52 m³/s na estiagem, e de 0,50 m³/s no restante do período. A vazão máxima de vertimento encontrada com o alteamento do vertedouro, em 1m, assumindo que este seja do tipo com comporta, é de 12,61 m³/s, para um tempo de retorno de 10.000 anos. Para a determinação da cota de vertimento em 1263,50m, ou seja, 1m acima da condição atual, a lâmina máxima de descarga acima do vertedouro seria de 0,93m, e, portanto, necessitaria de uma avaliação mais detalhada quanto à capacidade de suporte do canal da bacia de dissipação.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) EPE, MME, “Plano Decenal de Expansão de Energia – 2030”, Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, 2016.
- (2) GODOI, M., “País sofre com a falta de novas hidrelétricas com reservatórios”, Rio de Janeiro: Agência Canal Energia, 2013.
- (3) HUNT, J.; FREITAS, M.; PEREIRA JÚNIOR, A. Aumentando a Capacidade de Armazenamento Energético do Brasil. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. Florianópolis. 2014.
- (4) ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico, <http://www.ons.org.br>, 2016.
- (5) SUPRAM. Autoriza a construção do Barramento. Superintendência Regional de Regularização Ambiental. [S.l.]. 2012. (PROTOCOLO Nº 0013637/2012).
- (6) VILLELA, S.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975