**P&D sobre Usinas Hidrelétricas Reversíveis**

**Reuniões de 12 a 16/09/22 entre PSR e COBA**

**Ajuda-memória e observações preliminares para o módulo de engenharia de reversíveis no HERA**

**Participantes:**

COBA - Antonio Pereira da Silva, André Mendes, Ricardo Oliveira, Júlio Arsênio

PSR - Luiz Rodolpho Albuquerque, Marcelo Metello

**Temas gerais:**

Apresentação do HERA, Alinhamento da agenda, Apresentação do projeto de P&D de reversíveis

**Temas específicos:**

***1. Definição e padronização da entrada de dados:***

1.1. Incluir tempo *máximo* de bombeamento na interface

- usuário poderia variar o valor, criando alternativas de projeto diferentes e o HERA buscaria os templates que atendam à relação

- por exemplo, conjuntos com turbina e bomba separados pode atender situações em que haja interesse em bombear mais rápido que gerar

- critérios da COBA:

a) definição de tempos de geração e bombeamentos para os ciclos diários estão atrelados ao tarifamento horário (ponta, cheias e vazio)

b) relação preliminar de vazões de bombeamento e geração para conjuntos reversíveis de 0,75

- foco maior em sistemas de operação com ciclo diário

1.2. Definir fração de volume útil considerando:

- perdas por evaporação (COBA = 0,85)

- assoreamento do reservatório em casos em que a descarga sólida seja significativa (a exemplo do Marrocos)

- observação: a fração de volume útil atual tem como objetivo levar em conta apenas as irregularidades da topografia natural na área do reservatório.

1.3. Substituir a entrada de dados na interface para alturas mínimas para reservatórios superior e inferior, utilizadas no caso de usinas em cursos d’água, por volumes adicionais para outros usos

***2. Aspectos relacionados a arranjos de engenharia:***

2.1. Incluir solução para usinas reversíveis do tipo pump-back

Tela de computador com ícones coloridos

Descrição gerada automaticamente **Caso em afluente à UHE Barra Grande (Alternativa GESEL)**

2.2. Conceber solução em pós processamento para balanço de corte e aterro com nivelamento da superfície no fundo do reservatório.

2.3. Incorporar projeto para 1º enchimento do reservatório:

- definição de critério preliminar para aproximar circuitos fechados de áreas com contribuição de vazão mínima, considerando custos para construção de adutora e, quando necessário, de bombeamento.

- critérios da COBA:

a) busca por ponto mais próximo de um curso d’água; se área de drenagem é insuficiente, desce o rio para jusante

a) em primeira fase, vazão média anual; em segunda etapa, enchimento na estação de cheia (90 dias) em X anos de construção; vazão de dimensionamento da adução (Marrocos) = 0,5m³/s

- observação: adução pode servir também para compensar evaporação durante a operação.

2.4. Considerar nos estudos de caso a implantação de reservatórios inferiores em circuitos fechados próximos a lagos existentes (havendo espaço, evita-se interferências com operação de terceiros).

**Tela de computador com jogo

Descrição gerada automaticamente teste no entorno da UHE Sobradinho**

2.5. Vazão de projeto dos vertedouros nos reservatórios de circuitos fechados pode ser definida para uma chuva intensa, por exemplo, 100 mm / 24h (a verificar, se esforço de incluir vertedouros se justifica, já que o custo tende a ser baixo). Soluções com descarregadores de fundo foram usadas no Marrocos.

2.6. Para o posicionamento dos Vertedouros, escolher ponto mais baixo da drenagem em todos os casos, desacoplando-o da tomada nos reservatórios superiores. e verificar as áreas afetadas pelo escoamento (a analisar, esforço de criar ferramenta para restrição de trechos ao longo do eixo)

2.7. Considerar borda-livre para reservatórios pequenos em circuitos fechados de 1,0 m (planilhas podem ser adaptadas segundo critério a ser definido)

2.8. Limitar declividade do túnel de acesso à casa de força a 5%, e passar a usar a variável *pwh\_strc\_deck\_el* como elevação de partida.

2.9. Verificar critério para canais de adução às tomadas d’água, comparando-os aos níveis mínimos do reservatório e à elevação mais baixa do terreno; posteriormente, analisar implicações da definição do traçado quando a solução de pós-processamento do reservatório com corte e aterro for implantada.

Interface gráfica do usuário

Descrição gerada automaticamenteInterface gráfica do usuário

Descrição gerada automaticamente com confiança média

2.10. Ampliar e priorizar as seguintes alternativas de *templates*:

- barragens de concreto e enrocamento

- vertedouros controlados em reservatórios localizados em cursos d’água

- casas de força a céu aberto para atender casos em que a topografia favoreça esse tipo de solução

- circuito com condutos aparentes para vazões mais baixas e reservatórios mais próximos entre si

- circuito com grupos de equipamentos separados com turbinas Pelton para atender a faixa de quedas mais altas que 600m (limite atual da planilha de Francis reversíveis):

Interface gráfica do usuário

Descrição gerada automaticamente

- observações adicionais:

* descarregadores de fundo são comuns,
* falta implantar as soluções de desvio para reservatórios em cursos d’água
* tendência de seleção do tipo de material da barragem para arranjo que considera soluções de corte e aterro nos projetos da COBA: em reservatórios superiores, situados em topo de morro, enrocamento; em reservatórios inferiores, em vales com atividades agrícolas, terra.

***3. Consulta a desenhos de arranjo***

3.1. Foram analisadas as soluções da COBA para os estudos de pré-viabilidade de UHR no Marrocos, além de Santiago, Salomonde e Foz Tua.

3.2. Constatações:

- Tomadas ficam dentro do reservatório próximas a taludes escavados nos casos em que há balanço de corte e aterro, diferente da solução atual do HERA que privilegia forma natural do terreno em cumbuca

- Geomembrana aplicada em toda a superfície dos reservatórios sem conexão com curso d’água (a analisar, adaptação do cálculo de volume)

- Transformadores e Subestações (SF6) costumam ser implantados lateralmente à casa de força subterrânea, aproveitando o mesmo vão dos equipamentos principais (critério COBA: Transformadores a céu aberto quando H < 200 m)

- Galerias de acesso temporárias podem ter declividade superior à mínima (por exemplo, no caso do acesso construtivo à chaminé)

- Nos casos de geologia desfavorável abaixo da tomada de geração, optou-se por solução híbrida com condutos aparentes no trecho inicial e poço vertical mais próximo do reservatório inferior.

- Acesso aos reservatórios definidos no ponto em que o terreno esteja o mais próximo possível da elevação da crista da barragem.

***4. Configuração dos equipamentos e custos***

4.1. Critérios gerais:

- número de unidades: critério do Manual ou por grupo padronizados estariam ok, mínimo de 2 grupos, potência máxima de um grupo da ordem de 300 MW.

- velocidade variável impõe a necessidade de 1 piso a mais, portanto: (1) para obras civis, considerar 5 a 10% de acréscimo nos volumes; (2) no caso dos custos eletromecânicos, 20% a mais sobre o total dos equipamentos

- avaliação da relação Hmax/Hmin não deve ser automática, mas levar a uma tomada de decisão sobre a adoção da velocidade variável ou não (neste caso, a alternativa é a redução da variação do nível d’água)

- pré-dimensionamento do espaço físico das bombas: conforme já visto no item 3, para este momento, serão aplicados percentuais para definição de volumes e custos; futuramente, deve ser desenvolvida planilha de pré-dimensionamento expecífica.

4.2. Custos simplificados para *screening:*

- verificar limite de 75 m para queda na equação da casa de força

- expoente de H para custos costuma ficar entre 0,7 e 0,8

- COBA ficou de verificar relações entre volumes de concreto e escavação em seus projetos para sugerir valores para coeficiente Kxc.

- para Kcf, as alterações sugeridas estão marcadas em amarelo a seguir:

H até 600m, Kcf = 1.15 (x2)

H até 1000m, Kcf = 1.4

H até 1800m, limite do estado da arte, Kcf = equação linear variando de 1.4 a 2.3

Acima de 1800m, Kcf = 2.3

- para Keq, da mesma forma...

H até 600m, Keq = 1.25 (x2)

H até 1000m, Keq = 1.8

H até 1800m, limite do estado da arte, Keq = equação linear variando de 1.8 a 2.5

H acima de 1800m, Keq = 2.5

4.3. Comparação de resultados das curvas de custo (COBA x HERA)

- acabamentos das casas de força tendem a ser mais detalhados e caros na Europa, podendo explicar diferenças nas obras civis

- diferenças maiores em caso com potência e queda muito baixas tendem a estar associadas a descolamento na extremidades das curvas

***5. Próxima reunião***

Dia 27/09, 13h, horário de Brasília, após definição e priorização das soluções que serão implantadas ainda neste P&D e aquelas vão compor as recomendações para etapas futuras, fazendo parte do escopo de uma possível 2ª fase de desenvolvimento.