



## PLANO DE ENSINO

**DISCIPLINA:** ENS 7044 – OBRAS HIDRAULICAS

**Carga horária total:** 54 horas

**Horário:** 5ª f. 9:10 3cr.

**Turmas:** 09211 - Engenharia Sanitária e Ambiental

**Semestre:** 2020/01 - Calendário Suplementar Excepcional

**Professor:** Davide Franco, d.franco.ocean@gmail.com

### 1. EMENTA

Aproveitamentos hidráulicos: finalidades, impactos, descrição de elementos constitutivos. Reservatórios: diagramas cota-área-volume, caudabilidade: curvas de massa e de diferenças totalizadas. Barragens de gravidade: análise de estabilidade, segurança ao tombamento e deslizamento, tensões no solo. Projeto duma seção estável e econômica. Vertedores para barragens: especificação do perfil, coeficiente de vazão, método para dimensionamento dum vertedor livre: equação do balanço de massa. Bacias de dissipação: análise da localização do ressalto para diferentes situações, dimensionamento duma bacia de dissipação simples. PCH: conceito, implantação, aspectos legais, etc.

### 2. OBJETIVO

Introduzir os estudantes ao estudo do tópico “Barragens”, fornecendo-lhes conhecimentos básicos para o projeto completo duma pequena barragem de gravidade.

### 3. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO E RESPECTIVA BIBLIOGRAFIA

- I. **Recursos hídricos.** Ciclo hidrológico global. Ciclo hidrológico local - bacia hidrográfica. Clima e recursos hídricos no Brasil. Desenvolvimento de recursos hídricos e estacionariedade de series hidrológicas. Impacto do clima sobre recursos hídricos. Regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do Estado de Santa Catarina.
- II. **Caracterização do regime de vazões do rio.** Hidrograma. Histograma e curva de permanência. Análise de tendências. Caracterização sazonal. Tempo de retorno e distribuição empírica. Modelos de distribuição de probabilidade para vazões extremas. Estimativa de vazões mínimas. Estimativa de vazões máximas.

- III. **Reservatórios.** Uso dos reservatórios. Regularização de vazões naturais. Características físicas dos reservatórios. Tipos de reservatórios. Tipo de regularização de vazão. Elaboração dos diagramas cota x área e cota x volume. Caudabilidade de reservatórios. Hidrograma, curva de massa e curva de diferenças totalizadas. Uso das curvas para solução dos 2 tipos de problemas de caudabilidade: dimensionamento do volume útil e cálculo da vazão firme.
- IV. **Barragens.** História. Finalidade. Seleção do sitio. Classificação. Barragens rígidas: B. de gravidade; B. em arco; B. em contraforte. Barragens não rígidas: B. em aterro e enrocamento. Segurança em barragens. Legislação sobre barragens no Brasil.
- V. **Barragens em concreto.** Forma da seção. Metodologias construtivas. Seção típica. Esforços atuantes sobre a barragem. Calculo simplificado da estabilidade de barragens de gravidade. Algoritmo para o dimensionamento de uma barragem em concreto.
- VI. **Aspectos hidráulicos.** Vertedores. Ressalto hidráulico. Dimensionamento da bacia de dissipação. Propagação da onda de cheia em reservatórios. Dimensionamento do vertedor.

#### **Bibliografia recomendada:**

- ANA – Brasil, 2010. Atlas Brasil, Vol.1. *Abastecimento urbano de água*. Vol.2. *Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*.
- DAAE - São Paulo, 2005. *Guia prático para projeto de pequenas obras hidráulicas*. Vol.1,2,3 e 4.
- De Melo Porto, R., 2006. *Hidráulica básica*. 4a Ed. - EESC USP – Projeto REENGE.
- Eletrobrás, 2000. Diretrizes para estudos e projetos de pequenas centrais hidrelétricas.
- Eletrobrás, 2003. *Crítérios de projeto civil de usinas hidrelétricas*.
- **Franco D, 2020. Notas de obras hidráulicas.**
- Ministério de Integração Nacional, 2002. *Manual de segurança e inspeção de barragens*.
- Naghettini, M. e De Andrade Pinto, E.J., 2007. *Hidrologia estatística*. CPRM.
- SDS – DRH – SC, 2013. *Coletânea de legislação de recursos hídricos do Estado de Santa Catarina*.
- SDS – DRH – SC, 2018. *Plano estadual de recursos hídricos de Santa Catarina*.
- **USACE, 1995. Gravity dam design.**
- **USACE, 2004. General design and construction considerations for Earth and rock-fill dams.**
- **USACE, 2005. Stability analysis of concrete structure.**
- WCD, 2000. *Dams and development. A new framework for decision making. The report of the world commission on dams*. Earthscan Publications Ltd, London and Sterling,
- Listas de exercícios, artigos, material digital

#### 4. METODOLOGIA

A elaboração de um projeto de dimensionamento em modo colaborativo irá nortear o desenvolvimento do curso. Os tópicos do cronograma serão discutidos em videoaulas gravadas em modo assíncrono. Notas de aula e apresentação de slide serão disponibilizadas antecipadamente no Moodle. São previstos encontros síncronos de apresentação e correção de tarefas, como para esclarecimento de dúvidas. O fórum do Moodle e a comunicação via e-mail serão base do feedback com os estudantes.

#### 5. CRONOGRAMA

Semana	Dia	Tópico – conteúdos
1	3/setembro	<b>Retomada das atividades (Síncrona)</b> ✓ Apresentação do cronograma, das metodologias de ensino, das avaliações
2	10/setembro	<b>Recursos hídricos – bacia hidrográfica</b> ✓ Ciclo hidrológico global ✓ Ciclo hidrológico local - bacia hidrográfica <b>Clima e recursos hídricos no Brasil</b> ✓ Desenvolvimento de recursos hídricos e estacionariedade de series hidrológicas ✓ Impacto do clima sobre recursos hídricos <b>Estudo de caso: Caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, Florianópolis – SC.</b>
3	17/setembro	<b>Recurso hídricos – regime de vazões do rio</b> ✓ Hidrograma ✓ Histograma e curva de permanência ✓ Análise de tendências ✓ Caracterização sazonal <b>Apresentação TP – Parte I: Regime do rio (Síncrona – 1 ha)</b>
4	24/setembro	<b>Barragens:</b> ✓ História; Finalidade; Seleção do sitio; Classificação. ✓ Barragens rígidas: B. de gravidade; B. em arco; B. em contraforte;
5	1/outubro	<b>Recursos hídricos – vazões extremas</b> ✓ Tempo de retorno e distribuição empírica ✓ Modelos de distribuição de probabilidade para vazões extremas ✓ Estimativa de vazões mínimas ✓ Estimativa de vazões máximas <b>Devolução TP – Parte I: Regime do rio</b> <b>Apresentação TP – Parte II: Vazões extremas (Síncrona – 1 ha)</b>
6	8/outubro	<b>Reservatórios</b> ✓ Uso dos reservatórios ✓ Regularização de vazões naturais ✓ Características físicas dos reservatórios ✓ Tipos de reservatórios ✓ Tipo de regularização de vazão ✓ Elaboração dos diagramas cota x área e cota x volume <b>Esclarecimento de dúvidas sobre a Parte II (Síncrona - 1 ha)</b>

Semana	Dia	Tópico – conteúdos
7	15/outubro	<p style="text-align: right;"><b>Devolução TP – Parte II: Vazões extremas</b></p> <p><b>Reservatórios</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Caudabilidade de reservatórios.</li> <li>✓ Hidrograma, curva de massa e curva de diferenças totalizadas.</li> <li>✓ Uso das curvas para solução dos 2 tipos de problemas de caudabilidade: dimensionamento do volume útil e cálculo da vazão firme.</li> </ul> <p><b>Apresentação TP – Parte III: Disponibilidade hídrica (Síncrona – 1 ha)</b></p>
8	22/outubro	<p><b>Barragens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Barragens não rígidas: B. em aterro e enrocamento</li> <li>✓ Segurança em barragens</li> </ul> <p><b>Esclarecimento de dúvidas sobre a Parte III (Síncrona - 1 ha)</b></p>
9	29/outubro	<p style="text-align: right;"><b>Devolução TP – Parte III: Disponibilidade hídrica</b></p> <p><b>Barragens em concreto:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Forma da seção</li> <li>✓ Metodologias construtivas</li> <li>✓ Legislação sobre barragens no Brasil</li> </ul> <p><b>Apresentação TP – Parte IV: Volume e áreas (Síncrona 1 ha)</b></p>
10	5/novembro	<p><b>Aspectos hidráulicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vertedores</li> </ul> <p><b>Esclarecimento de dúvidas sobre a Parte IV (Síncrona - 1 ha)</b></p>
11	12/novembro	<p style="text-align: right;"><b>Devolução TP – Parte IV: Volumes e áreas</b></p> <p><b>Barragens em concreto: Projeto de barragem de gravidade</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Seção típica</li> <li>✓ Esforços atuantes sobre a barragem</li> <li>✓ Calculo simplificado da estabilidade de barragens de gravidade</li> <li>✓ Algoritmo para o dimensionamento de uma barragem em concreto</li> </ul> <p><b>Apresentação TP – Parte V: Projeto barragem (Síncrona – 1 ha)</b></p>
12	19/novembro	<p><b>Aspectos hidráulicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ressalto hidráulico</li> <li>✓ Dimensionamento da bacia de dissipação</li> </ul> <p><b>Esclarecimento de dúvidas sobre a Parte V (Síncrona - 1 ha)</b></p>
13	26/novembro	<p style="text-align: right;"><b>Devolução TP – Parte V: Projeto barragem</b></p> <p><b>Aspectos hidráulicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Propagação da onda de cheia em reservatórios</li> <li>✓ Dimensionamento do vertedor</li> </ul> <p><b>Apresentação TP – Parte VI: Estrutura vertedora (Síncrona – 1 ha)</b></p>
14	3/dezembro	<p><b>Estudo de caso: Regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do Estado de Santa Catarina</b></p> <p><b>Esclarecimento de dúvidas sobre a Parte VI (Síncrona - 1 ha)</b></p>
15	10/dezembro	<p style="text-align: right;"><b>Devolução TP – Parte VI: Estrutura vertedora</b></p> <p><b>PROJETO – discussão e conclusões (Síncrona 1 há)</b></p>
16	17/dezembro	<b>NOTAS FINAIS</b>

## 6. FORMAS DE AVALIAÇÃO E AFERIÇÃO DE FREQUÊNCIA

A avaliação é baseada num trabalho colaborativo de caráter aplicado sobre um anteprojeto duma barragem de gravidade num local fictício. O trabalho é dividido em 6 partes como mostrado na tabela a seguir. A nota do trabalho será a média pesada das seis avaliações realizadas.

	Assunto	Peso	Data prevista (de – até)
I	<b>Regime do rio</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Identificação de tendências</li><li>• Verificação de sazonalidade</li><li>• Caracterização estatística</li></ul>	10	17 de setembro 1 de outubro
II	<b>Vazões extremas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Estimativa de vazões mínimas</li><li>• Determinação da vazão sanitária</li><li>• Estimativa de vazões máximas</li><li>• Determinação do volume de espera</li></ul>	10	1 de outubro 15 de outubro
III	<b>Disponibilidade hídrica</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Definição da vazão firme</li><li>• Caudabilidade – volume útil nulo - determinação da vazão útil</li><li>• Caudabilidade – vazão firme - determinação do volume útil</li></ul>	20	15 de outubro 29 de outubro
IV	<b>Volume e áreas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Elaboração e verificação do modelo numérico do terreno</li><li>• Construção das curvas cota x área e cota x volume</li><li>• Determinação das cotas de projeto</li></ul>	20	29 de outubro 12 de novembro
V	<b>Projeto da barragem</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Projeto e estudo de três alternativas estáveis de seção</li></ul>	20	12 de novembro 26 de novembro
VI	<b>Estrutura vertedora</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Projeto e estudo dum vertedor livre tipo WES</li><li>• Dimensionamento de um canal extravasor de baixa declividade</li></ul>	20	26 de novembro 3 de dezembro

O trabalho em grupo será realizado em modo cooperativo pelos estudantes, e acompanhado via fórum pelo professor.

A frequência será verificada na participação das atividades síncronas de apresentação das partes do trabalho, e no cumprimento das datas de entrega das avaliações previstas.

As aulas interativas de esclarecimento de dúvidas não serão consideradas de frequência obrigatória. As atividades síncronas serão realizadas a partir das 9:10.