

Trabalho Integralizador Multidisciplinar II
TIM-II
2º semestre de 2018

Projetos de Infraestrutura e Equipamentos Urbanos

TERMO DE REFERÊNCIA

EQUIPE OPERACIONAL DO TIM-II

EQUIPE OPERACIONAL DO TIM-II:

Prof. Gustavo Ferreira Simões - Coordenador

Prof. Carlos Augusto de Lemos Chernicharo

Prof. Cláudio Leite de Souza

Prof. Roberto Márcio da Silva

Prof. Valter Lúcio de Pádua

Prof. Márcio Benedito Baptista

Escola de Engenharia, DESA

Escola de Engenharia, DESA

Escola de Engenharia, DESA

Escola de Engenharia, DEES

Escola de Engenharia, DESA

Escola de Engenharia, EHR

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. APRESENTAÇÃO	5
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS	6
2.1. GERAL	6
2.2. ESPECÍFICO	6
CAPÍTULO 3. DEFINIÇÃO DE CONTEÚDO DOS ESTUDOS.....	7
3.1. DEFINIÇÕES GERAIS	7
3.1.1. Área de Estudo para Efeito de Projeto	7
3.1.1. Detalhamento dos Projetos	7
3.2. MEIO FÍSICO	7
3.2.1. Abordagem do problema.....	7
3.2.2. Produtos esperados (Meio Físico)	8
3.2.3. Referências bibliográficas.....	8
3.3. POPULAÇÃO DE PROJETO	10
3.3.1. Abordagem do problema.....	10
3.4. USO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA	10
3.4.2. Abordagem do problema.....	10
3.4.3. Produtos esperados (Planejamento físico territorial).....	10
3.3.4. Referências bibliográficas:	10
3.5. SISTEMA VIÁRIO.....	11
3.5.1 – Abordagem do Problema.....	11
3.5.2 – Produtos Esperados	11
3.5.3 – Bibliografia	12
3.6. ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	13
3.6.1. Contextualização.....	13
3.6.2. Abordagem do problema.....	13
3.6.3. Produtos esperados	13
3.6.4. Referências bibliográficas.....	14
3.7. ESGOTAMENTO SANITÁRIO	15
3.7.1. Contextualização.....	15
3.7.2. Abordagem do problema.....	15
3.7.3. Produtos esperados (Esgotamento Sanitário).....	17
3.7.4. Referências bibliográficas.....	18
3.8. DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	18
3.8.1. Contextualização.....	18
3.8.2. Abordagem do problema.....	19
3.8.3. Produtos esperados relativos à drenagem de águas pluviais	21

3.8.4. Referências bibliográficas.....	22
3.9. ATERRO SANITÁRIO	22
3.9.1. Contextualização.....	22
3.9.2. Abordagem do Problema.....	23
3.9.3. Produtos esperados	23
3.9.4. Referências Bibliográficas	24
3.10. PROJETO ESTRUTURAL DO ESCRITÓRIO DO ATERRO SANITÁRIO	25
3.10.1. Contextualização e abordagem do problema.....	25
3.10.2 Produtos Esperados (Projeto Estrutural)	25
3.10.3. Referências Bibliográficas	26
CAPÍTULO 4. ESPECIFICAÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS	27
CAPÍTULO 5. APRESENTAÇÃO DO PRODUTO FINAL.....	28
CAPÍTULO 6. CRONOGRAMA PARA A REALIZAÇÃO DO ESTUDO	30

CAPÍTULO 1. APRESENTAÇÃO

O presente Termo de Referência especifica os estudos que deverão ser realizados no contexto da disciplina Trabalho de Integralização Multidisciplinar II (TIM-II), ofertada no 8º período do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da UFMG. O TIM-II foi concebido como uma continuidade dos trabalhos desenvolvidos na disciplina Trabalho de Integralização Multidisciplinar I (TIM-I).

O TIM-I tem se centrado sobre a questão geral do Planejamento Urbano. Como produto do TIM-I, os estudantes devem elaborar e propor diretrizes de engenharia que orientem o uso do solo, em um processo de urbanização, bem como a implantação de infraestrutura urbana, equipamentos e serviços de interesse público. Essas diretrizes devem dar condições técnicas suficientes para a elaboração do projeto final de uma cidade ou de uma nova área de desenvolvimento urbano em uma cidade já existente, do seu desenho urbano, do seu parcelamento de uso e ocupação do solo, do seu mobiliário e equipamentos urbanos, da morfologia e tipologias de suas edificações, da sua infraestrutura de transportes, de abastecimentos de energia, de saneamento, de matérias primas, de telecomunicações, de alimentos, dos setores de habitação, saúde, educação e lazer, etc.

No TIM-II, considera-se como já adequadamente tratados os diferentes elementos do planejamento urbano de uma área e enfoca-se detalhadamente a elaboração de projetos de sistemas urbanos de infraestrutura e serviços.

São os seguintes os sistemas urbanos a serem tratados no TIM-II:

- Sistema viário;
- Sistema de abastecimento de água;
- Sistema de esgotamento sanitário;
- Sistema de drenagem pluvial urbana;
- Aterro sanitário;
- Projeto estrutural de uma edificação.

Deve-se ressaltar que a continuidade temática entre o TIM-I e o TIM-II não poderá ser completamente assegurada quanto ao objeto de estudo, a saber, as áreas de estudo e de planejamento. Isso se dá em razão da meta de assegurar uma diversidade de áreas de estudo aos diferentes grupos de estudantes que participam do trabalho. Assim, optou-se por tomar como referência geográfica de estudo bacias hidrográficas do Município de Belo Horizonte com área de drenagem da ordem de 10 km², restringindo-se adequadamente o volume de trabalho a ser realizado, porém sem perda de conteúdos e de requisitos de aprofundamento e de qualidade dos projetos a serem desenvolvidos.

Os Participantes, estudantes regularmente matriculados na disciplina TIM-II, serão divididos em grupos. Cada grupo receberá uma bacia hidrográfica que constituirá sua unidade de desenvolvimento de projetos.

Com o mesmo intuito de simplificação, os projetos dos sistemas de infraestrutura serão desenvolvidos tomando cada bacia como unidade autônoma. Isso significa que os grupos não precisarão detalhar, em seus projetos, interconexões dos sistemas de infraestrutura previstos para a bacia com aqueles de outras áreas urbanas do município. Essa restrição é necessária para evitar o re-planejamento de toda a ocupação urbana do Município e a necessidade de se conceber sistemas de infraestrutura com capacidade a atender demandas que extrapolam aquelas de origem local, na área de estudo definida para projeto (bacia hidrográfica).

No presente Termo de Referência estão definidos os objetivos e o conteúdo dos estudos, os produtos esperados, as normas para sua apresentação e o cronograma de trabalho. São, ainda, relacionadas referências bibliográficas e sugeridas visitas técnicas.

Em particular, no capítulo de definição do conteúdo dos estudos, delimitam-se as áreas de estudo e de planejamento e listam-se várias unidades temáticas (os sistemas urbanos) sobre as quais deverão ser elaborados estudos e gerados produtos.

Como no caso do termo de referência do TIM-I, a maioria dessas unidades temáticas de projeto encontra-se subdividida em 4 sub-itens: *contextualização*, *abordagem do problema*, *produtos esperados* e *referências bibliográficas*.

- Na *Contextualização*, procura-se chamar a atenção, de forma resumida, para os principais aspectos da unidade temática em foco com influência sobre as etapas de projeto.
- A *Abordagem do Problema* fornece os elementos básicos e fundamentais a serem necessariamente tratados nos projetos. Os Participantes do TIM-II, ou seja, os estudantes regularmente matriculados na disciplina, poderão sempre aprofundar sua análise em aspectos particulares não necessariamente listados na abordagem do problema. Entretanto, eles não deverão deixar de tratar os pontos aí definidos.
- Em *Produtos Esperados*, listam-se todos os produtos que deverão resultar da abordagem do problema. Esses produtos serão apresentados na forma de relatos escritos, memorial de cálculos, plantas, croquis e mapas.
- As *Referências Bibliográficas* estão classificadas em três níveis: obrigatória, complementar e ampliada. Essa classificação traduz possibilidades de diferentes níveis de aprofundamento do problema em foco. A consulta às referências obrigatórias permite a realização dos projetos especificados. O emprego das referências complementar e ampliada possibilita uma melhor compreensão do tema tratado e um maior aprofundamento dos estudos solicitados. São, igualmente, sugeridos vários endereços de páginas de Internet, sempre que pertinentes.

No caso de temas que não serão objeto de projeto, como uma breve descrição do meio físico e a estimativa da população de projeto da bacia, não se julgou necessário elaborar um texto de contextualização, uma vez que esses temas foram objeto de estudos aprofundados durante a elaboração do TIM-I. No presente documento, há apenas as diretrizes básicas para o enfoque dessas questões necessárias ao desenvolvimento dos projetos, propriamente ditos.

Todas as informações sobre a disciplina, incluindo arquivos digitais, cronograma, avisos etc., serão fornecidos pela Comissão Coordenadora e pelos Tutores aos componentes dos grupos.

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Integrar, complementar, aprimorar e aplicar conhecimentos e conteúdos adquiridos até o 8º período do curso, por parte dos alunos, na formulação de soluções apropriadas para um problema de Engenharia Civil.

2.2. ESPECÍFICO

Elaborar projetos de sistemas de infraestrutura urbana, compreendendo os sistemas viário de transportes, de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de drenagem de águas pluviais e um aterro sanitário para uma área de estudo definida como uma bacia hidrográfica.

CAPÍTULO 3. DEFINIÇÃO DE CONTEÚDO DOS ESTUDOS

3.1. DEFINIÇÕES GERAIS

3.1.1. Área de Estudo para Efeito de Projeto

Cada grupo de Participantes receberá a designação de uma bacia hidrográfica localizada no Município de Belo Horizonte que será sua área de estudo para o desenvolvimento dos projetos de sistemas de infraestrutura urbana.

3.1.1. Detalhamento dos Projetos

Os projetos serão desenvolvidos adotando-se dois níveis de detalhamento:

- Bacia hidrográfica: nível de detalhamento intermediário cujos produtos esperados correspondem a ante-projetos dos sistemas de infraestrutura urbana (Macro drenagem, ETA, ETE, Sistema Viário e Aterro Sanitário).
- Conjunto de quadras: nível de detalhamento aprofundado, cujos produtos esperados correspondem a projetos dos sistemas de infraestrutura urbana (sistema viário, rede de distribuição de água e rede de coleta de esgotos).
- Projeto Específico: projeto estrutural de uma edificação.

A Equipe Operacional disponibilizará os dados necessários ao desenvolvimento dos projetos de cada bacia, incluindo a base topográfica em formato digital.

Para **TODOS** os projetos a serem desenvolvidos para o conjunto de quadras, deverá ser utilizado o zoneamento urbano **atual**, ficando a Equipe Operacional responsável pela indicação da localização desse conjunto de quadras de forma **específica** para cada grupo.

A Equipe Operacional fornecerá ainda alguns **parâmetros específicos** para cada bacia em estudo, incluindo a área para implantação do Aterro Sanitário, a população de projeto, a vazão para verificação hidráulica no projeto de macro drenagem, dentre outros.

3.2. MEIO FÍSICO

Para efeito de descrição e caracterização do meio físico da área de planejamento, os Participantes deverão utilizar as informações básicas descritas no Quadro 1.

Os Participantes deverão, igualmente, realizar visitas técnicas à bacia hidrográfica procurando, via observação do meio físico, a elaboração de notas de campo, croquis, mapas, a organização de um arquivo fotográfico e outras atividades, caracterizá-la nos termos descritos pela abordagem do problema.

3.2.1. Abordagem do problema

De posse dessas informações, os Participantes deverão:

- Elaborar uma descrição sucinta do meio físico da bacia hidrográfica objeto do estudo, com ênfase nas características topográficas e geológicas locais e climáticas regionais;
- Identificar, com auxílio da base cartográfica listada e de visitas a campo, as áreas de risco geológico, as áreas degradadas, as áreas de atividades minerárias e as áreas de risco de inundação;
- Estabelecer critérios que, em etapas subsequentes, auxiliarão a definir áreas de restrição construtiva tendo em vista riscos de deslizamento de encostas (tipo de solo, declividade de

terrenos, processos erosivos) ou inundáveis (planícies de inundação) e conflitos de interesse de uso do solo.

Para a caracterização geológica e climatológica os Participantes poderão utilizar os resultados obtidos no TIM-I, incluindo, quando necessário, uma descrição particular ao caso da bacia hidrográfica em estudo.

3.2.2. Produtos esperados (Meio Físico)

Com base nas etapas acima, os Participantes deverão:

- a) Descrever, sucintamente, o meio físico da bacia hidrográfica, englobando a topografia, a hidrografia, a climatologia, os recursos minerais, as áreas degradadas e as áreas de risco geológico e de risco de inundação;
- b) Definir, sobre mapa básico da área de estudo (mapa digitalizado), as áreas de restrição para ocupação urbana e justificá-las em texto do relatório. Os desenhos e suas legendas deverão ser apresentados em escalas apropriadas, que possibilitem sua leitura.

3.2.3. Referências bibliográficas

Obrigatórias:

RIBEIRO, J.P.C., *Atlas Geográfico de Minas Gerais e Belo Horizonte*, 1999.

SILVA, A.B.; CARVALHO, E.T.; FATINEL, L.M.; ROMANO, A.W.; VIANA, C.S.; ANDRADE, N.R.F. e SOARES, S.G., *Estudos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no município de Belo Horizonte. Relatório Técnico*, 1995.

WAKERMAN, M.C.C. *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*, in *Ferramentas da Qualidade*, vol. 2, Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1995.

Complementares:

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO & FAPEMIG. *Panorama de Belo Horizonte: Atlas Histórico*. Belo Horizonte, 1997, 103 p.

Prefeitura de Belo Horizonte: www.pbh.gov.br

PRODABEL: Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte: www.pbh.gov.br/prodabel

Instituto Nacional de Meteorologia: www.inmet.gov.br

Ampliadas:

Instituto de Geociências Aplicadas: www.iga.br

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: www.ibge.gov.br

Quadro 1
Base Cartográfica

Título	Escala	Formato	Fonte	Nível de aprofundamento
Planta Geral da Cidade de Minas (1895)	1:10.000		Atlas Histórico (ver ref. bibliográficas) Museu Abílio Barreto	Obrigatório
Mapa topográfico e hidrográfico básico da bacia	Função da bacia	A1	PRODABEL	Obrigatório
Mapa de densidade demográfica	1:90.000	A3	PRODABEL	Obrigatório
Mapa de bairros e vilas	1:90.000	A3	PRODABEL	Obrigatório
Mapa de uso e ocupação das áreas verdes	1:90.000	A3	PRODABEL	Obrigatório
Mapa de áreas de risco	1:90.000	A3	PRODABEL	Obrigatório
Mapa da rede viária estadual e federal	1:250.000		IBGE	Obrigatório
Mapa de hospitais e centros de saúde	1:90.000	A3	PRODABEL	Complementar
Mapa de escolas por regional	1:90.000	A3	PRODABEL	Complementar
Mapa de população por bairro	1:90.000	A3	PRODABEL	Ampliado
Mapa de renda média do chefe de família	1:90.000	A3	PRODABEL	Ampliado
Carta de previsão de recursos minerais - Belo Horizonte	1:250.000	A2	DNPM/CPRM (disponível na CPRM)	Obrigatório
Carta metalogenética	1:250.000	A2	DNPM/CPRM (disponível na CPRM)	Complementar
Mapa geológico do Município de Belo Horizonte	1:25.000	A1	PBH (disponível na CPRM)	Complementar

Obs.:

1. Alguns dos mapas listados encontra-se à disposição para consulta com a Equipe Operacional do TIM-2, e ainda na página do TIM-2.
2. Os mapas topográfico e hidrográfico básicos da bacia, bem como a indicação do conjunto de quadras, serão fornecidos a cada grupo de alunos, em arquivo digital.

3.3. POPULAÇÃO DE PROJETO

3.3.1. Abordagem do problema

Todos os projetos dos sistemas de infraestrutura aqui previstos requerem, como dado básico, a estimativa de uma população de projeto para a bacia hidrográfica em foco. Essa população será, portanto, considerada como população de referência para a elaboração dos projetos.

É possível que, após a implantação da infraestrutura, com o passar do tempo ocorra expansão urbana ou adensamento populacional na bacia hidrográfica, vindo a requerer ampliações da infraestrutura instalada ou de serviços. Entretanto, considera-se aqui que os estudos relativos ao planejamento urbano, realizados anteriormente (TIM-I), integraram esses aspectos quando da definição da população de projeto para o trabalho.

O presente Termo de Referência estabelece como população de projeto de cada bacia hidrográfica a população atual que a ocupa. A população de projeto de cada bacia será **fornecida diretamente pela Equipe Operacional**.

3.4. USO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA

3.4.2. Abordagem do problema

Para a caracterização do uso do solo na bacia hidrográfica de interesse, os Participantes deverão basear-se na Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo de Belo Horizonte (Leis Municipais n. 7160/96 e 8137/2000). Ao utilizar os arquivos digitais disponíveis na página da PBH, observar atentamente as instruções sobre as Leis Municipais (1996, 2000 e 2010).

Para isso, os Participantes deverão identificar, com precisão, sobre mapa do Município de Belo Horizonte, a localização da bacia hidrográfica de seu interesse e transferir as informações sobre o macrozoneamento previsto na Lei para a referida área de estudo (bacia).

3.4.3. Produtos esperados (Planejamento físico territorial)

Com base nas etapas acima, os Participantes deverão:

- a) Elaborar, sobre o mapa básico digitalizado, o mapa de uso do solo para a bacia, previsto em Lei, materializando o macrozoneamento urbano atual. Utilizar escalas e legendas apropriadas, que possibilitem a leitura do mapa.
- b) Apresentar uma descrição das unidades de zoneamento da bacia.

3.3.4. Referências bibliográficas:

Obrigatórias:

Ferrari, C. Curso de Planejamento Municipal Integrado, São Paulo, Pioneira Ed., 1977, 630 p.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO & FAPEMIG. *Panorama de Belo Horizonte: Atlas Histórico*. Belo Horizonte, 1997, 103 p.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, *Plano Diretor de Belo Horizonte: Lei de Uso e Ocupação do Solo – estudos básicos*, s/d, 247 p.

Prefeitura de Belo Horizonte: www.pbh.gov.br (Na página da PBH os Participantes encontrarão os mapas da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo).

Complementares:

PRODABEL: Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte: www.pbh.gov.br/prodabel

3.5. SISTEMA VIÁRIO

O projeto viário compreende o estudo e a formulação de propostas – projeto executivo – para assegurar o bom desempenho da malha viária, em consonância com as diretrizes determinadas no processo de planejamento.

Os componentes de um projeto viário são os seguintes: plano de circulação urbana; projeto geométrico; projeto de sinalização estatigráfica (demarcação de áreas de estacionamentos, carga e descarga, pontos de táxi, etc.); projeto de sinalização semaforica; e projeto de sinalização informativa.

As diretrizes de intervenção devem considerar:

- Circulação de veículos em condições compatíveis de segurança e conforto para o entorno urbano;
- Circulação do transporte coletivo (faixas exclusivas, baias, pontos de parada etc.);
- Áreas para estacionamento de veículos nas vias;
- Transporte não motorizado: dispositivos de segurança viária para pedestres (calçadas e faixas de pedestres) e ciclistas (infraestrutura cicloviária).

3.5.1 – Abordagem do Problema

Com relação à circulação viária na área de estudo, **definida pela Equipe Operacional**, pede-se:

1. Descrever, analisar e criticar as atuais condições de circulação de veículos, pedestres e ciclistas na bacia, considerando o seu entorno.
2. Elaborar novo Plano de Circulação para promover a classificação funcional das vias e estabelecer uma proposta de nova hierarquia para as de acordo com o uso do solo e o contexto urbano existente, consolidando a circulação desejada, e assegurando a correta utilização do sistema viário conforme as funções estabelecidas para cada via.
3. Especificar as intervenções (obras físicas, sinalização horizontal e vertical) necessárias para eliminar/mitigar os impactos negativos decorrentes da atual condição de circulação viária no entorno.

3.5.2 – Produtos Esperados

Deverá ser apresentado um Relatório contendo os seguintes itens:

1. DIAGNÓSTICO

PRODUTO	DESCRIÇÃO
a) Sistema Viário	1) Identificar a localização e a importância da bacia no contexto municipal e metropolitano 2) Levantar aspectos quanto ao acesso da bacia: principais corredores viários, projetos previstos. 3) Análise Demográfica, de Uso e Ocupação do Solo, Ambiental, patrimonial da bacia etc.

4) Infraestrutura da bacia: classificação funcional, características físicas, interseções e locação da rede de utilidade pública; calçadas e Vias de pedestres e ciclistas; Vias de ônibus (vias exclusivas, vias preferenciais etc.); Vias férreas (metrô e trem de superfície)

b) Transporte Coletivo de Passageiros

1) Transporte Público: Operação Ônibus – Linhas, acessibilidade aos pontos de embarque e desembarque, análise de oferta x demanda etc.

2) Transporte Público: Operação Metroviária: Implantação, integração com os demais modos de transporte, análise de oferta x demanda etc.

2. PLANO DE CIRCULAÇÃO VIÁRIA

PRODUTO	DESCRIÇÃO
a) Diretrizes	Descrever a natureza das ações que serão tomadas para solucionar os problemas identificados no diagnóstico.
b) Objetivos Estratégicos	Apresentar detalhadamente as metas para que as diretrizes apresentadas anteriormente se cumpram no médio e longo prazo.
c) Plano	Apresentar graficamente e detalhar as características do plano de circulação viária proposto para a bacia.

3. DETALHES DO PROJETO VIÁRIO

PRODUTO	DESCRIÇÃO
a) Projeto Geométrico	Selecionar 4 (quatro) interseções, cujas vias têm diferentes classificações funcionais e que apresentam problemas de circulação e desenvolver um novo projeto geométrico/canalização (Escala: 1:500).
b) Projeto de Sinalização Estatigráfica	Para as quatro interseções selecionadas anteriormente, desenvolver o novo Projeto de Sinalização Estatigráfica (Vertical e Horizontal), identificando as alterações (Escala 1:500).
c) Plantas de localização	Além dos projetos descritos acima, deverão ser apresentadas claramente no relatório a localização em planta de cada interseção escolhida, fotografia(as) do local e a justificativa da escolha das interseções.

3.5.3 – Bibliografia

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PUBLICOS - ANTP. Transporte humano: cidades com qualidade de vida.. São Paulo: ANTP, c1997. 312p. ISBN 8586457019 (broch.)

BHTrans (2009) Mapa VIURBS – Programa de Reestruturação Viária de Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublicodl/Espa%C3%A7o%20Urbano/Sistema%20Vi%C3%A1rio/Rede%20vi%C3%A1ria/MapaViurbsGeralreduzido.pdf>

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (1980). *Noções de Engenharia de Tráfego*. Boletim Técnico 5. Companhia de Engenharia de Tráfego, CET, São Paulo.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (1982). *Projeto de Interseções em Nível e Canalizações*. Boletim Técnico no. 15. CET, São Paulo.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (1984). *Interseções em nível não semaforizadas em áreas urbanas*. Manual de Projeto. Coleção Serviços de Engenharia, DENATRAN Ministério da Justiça. Brasília.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (1986). *Manual de Sinalização de Trânsito: Parte II Marcas Viárias, Parte III Dispositivos Auxiliares à Sinalização*. DENATRAN, Ministério da Justiça, Brasília.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (2006). *Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume I - Sinalização Vertical de Regulamentação*. DENATRAN, Ministério da Justiça, Brasília. Disponível em <http://www.denatran.gov.br/educacao.htm>

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (2006). *Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Áreas Escolares*. DENATRAN, Ministério da Justiça, Brasília. Disponível em <http://www.denatran.gov.br/educacao.htm>

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (2006). *Manual de Procedimentos para o Tratamento de Pólos Geradores de Tráfego*.

DENATRAN, Ministério da Justiça, Brasília. Disponível em <http://www.denatran.gov.br/educacao.htm>

PONTES FILHO, G. (1998). *Estradas de Rodagem – Projeto Geométrico*. GP Engenharia – Bidim.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (1996) *Plano Diretor de Belo Horizonte - Lei n.º 7.165*, de 27 de agosto de 1996. Disponível em: <http://bh5.pbh.gov.br/legislacao.nsf/42d34f6e3014477e0325679f0041f8fa/cd8446d8f87886040325679a0057652c?OpenDocument>

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (1996) *Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo - Lei n.º 7.166*, de 27 de agosto de 1996 e Lei n.º 8.137, de 21 de dezembro de 2000. Disponível em: http://portal2.pbh.gov.br/pbh/index.html?id_conteudo=4220&id_nivel1=-1&ver_servico=N

3.6. ABASTECIMENTO DE ÁGUA

3.6.1. Contextualização

Os sistemas de abastecimento de água constituem-se em obras de engenharia que, além de objetivarem assegurar o conforto às populações e prover parte da infraestrutura das cidades, visam prioritariamente superar os riscos à saúde impostos pela água. Para que os mesmos cumpram com eficiência a função de proteger os consumidores contra os riscos à saúde humana, é essencial um adequado e cuidadoso desenvolvimento de todas as suas fases: a concepção, o projeto, a implantação, a operação e a manutenção.

3.6.2. Abordagem do problema

Balizados nas normas técnicas da ABNT e na população de projeto da **bacia**, os participantes deverão:

- Locar, justificar e fazer o dimensionamento hidráulico das unidades componentes do sistema de abastecimento de água (estação de tratamento, adução de água tratada, reservatórios e rede de distribuição). As etapas de captação e adução de água bruta não são necessárias, devendo ser considerado que a vazão de entrada na estação de tratamento atende à demanda. **Não** deverão ser incluídos no trabalho desenhos genéricos retirados da internet. Para este semestre, os grupos deverão considerar que a ETA a ser projetada será de **Tratamento Convencional**.

3.6.3. Produtos esperados

Os Participantes deverão apresentar:

- a) Memorial descritivo, de cálculo e justificativo do projeto;

- b) Mapa que mostre a concepção geral do sistema de abastecimento de água (lançamento da ETA, adutora de água tratada, reservatórios e rede) com a topografia da área e identificação dos comprimentos, diâmetros e tipo de material das tubulações e delimitação das zonas de pressão;
- c) Dimensionamento e desenhos em planta e corte, em escala adequada no formato A3 ou A4, mostrando a interligação entre as unidades que compõem a estação de tratamento de água, contemplando, no mínimo, os seguintes elementos: paredes, tubulações, cotas, dimensões e identificação das unidades de tratamento. A técnica de tratamento adotada para a ETA deverá ser justificada pelo grupo;
- d) Planilhas de dimensionamento da rede de distribuição para o conjunto de quadras pré-definido, contemplando: vazões de dimensionamento, diâmetro e tipo de tubos, comprimento dos trechos, velocidades, perdas de carga e pressões. O dimensionamento deve ser feito, preferencialmente, por meio do programa EPANET;
- e) Mapa da rede de distribuição detalhada para o conjunto de quadras pré-definido, em escala adequada no formato A3 ou A4, com delimitação do(s) setor(es) de manobra e indicação da localização dos registros correspondentes. Ressalta-se que o mapa da rede deverá, necessariamente, conter a topografia da área;
- f) Planta e corte, em escala adequada no formato A3 ou A4, do reservatório para atender o conjunto de quadras definido pela Equipe Operacional, incluindo o dimensionamento do volume, ventilação, descarga e extravasor e indicação dos níveis de operação do reservatório (NA mínimo e NA máximo). Os desenhos, em escala, deverão contemplar os dispositivos necessários ao funcionamento do reservatório, tais como a entrada e saída de água, descarga de fundo, extravasor, escada de acesso e dispositivos de ventilação. Caso haja necessidade de para-raios, o mesmo deverá ser citado e desenhado, mas não há necessidade de fazer o seu dimensionamento.

3.6.4. Referências bibliográficas

Obrigatórias

ABNT NBR 12211 – Estudo de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água – Procedimento, Rio de Janeiro: ABNT

ABNT NBR 12215 – Elaboração de projetos de sistemas de adução de água para abastecimento público – Procedimento, Rio de Janeiro: ABNT

ABNT NBR 12216 – *Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público*. Rio de Janeiro: ABNT, abril 1992.

ABNT NBR 12217 - *Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público*, Rio de Janeiro: ABNT, julho 1994.

ABNT NBR 12218 - *Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público*, Rio de Janeiro: ABNT, julho 1994.

BARROS, R.T.V.; CHERNICHARO, C.A.L.; HELLER, L. & von SPERLING, M. *Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios, Vol 1: Saneamento – Capítulo 4*, Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1995, 221p.

CETESB. *Técnica de abastecimento e tratamento de água: Volume 1*, São Paulo: CETESB, ASCETESB, 1984, 549 p.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. (org.). *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 859p. (Ingenium).

TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de água*. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. ABES, 643p.

Complementares:

BAPTISTA, M. & LARA, M. *Fundamentos de Engenharia Hidráulica*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2003, 2ª Ed., 437 p.

VIANNA, M.R. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água*. Instituto de Hidráulica Aplicada, 2ª Ed. Belo Horizonte, 1992, 343p

Ampliadas:

AWWA. *Water distribution systems handbook*. American Water Works Association, 1999, 900 p.

DI BERNARDO, L; DANTAS, A. D. B. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. Editora Rima, São Carlos-SP, 2005, vol. 1 e 2.

KAWAMURA, S. *Integrated design and operation of water treatment facilities*. John Wiley & Sons, Inc. 2ª edição, 2000.

3.7. ESGOTAMENTO SANITÁRIO

3.7.1. Contextualização

Como consequência da utilização da água para abastecimento (público ou industrial), há a geração de esgotos de natureza doméstica ou industrial. Os esgotos possuem, via de regra, poluentes de natureza orgânica e inorgânica, além de microrganismos patogênicos, que podem representar sérios riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Caso não seja dada uma adequada destinação aos mesmos, estes acabam poluindo o solo e contaminando as águas superficiais e subterrâneas e frequentemente passam a escoar a céu aberto, constituindo-se em perigosos focos de disseminação de doenças.

Uma correta destinação dos esgotos pressupõe a implantação de um sistema de coleta e tratamento. Existem basicamente dois tipos de sistemas como soluções para o esgotamento de uma determinada área:

- *Sistema individual*, adotado para atendimento unifamiliar, que consiste no lançamento dos esgotos domésticos gerados em uma unidade habitacional, usualmente em fossa séptica seguida de dispositivo de infiltração no solo (sumidouro, irrigação subsuperficial etc.). Tais sistemas podem funcionar satisfatória e economicamente se as habitações forem esparsas (grandes lotes com elevada porcentagem de área livre e/ou em meio rural), se o solo apresentar boas condições de infiltração e ainda, se o nível do lençol freático se encontrar em uma profundidade adequada, de forma a evitar o risco de contaminação deste.
- *Sistema coletivo*, adotado para atendimento a populações maiores e mais densas, que consiste em canalizações que recebem e transportam os esgotos até uma unidade de tratamento de esgotos. A unidade de tratamento destina-se à remoção dos poluentes de interesse, usualmente matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos. Os sistemas coletivos para a coleta de esgotos apresentam duas variantes:
 - *Sistema unitário* (ou combinado): os esgotos sanitários e as águas de chuva são conduzidos ao seu destino final dentro da mesma canalização.
 - *Sistema separador absoluto*: os esgotos sanitários e as águas de chuva são conduzidos ao seu destino final em canalizações separadas.

3.7.2. Abordagem do problema

Os Participantes deverão:

- Local e justificar as unidades componentes do sistema de esgotamento sanitário (área coberta com sistema coletivo e, eventualmente, com sistema individual, interceptores, estação de tratamento de

esgotos, elevatória de recalque). Ressalta-se que essa planta deverá, necessariamente, conter a topografia da área.

- Para o conjunto de quadras pré-definido, locar e dimensionar a rede coletora de esgotos:
 - Locar a rede coletora em planta. Ressalta-se que o mapa da rede deverá, necessariamente, conter a topografia da área e resultados do dimensionamento;
 - Locar a rede coletora em perfil longitudinal para todos os coletores, contendo resultados do dimensionamento;
 - Para determinação das vazões, considerar as contribuições lineares, doméstica e infiltração;
 - Considerar o conjunto de quadras uma microbacia homogênea quanto a parâmetros populacionais e de contribuição de esgoto;
 - Considerar que os arruamentos no limite de delimitação das quadras tenham contribuições domésticas unicamente do lado interno;
 - Considerar que a população do conjunto de quadras seja 15% da população total de projeto da bacia.
- Com base na população total de projeto da **bacia**, dimensionar a(s) estação(ões) de tratamento de esgotos (ETE), compreendendo os seguintes itens:
 - Definição do processo;
 - Caracterização dos esgotos brutos e tratados: vazão, DBO, DQO, SS, coliformes termotolerantes (CTer);
 - Definição do número de unidades componentes de cada etapa do tratamento;
 - Definição das principais dimensões do reator biológico (não é necessário o dimensionamento do tratamento preliminar).

Sugere-se que seja adotado o tratamento dos esgotos pelo processo anaeróbio por meio de reatores UASB (reator anaeróbio de manta de lodo e de fluxo ascendente). Este processo encontra-se descrito detalhadamente na referência:

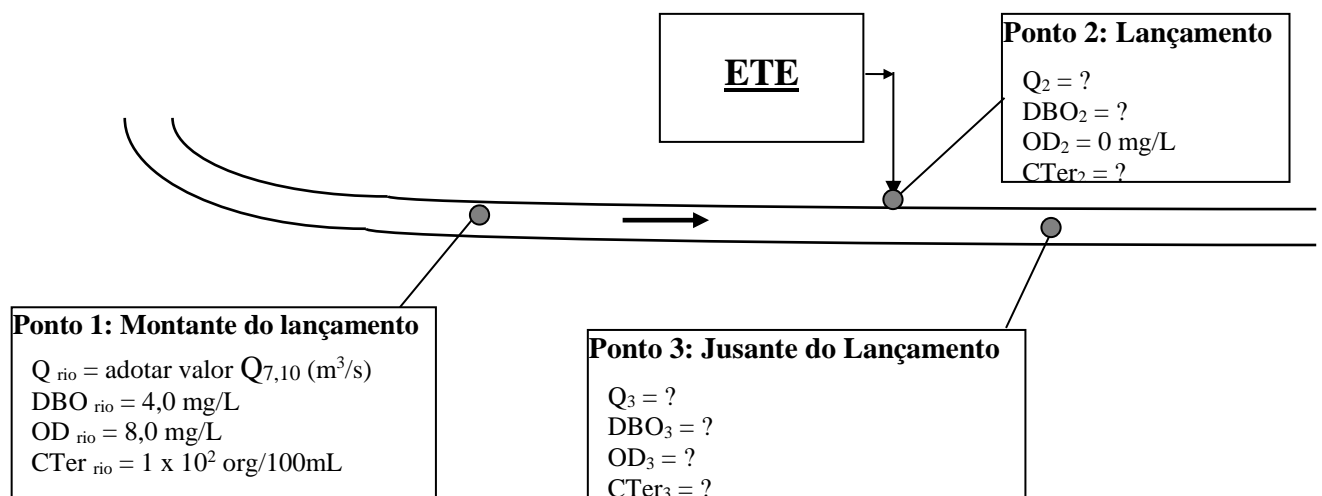
CHERNICHARO. C.A.L. (2007). *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 5. Reatores anaeróbios*. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 380 p.

Caso desejado e justificado pelo Grupo, poderá ser adotado outro processo de tratamento de esgotos. Neste caso, as principais unidades do tratamento deverão ser também dimensionadas.

A seqüência de dimensionamento de reator UASB sugerida é:

1. Calcular as vazões média e máximas diária e diária-horária;
2. Adotar concentrações típicas (DBO, CTer etc);
3. Adotar o tempo de detenção hidráulica (TDH);
4. Calcular o volume total requerido para reator UASB;
5. Adotar número de reatores UASB, considerando aspectos interessantes em termos de modulação em unidades paralelas e volume máximo de cada unidade;
6. Calcular o volume de cada reator;
7. Adotar a altura útil;
8. Calcular a área superficial;
9. Definir a geometria para reator UASB (quadrado, circular, retangular);
10. Verificar as velocidades ascensionais;
11. Adotar eficiências típicas para tratamento no reator UASB adequadamente operado;

12. Calcular as concentrações de esgoto tratado;
 13. Estimar a produção de lodo a ser desidratado (m^3/d);
 14. Estimar a produção de lodo a seguir para disposição final (m^3/d).
- Com base na eficiência do sistema de tratamento dimensionado (reator UASB) e nas concentrações efluentes de DBO e Coliformes, deve-se desenvolver:
 - Avaliação do enquadramento do efluente tratado nos padrões estabelecidos na legislação ambiental (matéria orgânica, ex. DBO), para as condições de vazão média (ponto 2 da Figura);
 - Estimar as concentrações de DBO, oxigênio dissolvido (OD) e CTer no rio, imediatamente a jusante do lançamento do esgoto tratado (ponto 3 da Figura);
 - Para isso, estimar, com informações hidrológicas adequadas, a vazão de referência (ex. $Q_{7,10}$) do rio adotado para lançamento;
 - Adotar concentrações no rio a montante do lançamento reportadas na Figura;
 - Caso o enquadramento do corpo receptor – **adotar Classe 2** – fique comprometido, definir ações para melhoria da qualidade do efluente a fim de garantir o enquadramento;
 - Para isso, estimar as eficiências mínimas, necessárias de serem garantidas, que o sistema de tratamento completo teria que fornecer;
 - Indicar pelo menos 1 fluxograma adequado de ETE para cumprir os atendimentos.



3.7.3. Produtos esperados (Esgotamento Sanitário)

Com base nas etapas acima, os Participantes deverão apresentar:

a) Memorial descritivo e justificativo do projeto, contendo:

- Introdução;
- Critérios e parâmetros de projeto;
- Concepção geral do sistema;
- Dimensionamento das unidades;
- Anexos;
- Desenhos.

- b) Para a bacia completa, apresentar planta (escala em formato A4) contendo a localização das quadras, interceptores principais e ETE;
- c) Para a rede coletora, no conjunto de quadras pré-definido, apresentar planilhas de dimensionamento para o conjunto de quadras pré-definido, contemplando: vazões de dimensionamento, diâmetro dos tubos, comprimento dos trechos, declividades, cálculo das tensões trativas e lâminas d'água;
- d) Para a rede coletora, apresentar o projeto em planta (Escala 1:2.000) e os perfis de **todos** os trechos (Escala: horizontal: 1:2.000 e vertical 1:200), fazendo constar os seguintes elementos: numeração de PVs, níveis do terreno e do coletor, profundidade dos poços de visita, além da extensão, diâmetro, declividade, material e vazão em cada trecho;
- e) Caracterização do esgoto bruto e do esgoto tratado (vazão e concentração dos poluentes);
- f) Comparação com a legislação ambiental do Estado de Minas Gerais (COPAM/CERH 05/08);
- g) Cálculo das concentrações de DBO, OD e C_{Ter} no ponto 3 (a jusante do lançamento) e proposição de eventuais ações de melhoria e/ou complementação no sistema de tratamento, caso o padrão do corpo receptor fique comprometido;
- h) Layout da ETE final (arranjo físico das unidades em planta), em escala apropriada (formato A4). **Não** deverão ser incluídos no trabalho desenhos genéricos retirados da internet.

3.7.4. Referências bibliográficas

Obrigatórias:

- TSUTIYA M.T. e ALEM SOBRINHO P. *Coleta e transporte de esgoto sanitário* – 3ª ed. – São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2011. 548p.
- CHERNICHARO. C.A.L. (2007). *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 5. Reatores anaeróbios*. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 380p.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Vol. 1*. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005. 452p.

Complementares:

- BARROS, R.T.V.; CHERNICHARO, C.A.L.; HELLER, L. & von SPERLING, M. *Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios, Vol 1: Saneamento – Capítulo 5*, Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1995, 221p.
- GALLEGOS CRESPO, P. *Sistemas de esgotos*. 1998. 131 p.
- Ministério da Saúde. *Manual de Saneamento*. Fundação Nacional de Saúde. – 4ª ed. – Brasília : Funasa. 2015. 642 p.
- MOTA, S. *Introdução à Engenharia Ambiental*, ABES, 1997, 280 p.

3.8. DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

3.8.1. Contextualização

Os sistemas modernos de drenagem urbana de águas pluviais foram desenvolvidos e implantados a partir da segunda metade do Século XIX. As primeiras cidades a adotarem sistemas de drenagem pluvial generalizados, segundo conceitos empregados ainda na atualidade, foram Hamburgo, Londres e Paris. Esses sistemas continuam em operação até os dias de hoje, alguns com mais de 150 anos de funcionamento.

Porém, sistemas de drenagem de águas pluviais são encontrados em cidades ou ruínas de cidades bem mais antigas. No período anterior à Era Cristã, são notáveis os sistemas implantados pelos persas e pelos gregos. Redes de drenagem implantadas pelos romanos podem ser observadas ainda hoje, com pequenos trechos

ainda em funcionamento. O mesmo ocorre em ruínas de cidades construídas pelos povos pré-colombianos, em diferentes países da América Latina.

Os sistemas urbanos de infraestrutura de drenagem pluvial podem ser classificados segundo diferentes critérios. Por exemplo, se as águas de origem pluvial são drenadas por uma rede de condutos diferente e independente da rede de drenagem do esgoto sanitário, pressupondo-se que não haja conexão entre elas, o sistema é chamado de *separador absoluto*. Caso adote-se uma rede única para a drenagem dos esgotos pluvial e sanitário, o sistema é denominado *unitário*. No Brasil, o sistema separador absoluto é o mais adotado.

A drenagem urbana de águas pluviais é realizada por redes de canais superficiais e subterrâneas. Por exemplo, o sistema viário, as guias, as sarjetas e as bocas de lobo são partes integrantes da drenagem superficial. Os condutos de águas pluviais enterrados fazem parte da rede subterrânea de drenagem, como é evidente pela própria classificação.

No processo de concepção e projeto do sistema de drenagem, efetuada a escolha entre sistema unitário ou separador absoluto, a etapa seguinte está relacionada com as áreas a serem drenadas, com os valores de vazão e com os volumes de água pluvial a tratar (transportar, armazenar, infiltrar, etc.). Trata-se, em suma, de definir as dimensões das estruturas de drenagem, de escolher os materiais, de identificar as dificuldades construtivas, quantificar os custos de implantação e manutenção e definir o nível de risco de falha do sistema. Nesse caso, fala-se em sistemas de *microdrenagem* e *macrodrenagem*, de acordo com o porte das obras.

O *sistema de microdrenagem* drena vazões e volumes provenientes de pequenas áreas urbanizadas, ou seja, sub-bacias com superfície da ordem de até 1 hectare. Compõem o sistema de microdrenagem as vias, as sarjetas, as bocas de lobo, os tubos e conexões e os poços de visita. Recentemente, algumas soluções alternativas visando a redução dos impactos da urbanização sobre o comportamento hidrológico das bacias têm sido adotadas, como os reservatórios domiciliares de águas pluviais, as trincheiras de infiltração, as valas de armazenamento, telhados e coberturas armazenadores, o armazenamento e a infiltração em áreas de estacionamento, entre outras, que são igualmente parte do sistema de microdrenagem.

O *sistema de macrodrenagem* é responsável pela drenagem de vazões mais significativas, provenientes de áreas de drenagem maiores, ou seja, sub-bacias com superfície da ordem de alguns hectares a alguns km². Compõem os sistemas de macrodrenagem as galerias pluviais, os cursos d'água (córregos, ribeirões, riachos etc.), canalizados ou não, os bueiros, as pontes, etc. Entre as técnicas alternativas de macrodrenagem encontram-se as bacias de retenção, outras áreas pré-dimensionadas para o armazenamento e, eventualmente, estruturas para a infiltração de águas pluviais (grandes áreas de estacionamento, praças, terrenos de esporte, etc), os parques lineares implantados em fundos de vale, as áreas úmidas naturais ou artificiais, etc.

Com o intuito de minimizar os impactos da urbanização e melhor integrar os cursos d'água no tecido urbano, a tendência atual em obras de macrodrenagem enfatiza o emprego de técnicas que favorecem o escoamento lento ou mesmo a retenção temporária das águas. Na realidade substituiu-se o conceito de simples *canalização* pelo conceito mais abrangente de *tratamento de fundos de vale*, que implica na adoção de seções e revestimentos mais naturais, no zoneamento de planícies de inundação e na delimitação de áreas *non aedificandi*, destinadas ao armazenamento temporário das águas durante os eventos pluviais intensos.

3.8.2. Abordagem do problema

Os participantes deverão desenvolver as seguintes atividades, que podem ser agrupadas em dois tópicos distintos, descritos a seguir.

a) Concepção e projeto básico do tratamento de fundo de vale

Este tópico corresponde ao desenvolvimento dos estudos hidráulicos relativos ao tratamento de fundo de vale da bacia. O estudo deverá ser realizado para toda a extensão do curso d'água principal da bacia. O curso d'água principal deverá ser dividido em, no mínimo, três trechos. A vazão de projeto será definida pela Equipe Operacional do TIM-II.

O desenvolvimento em planta do trecho estudado, o perfil longitudinal e as seções transversais deverão ser definidos pelos participantes com base nos dados topográficos disponíveis. Será adotada a hipótese de que o curso d'água encontra-se em seu estado natural, ou seja, ele ainda não sofreu nenhuma canalização ou outro tipo de intervenção.

Deverá ser realizada a concepção da intervenção abrangendo a definição das seções a serem adotadas e os revestimentos empregados, em sintonia com os princípios contemporâneos citados anteriormente e com as condições topográficas e de uso do solo da área afetada pela intervenção.

Em seguida deverá ser desenvolvido o projeto básico da intervenção, devendo ser definidos o traçado em planta e o perfil longitudinal da estrutura, sendo que no perfil deve ser lançada a linha d'água, calculada na hipótese de escoamento gradualmente variado.

As soluções adotadas deverão ser devidamente avaliadas por meio dos cálculos e verificações hidráulicas, sendo que os critérios de verificação podem ser encontrados em Baptista e Lara (2013) ou Chow (1959).

Caso ocorra alguma interferência com o sistema viário previsto, os participantes devem considerar a presença de bueiros e pontes na verificação de funcionamento hidráulico, tanto no que diz respeito ao tratamento de fundo de vale como quanto à própria obra. Nestes casos, as obras necessárias deverão ser devidamente calculadas hidraulicamente.

As principais etapas metodológicas relativas à concepção e projeto básico do tratamento de fundo de vale são as seguintes:

- Definição preliminar do traçado dos trechos de curso d'água em estudo e escolha justificada dos tipos de seção e dos revestimentos a serem adotados;
- Definição final do traçado dos trechos, em planta e perfil;
- Pré-dimensionamento hidráulico das obras na hipótese de escoamento uniforme;
- Procedimento das diversas verificações hidráulicas necessárias – regime de escoamento, cálculo de curvas, bordas livres, etc;
- Dimensionamento na hipótese de escoamento gradualmente variado e definição final da linha d'água;
- Cálculos hidráulicos relativos às pontes e/ou bueiros eventualmente intervenientes com o curso d'água;
- Identificação de áreas com previsão de ocupação com possibilidades de danos eventuais decorrentes de inundações.

b) Diagnóstico hidrológico da bacia

Neste tópico os participantes devem realizar o estudo hidrológico da bacia, com vistas a subsidiar o planejamento da ocupação da bacia no tocante aos aspectos de geração de escoamento, aferindo também a vazão adotada no projeto constante do item anterior.

Um aspecto importante para os estudos relativos ao diagnóstico é o Tempo de Retorno da cheia de projeto, que está associado ao nível de risco de inundação adotado para o projeto do sistema de macrodrenagem. A definição do tempo de retorno de projeto rigorosamente requer avaliações de natureza econômica (análise custo-benefício do investimento em infraestrutura) e sociológica. Como esse tipo de estudo é muito complexo é frequente que se adotem valores estabelecidos *a priori*. **Os participantes deverão adotar tempos de retorno fornecidos pela Equipe Operacional do TIM-2.**

É importante, ressaltar, ainda, que o macrozoneamento, ao estabelecer taxas de ocupação e adensamento, coeficientes de aproveitamento, taxas de permeabilidade de solo e área mínima do lote, influencia, de forma direta, o coeficiente de impermeabilização e, por conseguinte, o coeficiente de escoamento superficial, os volumes e as velocidades de escoamento superficial na bacia hidrográfica.

Na hipótese em que se verifique que a vazão calculada no presente tópico seja superior à vazão considerada no item anterior, os participantes deverão propor o uso de técnicas compensatórias para controle da produção de escoamento, com a implantação de estruturas de retenção e infiltração. A adoção destas técnicas permitiria a redução do risco hidrológico e dos danos decorrentes de inundações. Não é requerido o dimensionamento destas alternativas sugeridas, mas elas devem ser justificadas com base em uma análise detalhada de sua pertinência e viabilidade na bacia em estudo.

Assim, as principais etapas metodológicas relativas ao diagnóstico hidrológico da bacia são as seguintes:

- Delimitação da bacia hidrográfica à saída do trecho de curso d'água em estudo – elaboração do mapa da bacia em escala conveniente;
- Levantamento dos parâmetros geomorfológicos de interesse (área, declividade do curso d'água principal, etc.);
- Estimativa dos tempos de concentração: sugere-se adotar o método cinemático para trechos de escoamento concentrado bem definido, em canal natural ou artificial, e a equação de Kirpich, quando não for o caso;
- Definição do Tempo de Retorno a ser adotado;
- Cálculo do coeficiente de impermeabilização da bacia, com base no macrozoneamento definido pela Lei de Parcelamento Uso e Ocupação do Solo;
- Cálculo do coeficiente de escoamento superficial. Sugere-se adotar a metodologia do *Soil Conservation Service*, o parâmetro CN. Ramos *et al* (1999) propõem equivalência entre o CN e o macrozoneamento de Belo Horizonte;
- Definição da precipitação de projeto, utilizando-se a equação regionalizada de chuvas intensas para a RMBH, com distribuição espacial uniforme e distribuição temporal segundo metodologia proposta por Pinheiro e Naghettini (1998);
- Cálculo do hidrograma de cheia de projeto. Sugere-se adotar a metodologia do hidrograma unitário triangular preconizada pelo *Soil Conservation Service* (Naghettini, 2001);
- Comparação e análise crítica dos valores de vazão calculados e fornecidos, utilizados na fase “a” do presente estudo.

Detalhes metodológicos e dados específicos serão fornecidos pela Equipe Operacional do TIM-II para cada bacia hidrográfica, uma vez que essas informações variarão com as características do meio físico e do uso do solo.

Os participantes poderão utilizar programas de computadores didáticos ou profissionais para os estudos e cálculos do sistema de drenagem pluvial. Encontram-se para download os programas SisCCOH (hidráulica) e HIDROURB (hidrologia), desenvolvidos pelo EHR (www.ehr.ufmg.br). Uma das alternativas de programas profissionais são os modelos HEC, de domínio público, disponibilizados no endereço www.hec.usace.army.mil.

3.8.3. Produtos esperados relativos à drenagem de águas pluviais

Com base nas etapas acima, os participantes deverão produzir:

- Memorial descritivo do estudo hidráulico, abrangendo as definições e justificativas dos tipos de seções e materiais adotados e o conjunto dos cálculos e das verificações efetuadas;
- Projeto básico da obra no trecho estudado, abrangendo o traçado em planta, o perfil longitudinal da estrutura e da linha d'água, e o desenho das seções transversais;
- Memorial descritivo do diagnóstico hidrológico da bacia, abrangendo a descrição geral dos estudos realizados, com a metodologia, critérios, cálculos, mapa da bacia hidrográfica e a análise de resultados;

- Descrição e justificativa das alternativas propostas para a redução do risco ou dos danos decorrentes de inundações, caso seja identificada sua ocorrência na bacia em estudo.

Quanto às escalas de mapas, plantas e cortes, tendo em vista a grande variabilidade de contextos locais, evitou-se estabelecer escalas para a apresentação dos produtos gráficos. A Equipe Operacional estabelecerá as escalas de apresentação caso a caso, em contato com os grupos de participantes.

3.8.4.Referências bibliográficas

Obrigatórias

- BAPTISTA, M. & LARA, M. *Fundamentos de Engenharia Hidráulica*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014, 3ª Ed., 473 p.
- BARROS, R.T.V.; CHERNICHARO, C.A.L.; HELLER, L. & von SPERLING, M. *Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios, Vol 1: Saneamento*, Belo Horizonte: DESA/UFMG., 1995, 221p.
- NAGHETTINI, M. *Apostila de Hidrologia Aplicada*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da UFMG, 2001.
- PINHEIRO, M.M.G. & NAGHETTINI, M.. *Análise Regional de Freqüência e Distribuição Temporal das Tempestades na Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 3, n. 4, Out./Dez. 1998, p. 73-88.
- RAMOS, M. H. D.; VIANA, C. S.& BAPTISTA, M. B. - *Classificação dos solos de Belo Horizonte segundo grupos hidrológicos do US Soil Conservation Service*. Publicado nos anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 1999.

Complementares

- BAPTISTA, M.B., NASCIMENTO, N.O., RAMOS, M.H.D. & CHAMPS, J.R.B. *Aspectos da Evolução da Urbanização e dos Problemas de Inundações em Belo Horizonte*, in Braga, B., Tucci, C. & Tozzi, M. (ed.) *Drenagem Urbana: gerenciamento, simulação e controle*, Porto Alegre: ABRH e Editora da Universidade, 1998, p. 39-50.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.O. & BARRAUD, S. *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Editora ABRH, 2ª. Ed. 2011, 266 p.
- CRUZ, M.A., TUCCI, C.E.M. E SILVEIRA, A.L.L. *Coefficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 3, n. 4, Out./Dez. 1998, p.19-32.
- FINEP. *Manejo de Águas Pluviais Urbanas* - www.finep.gov.br/prosab/index.html
- FCTH/PMSP. *Diretrizes básicas para projeto de drenagem urbana no município de São Paulo*. Três volumes, 2012
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO & COPASA. *Saneamento básico em Belo Horizonte: trajetória em 100 anos – os serviços de água e esgoto, saneamento e paisagem urbana*. Belo Horizonte, 1996, 40 p.
- SEMADS/SERLA *Revitalização de Rios - Orientação Técnica*. Rio de Janeiro: Semads, 2001, 76 p.
- TUCCI, C.E.M. *Coefficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 5, n. 1, Jan./Mar. 2000, p. 61-68.
- TUCCI, C.E.M., PORTO, R.L., BARROS, M.T. (ed.). *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: ABRH e Editora da Universidade, 1995, 428p.

Página da COPASA: www.copasa.com.br

3.9. ATERRO SANITÁRIO

3.9.1. Contextualização

O gerenciamento integrado de resíduos, entendido como o conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que um órgão público ou privado desenvolve (com base em

critérios sanitários, ambientais e econômicos) para coletar, segregar, tratar e dispor o resíduo (adaptado de CEMPRE, 2000), é um dos grandes desafios da sociedade atual. A industrialização, acompanhada do crescimento populacional, principalmente dos centros urbanos, tem aumentado a geração de resíduos, sejam eles provenientes das atividades industriais e de mineração, ou do dia a dia da população. Como parte final do processo de gerenciamento integrado, a disposição correta dos resíduos deve ser concebida de forma a atender à legislação ambiental vigente, no que diz respeito aos aspectos sanitários e ambientais, além de observar a questão econômica, principalmente em países onde os recursos são escassos.

A legislação ambiental tem adotado medidas restritivas no que diz respeito à implantação de novos sistemas de disposição de resíduos sólidos. Novos sistemas de disposição devem prever medidas para a minimização, ou mesmo eliminação dos impactos ambientais. Como exemplo desses sistemas podem ser citados os aterros sanitários, para o caso dos resíduos sólidos urbanos (RSU); os aterros industriais, para os resíduos industriais, e as barragens de rejeitos, para os rejeitos de mineração.

Considerando apenas os resíduos sólidos urbanos (RSU), estudos indicam a produção de 0.5 a 1.0 kg por habitante por dia em média, sendo esses limites e a composição dos RSU função do nível de desenvolvimento da população envolvida. Trata-se de um imenso volume de resíduos que deve ser disposto adequadamente, requerendo para isso grandes áreas, normalmente não mais disponíveis nos grandes centros urbanos, além de recursos vultuosos para a implantação, operação e monitoramento do sistema. Constatase, desta forma, que a gestão dos RSU requer a adoção de medidas que envolvem desde a minimização da geração na origem até a destinação final, passando pela reutilização e reciclagem.

No Brasil, mesmo com a rigidez da legislação ambiental, a maior parte dos RSU produzidos ainda tem como destinação final os depósitos a céu aberto ou lixões e, em menor porcentagem, os aterros controlados e os aterros sanitários. Constatase, portanto, que o desafio da Engenharia atual é imenso frente aos novos problemas advindos da disposição de resíduos sólidos urbanos.

3.9.2. Abordagem do Problema

Com base na população de projeto, na caracterização do meio físico da bacia, na vida útil mínima e na área pré-selecionada para a implantação do Aterro Sanitário (fornecidos pela Equipe Operacional), os Participantes deverão:

- Identificar as cotas de produção de resíduos per capita bem como a composição dos mesmos;
- Avaliar, criticamente, a área pré-selecionada pela Equipe Operacional para a instalação do Aterro Sanitário, a partir do estudo de metodologias de seleção de áreas.
- Elaborar o projeto do Aterro Sanitário.

Para efeito de projeto, os participantes deverão considerar que todo o resíduo produzido pela população da bacia será encaminhado ao Aterro Sanitário, não devendo ser consideradas reduções devidas à reciclagem, compostagem etc.

3.9.3. Produtos esperados

Com referência nas etapas acima, e baseados na NBR 8419/1992, os Participantes deverão:

- a) Definir um Layout Geral do Aterro Sanitário, contendo a locação de **todas** as instalações, indicação do sistema viário interno e projetos de isolamento e segurança. Ressalta-se que essa planta deverá, necessariamente, conter a topografia da área. **Não** deverão ser incluídos no trabalho desenhos genéricos retirados da internet;
- b) Apresentar os seguintes projetos:
 - Projeto geométrico do aterro – a forma da pilha de resíduos será definida em função da área indicada pela Equipe Operacional, do **volume necessário para o atendimento da vida útil**, incluindo as camadas de cobertura intermediárias, definidas na célula diária, e da **avaliação da estabilidade dos taludes do aterro**. Os parâmetros geotécnicos a serem utilizados serão

fornecidos pela Equipe Operacional posteriormente. O Projeto será apresentado na forma de plantas e seções transversais. Deverão ser traçadas, no **mínimo**, três seções transversais. As seções deverão ser identificadas em planta. O aterro deverá atender à vida útil mínima de 20 anos e conter no mínimo 4 (quatro) alteamentos (primeiro enchimento até o dique de partida mais três alteamentos). **Deverão ser apresentadas as plantas de cada alteamento.**

- Sistema de tratamento da base (impermeabilização) – a partir da comparação dos custos das soluções utilizando materiais naturais compactados e geossintéticos, identificar o tipo de impermeabilização a ser utilizado e sua técnica executiva;
 - Sistema de drenagem de águas pluviais – identificando a geometria dos componentes e os materiais a serem utilizados. **Deverão ser apresentados em planta os componentes do sistema de drenagem superficial;**
 - Concepção básica do Sistema de drenagem de líquidos lixiviados e gases no interior da massa de resíduos – apresentando a geometria e os materiais a serem utilizados, bem como a técnica executiva. **Os sistemas de drenagem de líquidos lixiviados e gases deverão ser indicados nas plantas de cada alteamento e na base do aterro;**
 - Sistema de cobertura final – identificando a configuração e os materiais a serem utilizados;
- c) Definir metodologias para a implantação e operação do Aterro Sanitário, incluindo os seguintes aspectos:
- Definição do tamanho da célula diária e determinação da relação resíduo/material de cobertura. Esta relação deverá ser utilizada na avaliação da vida útil do aterro sanitário;
 - Transporte, descarga e compactação dos resíduos;
 - Cobertura diária;
 - Equipamentos;
- d) Apresentar um estudo preliminar dos sistemas de tratamento dos líquidos lixiviados e de gases;
- e) Apresentar um plano de monitoramento ambiental e geotécnico do Aterro Sanitário;
- f) Elaborar um plano de fechamento e utilização futura da área.

Ressalta-se que todos os desenhos deverão, necessariamente, conter a topografia da área e ser apresentados em escalas apropriadas, que possibilitem sua leitura.

3.9.4. Referências Bibliográficas

Obrigatórias

ABGE/IPT, Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente, São Paulo, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – NBR 8419 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimentos, Rio de Janeiro, 1992, 13p.

BOSCOV, M.E.G. – Geotecnia Ambiental, Oficina de Textos, 2008.

CASTILHOS JR., A.B. (coord.), Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte, ABES-Rima, Rio de Janeiro, 2003.

IBAM/SEDU, Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, 2001

Complementares

QIAN, X. KOERNER, R.M. e CRAY, D.H. (2002). Geotechnical Aspects of Landfill Design and Construction. Prentice Hall.

TCHOBANOGLOUS, G.; THEISEN, H. e VIGIL, S.A., Integrated Solid Waste Management. McGraw Hill International Editions, 1993, 978p.

Ampliadas

Anais dos Congressos Brasileiros de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES

Anais dos Congressos Brasileiros de Geologia de Engenharia. ABGE.

Anais dos Congressos Brasileiros de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. ABMS.

Anais dos Simpósios Brasileiros de Geotecnia Ambiental. ABMS.

MCBEAN, E.A.; ROVERS, F.A. e FARQUHAR, G.J., Solid Waste Landfill Engineering and Design. Prentice Hall PTR, 1995, 521p.

OWEIS, I.S. e KHERA, R.P., Geotechnology of Waste Management. Boston: PWS Publishing Company, 1998, 472p.

3.10. PROJETO ESTRUTURAL DO ESCRITÓRIO DO ATERRO SANITÁRIO

3.10.1. Contextualização e abordagem do problema

O escritório do aterro sanitário é um prédio para atendimento ao público, fornecedores, técnicos e funcionários.

As cargas atuantes são decorrentes da ação do peso próprio da estrutura, dos acabamentos, das alvenarias e também da sobrecarga de utilização.

As cargas verticais a considerar são as seguintes:

Identificação	Piso do 2º Pavimento	Teto do 2º Pavimento
Peso próprio	Sim	Sim
Sobrecarga	2,0 kN/m ²	0,50 kN/m ²
Revestimento	1,0 kN/m ²	0,50 kN/m ²
Telhado	Não	0,70 kN/m ²

Os pesos específicos dos materiais são:

- Alvenarias: 13,0 kN/m³
- Concreto Armado: 25,0 kN/m³

3.10.2 Produtos Esperados (Projeto Estrutural)

Considerando o exposto acima, os alunos deverão:

- a) Lançar a estrutura do prédio (piso e teto do 2º pavimento) e desenhar as formas contemplando as locações de pilares, vigas e lajes, assim como suas dimensões.
- b) Apresentar de **forma manuscrita** a **memória de cálculo** de todas as lajes do piso e do teto, da escada, de uma viga bi-apoiada do piso (se existir), de uma viga bi-apoiada do teto, de uma viga contínua do piso, de uma viga contínua do teto, incluindo os carregamentos, diagramas de esforços solicitantes, cálculo das armaduras de flexão e de cisalhamento, verificações de flechas, verificações de fissuração e detalhamento das armaduras de flexão e cisalhamento. Apresentar também de forma manuscrita a **memória de cálculo** de um pilar de canto (nos dois níveis), um pilar central (nos dois níveis) e de um pilar de extremidade (nos dois níveis).
- c) Apresentar **desenhos executivos** das formas de todos os níveis, das armações (positivas e negativas) de todas as lajes de piso e teto, da escada, de uma viga bi-apoiada do piso (se existir) e de uma viga bi-apoiada do teto (se existir), de uma viga contínua do piso, de uma viga contínua do teto, de um

pilar de canto (nos dois níveis), de um pilar central (nos dois níveis) e de um pilar de extremidade (nos dois níveis). Para esses **desenhos executivos** utilizar formatos e informações (carimbos, notas e referências) compatíveis para o completo entendimento do **Engenheiro da Obra**.

- d) Apresentar o Mapa de Cargas dos pilares, **calculados no item b**, na fundação.
- e) O valor da dimensão A indicado na planta, será fornecido pela Equipe Operacional.

Notas importantes:

- 1) A utilização de algum software de análise estrutural, dimensionamento e detalhamento de armaduras (tipo TQS) **não exige a apresentação de forma manuscrita da memória de cálculo**, solicitada no **item b**;
- 2) Fica facultado a cada grupo a decisão da **Execução Completa do Projeto Estrutural do Prédio;**
- 3) Caso a opção do grupo seja por **estrutura de aço**, o escopo dos produtos esperados deve ser adaptado no que for pertinente.

3.10.3. Referências Bibliográficas

Obrigatórias

ABNT – NBR 6118, Projeto e execução de obras de concreto armado, 2014

ABNT – NBR 6120, Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, 1980

ABNT – NBR 7480, Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado, 2007

SUSSEKIND, J. C., Curso de concreto armado, vol. 1, Porto Alegre: Ed. Globo, 1980.

TEPEDINO, J. M., Apostilas: Flexão Simples, Lajes, Controle da fissuração

CAPÍTULO 4. ESPECIFICAÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS

As atividades básicas para a elaboração do trabalho são aquelas definidas no Quadro 2.

Quadro 2 – Atividades para a realização do trabalho

Atividade	Descrição
Formulação do problema	Essa etapa foi realizada pela Equipe Operacional do TIM-II e se encontra detalhadamente descrita no presente Termo de Referência
Revisão de bibliografia	Essa etapa possibilitará o conhecimento aprofundado das metodologias de projeto. Ela fornecerá, igualmente, dados, informações e métodos para a abordagem das diferentes questões pertinentes aos estudos em foco.
Palestras temáticas	Essa etapa é complementar à revisão de bibliografia. As palestras serão proferidas por professores da EEUFMG especializados em cada uma das áreas dos projetos solicitados.
Concepção dos sistemas.	Trata-se de uma etapa preliminar ao projeto, onde os Participantes farão um inventário simplificado de alternativas de solução técnica para os sistemas em foco e listarão as vantagens, desvantagens e limitações de cada uma delas tendo em vista as características da bacia hidrográfica em estudo.
Ante-projeto	A partir de um conjunto de alternativas selecionadas na etapa anterior, os Participantes farão cálculos simplificados, em nível de ante-projeto, procurando definir a solução técnica mais adequada ao contexto em estudo.
Projeto	Os Participantes desenvolverão os projetos das soluções técnicas selecionadas na etapa anterior.
Relatório e apresentação oral	Nessa etapa, os Participantes elaborarão o relatório e prepararão a apresentação oral do trabalho.

Além da apresentação do produto final, os Participantes deverão apresentar relatórios intermediários, em datas a serem divulgadas oportunamente.

CAPÍTULO 5. APRESENTAÇÃO DO PRODUTO FINAL

O produto final a ser apresentado pelos Participantes da disciplina TIM-II deverá contemplar texto escrito contendo o relato das etapas do estudo, as memórias de cálculo, planilhas e gráficos, quando for o caso, bem como mapas, plantas e croquis.

Esse produto será apresentado na forma de um relatório final por grupo de Participantes, segundo estrutura de capítulos e anexos descrita no Quadro 3. Precedem o Capítulo 1 os seguintes elementos:

- Capa, onde constarão os nomes da Universidade Federal de Minas Gerais, da Escola de Engenharia, o título do trabalho, a identificação do Grupo de Participantes e o Nome do Tutor;
- Contra-capa, onde serão listados os nomes dos Participantes, com suas respectivas turmas e números de matrícula;
- Índice.

Para a apresentação do relatório, deverão ser ainda observadas as seguintes especificações:

- a) Número máximo de páginas do relatório, excluídas as páginas de anexo: 100 páginas.
- b) Formato das folhas de texto: A4.
- c) Margens das folhas de texto:
 - Esquerda: 2,5 cm;
 - Direita: 2,0 cm.
- d) Cabeçalho e rodapé das folhas de texto: 2,0 cm.
- e) Formato das folhas de mapas e croquis: variável, segundo as características do desenho representado.
- f) Formato da fonte de texto: Times New Roman de tamanho 12.
- g) Espaçamento: simples, justificado.
- h) Referências bibliográficas: apresentação segundo a norma ABNT NBR-6023. Todas as obras referenciadas no texto devem ser listadas nas referências bibliográficas. Devem ser listadas apenas as obras efetivamente referenciadas no texto.
- i) Não há limitação para o número de páginas de anexos, entretanto, todos os anexos deverão ser referenciados no texto principal bem como deverão conter informações indispensáveis à compreensão do relatório.

A **avaliação** da disciplina será feita com base na avaliação dos tutores e na avaliação de uma Comissão de Professores especialistas nos diversos assuntos desenvolvidos durante o trabalho.

Na avaliação, os professores irão considerar:

- A assiduidade e dedicação dos participantes;
- O atendimento do cronograma de entrega das etapas intermediárias e do relatório final;
- A estruturação do relatório;
- A qualidade da redação e dos desenhos;
- O atendimento ao Termo de Referência;
- A organização;
- Diagramação do relatório final.

A apresentação de dados/textos desnecessários será penalizada com a redução da nota do grupo.

No caso de haver apresentação oral, a nota será dada considerando-se os seguintes quesitos:

- Qualidade visual do material preparado para a apresentação;
- Vocabulário técnico utilizado na apresentação;
- Didática da apresentação;

- Respostas às perguntas.

Os Participantes receberão, oportunamente, as instruções e especificações para a apresentação oral dos trabalhos.

Quadro 3 –Estrutura do Relatório

CAP.	TÍTULO	CONTEÚDO
1	Introdução	Descrição dos objetivos e motivações do trabalho. Inclui, igualmente, uma breve apresentação do relatório e um resumo do conteúdo dos capítulos.
2	Meio físico, uso e ocupação do solo, estimativa da população de projeto.	Apresentação dos itens listados.
3 a 7	Memoriais descritivos e memória de cálculo de cada sistema de infraestrutura projetado	Apresentação dos resultados de estudos de alternativas, as justificativas das concepções adotadas e a memória de cálculo dos projetos.
8	Referências bibliográficas	Apresentação segundo a norma ABNT NBR-6023.
Anexos		Mapas, plantas, croquis, planilhas de cálculo e outros elementos pertinentes.

CAPÍTULO 6. CRONOGRAMA PARA A REALIZAÇÃO DO ESTUDO

Será divulgado ao longo do semestre.