ELABORAÇÃO – EQUIPE TÉCNICA USHI:

Ely Carlos de Alvarenga

Jonas Heitor Kondageski

Josete de Fátima de Sá

Márcia Regina Chella

Nicolas Lopardo

Rafaela Ariana Flach

1 CORPO RECEPTOR

1.1 Introdução

1.1.1 Definição

Este estudo contempla as diretrizes para a elaboração do estudo hidrológico e de qualidade da água dos cursos d'água, visando à avaliação de pontos de lançamento de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto da Sanepar para a obtenção de Outorga (Prévia ou de Direito) de Uso de Recursos Hídricos.

A Outorga Prévia deverá ser solicitada para empreendimentos novos ou ampliações de empreendimentos existentes, que alterem a quantidade e/ou qualidade do efluente tratado lançado. Já a Outorga de Direito deverá ser solicitada para a regularização de empreendimentos existentes. Ampliações, reformas ou modificações nos processos de tratamento que alterem, de forma permanente ou temporária, os direitos de uso já outorgados, deverão sujeitar-se ao pedido de Outorga Prévia.

1.1.2 Objetivo

Este documento tem como objetivo definir diretrizes para elaboração dos estudos que irão subsidiar a escolha das alternativas de projeto, na fase de Estudo de Concepção, contendo:

- Estudo hidrológico, que consiste em avaliar a disponibilidade hídrica real, e consequentemente, a vazão outorgável, que poderá ser usada para diluição do efluente. Este estudo deverá ser elaborado atendendo o disposto nesta Diretriz, bem como na Portaria da SUDERHSA nº019/07 e Manual Técnico de Outorga (SUDERHSA) ou no Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da ANA 2013, ou ainda outros documentos que vierem a substituí-los. A metodologia do estudo a ser aplicada dependerá da disponibilidade de registros históricos mínimos de vazão. Logo, de maneira geral, pode-se listar algumas atividades específicas a determinados estudos e metodologias.
- Estudo de qualidade da água – diluição e autodepuração - fenômeno através do qual os cursos d'água se recuperam, por mecanismos naturais, após o lançamento de uma carga poluidora.

Este estudo é de fundamental importância para a definição da localização do ponto de lançamento, da qualidade do efluente a ser lançado no corpo receptor e, consequentemente, do nível de tratamento necessário. As concentrações de mistura e o oxigênio crítico são componentes analisados na análise técnica da solicitação de Outorga.

Estas avaliações deverão ser desenvolvidas para cada ponto de interesse de lançamento de efluentes, bem como para cada etapa prevista na construção da ETE. Estas informações auxiliarão na decisão da alternativa ótima e na definição do cronograma de obras.

1.1.3 Orientações para a elaboração do Estudo

Na elaboração do Estudo de Disponibilidade Hídrica e de Qualidade da Água (Diluição e Autodepuração) deverão ser seguidas as seguintes etapas:

- Realizar uma reunião inicial para identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza;
- Solicitar à Sanepar (Área de Cartografia/USPE) as bases cartográficas que incluem também as ottobacias, a hidrografia integrada, as áreas com o uso e ocupação do solo e tipos de solo. Estas informações estão disponíveis, mediante a Termo de Responsabilidade de Uso, pois são importantes para o desenvolvimento dos Estudos;
- Avaliar as alternativas de pontos de lançamento em uso atualmente e previstas em outros estudos anteriores, incluindo:
    - Identificação dos pontos de lançamento das ETEs em operação atualmente no Sistema de Esgotamento Sanitário – SES - e outros pontos definidos em estudos anteriores, bem como de ETEs implantadas em outros SES, mas localizadas a montante e jusante, na mesma bacia hidrográfica dos lançamentos propostos;
    - Identificação dos pontos de captação superficial, subterrâneo e lançamentos de efluentes da Sanepar, em operação e futuros, localizados a montante e jusante dos lançamentos propostos;
    - Identificação preliminar das alternativas de pontos de lançamento que possuam disponibilidade hídrica necessária para o atendimento às etapas previstas em projeto;
    - Delimitação da área de drenagem para os pontos de lançamento;

- Identificação dos pontos de captação superficial e de lançamento das ETEs de outros usuários, localizadas a montante e jusante, na mesma bacia hidrográfica dos lançamentos propostos, obtidos através de consulta ao AGUASPARANÁ ou ANA.

- Avaliar a Outorga, a Licença Prévia e demais condicionantes e exigências ambientais existentes;
- Elaborar três cenários para a avaliação da disponibilidade hídrica e qualidade da água, em função das alternativas de tratamento estudadas, considerando a viabilidade técnica e ambiental, de acordo com a legislação vigente;
- Definir a metodologia a ser utilizada para obtenção da disponibilidade hídrica (vazão mínima), incluindo:
  - Obtenção das informações hidrológicas existentes da série de registros históricos das estações fluviométricas;
  - Análise espacial das informações hidrológicas:
    - Avaliação dos dados disponíveis – os dados de postos fluviométricos e pluviométricos deverão ser solicitados diretamente ao Instituto das Águas do Paraná (AGUASPARANÁ);
    - Pré-seleção das estações fluviométricas nos mesmos corpos d'água dos pontos de lançamento previamente identificados.
  - Para as estações fluviométricas pré-selecionadas:
    - Avaliar a disponibilidade de dados: período disponível e porcentagem do número de dias com falhas por ano (análise de falhas);
    - A análise das falhas deverá ser elaborada com base diária a cada ano;
    - Caso sejam identificados anos que devam ser descartados em função da quantidade de falhas, então avaliar a possibilidade de preenchimento

para que o ano não seja descartado. O método de preenchimento de falhas deverá ser apresentado e justificado.

- Seleção das estações fluviométricas:
  - Utilizar séries com, no mínimo, 10 anos de dados;
  - Verificar as áreas de drenagem, com o objetivo de utilizar valores homogêneos.
- Caso não existam estações fluviométricas nos mesmos corpos d'água ou no entorno do ponto de lançamento ou em regiões hidrologicamente homogêneas, poderão ser utilizados métodos de regionalização, como por exemplo, o método descrito no Volume III – Regionalização da Curva de Permanência (CEHPAR, 1989);
- Determinação da vazão de estiagem: calcular a vazão com permanência de 95% para cada ponto de lançamento;
- Determinação das vazões indisponíveis a montante e jusante, referente aos usuários outorgados, fornecidos pelo AGUASPARANÁ ou ANA;
- Determinação da vazão outorgável, de acordo com a Portaria da SUDERHSA nº019/07 e no Manual Técnico de Outorga (SUDERHSA) no caso de rios de domínio do Estado do Paraná , ou no Manual Técnico de Outorga (ANA) para rios de domínio da união;
- Cálculo da vazão apropriada para diluição e comparação com a vazão outorgável;

- Caso a vazão outorgável seja superior à vazão apropriada para diluição no ponto de lançamento avaliado, calcular as concentrações de mistura de DBO e OD;
- Caso a vazão outorgável no ponto de lançamento avaliado seja inferior à vazão apropriada para diluição necessária, avaliar alternativas que atendam a este

requisito nos cenários propostos, seja lançamento mais a jusante ou melhoria na eficiência do tratamento;

- Avaliar a autodepuração do efluente no corpo receptor:
  - Calcular o balanço de oxigênio dissolvido: avaliar o consumo de oxigênio, através da curva de oxigênio dissolvido;
  - Avaliar a cinética da desoxigenação e a reaeração: avaliar a DBO remanescente e a concentração de saturação do oxigênio dissolvido;
  - Avaliar a depleção do oxigênio dissolvido, indicando a concentração mínima;
- Avaliar as vazões apropriadas, concentrações de mistura e decaimento dos parâmetros Nitrogênio Amoniacal e Fósforo total, para verificação do atendimento aos padrões do corpo receptor, conforme o enquadramento.
- Realizar reuniões de acompanhamento para validação dos estudos de disponibilidade hídrica e qualidade da água;
- Compilar os resultados e apresentar relatório descritivo, memorial de cálculo, resumo e peças gráficas (desenhos);
- Elaborar elementos para o processo conforme a Portaria Suderhsa 19/2007 e o Manual Técnico de Outorga (Suderhsa), no caso de rios de domínio estadual, ou conforme o Manual de Procedimentos Tecnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos (ANA 2013), no caso de rios de domínio da união;
- Encaminhar todos os documentos citados para análise e aprovação da USHI.

1.2 Procedimentos para a Determinação da Disponibilidade Hídrica e Estudo da Qualidade da Água

Deverão ser elaborados três cenários, para cada cenário deverá ser realizado o estudo de disponibilidade hídrica e qualidade da água para cada ponto de lançamento previsto. Em cada cenário poderá ser previsto mais de um ponto de lançamento, em função das alternativas de tratamento estudadas e do estagiamento da obra, para atendimento aos requisitos de viabilidade técnica e ambiental, baseados na legislação vigente.

1.2.1 Disponibilidade Hídrica

Para a determinação da disponibilidade hídrica deverá ser solicitada ao Instituto das Águas do Paraná a localização das estações fluviométricas e, após a escolha das estações que serão utilizadas no estudo, deverão ser solicitadas as séries históricas das estações fluviométricas na base diária.

Para cada ponto de lançamento selecionado deverá ser verificado se no mesmo corpo hídrico, ou no entorno do ponto de lançamento, ou em regiões hidrologicamente homogêneas, existem estações fluviométricas. Caso não exista, poderão ser utilizados métodos de regionalização, como por exemplo, o método descrito no Volume III – Regionalização da Curva de Permanência, do relatório HG-52 (CEHPAR, 1989).

Portanto, em um determinado cenário poderão existir pontos de lançamento cuja disponibilidade hídrica foram calculadas através de séries históricas e/ou calculadas através de métodos de regionalização. Se a vazão calculada por métodos distintos resultar em valores diferentes em mais de 30%, deverá ser solicitada uma reunião com a USHI para definição das vazões que serão utilizadas no estudo.

a) Seleção das Estações Fluviométricas

Inicialmente, devem ser escolhidas as estações fluviométricas para as quais será necessário solicitar os dados ao AGUASPARANÁ.

A seguir, é realizada a análise de falhas no período disponível de dados. A análise das falhas deverá ser elaborada com base diária e para cada ano. Em cada ano o número de dias sem dados não deverá ser superior a 10% do período seco. Portanto, o número de anos disponíveis para o estudo de disponibilidade hídrica é o número total de anos desde a sua instalação menos o número de anos descartados (falhas superiores a 10%). Em casos justificados poderão ser incluídos anos que superem o critério de 10% de falhas, desde que sejam anos que possuam ou vazões muito baixas (importantes na caracterização da vazão com 95% de permanência) ou muito altas (importantes para a determinação da vazão máxima e a cota de inundação).

Caso sejam identificados anos que devam ser descartados em função da quantidade de falhas, então avaliar a possibilidade de preenchimento para que o ano não seja descartado. O método de preenchimento deverá ser apresentado e justificado.

A próxima etapa é a seleção das estações fluviométricas considerando o número de anos disponíveis para o estudo de disponibilidade hídrica. Para rios que possuem série histórica de vazões utilizar séries com, no mínimo, 10 anos de dados. Caso a série tenha menos de 10 anos de dados, ou seja, obtida de estações fluviométricas já extintas, a USHI deverá ser consultada para a definição.

b) Disponibilidade Hídrica para Diluição de Efluentes

A etapa seguinte é a determinação da vazão de estiagem para fins de diluição de efluentes, será utilizada a vazão denominada $Q_{95\%}$, que corresponde à vazão que está presente no rio durante pelo menos 95% do tempo. Ou seja, durante 95% do tempo existe no rio uma vazão igual ou maior que a $Q_{95\%}$.

Utilizar as vazões médias diárias, apenas dos anos onde as falhas foram inferiores a 10%, agrupadas em ordem decrescente, calcular a freqüência e verificar a vazão correspondente à freqüência de 95%. Calcular as vazões específicas ($q_{95\%}$) das estações fluviométricas. A partir da comparação das vazões específicas, definir a vazão específica para a seção de interesse e obter a vazão $Q_{95\%}$.

Caso não existam séries históricas ou exista dúvida da representatividade das que exstem em relação ao local estudado para complementar a análise, poderão ser utilizados métodos de regionalização, como por exemplo, o método descrito no Volume III – Regionalização da Curva de Permanência, do Relatório HG-52 (CEHPAR, 1989). Caso exista, algum outro estudo disponibilizado pela própria Sanepar poderá ser utilizado, devendo ser complementado e atualizado.

Caso exista série histórica de vazões e tenha passado pelo critério de falhas, utilizar para a análise da $Q_{95\%}$, em detrimento ao método da regionalização de vazões. Caso exista série histórica, mas esta não tenha dados confiáveis, justificar as razões desta consideração e utilizar a regionalização de vazões.

Em casos específicos, quando a estação fluviométrica estiver situada na captação da Sanepar, deverão ser realizados procedimentos especiais para utilização das informações. Estes procedimentos só devem ser aplicados se a vazão captada pela Sanepar estiver em torno de 10% ou mais da vazão de 95% de permanência calculada baseada nos dados brutos. A seguir estão descritos estes passos:

- Verificar com o AGUASPARANÁ a localização da seção de medição de vazão em relação à captação e à posição da régua linimétrica. A análise da disponibilidade hídrica depende desta correta caracterização.
    - Em geral, a medição de vazão está à jusante da captação. Neste caso, independente de ter uma barragem de regularização de nível, os níveis medidos poderão estar relacionados com as vazões remanescentes, devendo-se avaliar as seguintes situações:

- Caso a régua linimétrica esteja à jusante da tomada de água da Sanepar, deverão ser solicitados ao AGUASPARANÁ a série histórica de vazões de 2 leituras (07:00hs e 17:00hs) e solicitados à Unidade Regional responsável pela captação os dados do Boletim Diário de Tratamento (BDT) que possuem os valores de vazão aduzida e em que período estavam operando. Com estas duas informações é possível recriar a série de vazões disponíveis no corpo hídrico sem o efeito da captação. Devem ser **somadas** a vazão do rio com a vazão aduzida. A partir da série recriada, realizar os cálculos previstos para determinação da $Q_{95\%}$.

- Caso a régua linimétrica esteja à montante da tomada de água da Sanepar, os níveis medidos também estarão sendo relacionados com vazões de montante, mas a medição de vazão reflete as vazões remanescentes, gerando um erro na relação leitura da régua e vazão medida. Para sanar este problema devem ser solicitadas a curva-chave e as medições de vazão ao AGUASPARANÁ e solicitar à Unidade Regional responsável pela captação os dados do Boletim Diário de Tratamento (BDT) que possuem os valores de vazão aduzida e o período em que estavam operando. Com estas duas informações é possível refazer a curva-chave e recriar a série de vazões disponíveis no corpo hídrico sem o efeito da captação. Deve ser **somada** a vazão aduzida com a vazão medida pelo AGUASPARANÁ. Com a vazão total e a leitura da régua refazer a curva chave. Aplicar a relação da nova curva-chave na série histórica de leituras e obter a nova série de vazões. A partir da série recriada, realizar os cálculos previstos para determinação da $Q_{95\%}$.

o Caso a medição de vazão esteja a montante da captação, independente de ter uma barragem de regularização de nível, os níveis medidos poderão

estar relacionados com as vazões remanescentes, devendo-se avaliar as seguintes situações:

- Caso a régua linimétrica esteja à jusante da tomada de água da Sanepar, os níveis medidos também estarão sendo relacionados com vazões remanescentes, gerando um erro na relação leitura da régua e vazão medida. Para sanar este problema devem ser solicitadas a curva-chave e as medições de vazão ao AGUASPARANÁ e solicitar à Unidade Regional responsável pela captação os dados do Boletim Diário de Tratamento (BDT) que possuem os valores de vazão aduzida e o período em que estavam operando. Com estas duas informações é possível refazer a curva-chave e com a nova curva-chave recriar a série de vazões disponíveis no corpo hídrico sem o efeito da captação. Deve ser **subtraída** a vazão aduzida, desde que a captação esteja operando durante o horário da medição de vazão, da vazão medida pelo AGUASPARANA. Com a vazão remanescente e a leitura da régua refazer a curva chave. Aplicar a relação da nova curva-chave na série histórica de leituras e obter a nova série de vazões. A partir da série recriada, realizar os cálculos previstos para determinação da $Q_{95\%}$.

- Caso a régua linimétrica esteja à montante da tomada de água da Sanepar, os níveis medidos estarão relacionados com vazões de montante. Neste caso, poderão ser utilizadas diretamente as informações do AGUASPARANÁ.

c) Vazão Outorgável

No caso de rios de domínio da união, o cálculo da vazão outorgável deverá seguir o Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da ANA 2013.

Para lançamento em rios de domínio do Estado do Paraná, o cálculo da vazão outorgável deverá ser realizado conforme as seguintes etapas:

c.1) Cálculo da Vazão Outorgável com base na equação

Utilizar as equações (1) e (2), conforme a Portaria nº019/07, da SUDERHSA:

$$Q_{outorgável.i} = c.(Q_{95\%})_i - Q_{indisponível.i} \qquad (1)$$

$$Q_{indisponível.i} = \sum Q_{outorgadasm} + \sum Q_{outorgadasj} \qquad (2)$$

Onde:

- $Q_{outorgável.i}$ = vazão máxima que pode ser outorgada na seção i do corpo hídrico superficial;
- *c* = coeficiente que limita a porcentagem da vazão natural com permanência de 95% do tempo na seção i ($Q_{95\%}$). Para lançamento de esgoto sanitário, o coeficiente *c* poderá ser 0,5 ≤ *c* ≤ 0,8 (em função das condições atuais do corpo hídrico superficial, dos usos outorgados na bacia, tanto a montante como a jusante, e da importância do empreendimento para a gestão dos recursos hídricos). Este parâmetro será definido pelo Instituto das Águas do Paraná no momento da avaliação técnica da Outorga. Para fins de projetos, deverá ser apresentada pela

Contratada uma tabela contendo as vazões outorgáveis calculadas com o coeficiente *c* variando de 0,5 a 0,8;

- $(Q_{95\%})_i$ = vazão com permanência de 95% do tempo na seção i;
- $Q_{indisponíveis\ i}$ = vazão alocada para outros usuários que não poderá ser utilizada na seção i.
- $Q_{outorgadas\ m}$ = somatória das vazões outorgadas a montante da seção i, incluindo os usos da própria Sanepar;
- $Q_{outorgadas\ i}$ = somatória das vazões outorgadas a jusante, que dependem da vazão na seção i, incluindo os usos da própria Sanepar.

Em rios de domínio estadual, para a determinação das vazões já outorgadas a montante e jusante, a contratada deverá solicitar o cadastro de usuários junto ao AGUASPARANÁ, via ofício (modelo no item Anexo 3), com cópia para a Sanepar/USHI.

A solicitação a ser encaminhada ao AGUASPARANÁ deverá conter, no mínimo:

- Coordenadas Planimétricas (UTM - SAD69);
- Nome do corpo d'água;
- Fonte utilizada citando o número da carta e o ano de publicação.

No caso de rios de domínio da união, esta consulta poderá ser realizada diretamente no site www.ana.gov.br.

As planilhas de usuários fornecidas pelo AGUASPARANÁ deverão ser encaminhadas à Sanepar/USHI para cadastro. Deverá também ser consultada a Unidade Regional a fim de identificar a existência de usuários conhecidos a montante ou jusante que eventualmente não estejam listados no cadastro da instituição.

Com as informações dos usuários cadastrados, a empresa deverá calcular as vazões as vazões indisponíveis, utilizando os seguintes procedimentos:

- Cálculo das Vazões Indisponíveis a Montante ($\Sigma Q_{outorgadas\ m}$):

Não devem ser consideradas como vazão indisponível: as captações em minas (nascentes) e poços tubulares ou no lençol freático.

Devem ser consideradas como vazão indisponível:

a) a **vazão outorgada** das captações em rios com outorga VIGENTE ou DISPENSA (usos insignificantes). Os usuários com outorga VENCIDA ou em TRAMITAÇÃO deverão ser analisados caso a caso, indicando quais serão utilizados. Apresentar na forma de mapa e Tabela (conforme modelo apresentado no item Anexo 4).

b) a **vazão máxima de diluição** dos lançamentos de efluentes com outorga VIGENTE ou DISPENSA (usos insignificantes). Os usuários com outorga VENCIDA ou em TRAMITAÇÃO, deverão ser analisados caso a caso, indicando quais serão utilizados. Apresentar na forma de mapa e Tabela (modelo no item Anexo 4).

c) No caso de captações da própria Sanepar, além dos valores outorgados, deverão ser calculadas **as alternativas de vazão a ser captada,** de acordo com os parâmetros do estudo em andamento ou fornecidos pela Sanepar.

d) No caso de lançamentos de efluentes realizados pela Sanepar (lançamentos de ETEs em operação e/ou a serem implantadas), deve-se considerar como vazão indisponível, a vazão máxima para diluição, conforme os dados da Portaria de Outorga emitida, verificando se a concentração de mistura de DBO é inferior a 25 mg/L. Caso a concentração de mistura resulte superior a 25 mg/L, calcular a vazão máxima de diluição considerando a classe inferior do rio e efetuar nova avaliação da concentração de mistura, até que esteja dentro do limite de 25 mg/L. Neste caso, a nova vazão máxima de diluição calculada deve ser considerada como vazão indisponível.

- Cálculo das Vazões Indisponíveis imediatamente a Jusante ($\Sigma Q_{outorgadas\ i}$):

Deverão ser considerados como usuários imediatamente a jusante, aqueles situados no trecho do corpo de água analisado que não resultam em área de bacia incremental significativa.

As vazões indisponíveis deverão ser avaliadas de acordo com os mesmos itens listados na avaliação dos usuários a montante. Apresentar na forma de mapa e Tabela (modelo no item Anexo 4), conforme o modelo abaixo.

Após a definição das vazões indisponíveis, deve-se calcular a vazão outorgável com base nas equações (1) e (2).

c.2) Cálculo da Vazão Outorgável com base na avaliação dos impactos nos demais usuários outorgados a jusante

Neste item deverão ser avaliadas as implicações na vazão liberada para os usuários com vazão significativa situados a jusante deste corpo de água até a desembocadura no rio principal ou 20 km a jusante, conforme o cadastro fornecido pelo AGUASPARANÁ.

Para cada usuário identificado, deverão ser realizados os seguintes procedimentos de avaliação:

- Calcular a disponibilidade hídrica para o ponto referente a este usuário avaliado;
- Multiplicar esta disponibilidade pelo coeficiente c, da equação (1);
- Descontar do resultado da conta anteior, a vazão outogada ou máxima de diluição para este usuário avaliado;
- Descontar do resultado da conta anterior, a Vazão Indisponível a Montante deste usuário avaliado, conforme os critérios descritos no item **c2),** incluindo os usuários situados em afluentes a sua montante. Não incluir o próprio lançamento de efluentes da Sanepar em estudo.

A vazão remanescente será considerada como potencial Vazão Outorgável para a diluição dos efluentes no ponto de lançamento em avaliação neste estudo.

c.3) Comparação entre as Vazões Outorgáveis

Entre as vazões calculadas conforme Itens **c1** e **c2**, será considerada como vazão outorgável o menor destes valores. Apresentar um quadro comparativo entre as Vazões Outorgáveis, calculadas, com os seus devidos descontos, para a avaliação da situação mais restritiva.

Esta avaliação e **a Vazão Outorgável a ser adotada deverá ser validada pela USHI/Sanepar**.

1.2.2 Análise entre Disponibilidade Hídrica e Vazão Apropriada para Diluição do Efluente

a) Vazão máxima instantânea do efluente

Para cada etapa prevista das obras de implantação ou ampliação da ETE deverá ser calculada a vazão máxima instantânea do efluente tratado, conforme a Equação 3, apresentada em forma de tabela:

$$Qefl_{máx} = \frac{Pf.q.Cr}{86400}.k_1.k_2 \quad (3)$$

Onde:

$Qefl_{máx}$ = vazão máxima instantânea do efluente em cada etapa do estagiamento (L/s). Destaca-se que $Qefl_{máx}$ não é a vazão máxima horária, que considera a infiltração que eventualmente ocorre ao longo da rede de esgotamento sanitário. A vazão máxima

instantânea, apresentada na Equação (3) não considera esta parcela referente à infiltração na rede coletora;

Pf = população atendida em cada etapa da obra;

q = consumo de água per capita (L/hab.dia);

Cr = coeficiente de retorno água-esgoto (0,8);

k_1 = coeficiente de variação de vazão para o dia de maior consumo (considerar k1 = 1,2, apresentar justificativa para valores diferentes);

k_2 = coeficiente de variação de vazão para a hora de maior consumo (considerar k2 = 1,5, apresentar justificativa para valores diferentes).

b) Vazão Apropriada para Diluição do Efluente

Para cada etapa prevista das obras de implantação da ETE deverá ser avaliada a vazão apropriada para a diluição do efluente tratado, conforme a Equação 4, apresentada em forma de tabela:

$$Q_A = \frac{Q_{efl.máx}.(C_{ei} - C_{\lim i})}{C_{\lim i} - C_{rio}} \quad (4)$$

Onde:

Q_A = vazão apropriada para diluição (L/s);

$Q_{efl.máx}$ = vazão máxima instantânea do efluente, sem a vazão de infiltração na rede coletora (L/s);

C_{ei} = concentração máxima de DBO do efluente lançado (mg O_2/L). Destaca-se que este valor se refere à concentração de DBO efluente consistentemente atingida de acordo com a tecnologia de tratamento implantada;

$C_{\lim i}$ = concentração limite admitida para a DBO naquele trecho do corpo hídrico superficial, conforme o re-enquadramento definido pelo Comitê de Bacia. Caso o corpo receptor ainda não tenha sido re-enquadrado pelo respectivo Comitê de Bacia, considerar a concentração limite de DBO referente à classe 3. Em rios com outras restrições (mananciais de abastecimento, áreas de preservação ambiental, etc.), bem como quando forem utilizadas quaisquer considerações diferentes, inclusive a atribuição da classe 4 ao corpo receptor, a concentração limite de DBO do rio deverá ser objeto de consulta à USHI;

C_{rio} = concentração de DBO a montante do lançamento. Considerar C_{rio} = 0 até que o Instituto das Águas do Paraná defina um novo valor, baseado em dados mais consistentes do monitoramento dos corpos hídricos superficiais.

Normalmente, a vazão apropriada para diluição é calculada apenas avaliando-se o parâmetro DBO. Entretanto, mais parâmetros poderão ser solicitados, caso haja a determinação do Instituto das Águas do Paraná.

Desta forma, além da DBO, a Contratada deverá verificar, para o ponto de lançamento e para o sistema de tratamento propostos, o atendimento aos limites dos parâmetros OD, Nitrogênio Amoniacal Total e Fósforo Total no corpo receptor, conforme os limites dos padrões da classe de enquadramento utilizada na análise. Apresentar os cálculos, gráficos e tecer comentários sobre os resultados obtidos, bem como propostas para adequações/alterações no tratamento dos efluentes nas etapas da obra.

Conforme os usos identificados a jusante do ponto de lançamento avaliado (captações superficiais, irrigantes ou usos a jusante que envolvam contato primário ou balneabilidade), a Contratada deverá apresentar e avaliar o perfil de concentração de coliformes para atendimento aos padrões da classe de enquadramento utilizada na análise. Apresentar os cálculos, gráficos e tecer comentários sobre os resultados obtidos, bem como propostas para adequações/alterações no tratamento dos efluentes nas etapas da obra.

Para a continuidade do projeto deverá ser realizada uma reunião com a Sanepar, para aprovação dos parâmetros e considerações utilizadas.

1.2.3 Estudo de Qualidade da Água

Para as Estações de Tratamento de Esgoto em que o lançamento do efluente tratado é realizado em local em que a vazão apropriada para diluição for menor ou igual à vazão outorgável, deverão ser calculadas as concentrações da zona de mistura no corpo hídrico superficial e avaliadas as concentrações do Oxigênio Dissolvido crítico.

Este estudo deverá ser desenvolvido para cada fase prevista das obras de implantação da ETE e é uma das condicionantes para a obtenção da outorga.

a) Oxigênio Dissolvido de saturação

O Oxigênio Dissolvido possui um valor máximo que depende de características físicas, químicas e biológicas da água, bem como da pressão atmosférica, denominado OD de saturação. Para o cálculo deste parâmetro utiliza-se a Equação 5:

$$OD_{sat} = \left(1 - 1{,}148 \cdot 10^{-4} \cdot Cota\right) \cdot e^{-139{,}3441 + \left(1{,}575701 \frac{10^5}{T+273{,}15}\right) - \left(6{,}642308 \frac{10^7}{(T+273{,}15)^2}\right) + \left(1{,}2438 \frac{10^{10}}{(T+273{,}15)^3}\right) - \left(8{,}621949 \frac{10^{11}}{(T+273{,}15)^4}\right)} \quad (5)$$

Onde:

Cota = Altitude do ponto de lançamento em relação ao nível do mar, em m;

T = Temperatura da água no rio, em ºC (sugere-se adotar 20ºC);

ODsat = Oxigênio Dissolvido de saturação, em mg/L.

b) Diluição

A diluição é o ato físico-químico de tornar uma solução menos concentrada através do aumento da quantidade de solvente sendo, neste caso, o solvente, a água. A diluição depende do fator de diluição (número de vezes que a concentração da solução vai diminuir).

As concentrações de mistura da DBO e OD deverão ser calculadas, conforme as Equações 6 e 7 e deverão ser apresentadas, em forma de tabela, para as etapas previstas das obras:

$$DBO_{mistura} = \frac{Q_{outorgável} \cdot DBO_{\lim} + Q_{efl\max} \cdot DBO_{efl}}{Q_{outorgável} + Q_{efl\max}} \quad (6)$$

Onde:

$DBO_{mistura}$ = Concentração de mistura (corpo hídrico superficial + efluente tratado) do parâmetro DBO (mg/L);

$Q_{outorgável}$ = Vazão máxima que pode ser outorgada na seção do corpo hídrico (L/s);

DBO_{lim} = Concentração do parâmetro DBO, utilizada no cálculo da vazão apropriada para diluição (mg/L);

$Q_{efl\ max}$ = Vazão máxima instantânea do efluente, sem a vazão de infiltração na rede coletora, utilizada no cálculo da vazão apropriada para diluição (L/s);

DBO_{efl} = Concentração máxima do parâmetro DBO do efluente tratado, utilizada no cálculo da vazão apropriada para diluição (mg/L).

$$OD_{mistura} = \frac{Q_{outorgável} \cdot OD_{\lim} + Q_{efl\max} \cdot OD_{efl}}{Q_{outorgável} + Q_{efl\max}} \quad (7)$$

Onde:

$OD_{mistura}$ = Concentração de mistura (corpo hídrico superficial + efluente tratado) do parâmetro OD (mg/L);

$Q_{outorgável}$ = Vazão máxima que pode ser outorgada na seção do corpo hídrico (L/s);

OD_{lim} = Concentração do parâmetro OD, definida em função do % de saturação do OD, segundo a classe do corpo receptor, variando entre 90-80% do OD de saturação para rios classe 2 e entre 79-50% para as classes 3 e 4 (mg/L);

$Q_{efl\ max}$ = Vazão máxima instantânea do efluente, sem a vazão de infiltração na rede coletora, utilizada no cálculo da vazão apropriada para diluição (L/s);

OD_{efl} = Concentração de OD remanescente no efluente tratado (mg/L).

c) Velocidade do Escoamento e Tempo de Deslocamento

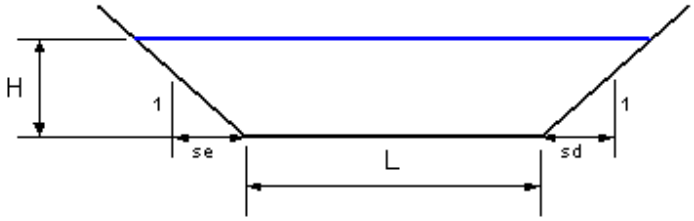
A velocidade do escoamento e o tempo de deslocamento são utilizados no cálculo de autodepuração, tanto da DBO, quanto do OD.

A velocidade da massa líquida poderá ser estimada através dos seguintes métodos, descritos na seqUência.

c.1) Medição direta no curso de água e aplicação de fórmulas hidráulicas para canais

- Levantamento topográfico:
  - Levantar a seção transversal do leito menor (calha principal), seção molhada e seção seca, se houver;
  - Anotar o nível da água no dia do levantamento;
  - Deverão ser levantadas três seções transversais com distância de 100 metros entre elas. Estas deverão estar amarradas, bem como a profundidade do rio para determinar a declividade do terreno e da lâmina de água.

- Descrição dos pontos de lançamento:
  - Identificar o ponto de lançamento com coordenadas UTM (SAD69);
  - Realizar um cadastro fotográfico (ver anexo) do entorno e do rio (margens laterais e fundo) para estimar a rugosidade do canal (coeficiente de Manning – ver anexo). Como simplificação do cálculo, pode-se adaptar a seção medida no local para uma seção trapezoidal. O leito menor corresponde apenas à calha principal do rio, sem considerar a região de várzea.



Onde,

H = Profundidade do escoamento na seção transversal (m);

se = Comprimento horizontal do talude na margem esquerda para um metro de altura (m);

sd = Comprimento horizontal do talude na margem direita para um metro de altura (m);

L = Largura da base da seção transversal (m).

Apresentar, no relatório, figura com as seções levantadas em campo (perfil e localização em planta) para o estudo de autodepuração.

Com os dados do levantamento em campo e com a vazão outorgável obtida, são determinadas profundidade e a velocidade do escoamento na seção, através da equação de escoamento permanente de Manning (Equação 8):

$$v = \frac{1}{n}.R_H^{2/3}.i^{1/2} \quad \text{ou} \quad Q = \frac{i^{1/2}.A_m^{5/3}}{n.P_m^{2/3}} \qquad (8)$$

Onde,

v = velocidade do curso de água (m/s);

Q = Vazão outorgável (m^3/s);

i = Declividade do terreno (m/m);

R_H = Raio hidráulico da seção (área molhada / perímetro molhado) (m);

n = Coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional) – ver Anexo;

A_m = Área molhada (m^2);

P_m = Perímetro molhado (m).

A declividade é calculada a partir das altitudes obtidas no levantamento das seções transversais, considerando que a lâmina de água é paralela ao terreno, conforme a Equação 9.

$$i_{i+1} = \frac{Altitude_{i+1} - Altitude_i}{\Delta x} \quad (9)$$

Onde,

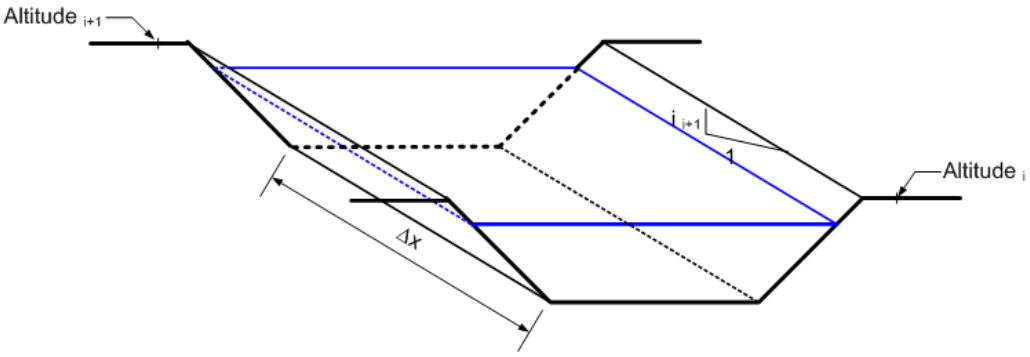
i_{i+1} = Declividade do terreno para cada nó *i+1*;

$Altitude_{i+1}$ = Altitude a montante do nó *i*;

$Altitude_i$ = Altitude no nó *i*;

Δx = Distância entre os nós *i+1* e *i*.

Na impossibilidade de realização de levantamento em campo, justificada no relatório, pode-se obter as altitudes através de mapas.



Calcular a área molhada e o perímetro molhado da seção transversal através das Equações 10 e 11:

$$A_m = (L + 0{,}5.(se + sd)H)H \quad (10)$$

$$P_m = L + H\sqrt{se^2 + 1} + H\sqrt{sd^2 + 1} \quad (11)$$

Onde:

L = Largura (m);

se = Comprimento horizontal do talude na margem esquerda para um metro de altura (m);

sd = Comprimento horizontal do talude na margem direita para um metro de altura (m);

H = Profundidade (m);

A_m = Área molhada (m^2);

P_m = Perímetro molhado (m).

Isolando a profundidade H, obtém-se a Equação 12:

$$H_{k+1} = \frac{(Q.n)^{3/5}.\left(L + H_k\sqrt{se^2 + 1} + H_k\sqrt{sd^2 + 1}\right)^{2/5}}{i^{3/10}(L + 0{,}5(se + sd)H_k)} \quad (12)$$

Onde:

k = Número de iterações;

Q = Vazão outorgável (m^3/s);

i = Declividade do terreno (m/m);

n = Coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional) – ver Anexo.

A partir da Equação 13 e de um valor inicial para a profundidade Hk, de maneira iterativa, calcula-se uma nova profundidade Hk+1. Este processo se repete até que a diferença entre Hk e Hk+1 seja inferior a uma tolerância pré-definida e Hk+1 assuma o valor final da profundidade. A tolerância utilizada deve ser igual a 0,0001%, calculada conforme a Equação 14:

$$\varepsilon = 100.\left|\frac{H_{k+1} - H_k}{H_{k+1}}\right| \quad (13)$$

Onde,

k = Número de iterações;

ε = Estimativa do erro (%).

A velocidade é calculada através da equação da continuidade (Equação 14):

$$\mathrm{v} = \frac{Q}{A_m} \quad (14)$$

Onde:

v = Velocidade do escoamento (m/s);

Q = Vazão outorgável (m^3/s);

A_m = Área molhada (m^2).

A Tabela 3 apresenta valores calculados da velocidade de escoamento, utilizando a equação de Manning (Equação 8), para diferentes valores de H (profundidade), i (declividade do terreno) e n (coeficiente de rugosidade), com a simplificação de se ter a seção transversal retangular e RH = H, aplicável para cursos de água em que a largura é razoavelmente grande comparada com a profundidade, ou generalizando, quando

B/H>12. Pode-se utilizar a Tabela 3 em caso de impossibilidade de realização de levantamento topográfico em campo, devidamente justificado na apresentação do estudo.

As declividades são expressas em m/km, mas na Equação 8, deve-se entrar com m/m.

Tabela 3 – Velocidades de escoamento (m/s) obtidas segundo a Equação 8, para diferentes valores de profundidade, declividade e coeficientes de rugosidade

n	H (m)	Declividade (m/km)					
		0,05	0,10	0,25	0,50	1,00	5,00
0,030	0,4	0,13	0,18	0,29	0,40	0,57	1,28
	0,8	0,20	0,29	0,45	0,64	0,91	2,03
	1,2	0,27	0,38	0,60	0,84	1,19	2,66
	1,6	0,32	0,46	0,72	1,02	1,44	3,22
	2,0	0,37	0,53	0,84	1,18	1,67	3,74
0,050	0,4	0,08	0,11	0,17	0,24	0,34	0,77
	0,8	0,12	0,17	0,27	0,39	0,54	1,22
	1,2	0,16	0,23	0,36	0,51	0,71	1,60
	1,6	0,19	0,27	0,43	0,61	0,87	1,93
	2,0	0,22	0,32	0,50	0,71	1,00	2,25
0,100	0,4	0,04	0,05	0,09	0,12	0,17	0,38
	0,8	0,06	0,09	014	0,19	0,27	0,61
	1,2	0,08	0,11	0,18	0,25	0,36	0,80
	1,6	0,10	0,14	0,22	0,31	0,43	0,97
	2,0	0,11	0,16	0,25	0,36	0,50	1,12

(Fonte: von Sperling, 2005)

c.2) Obtenção dos dados diretamente de estações fluviométricas

Caso exista estação fluviométrica no mesmo curso de água, pode-se utilizar os dados das medições de vazão para a estimativa das características da seção, profundidade média e velocidade do curso de água, estimadas para a vazão mais próxima possível da vazão outorgável.

O tempo de deslocamento é calculado através da Equação 15:

$$t = \frac{Distância}{(v \times 86400)} \quad (15)$$

Onde:

t = Tempo de deslocamento (dias).

Distância = Relativa do ponto de lançamento até o ponto de interesse (m);

v = Velocidade média do escoamento (m/s).

d) Cinética da Decomposição ou Desoxigenação

O lançamento de matéria orgânica em um curso d'água resulta no consumo de oxigênio dissolvido, o qual está associado à Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Esse consumo varia ao longo do tempo, conforme ocorre a degradação da matéria orgânica e, consequentemente, há a variação dos valores da DBO. É possível analisar matematicamente como o consumo de oxigênio progride ao longo do tempo, através da sequência apresentada a seguir.

A progressão da DBO remanescente, em um tempo qualquer, se dá sob forma de uma curva exponencial e pode ser expressa de acordo com a Equação 16:

$$DBO_{5,t} = DBO_{mistura} \times e^{-(k_1 t)} \quad (16)$$

Onde:

$DBO_{5,t}$ = Concentração de DBO_5 restante após um tempo t do lançamento, em mg/L;

$DBO_{mistura}$ = Concentração de DBO_5 após a diluição do efluente no rio, em mg/L;

k_1 = Constante de desoxigenação, em dia^{-1};

t = Instante de tempo após o lançamento, em dias.

A conversão do valor de k_1 obtido para a temperatura padrão do ensaio da DBO, que é de 20ºC, é feita através da Equação 17:

$$(k_1)_T = (k_1)_{20} \times 1{,}047^{(t-20)} \quad (17)$$

Onde:

$(k_1)_T$ = Constante na temperatura do rio, em dia^{-1};

$(k_1)_{20}$ = Constante medida a 20º C, em dia^{-1};

T = Temperatura da água do rio, em ºC.

A seguir, apenas para referências, são apresentados valores médios e o intervalo de variação para k_1.

Parâmetros	Valor Médio	Intervalo de variação	Fonte
k_1 (dia^{-1})	0,15	0,09 a 0,40	Von Sperling (2005)

e) Cinética da Reaeração

Sempre que uma massa gasosa fica em contato com uma massa líquida, com a reaeração, uma parte do gás se dissolve no líquido. Assim, num rio o oxigênio da atmosfera se dissolve na água, até atingir uma concentração de equilíbrio (concentração de saturação). Se, por uma razão qualquer, esta concentração diminuir, a atmosfera começa imediatamente a repor o oxigênio perdido até restaurar a concentração de equilíbrio.

A taxa de transferência de oxigênio atmosférico ao longo do tempo é proporcional ao déficit de oxigênio (concentração de saturação – concentração efetiva) num dado instante:

$$\frac{dD}{dt} = -k_2 . D \quad (18)$$

A integração desta equação entre os instantes zero e t, fornece:

$$D_t = D_0 \times e^{-(k_2 t)} \qquad (19)$$

$$D_0 = OD_{sat} - OD_{mistura}$$

Onde:

D_t = Déficit de oxigênio no instante t, em mg/L;

D_0 = Déficit de oxigênio no instante zero, em mg/L;

(k_2) = Coeficiente de reaeração, em dia^{-1};

t = Espaço de tempo após o lançamento, em dias.

$OD_{mistura}$ = Concentração de OD após a diluição do efluente no rio, em mg/L;

OD_{sat} = Oxigênio Dissolvido de saturação, em mg/L.

A constante (k_2) depende das condições de turbulência do rio, isto é, depende exclusivamente das condições físicas do escoamento. Existem diversas fórmulas empíricas para esse cálculo.

A Equação 20 é utilizada para profundidades entre 0,1 e 0,6 m e velocidades entre 0,05 e 1,5 m/s.

$$(k_2)_{20} = 5{,}3 \times \frac{U^{0,67}}{H^{1,85}} \qquad (20)$$

A Equação 21 é utilizada para profundidades entre 0,6 e 4,0 m e velocidades entre 0,05 e 0,8 m/s.

$$(k_2)_{20} = 3{,}73x \frac{U^{0,5}}{H^{1,5}} \qquad (21)$$

A Equação 22 é utilizada para profundidades entre 0,6 e 4,0 m e velocidades entre 0,8 e 1,5 m/s.

$$\boxed{(k_2)_{20} = 5{,}0 \times \frac{U^{0{,}969}}{H^{1{,}673}}} \qquad (22)$$

Onde:

$(k_2)_{20}$ = Coeficiente de reaeração a 20ºC;

U = Velocidade média do rio, em m/s;

H = Profundidade média do rio, em m.

A constante (k_2) depende também da temperatura. Caso a temperatura do rio seja diferente de 20ºC, a conversão é dada pela Equação 23:

$$\boxed{(k_2)_T = (k_2)_{20} \times 1{,}024^{(T-20)}} \qquad (23)$$

Onde:

$(k_2)_T$ = Coeficiente de reaeração na temperatura T, em dia^{-1};

$(k_2)_{20}$ = Coeficiente de reaeração a 20ºC, em dia^{-1};

T = Temperatura da água do rio, em ºC.

Para valores fora do intervalo de cálculo das equações (20) a (22), adotar valores de $(k_2)_{20}$, justificando os valores.

Em qualquer situação, utilizar como limite superior para $(k_2)_T$, o valor de 3 dia^{-1}.

f) Curva de depleção do Oxigênio Dissolvido

Quando ocorre o lançamento de matéria orgânica biodegradável em um corpo receptor ocorrem dois fenômenos importantes: a estabilização da matéria orgânica por bactérias

aeróbias provoca uma queda da concentração de OD (respiração) e, por outro lado, a atmosfera começa a repor esse oxigênio perdido. É importante conhecer as condições de autodepuração deste corpo d'água, ou seja, como se dará a curva de depleção de oxigênio, que deverá ser apresentada para cada etapa do projeto.

Questões como em que ponto do rio o OD será mínimo; a que distância da origem ocorrerá o OD mínimo; qual é o teor mínimo de oxigênio; em que tempo ocorrerá o teor mínimo de oxigênio; em que ponto se dará a recuperação do OD; etc., devem ser respondidas.

O *déficit* de oxigênio ao longo do tempo será dado pelos processos de desoxigenação e reaeração atmosférica, os quais ocorrem simultaneamente. Este comportamento é mostrado pela formulação (Equação 24):

$$\boxed{\frac{dD}{dt} = k_1.L - k_2.D = k_1.L_0.e^{-k_1 t} - k_2.D} \quad (24)$$

A integração desta equação diferencial entre os instantes zero e t, fornece:

$$\boxed{D_t = \frac{k_1 \times L_0}{k_2 - k_1}.\left(e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}\right) + D_0 \times e^{-k_2 t}} \quad (25)$$

Onde:

D_t = Déficit de oxigênio ao longo do tempo, em mg/L.

L_0 = DBO última, calculada segundo as Equações 26 e 27:

$$\boxed{L_0 = DBO_{mistura}.k_T} \quad (26)$$

$$\boxed{k_T = \frac{1}{1 - e^{-5k_1}}} \quad (27)$$

A equação (25) é um tanto simplificada, pois não inclui fenômenos como a demanda bentônica, fotossíntese da flora aquática, etc.

O tempo para ocorrência do *déficit* crítico de oxigênio dissolvido (ou déficit máximo) pode ser calculado igualando-se a zero a derivada da Equação 24:

$$t_c = \frac{1}{k_2 - k_1}.\ln\left\{\frac{k_2}{k_1}.\left[1 - D_0\frac{(k_2 - k_1)}{L_0 k_1}\right]\right\} \qquad (28)$$

Onde:

t_c = Tempo necessário para ocorrer o *déficit* crítico de oxigênio, em dias.

O *déficit* crítico de oxigênio corresponde à demanda máxima de oxigênio que ocorrerá ao longo do rio, sendo calculado através da Equação 29:

$$D_c = \frac{k_1}{k_2} \times L_0 \times e^{-k_1 t_c} \qquad (29)$$

Onde:

D_c = *Déficit* crítico de oxigênio, em mg/L.

g) Oxigênio Dissolvido

Após o cálculo do *déficit* de oxigênio, calcula-se o oxigênio dissolvido pela Equação 30:

$$OD_t = OD_{sat} - D_t \qquad (30)$$

Onde:

OD_t = Oxigênio dissolvido ao longo do tempo, em mg/L.

O OD_t no rio não pode ser inferior a zero mg/L.

Deverá ser apresentada a demanda imediata de oxigênio em caso de desoxigenação, isto é, o volume de oxigênio consumido antes das moléculas livres permanecerem dissolvidas no meio. Neste caso, o valor da diferença entre OD_{sat} e o D_t poderá ser inferior a zero. Este resultado indica a demanda reprimida de oxigênio.

A demanda reprimida de oxigênio é fator importante, pois será ela que determinará o quanto de oxigênio dissolvido deverá ter o efluente tratado, que deverá respeitar o limite mínimo de OD no rio.

h) Oxigênio Dissolvido Crítico

Após o cálculo do *déficit* de oxigênio crítico, calcula-se o oxigênio dissolvido pela Equação 31:

$$\boxed{OD_c = OD_{sat} - D_c} \qquad (31)$$

Onde:

OD_c = Oxigênio dissolvido crítico ao longo do tempo, em mg/L.

O OD_c no rio não pode ter valores negativos, pois corresponde à concentração no rio.

Para fins de avaliação na zona de mistura do parâmetro DBO será considerado, como limite mínimo, o valor estabelecido pelo enquadramento e, como limite máximo, 25 mg/L.

Para fins de avaliação na zona de mistura do parâmetro OD será considerado, como limite inferior crítico, 2 mg/L.

i) Comprimento de Mistura

O comprimento de mistura ou zona de mistura corresponde à distância, em metros, entre o ponto de lançamento do efluente tratado e o ponto em que o rio atinge uma mistura homogênea.

Para o cálculo do comprimento de mistura, são necessários a velocidade junto ao fundo do rio e o coeficiente de turbulência transversal, explicados na sequência.

A velocidade junto ao fundo do rio é calculada pela Equação 32:

$$u^* = \sqrt{gHs} \qquad (32)$$

Onde:

u^* = velocidade do fundo do rio (m/s);

g = aceleração da gravidade (m/s^2);

H = profundidade do escoamento (m);

s = declividade do fundo do rio (m/m).

O coeficiente de turbulência transversal é obtido através da Equação 33:

$$\varepsilon_t = 0.15Hu^* \qquad (33)$$

Onde:

H = profundidade do escoamento (m);

u^* = velocidade do fundo do rio (m/s);

ε_t = coeficiente de turbulência transversal (m^2/s).

Finalmente, o comprimento de mistura é calculado pela Equação 34:

$$L_{mistura} = 0.1U(p.L)^2 / \varepsilon_t \qquad (34)$$

Onde:

$L_{mistura}$ = comprimento de mistura (m);

p = posição do lançamento (1 – central; 2 – lateral);

U = velocidade média do escoamento no rio (m/s);

L = Largura do rio (m).

1.2.4 Referências Bibliográficas

ANA – Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas – Agosto 2013.

CEHPAR. **Projeto HG-52** – Aproveitamentos Hidrelétricos de Pequeno Porte – Regionalização de Vazões de Estiagem, de Curvas de Permanência e de Vazões Máximas de Pequenas Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná. Curitiba: Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza. 1989.

SUDERHSA. **Manual Técnico de Outorgas**. 1ª Revisão. 2006.

SUDERHSA. **Portaria nº019/2007 Gabinete**. Estabelece as normas e procedimentos administrativos para a análise técnica de requerimentos de Outorga Prévia (OP) e de Outorga de Direito (OD) para empreendimentos de saneamento básico e dá outras providências.

Von Sperling, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG. 2005.

1.3 Resultados a serem Apresentados

Através da metodologia exposta, deverão ser apresentados para cada cenário, como resultados incluídos no memorial de cálculo, no mínimo, os seguintes itens:

- Prováveis locais para o lançamento de efluentes: apresentar mapas contendo a localização dos pontos prováveis para lançamento do efluente, com coordenadas me UTM, além de captações superficiais e subterrâneas, se existirem, com a delimitação da bacia a montante, citando a fonte utilizada, o número da carta e o ano da carta utilizada no mapa. Apresentar também o questionário de visita de campo.
- Vazão de referência: caso existam séries históricas de vazões, a caracterização fluviométrica deverá conter as estações utilizadas, extensão das séries, localização das estações fluviométricas e análise de falhas. Caso não existam séries históricas disponíveis, deve ser descrita a metodologia de regionalização utilizada para cálculo da vazão.
- Vazão outorgável: descrição dos usuários já cadastrados, tipologia de uso e as vazões já outorgadas a montante e jusante dos prováveis pontos de lançamento de efluentes. Apresentar o cadastro com as vazões já outorgadas separadas por tipologia (captações e lançamentos). Deve ser anexado o ofício-resposta do Instituto das Águas do Paraná com a lista de usuários cadastrados.
- Caso exista, para cada etapa das obras de implantação da ETE devem ser apresentados:

- Vazão máxima instantânea do efluente: detalhar os parâmetros utilizados para o cálculo.

- Vazão apropriada para diluição: detalhar os critérios para definição da condição do corpo hídrico superficial e demais parâmetros para o cálculo da vazão apropriada.

- Qualidade da Água: apresentar os seguintes cálculos de forma detalhada:

- ✓ Determinação do OD de saturação;
- ✓ Diluição no ponto de lançamento;
- ✓ Velocidade do escoamento e tempo de deslocamento;
- ✓ Autodepuração (decaimento de DBO e OD, bem como Nitrogênio Amoniacal Total e Fósforo Total) em função da distância do ponto de lançamento. OD crítico (valor e distância). Decaimento bacteriano (se necessário). Identificar ao longo do rio as diferentes Classes do corpo receptor após receber os efluentes, baseado na Resolução CONAMA nº357/05;
- ✓ Comprimento da zona de mistura;
- ✓ Seções levantadas em campo (perfil e localização em planta) para o estudo de autodepuração;
- ✓ Para os valores utilizados com base em bibliografia existente, citar a fonte e apresentar a justificativa para sua utilização.

1.4 Apresentação

A apresentação deverá focar de maneira sintética os resultados apresentados no item anterior.

1.5 Aprovação

O estudo de disponibilidade hídrica deve ser definido, acompanhado e aprovado

pela USHI (U.S. de Recursos Hídricos).

Anexos

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO DE VISITA EM CAMPO

Croqui de localização:

Data da visita:

Potamografia:

Questionário com fotos e descrição (assinalar os itens ou descrever quando necessário):

1) Tipo do leito:

a) Encaixado;

b) Outro:

2) Natureza do leito:

a) Arenoso

b) Argiloso

c) Siltoso

d) Rochoso

e) Outro:

3) Natureza e inclinação das margens:

a) Arenosa

b) Argilosa

c) Siltosa

d) Outro:

4) Controle (tipo):

a) Corredeira

b) Pontes;

c) Bueiros;

d) Soleiras;

e) Outro:

5) Vegetação do entorno:

a) Densa;

b) Grama;

c) Outro:

6) Tipo escoamento:

a) Calmo;

b) Turbulento;

c) Outro:

7) Tipo do rio:

a) Com meandros;

b) Retilíneo;

c) Outro:

8) Entrevista com moradores da região:

a) Marcas de enchente;

b) Menor profundidade do rio em épocas de estiagem;

c) Outro:

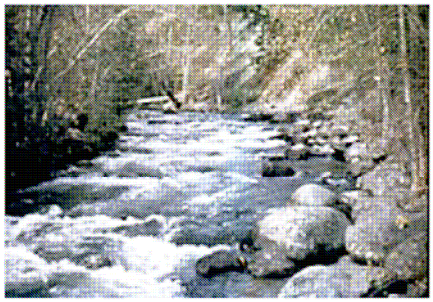
ANEXO 2 – DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE MANNING

USGS [1]

n = 0.028 – Clark Fork River

n = 0.041 – Middle Fork Flathead River

n = 0.060 – Rock Creek Canal



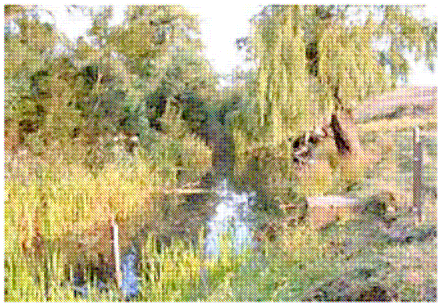
n = 0.075 – Rock Creek River

AUSTRÁLIA [2]

n = 0.035 – Acheron River

n = 0.041 – Tambo River

n = 0.050 – Mitta River



n = 0.080 – Merimans Creek River

[1] - Fonte: http://wwwrcamnl.wr.usgs.gov/sws/fieldmethods/Indirects/nvalues/index.htm
[2] - Fonte: http://www.rivers.gov.au/roughness/index.htm

ANEXO 3 – MODELO DE OFÍCIO A SER ENCAMINHADO AO AGUASPARANÁ PARA A SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE USUÁRIOS OUTORGADOS.

Ofício XXX/2014

Curitiba, XX de Xxxxxx de 2014.

Ilustríssimo Senhor
XXXXXXXXXXXX
Instituto das Águas do Paraná

Prezado Senhor,

Solicitação de Consulta sobre Usuários para os estudos de disponibilidade hídrica para diluição de efluentes (ou captação).

Solicitamos junto a esta Instituição, para fins de estudo de disponibilidade hídrica, as *vazões outorgadas dos usuários cadastrados a montante e a jusante* dos pontos com coordenadas indicadas na tabela a seguir, para a localização dos pontos de lançamento (ou de captação) da Sanepar no Município de XXXX.

Município	Corpo D'água	UTM	
		N (m)	**E** (m)
Patópolis	Rio Verdadeiro	7.250.000	219.000
Gatópolis	Ribeirão Alucinação	7.253.000	259.000

Datum utilizado neste levantamento, XXXX, Carta Topográfica XXXX de Referência para Localização do Ponto -Carta MI-XXXX-X Folha SG. 22-V-A-IV-3. Ano de Publicação – 19XX.

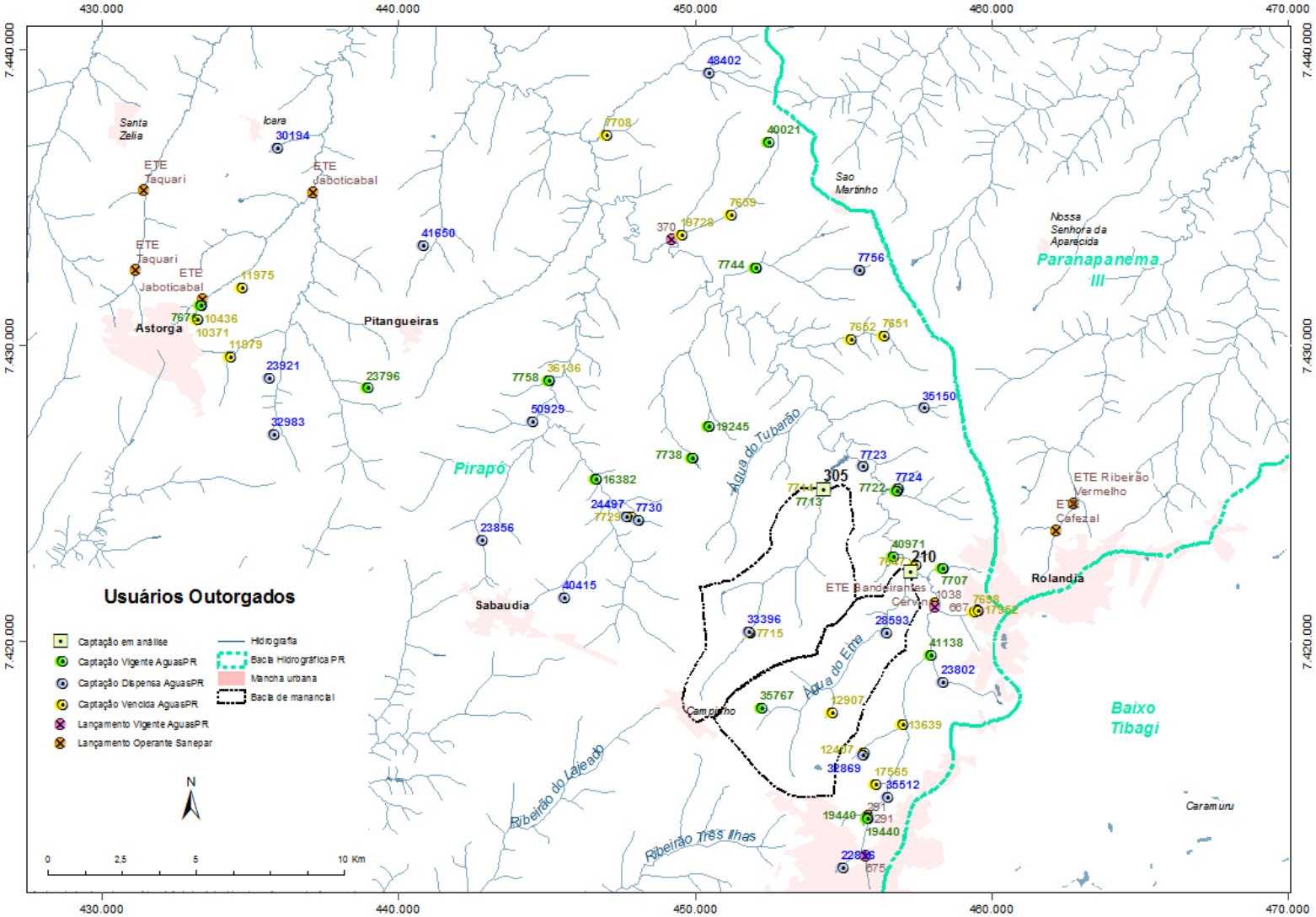
Gostaríamos de salientar a importância destas consultas das *vazões outorgadas dos usuários cadastrados a montante e a jusante* para fins de avaliação da capacidade de diluição (ou da captação), elaboração de projetos de saneamento (esgotamento sanitário e/ou captação) e/ou regularização (solicitação) de outorgas.

XXXXXXXXXX
Gerente de Recursos Hídricos
Projetos Ambientais Ltda.

ANEXO 4 – MODELO DE TABELA E MAPA DAS INFORMAÇÕES SOBRE USUÁRIOS OUTORGADOS.

Tabela - Usuários a Montante e a Jusante nas Bacias do Ribeirão do Ema e do Ribeirão do Jaú, recebida do ÁguasParaná em 26/12/2014 pelo Protocolo nº33.333.333-3

Código ÁguasPR	Usuários	Tipo de Manancial Nome curso d'água	Localidade	Área	Coordenadas UTM		Vazão Outorgada	Vazão Máxima de Diluição	Bombeam.	Situação
				(km^2)	N (m)	E (m)	(m^3/h)	(m^3/h)	(h/dia)	
MONTANTE										
	Bacia do ribeirão do Ema									
35767	José A. Camacho - Agropecuária	córrego sem nome	Begali		7.417.752	452.174	30,0	-	9	**Vigente**
	Sanepar	ribeirão Ema	Rolândia		7.422.361	457.281	225,0	-	24	**Vigente**
12907	João Nagi - Agropecuária	córrego Perdiz	Água do Ema	1,9	7.417.590	454.560	10,0	-	8	**Vencida**
28593	Jorge K. Nabeshima - Agropecuária	mina	Gleba Bandeirantes	-	7.420.295	456.379	1,8	-	24	**Dispensa**
	Bacia do ribeirão do Ema	(em análise e excluídas as outorgas não consideradas)				**TOTAL**	**40,0**			
MONTANTE										
	Bacia do ribeirão do Jaú									
7713	Sanepar	ribeirão Jaú	Rolândia	24,5	7.425.136	454.309	192,0	-	24	**Vigente**
7714	Beatrix Michel - Agropecuária	ribeirão Jaú	Rolândia	24,5	7.425.078	454.299	45,0	-	24	**Vigente**
7715	Mônica Chaicoski Galindo	ribeirão Jaú	Floresta	5,03	7.420.294	451.800	10,5	-	13	**Vencida**
33396	Paulo R. Cavequia - Agropecuária	mina	Gleba Bandeirantes	-	7.420.317	451.738	1,8	-	24	**Dispensa**
	Bacia do ribeirão do Jaú	(em análise e excluídas as outorgas não consideradas)				**TOTAL**	**55,5**			
JUSANTE										
	Rio Bandeirante do Norte									
40971	Internacional Couros	córrego Gozin	Rolândia	3,89	7.422.864	456.632	20,0	-	10	**Vigente**
7647	PRP Indúst. Comérc. de Couros	rio Bandeir. do Norte	Rolândia	-	7.422.600	457.400	1,0	-	6	**Vencida**
7723	Beatrix Michel - Agropecuária	mina	Rolândia	-	7.425.900	455.580	60,0	-	24	**Vencida**
7723	Beatrix Michel - Agropecuária	mina	Rolândia	-	7.425.900	455.580	1,8	-	24	**Dispensa**
							EFLUENTE			
291	Nutriara Aliment. Ltda. - Indústria	rio Bandeir. do Norte	Arapongas	4,7	7.414.013	455.802	-	14,4	24	**Vigente**
1038	Sanepar	rio Bandeir. do Norte	Rolândia	31,44	7.421.167	458.081	-	362,2	24	**Vigente**
	Rio Bandeirante do Norte	(em análise e excluídas as outorgas não consideradas)				**TOTAL**	**21,0**	**362,2**	**<= avaliar ?**	


Usuários Outorgados
Captação em análise
Captação Vigente AguasPR
Captação Dispensa AguasPR
Captação Vencida AguasPR
Lançamento Vigente AguasPR
Lançamento Operante Sanepar
Hidrografia
Bacia Hidrográfica PR
Mancha urbana
Bacia de mananciais
N
0 2,5 5 10 Km
430.000
440.000
450.000
460.000
470.000
7.440.000
7.430.000
7.420.000
Santa Zelia
Icara
ETE Taquari
ETE Jaboticabal
Astorga
Pitangueiras
Pirapó
Sabaudia
Sao Martinho
Nossa Senhora da Aparecida
Paranapanema III
Baixo Tibagi
Rolandia
ETE Ribeirão Vermelho
ETE Cafezal
ETE Bandeirantes
Cervejaria
Campinho
Caramuru
Água do Tubarão
Água do Etna
Ribeirão do Lajeado
Ribeirão Três Ilhas
305
210