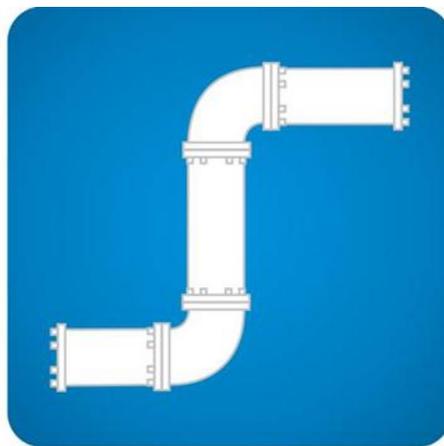




**PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO  
PARTICIPATIVO DO MUNICÍPIO DE IJUÍ-RS**



# Plamsab



Ijuí - RS

**VOLUME II**

**AVALIAÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA  
DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**



## **PREFEITURA MUNICIPAL DE IJUÍ**

Rua Benjamin Constant, 429 – Ijuí/RS – [www.ijui.rs.gov.br](http://www.ijui.rs.gov.br)

Fone (0\_\_55) 3331 8200

**Prefeito Municipal:** Fioravante Batista Ballin  
**Vice-Prefeito:** Ubirajara Machado Teixeira  
**Secretaria Geral de Governo:** Josias Abreu Pinheiro  
**Secretaria Municipal de Administração:** Osmar Prochnow  
**Secretaria Municipal da Fazenda:** Irani Paulo Basso  
**Secretaria de Planejamento e Captação de Recursos:** Suimar Bressan  
**Secretaria Municipal de Educação:** Eleandro Lizot  
**Secretaria de Desenvolvimento Urbano:** Nelson Copetti  
**Secretaria de Desenvolvimento Social:** Neiva Agnoletto  
**Secretaria Municipal de Saúde:** Claudiomiro Pezzetta  
**Secretaria de Desenvolvimento Rural:** Julio César Gabbi  
**Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Turismo:** Nilo Leal da Silva  
**Secretaria Municipal de Meio Ambiente:** Osório Antonio Lucchese  
**Coordenadoria de Transito:** Ubiratan Machado Erthal  
**Coordenadoria Especial de Desporto e Lazer:** Altemir Buligon  
**Coordenadoria Especial de Habitação:** Rosana Tenroller  
**Coordenadoria Especial de Cultura:** Maria Ivone Jusviak  
**Procon:** Vilson Cabral  
**Procuradoria Geral do Município (PGM):** Harri Bender

### **COMITÊ DE COORDENAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL E SANEAMENTO BÁSICO PARTICIPATIVO – PLAMSAB – Portaria N° 006/10-GEM (13/04/2010)**

Secretaria Municipal de Meio Ambiente: **Osório Antônio Lucchese** (coordenador) e **Joice Oliveira** (Eng<sup>a</sup> Química)

Secretaria Municipal de Desenvolvimento Rural: **Claudete Moresco**

Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (Engenharia): **Néri Schmidt**

Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (Urbanismo): **Celso Luiz de Souza Lucchese**

Secretaria Municipal de Educação: **Adriana Noronha**

Secretaria Municipal da Fazenda: **Inácio Schneider**

Secretaria Municipal de Planejamento: **João Arami Martins**

Secretaria Municipal de Saúde (saúde Pública): **Carlos Protti**

Secretaria Municipal de Saúde (Vigilância Sanitária): **Sandro Schweig Rodrigues**

Coordenadoria Especial de Habitação: **Simone Moraes**

Coordenadoria de Trânsito: **Ubiratan Erthal**

Assessoria Jurídica do Município: **Dr. Delmar Luiz Leviski**



## **AGRADECIMENTOS**

Aos membros do Comitê de Coordenação do PLAMSAB, membros do poder executivo, do poder legislativo e do poder judiciário, aos meios de comunicação, e à população que participou das reuniões, seminários, conferências e com opiniões e sugestões.

## **ELABORAÇÃO**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), projeto "IPH / PMSB - IJUÍ, Faurgs – código 3472-X

### **EQUIPE –**

José Antônio Saldanha Louzada (Coordenador)  
Dieter Wartchow (Doutor em Engenharia)  
André Luiz Lopes da Silveira (Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)  
Antônio Domingues Benetti (Doutor em Engenharia Ambiental)  
Darci Barnech Campani (Professor Adjunto)  
Viviane Trevisan (Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)  
Fernando Dorneles (Doutorando IPH/UFRGS)  
Giuliano Crauss Daronco (Professor UNIJUI e Doutorando IPH/UFRGS).

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH  
Avenida Bento Gonçalves, nº 9500  
CEP: 91501-970 / Porto Alegre-RS**

Catálogo na Fonte  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH

---

P01 Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Ijuí – RS (PLAMSAB): Volume 02: Análise Técnica SES / Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Porto Alegre: UFRGS, 2011.  
58 p. : il. color. ; 27cm

Bibliografia  
ISBN

1. Brasil – Saneamento Básico. 2. Plano Municipal. 3. Ijuí - RS. I. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. II. Instituto de Pesquisas Hidráulicas . III. Título.

---



## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	1
2. O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO ATUAL E O PROPOSTO PELA CORSAN PARA IJUÍ	3
2.1 Estudos realizados	3
2.2 Unidades e concepção da estação de tratamento de esgotos	4
2.3 Eficiências consideradas na remoção de contaminantes na ETE	6
2.4 Considerações sobre o projeto da ETE	6
3. PADRÕES DE EMISSÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS ....	9
3.1 Resolução CONSEMA N° 128/2006	9
3.2 Resolução CONSEMA N° 245/2010	11
4. ATENDIMENTO AOS PADRÕES DE EMISSÃO PELO TRATAMENTO PROPOSTO DA ETE IJUÍ	13
4.1 Caracterização do esgoto sanitário de Ijuí	13
4.2 Eficiências previstas dos processos	13
4.2.1 Tratamento preliminar	13
4.2.2 Reator anaeróbio de manta de lodo (UASB)	14
4.2.3 Filtro biológico	15
4.2.4 Banhados construídos	17
4.3 Qualidade do efluente final	21
5. SITUAÇÃO ATUAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS .....	23
5.1 Bacias coletoras	23
5.2 Instalações da Estação de Tratamento de Esgotos	24
5.3 Considerações sobre o funcionamento da ETE	30
6. ALTERNATIVAS PARA A COLETA E TRATAMENTO DOS ESGOTOS DE IJUÍ	32



6.1 Princípio básico da concepção	32
.....	
6.2 Alternativas para o sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários	33
.....	
6.2.1 Alternativa 1: proposta adaptada dos estudos já desenvolvidos pela CORSAN ....	33
6.2.2 Alternativa 2: construção de uma segunda ETE e eliminação das elevatórias de esgotos	35
.....	
6.2.3 Implantação de sistema condominial de esgotos	35
.....	
6.2.4 Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas – PRODES	38
.....	
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
.....	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
.....	
ANEXO 1: Projeções populacionais por sub-bacia	44
.....	
ANEXO 2: Reunião com Comissão Municipal de Saúde e Meio Ambiente	49
.....	



## 1. INTRODUÇÃO

A cidade de Ijuí teve origem na fundação da Colônia Ijuhy em 19 de outubro de 1890. Em 1912 a colônia foi emancipada e tornou-se cidade. No ano de 2010, Ijuí completou 120 anos. O nome Ijuhy foi dado por índios guaranis ao rio que atravessa o município, significando “Rio das Águas Divinas” (Ijuí, 2010). A colônia recebeu imigrantes de mais de onze etnias, que deram grande impulso ao desenvolvimento social, econômico e cultural da região. Antes da chegada dos imigrantes europeus, a região já era habitada por indígenas no aldeamento de Inhacorá e por caboclos que ocupavam as matas locais. Ijuí nasceu como cidade planejada, com o objetivo de ser a porta de entrada para a colonização do Noroeste gaúcho. A construção de uma ferrovia facilitou o transporte para a região, possibilitando o escoamento da produção colonial.

A primeira urbanização de Ijuí ocorreu influenciada pela filosofia positivista, com a implantação de quadras regulares de 100 x 100 metros. A cidade expandiu-se a partir da Praça da República, marco social e cultural dos habitantes de Ijuí. A partir de 1950, inicia-se um intenso êxodo rural para a cidade, com a busca de melhores condições de vida. Iniciou-se um loteamento aleatório de terrenos e o estreitamento de ruas para aumentar o tamanho das áreas agora valorizadas.

Um aspecto saliente na história do município é o referente a energia elétrica. Ijuí é uma das duas cidades do Brasil que produz sua própria energia através de duas usinas, sendo que aquela conhecida como Usina Velha é a mais antiga hidrelétrica em funcionamento do RS. Em paralelo, o município abriga a Cooperativa de Eletrificação Rural, que conta com duas usinas hidrelétricas, além de uma PCH em construção.

Em meados da década de 1920, foi descoberta a fonte de água de Itahy (que significa “água da pedra” em Tupi-Guarani). A água já era famosa entre os moradores locais por suas propriedades medicinais. Anos mais tarde, foi caracterizada como água mineral, passando a ser engarrafada para comercialização. Uma outra fonte descoberta em 1926, no distrito de Chorão, permitiu o desenvolvimento de uma segunda engarrafadora de água mineral e a implantação de um hotel de turismo. Em 2010, eram engarrafados cerca de 600 mil litros de água por dia pelas duas empresas. Outros locais do município são conhecidos por suas fontes naturais, onde a população desfruta livremente de seus benefícios.

A cidade conta com Universidade Regional do Noroeste do Estado (UNIJUÍ), tendo origem na Universidade de Ijuí, criada em 1985, e a Faculdade de Filosofia,



Ciências e Letras de Ljuí, de 1957. A Unijuí é uma universidade de caráter regional e multi-campi, desenvolvendo atividades de ensino, pesquisa e extensão em todas as áreas do conhecimento. Cerca de 10 mil alunos atendem aos cursos superiores oferecidos pela universidade.

Atualmente, a principal atividade econômica de Ljuí é o setor terciário, com destaque para os serviços de educação e saúde. O município conta ainda com cerca de 600 indústrias, destacando-se principalmente o setor de alimentação. Dispõe de sete distritos industriais oferecendo infra-estrutura adequada para a implantação de empreendimentos. Ljuí conta com uma estrutura de saúde que engloba o Sistema Municipal de Saúde com atendimento 24 horas, cinco Unidades Básicas de Saúde e três hospitais.

De acordo com os resultados preliminares do Censo de 2010 do IBGE, a população do município de Ljuí era de 78.920 habitantes, sendo 71.555 habitantes na área urbana (90,7%) e 7.365 habitantes nas áreas rurais (9,3%) (IBGE 2010). A área total do município de Ljuí é 689,124 km<sup>2</sup>, tendo densidade populacional de 114,52 hab/km<sup>2</sup>. Os pontos mais alto e baixo do município situam-se, respectivamente, a 409,8 m e 205 m acima do nível do mar, com altitude média de 384 m (Ljuí, s.d.).

O crescimento urbano de Ljuí resultou no aumento do volume de esgotos sanitários. Atualmente, estes esgotos são dispostos, preferencialmente, na mesma rede de recebimento das águas pluviais, trazendo problemas associados ao mau-cheiro, a falta de tratamento de esgotos e a poluição de cursos de água da cidade.

O presente trabalho analisa o sistema de esgotamento atual e o proposto pela CORSAN para Ljuí. Também, avalia o atendimento aos padrões de emissão pelo tratamento proposto e a situação atual da ETE já construída. Finalmente, sugere alternativas para a coleta e o tratamento de esgotos de Ljuí.

Este trabalho é parte da assessoria que o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS presta a Prefeitura Municipal de Ljuí referente ao desenvolvimento do Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade.



## 2. O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO ATUAL E O PROPOSTO PELA CORSAN PARA IJUÍ

### 2.1 Estudos realizados

Como todas as cidades do RS, Ijuí expandiu-se sem a implantação de uma rede de esgotos sanitários. Na maior parte da cidade, os esgotos sanitários escoam nas mesmas canalizações da drenagem pluvial. Em épocas de calor e poucas chuvas, os sólidos dos esgotos se depositam na rede pluvial e entram em decomposição anaeróbia, produzindo gases mau-cheirosos que escapam pelas bocas-de-lobo de vias públicas, causando desconforto aos habitantes. Em chuvas intensas, a capacidade das canalizações pode ser excedida, extravasando e causando inundações localizadas. Nestas situações, se houver contato da água com humanos e animais, há risco de transmissão da doença infecciosa *Leptospirose*, causada pela bactéria *Leptospira*, presente na urina de ratos (Chin, 2001).

A preocupação em dotar a cidade com uma rede de esgotos adequada data de 1972, com a elaboração de estudo realizado pelo consórcio Italconsult – Latino Consult Brasileira. Nesta ocasião, já era proposta a instalação de rede separadora de esgotos sanitários e respectiva estação de tratamento de esgotos. Contudo, o projeto não foi implantado.

Posteriormente, em 1992, foi publicado o trabalho “Sistemas de Esgotos Sanitários de Ijuí/RS”, pela empresa Engeplus Engenharia e Consultoria Ltda. Neste trabalho era proposta novamente a instalação de redes de esgotos sanitários em 10 das 18 bacias da cidade, todas associadas a uma estação de tratamento. As redes de esgotos destas 10 bacias foram dimensionadas. O projeto da ETE previa tratamento preliminar constituído por gradeamento (Grades de Barras) e desarenador (Caixas de Areia), primário em Tanques Imhoff, tratamento secundário em Filtros Biológicos, terciário em Filtros Rápidos de Areia e um polimento final através da passagem do efluente por um Canal com Macrófitas. A ETE seria implantada em duas etapas, com dois módulos de 70 L/s, dentro do período 1994-2000. No entanto, o projeto não teve continuidade.

Em 2001, a CORSAN reformulou o projeto da estação de tratamento de esgotos de Ijuí proposta no estudo da Engeplus. O Tanque Imhoff e o Canal de Macrófitas foram substituídos, respectivamente, por um Digestor Anaeróbio de Manta de Lodo e Fluxo



Ascendente (UASB) e um sistema de Banhados Construídos. O filtro rápido de areia foi eliminado. O lodo formado nos reatores UASB seria desaguado em Leitões de Secagem. O projeto foi desenvolvido para atender um período de 30 anos, com término em 2030 (CORSAN, 2001).

Em 2008, o consórcio Magna e Bourscheid Engenharia, contratada pela CORSAN, elaborou o projeto hidráulico da rede coletora de esgotos sanitários de duas bacias coletoras (0 e 8), além do interceptor do arroio do Moinho. Este arroio recebe a contribuição de 13 das 18 bacias que compõe o sistema de esgotos da cidade. O interceptor do arroio Moinho (bacia 0) foi dimensionado de duas maneiras. Na primeira, foi considerado que o interceptor receberia apenas as vazões de esgotos domésticos acrescidas das vazões de infiltração, adotando critérios especificados na norma ABNT NBR 9649/86 (Magna Bourscheid, 2008). As vazões de início (ano 2010) e final de plano (ano 2040), com horizonte de 30 anos estimadas no último trecho do interceptor foram, respectivamente, 371 e 445 L/s. A seguir, foi feito um dimensionamento considerando que o interceptor receberia, em 1ª etapa, as contribuições da rede de esgotos pluviais existentes. Aqui foi adotado o critério de que a vazão nunca poderia ser superior a 60 L/s, pois esta é a vazão para a qual foi dimensionada a estação de tratamento de esgotos. Durante as chuvas, o excesso de vazão seria extravasado através de 14 caixas extravasoras instaladas ao longo do interceptor. Estas caixas permitiriam a passagem de 4,09 L/s cada para dentro do interceptor.

O estudo da CORSAN de 2001 havia estimado que as populações urbanas nos anos de 2010 e 2030 seriam de 74.233 e 90.578 habitantes, respectivamente. Os resultados preliminares do Censo 2010 do IBGE mostram que Ijuí tem uma população total de 78.920 habitantes, sendo que 90,7% concentra-se na área urbana (71.555 habitantes). No ano de 2000, as populações total, urbana e rural de Ijuí eram, respectivamente, 78.461, 67.397 e 11.064 habitantes, respectivamente. Observa-se que nos últimos 10 anos quase não houve incremento da população do município; a população urbana, no entanto, aumentou em 4.158 habitantes (6,2%).

## **2.2 Unidades e concepção da estação de tratamento de esgotos**

Na Tabela 2.1, são apresentadas as populações total e atendida por tratamento de esgotos, as vazões estimadas para a ETE e os percentuais de atendimento previstos para os anos de 2010 e 2030.



O projeto da ETE previu a construção de dois módulos de 60 L/s para o ano de 2010 (vazão média estimada de 120,7 L/s). Um módulo adicional de 60 L/s seria construída em uma segunda etapa, considerando a vazão média no ano 2030, estimada em 177,4 L/s. Pelo projeto, a ETE irá atender, respectivamente, 60% e 80% das populações urbanas estimadas para os anos de 2010 e 2030.

Tabela 2.1: População total e atendida e vazões estimadas na estação de tratamento de esgotos (CORSAN, 2001)

Variável		Ano	
		2010	2030
População urbana		74.233	90.578
População atendida		44.540	72.462
Percentual de atendimento (%)		60	80
Vazão	Mínima	91,9	130,5
	Média	120,7	177,4
	Máxima	170,0	258,5

A idéia do projeto foi a de permitir um escoamento hidráulico por gravidade dentro da ETE, sem haver equipamentos eletromecânicos. As unidades componentes do sistema são:

#### 1º) Gradeamento

Dimensionado para a vazão máxima afluyente a ETE. Consiste de grades manuais de barras retangulares, espaçadas entre si de 2,5 cm. Cada módulo de 60 L/s terá sua grade individual.

#### 2º) Caixa de areia

Dimensionada para a vazão máxima afluyente a ETE. Consiste de canais paralelos, com seção hiperbólica. Ao final do canal, está prevista uma seção de controle com medição de vazão através de régua graduada. Na saída dos desarenadores foi projetada uma caixa visando a equalização de vazões para as etapas seguintes de tratamento.

#### 3º) Reatores UASB



Foram projetados dois módulos de reatores UASB na 1ª etapa e um terceiro, para a 2ª etapa. Cada módulo tem capacidade para 60 L/s. Os reatores foram projetados considerando as vazões médias que chegam a ETE.

#### 4º) Filtros Biológicos

Foram projetados 3 módulos de filtros biológicos retangulares, dois previstos para a 1ª etapa e um para a 2ª etapa. A distribuição do esgoto é feita a partir de canais centrais longitudinais, onde são fixadas as tubulações distribuidoras perfuradas transversais aos filtros. Os leitos filtrantes dos filtros são constituídos por pedras britadas de granulometrias variáveis.

#### 5º) Banhados construídos

Foram previstas duas unidades de banhados construídos para atender as três etapas do projeto. Desta forma, espera-se haver uma sobrecarga nos banhados ao final do período do projeto. Os banhados são do tipo fluxo subsuperficial. A bacia é preenchida com meio poroso, com nível de água abaixo da superfície. São plantados macrófitas aquáticas onde se aderem microrganismos que metabolizam a matéria orgânica. Estimou-se que os nutrientes serão removidos através das raízes e rizomas. Cada unidade tem largura e comprimento de 30 m e 140 m respectivamente. A altura do leito é de 0,65 m.

#### 6º) Leitos de secagem

Foram previstos 5 leitos de secagem por módulo. Cada leito tem 8,50 m de largura e 25,2 m de comprimento. A área total dos leitos de secagem, por módulo, é de 1.062,5 m<sup>2</sup>.

#### 7º) Destino do efluente final

O efluente final tratado será descartado no rio Potiribú.

### **2.3 Eficiências consideradas de remoção de contaminantes na ETE**

No projeto da estação de tratamento de esgotos, foram consideradas eficiências de remoção de DBO e DQO no reator UASB de 60% e 50%, respectivamente. A concentração de SS efluente do UASB foi estimada em 41 mg/L. O UASB removeria, ainda, 32% do Nitrogênio Total presente nos esgotos brutos.

As eficiências estimadas de remoção de DBO e Nitrogênio Total, nos filtros biológicos foram de 71% e 30%, respectivamente. Nos banhados, nitrogênio teria remoção de 6,2%.



## 2.4 Considerações sobre o projeto da ETE

A seguir discutem-se alguns aspectos da concepção do projeto da ETE.

### 1º) Reatores UASB

É um processo anaeróbio, isto é, ocorre na ausência de oxigênio. Os processos anaeróbios sempre foram usados para o tratamento de esgotos e lodos com matéria orgânica concentrada, como os despejos de suínos, de agroindústrias e lodos de ETES. A partir da década de 1980, houve melhorias no layout dos reatores que permitiram a expansão do uso para águas residuárias de matéria orgânica mais diluídas, como esgotos domésticos.

A concepção do sistema de esgotos sanitários de Ijuí previu inicialmente um sistema combinado, isto é, o recebimento de esgotos cloacais e pluviais na mesma rede coletora. Isto fará com que a matéria orgânica dos esgotos fique bastante diluída, prejudicando o funcionamento do processo anaeróbio dos reatores UASB. As ligações de águas pluviais na rede coletora são citadas por Chernicharo (2007) como problema operacional de operação de reatores UASB.

### 2º) Filtros biológicos

Os filtros biológicos são normalmente circulares com uma estrutura de distribuição formada por braços giratórios fixados a uma coluna central por onde entra o esgoto. Este sistema proporciona uma distribuição mais uniforme dos esgotos sobre o leito de pedra que distribuidores fixos (Jordão e Pessoa, 2005).

O projeto da ETE Ijuí previu filtros biológicos retangulares com distribuidores fixos. Este sistema permitiu a eliminação dos braços giratórios mas, como mencionado, apresenta maior dificuldade na distribuição uniforme dos esgotos.

### 3º) Ausência de decantador secundário

Filtros biológicos produzem biomassa que cresce aderida ao material inerte de preenchimento (pedras, neste caso). Esta biomassa cresce como resultado do metabolismo dos organismos que realizam a remoção da matéria orgânica dos esgotos, formando os biofilmes. Este material está constantemente desprendendo-se das pedras e saindo, na forma de sólidos em suspensão, junto com o efluente tratado. Estes sólidos suspensos necessitam ser separados da fase líquida como parte do tratamento. Esta



separação ocorre em decantadores secundários. A norma brasileira vigente de projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário, NBR 12209 requer o emprego de decantação final com o uso de filtros biológicos (ABNT, 1992).

No projeto da ETE Ijuí, os decantadores secundários foram eliminados, indo a carga de sólidos em suspensão diretamente aos banhados construídos. É possível que estes sólidos venham a trazer problemas na operação dos banhados, pois irão se depositar em sua área inicial, com formação de bancos de lodos que entrarão em decomposição anaeróbia.

#### 4º) Dimensões dos banhados construídos

No projeto de banhados construídos, a determinação da área é feita com base na remoção desejada dos contaminantes. No caso da ETE Ijuí, isto não pode ser feito uma vez que a área era pré-determinada. Como será visto no capítulo 4, a área disponível não proporciona o tempo de detenção do efluente necessário para que ocorra a remoção necessária de nitrogênio.

#### 5º) Grades do tratamento preliminar

As grades previstas para o tratamento preliminar apresentam espaçamento de 25 mm. Um dos problemas operacionais mais freqüentes observados em reatores UASB é o entupimento das tubulações de alimentação. Isto se deve a passagem de sólidos de tamanho indesejáveis pelo tratamento preliminar, tais como tocos de cigarros, trapos de panos, pedaços de papel e plástico. A partir desta constatação, existe a recomendação de se utilizar grades mais finas ou peneiras com tamanhos de abertura inferiores a 15 mm (Chernicharo, 2007).



### 3. PADRÕES DE EMISSÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

As estações de tratamento de esgotos (ETE) são dimensionadas para atender a padrões de emissão estabelecidos pela legislação ambiental. No Rio Grande do Sul, o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) fixa os padrões de emissão para as fontes de emissão. A seguir apresentam-se as resoluções pertinentes ao assunto.

#### 3.1 Resolução CONSEMA Nº 128/2006

Esta resolução dispõe sobre a fixação de padrões de emissão de efluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul (CONSEMA, 2006). Desta forma, estabelece padrões de emissão para uma série de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. As concentrações permitidas, para alguns destes parâmetros dependem da vazão da fonte poluidora. Estes são os casos dos parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio de 5 dias ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos Totais (SST), Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Fósforo e Coliformes Termotolerantes. Outros parâmetros importantes são Sólidos Sedimentáveis, pH, e Temperatura.

##### 1º) Demanda Bioquímica de Oxigênio de 5 dias ( $DBO_5$ )

A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio requerida por bactérias heterotróficas para oxidar a matéria orgânica presente em uma amostra, em condições aeróbias, no período de 5 dias. A unidade de concentração da  $DBO_5$  é mg/L  $O_2$ .

##### 2º) Demanda Química de Oxigênio (DQO)

No teste da DQO, a matéria orgânica presente na amostra é oxidada por um composto químico, o dicromato de potássio. A quantidade de dicromato utilizada é convertida em unidades equivalentes de oxigênio que seriam necessárias para oxidar a matéria orgânica. A unidade de concentração da DQO é mg/L  $O_2$ .

##### 3º) Sólidos Suspensos Totais (SST)

Sólidos Suspensos Totais representam a matéria que fica retida após passagem de um volume de amostra por um filtro com poros de tamanho aproximado de 1,2 micrômetros ( $1 \mu m = 10^{-6} m$ ). A unidade de concentração é mg/L SST.



#### 4º) Nitrogênio Amoniacal Total

Nitrogênio amoniacal é o nitrogênio que se encontra na forma de amônia. A amônia pode estar presente na forma livre ( $\text{NH}_3$ ) ou ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ), dependendo do valor do pH. A unidade de concentração de nitrogênio amoniacal é mg/L N.

#### 5º) Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)

O Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) corresponde a soma das formas de Nitrogênio Orgânico e Amoniacal. O Nitrogênio Orgânico é aquele que se encontra presente nas proteínas. Nitrogênio Orgânico é convertido em Nitrogênio Amoniacal no processo de oxidação da matéria orgânica. A unidade de concentração de Nitrogênio Total Kjeldahl é mg/L N.

#### 6º) Fósforo Total

Fósforo Total é o presente nas formas orgânica e inorgânica. Fósforo Orgânico se encontra presente em proteínas e ácidos nucleicos. Fósforo Inorgânico pode se encontrar nas formas de ortofosfatos ou polifosfatos. A unidade de concentração de Fósforo Total é mg/L P.

#### 7º) Coliformes Termotolerantes

Os Coliformes Termotolerantes formam um subgrupo das bactérias do grupo Coliforme que fermentam a lactose a  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  em 24 horas. O principal representante é a bactéria *Escherichia coli*, que tem origem fecal. É indicativo de contaminação fecal. A unidade de concentração de Coliformes Termotolerantes é NMP/100 mL.

#### 8º) Sólidos Sedimentáveis

Corresponde ao volume ocupado pelos sólidos que sedimentam ao fundo de um recipiente em forma de cone (Cone Imhoff) em um período de 60 minutos. É uma medida da quantidade de sólidos que poderão ser removidos em decantadores. Sólidos sedimentáveis são expressos em unidades de mL/L.



### 9º) pH

O pH é uma medida da concentração de íons hidrogênio na água, expresso como  $\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$ , sendo  $[\text{H}^+]$  a concentração molar de íons hidrogênio presentes. O pH afeta o metabolismo de organismos que realizam o tratamento biológico dos esgotos, além daqueles presentes nos cursos d'água. Por esta razão é regulado.

### 10º) Temperatura

Como pH, a temperatura afeta a taxa de metabolismo dos organismos que realizam o tratamento biológico dos esgotos, além de influenciar a solubilidade de gases (entre os quais o  $\text{O}_2$ ) que se encontram dissolvidos na água..

Conforme descrito no capítulo 3, a ETE de Ijuí previu a construção de três módulos de 60 L/s, totalizando 180 L/s, correspondente a 15552 m<sup>3</sup>/dia. Para esta vazão, os padrões de emissão seriam, de acordo com a Resolução CONSEMA Nº 128/2006:

- $\text{DBO}_5 \leq 40 \text{ mg O}_2/\text{L}$
- $\text{DQO} \leq 150 \text{ mg O}_2/\text{L}$
- Sólidos Suspensos  $\leq 50 \text{ mg SS/L}$
- Nitrogênio Total Kjeldahl ( 10 mg NTK/L ou 75% de eficiência mínima)
- Nitrogênio amoniacal ( 20 mg amônia/L)
- Fósforo ( 1,0 mg P/L ou 75% de eficiência mínima)
- Coliformes Termotolerantes ( 1000 NMP/100 mL, ou 99% de eficiência mínima)
- Sólidos sedimentáveis: ( 1,0 mL/L)
- pH: 6 a 9
- Temperatura:  $< 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Observa-se, com relação aos parâmetros NTK, Fósforo e Coliformes Termotolerantes, que pode ser feita uma escolha de atendimento entre um valor absoluto de concentração e uma eficiência de remoção do contaminante.

### 3.2 Resolução CONSEMA Nº 245/2010

Esta resolução dispõe sobre a fixação de procedimentos para o licenciamento de Sistemas de Esgotamento Sanitário, considerando etapas de eficiência, a fim de alcançar progressivamente os padrões de emissão e os padrões das classes dos corpos



hídricos receptores, em conformidade com os Planos de Saneamento de Recursos Hídricos (CONSEMA, 2010).

Conforme descrito, a Resolução CONSEMA Nº 245/2010 permite o estabelecimento de “etapas de eficiência” para o alcance progressivo dos padrões de emissão, flexibilizando o atendimento destes padrões. Neste caso, a Licença de Operação permite o atendimento apenas dos padrões de emissão para DBO5, DQO e SS, desde que haja a apresentação de cronograma de atendimento as metas progressivas. Na prática, a resolução permite a implantação gradativa do sistema separador de esgotos, com a implantação de interceptores que conduzam, inicialmente, esgotos combinados até a ETE. Com esta resolução, a ETE de Luján teria que atender, de imediato, apenas os seguintes padrões de emissão:

- DBO5 ( 40 mg O<sub>2</sub>/L
- DQO ( 150 mg O<sub>2</sub>/L
- Sólidos Suspensos ( 50 mg SS/L



## 4. ATENDIMENTO AOS PADRÕES DE EMISSÃO PELO TRATAMENTO PROPOSTO DA ETE IJUÍ

### 4.1 Caracterização do esgoto sanitário de Ijuí

O dimensionamento de estações de tratamento de esgotos requer o conhecimento das características físicas, químicas e biológicas dos esgotos. Isto é feito através de coletas de amostras e análises laboratoriais. Esta caracterização não foi feita para os esgotos de Ijuí.

O projeto da CORSAN assumiu uma composição dos esgotos baseada na bibliografia. Foram admitidas as seguintes concentrações dos parâmetros presentes nos esgotos afluentes a ETE:

- DBO5 = 232 mg/L
- DQO = 460 mg/L
- Sólidos suspensos totais – não especificados
- Nitrogênio Total = 25 mg/L

Não foram considerados os parâmetros nitrogênio amoniacal, fósforo, coliformes e sólidos sedimentáveis.

A concentração de DBO5 de 232 mg/L foi estimada baseada em uma contribuição unitária de 54 g/hab(d (não declarado no relatório do projeto). Como a população atendida prevista foi de 44.540 habitantes, a carga de DBO5 correspondente é de 2405 kg/d DBO5. Dividindo-se esta carga pela vazão de 120 L/s, encontra-se 232 mg/L. O valor da DQO considerado foi aproximadamente o dobro, 460 mg/L.

As faixas e concentrações típicas para esgotos domésticos, segundo duas fontes bibliográficas, são mostradas na Tabela 4.1. Para comparação, mostram-se, nesta tabela, os valores admitidos para o projeto da ETE de Ijuí.

Os valores adotados pelo projeto encontram-se dentro das faixas de concentrações descritas na bibliografia. De qualquer forma, não há valores efetivamente medidos nos esgotos domésticos de Ijuí, o que teria sido interessante para o projeto.

### 4.2 Eficiências previstas dos processos

#### 4.2.1 Tratamento preliminar

Na primeira etapa do tratamento, gradeamento e desarenador, as eficiências de remoção são desprezíveis com relação aos parâmetros descritos na Tabela 4.1.



Tabela 4.1: Concentrações de parâmetros em esgotos sanitários

Parâmetro	Unidade	Von Sperling (2005)		M & E (2003)	ETE Ijuí
		Faixa	Típico	Faixa	
DBO <sub>5</sub>	mg/L	250-400	300	110-350	232
DQO	mg/L	450-800	600	250-800	460
SST	mg/L	200-450	350	120-400	-
Nitrogênio Total	mg/L	35-60	45	20-70	25
Amônia	mg/L	20-35	25	12-45	-
Fósforo Total	mg/L	4-15	7	4-12	-
Coliformes Fecais	org/100 mL	10 <sup>6</sup> – 10 <sup>9</sup>	-	10 <sup>3</sup> – 10 <sup>5</sup> / 10 <sup>5</sup> – 10 <sup>8</sup>	-
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	10-20	15	5-20	-

#### 4.2.2 Reator anaeróbio de manta de lodo (UASB)

No reator UASB ocorre um processo anaeróbio no qual a matéria orgânica presente nos esgotos é convertida em gases, principalmente metano e dióxido de carbono, além de uma pequena formação de biomassa. Junto ao fundo do reator desenvolve-se um leito de lodo concentrado, na faixa de 40 a 100 g/L de sólidos totais. Acima do leito de lodo, forma-se uma manta de lodo com concentrações de sólidos da ordem de 15 a 30 mg/L. Na parte superior do reator são instalados separadores trifásicos, nos quais gases, sólidos e líquido são separados. Os gases são conduzidos a um queimador, ou podem ser utilizados. Os sólidos retornam para a zona de digestão e o líquido decantado é recolhido em canais localizados na parte superior do reator.

Reatores UASB tratando esgotos domésticos são dimensionados pelo critério da carga volumétrica hidráulica, que corresponde ao inverso do tempo de detenção hidráulica (TDH). O processo anaeróbio é muito dependente da temperatura, devido a sua influência na atividade metabólica dos microorganismos. A Tabela 4.2 mostra os tempos de detenção recomendados para diferentes faixas de temperatura.

Os reatores UASB apresentam eficiências da ordem de 50 – 70% (DBO<sub>5</sub>), 55 – 70% (DQO), 60 – 80% (SST), < 30% (Nitrogênio Total), < 30% (amônia), < 30% (Fósforo



Total) e 90 a 99% (1 a 2 unidades log de redução) (Coliformes Fecais) (Jordão e Volschan, 2009; Von Sperling, 2005). O projeto da CORSAN previu eficiências de 60% (DBO<sub>5</sub>), 50% (DQO) e 32% (Nitrogênio Total), o que está de acordo com as faixas descritas, embora demasiado otimista com relação a este último. A concentração de sólidos suspensos no efluente do reator UASB foi estimada em 41 mg/L, baseada em uma fórmula empírica relacionando concentração de SS com tempo de detenção. Se for assumida uma concentração no afluente de 250 mg/L SST, a eficiência do UASB seria de 84%, o que é excessivo.

Tabela 4.2: Tempos de detenção hidráulicos recomendados em função da temperatura (Fonte: Chernicharo, 2007)

Temperatura do Esgoto (°C)	Tempo de detenção hidráulico (h)	
	Para vazão média diária	Para vazão máxima (durante 4 a 6 h)
15 - 18	≥ 10,0	≥ 7,0
18 - 22	≥ 8,0	≥ 5,5
22 - 25	≥ 7,0	≥ 4,5
> 25	≥ 6,0	≥ 4,0

Será assumida a seguinte composição do esgoto sanitário de Ijuí, dado que não existem análises para sua caracterização. Também, foram fixadas eficiências do processo. A Tabela 4.3 mostra a composição, eficiência e critério usado.

Tabela 4.3: Composição hipotética do esgoto doméstico de Ijuí e efluente de reator UASB

Parâmetro	Eficiência de remoção (%)	Concentração (mg/L) <sup>1</sup>		Critério
		Afluente	Efluente	
DBO <sub>5</sub>	60	232	92,8	2
DQO	50	460	230	2
SST	65	250	88	3, 4
N total	32	25	17	2
Amônia	25	15	11,3	3, 4
P total	20	8	6,4	3, 4
Coli Fecais	90	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	3, 4

<sup>1</sup> Exceto coli fecais, cuja unidade é org/100 mL; <sup>2</sup> CORSAN (2001); <sup>3</sup> Von Sperling (2005);

<sup>4</sup> Jordão e Volschan (2009)



Um aspecto importante é que a rede de esgotos será, inicialmente, combinada. Isto implica no recebimento de contribuições da drenagem pluvial. Desta forma, os esgotos serão diluídos, o que é inadequado para reatores UASB. Nestas condições, é possível que o reator UASB não funcione como processo anaeróbio, mas sim com um tanque de decantação.

#### 4.2.3 Filtro biológico

No projeto da CORSAN, os filtros foram projetados para as taxas de aplicação orgânica e hidráulica de, respectivamente, 0,90 kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>·d e 17,4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·d, caracterizando-se como filtro de alta taxa (Jordão e Pessoa, 2005).

Conforme descrito no capítulo 2, não foi previsto um decantador secundário para receber os sólidos suspensos presentes nos efluentes dos filtros. Sem os decantadores, estes sólidos serão encaminhados diretamente aos banhados construídos.

Nos filtros biológicos, desenvolvem-se, junto às superfícies do meio inerte, biofilmes, que são agregados de microrganismos, fibras e inertes associados por biopolímeros. Este biofilme, em contato com a matéria orgânica, oxida o carbono orgânico e obtêm energia para formação de nova biomassa. O biofilme cresce até chegar um ponto em que desprende-se do meio inerte, saindo com o efluente do filtro. Estes sólidos devem ser separados em um decantador secundário.

A eficiência de filtros biológicos de pedra é dada por uma equação empírica desenvolvida pelo National Research Council dos Estados Unidos (Equação 4.1) (Metcalf & Eddy, 2003).

$$\text{Filtro único ou 1º estágio: } E = \frac{100}{1 + 0,4432 \sqrt{\frac{W}{V \cdot F}}} \quad (4.1)$$

Sendo: E = Eficiência do filtro [%]; W = carga orgânica afluenta ao filtro [kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>]; V = volume do filtro [m<sup>3</sup>]; F = fator de recirculação [ - ]. O Fator de Recirculação é calculado pela Equação 4.2.

$$F = \frac{1+r}{\left(1 + \frac{r}{10}\right)^2} \quad (4.2)$$



O volume do filtro biológico projetado pela CORSAN é de 534 m<sup>3</sup>, com altura de 1,8 m. A carga orgânica, dada pelo produto entre 62,8 mg/L e a vazão de 60 L/s (1 módulo) é 481,08 kg DBO<sub>5</sub>/dia. Substituindo-se os valores adotados na Equação (4.1), obtêm-se a eficiência de 71%.

Assim, a concentração de DBO<sub>5</sub> no efluente do filtro biológico seria:

$$\text{Concentração efluente do FB} = [(100 - 71)/100] \times 92,8 \text{ mg/L} = 26,9 \text{ mg/L DBO}_5.$$

Ressalte-se que esta concentração é a da parte solúvel da DBO<sub>5</sub>. Havendo sólidos no efluente, a DBO será maior (o que deverá ocorrer devido à ausência de decantador secundário). No projeto da CORSAN não há menção a concentração esperada de sólidos suspensos no efluente.

Para o nitrogênio total, o projeto da CORSAN estimou uma redução de 30%.

A Tabela 4.4 mostra a composição, eficiência, concentração efluente do filtro biológico e critério usado.

Tabela 4.4: Composição estimada do esgoto afluente e efluente ao filtro biológico

Parâmetro	Eficiência (%)	Concentração (mg/L) <sup>1</sup>		Critério
		Afluente	Efluente	
DBO <sub>5</sub>	71	92,8	26,9 <sup>2</sup>	4
DQO	65	230	80,5	5
SST	85 <sup>3</sup>	88	13,2	5, 6
N total	30	17	11,9	4
Amônia	30	11,3	7,9	5, 6
P total	30	6,4	4,48	5, 6
Coli Fecais	90	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	5, 6

<sup>1</sup> Exceto coli fecais, cuja unidade é org/100 mL; <sup>2</sup> DBO solúvel; <sup>3</sup> Com decantador secundário; <sup>4</sup> CORSAN (2001); <sup>5</sup> Von Sperling (2005); <sup>6</sup> Jordão e Volschan (2009)

Se houvesse a separação de sólidos suspensos, o efluente do filtro biológico atenderia aos padrões de emissão dos parâmetros de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, nitrogênio amoniacal e coliformes termotolerantes, baseado na eficiência composta de 99% de redução associada ao UASB e filtro. O efluente não atenderia NTK e fósforo. Sem a presença de decantador secundário, possivelmente nenhum dos padrões será atendido, ficando a cargo dos banhados construídos a tarefa complementar de redução de concentração dos contaminantes.



#### 4.2.4 Banhados construídos

Vários processos atuam para a remoção de contaminantes em banhados. A matéria orgânica, medida pela DBO, pode ser reduzida por sedimentação (porção orgânica dos sólidos em suspensão) nas porções iniciais do banhado. Esta matéria entra em decomposição aeróbia ou anaeróbia, dependendo da disponibilidade de oxigênio. A matéria coloidal ou solúvel é removida pelo contato com a biomassa aderida à vegetação.

A remoção de nitrogênio depende da forma com que este entra no banhado (orgânico, amoniacal ou nitrato). O nitrogênio orgânico está normalmente associado ao material particulado, que sedimenta nas porções iniciais dos banhados. Sua decomposição gera amônia. Assim, considera-se que o nitrogênio orgânico que entra em um banhado converte-se em amônia.

A amônia é removida em banhados através do processo de nitrificação, isto é, a sua conversão em nitrato. O processo requer a remoção prévia de DBO, condições aeróbias, alcalinidade e temperatura adequadas. Em algumas situações, ocorre produção em vez de remoção de amônia em banhados. Isto pode ocorrer se houver deficiência de oxigênio, tempo de detenção insuficiente ou temperaturas muito baixas.

Havendo nitrificação, a amônia terá sido convertida em nitrato. Para haver remoção de nitrogênio, o nitrato deverá sofrer reação de desnitrificação, ou seja, sua redução a gás nitrogênio ( $N_2$ ), que escapa para a atmosfera. A desnitrificação requer ambiente anóxico (sem oxigênio dissolvido livre). Nestas condições o nitrato será o acceptor de elétrons na reação, sendo reduzido a  $N_2$ . A reação requer disponibilidade de carbono orgânico, o que não deve ocorrer se tiver havido nitrificação. A matéria orgânica virá de resíduos de plantas e outros materiais que se acumulam na camada de solo suporte da vegetação.

Banhados são eficientes na remoção de sólidos suspensos, podendo-se atingir concentrações inferiores a 20 mg/L. Entretanto, cargas excessivas de sólidos podem resultar na formação de lodos em seu trecho inicial e morte da vegetação. Também é possível o entupimento dos vazios do leito poroso. Esta é uma questão importante no projeto da CORSAN devido à ausência de decantador secundário.

O fósforo é removido principalmente pelos processos de adsorção, complexação e precipitação. A eficiência de remoção de fósforo pode ser alta nos dois primeiros anos,



mas torna-se reduzida quando se atinge o equilíbrio. Fósforo continua a ser removido principalmente por associação a precipitados de ferro, alumínio e cálcio.

Os organismos patogênicos são reduzidos em banhados por mecanismos de decaimento natural, predação, sedimentação e adsorção. Também ocorre o processo adicional de filtração pelas plantas.

A Tabela 4.5 mostra as faixas de valores de remoção de contaminantes em banhados.



Tabela 4.5: Faixas de eficiência de remoção de contaminantes em banhados (Fonte: Reed *et al.*, 1995; WEF, 1990)

Parâmetro	Eficiência (%)	Observações
DBO <sub>5</sub>	70 – 90	Conc. > 2 – 7 mg/L
Sólidos suspensos	70 – 90	Conc. > 5 mg/L
Nitrogênio total	75 – 95	TDH > 5 dias
Nitrogênio amoniacal	70 – 90	TDH > 3 dias
Fósforo	30 – 50	TDH de vários dias
Patogênicos	1 – 2 unidades logs 3 – 4 unidades logs	3 – 7 dias > 14 dias
Metais	> 95	TDH de vários dias
Micropoluentes orgânicos	95 – 99	TDH de vários dias

TDH = tempo de detenção hidráulico

Banhados construídos podem ser considerados como reatores de biomassa aderida com cinética de primeira-ordem e fluxo de pistão (Reed *et al.*, 1995). Desta forma, o tempo de detenção hidráulica do esgoto no banhado é uma variável importante de projeto. O tempo de detenção hidráulica é dado pela Equação 4.3.

$$t = \frac{A_s \cdot d \cdot n}{Q} \quad (4.3)$$

sendo:  $A_s$  = área superficial do banhado [ $m^2$ ];  $d$  = profundidade da lâmina d'água no banhado [ $m$ ];  $n$  = porosidade do leito suporte;  $t$  = tempo de detenção hidráulica [ $d$ ];  $Q$  = vazão [ $m^3/dia$ ].

A remoção de nitrogênio geralmente controla o projeto de banhados quando requerimentos de padrões para nitrogênio amoniacal ou total prevalecem.

Para a ETE Ijuí, a área do banhado foi uma variável fixa, de valor  $8400 m^2$  para cada módulo. Para vazão de  $60 L/s$ , profundidade da lâmina de água de  $0,60 m$  (projeto da CORSAN) e porosidade do meio de  $0,40$  (CORSAN), o tempo de detenção no banhado será

$$t = \frac{8400 m^2 \cdot 0,60 m \cdot 0,40}{(60 L/s \cdot 86400 s/d \cdot 10^{-3} m^3/L)} = 0,39 \text{ dias}$$

Este tempo de detenção é muito baixo para banhados (ver Tabela 4.5). Poderá haver uma produção de amônia pela oxidação da matéria orgânica, convertendo nitrogênio orgânico em amônia. Como o tempo de detenção é baixo, não haverá tempo para nitrificação e desnitrificação. Desta forma, acredita-se que não haverá redução de



nitrogênio nos banhados devido ao baixo tempo de detenção. O padrão para nitrogênio total não deverá ser obedecido.

A seguir, são feitas estimativas para as concentrações esperados no efluente dos banhados. Os valores estimados devem ser considerados apenas aproximações uma vez que todos os parâmetros utilizados são bibliográficos. Será assumido que o sistema de banhado construído é um reator de fluxo em pistão com cinética de primeira ordem (Equação 4.4) (Reed *et al.*, 1995).

$$\frac{C_e}{C_o} = \exp(-k_T \cdot t) \quad (4.4)$$

$$k_T = k_{20} \cdot \theta^{T-20} \quad (4.5)$$

sendo:  $C_e$  = concentração efluente do contaminante [mg/L];  $C_o$  = concentração afluyente do contaminante [mg/L];  $k_T$  = constante da taxa de reação de primeira ordem, dependente da temperatura [ $d^{-1}$ ];  $t$  = tempo de detenção [d];  $k_{20}$  = constante da taxa de reação de primeira ordem a 20°C [ $d^{-1}$ ];  $T$  = temperatura [°C];  $\theta$  = constante que depende do parâmetro sendo modelado [-].

### Demanda Bioquímica de Oxigênio

Para a DBO,  $k_{20} = 1,104 d^{-1}$ ,  $\theta = 1,06$ . Assumindo-se uma temperatura média do mês mais frio de 12°C,

$$k_{12} = 1,104 \cdot 1,06^{12-20} = 0,693 d^{-1}$$

Substituindo-se  $C_o = 26,9$  mg/L DBO,  $k_{12} = 0,693 d^{-1}$  e  $t = 0,39$  d na Equação 4.4, obtêm-se  $C_e = 21$  mg/L DBO<sub>5</sub>.

### Nitrogênio

A remoção de nitrogênio normalmente controla o projeto de banhados quando são requeridos padrões de emissão amônia ou nitrogênio. A remoção de amônia ocorre por nitrificação.

A dependência da nitrificação em relação a temperatura é expressa pela Equação 4.5, com  $k_{12} = 0,2187 d^{-1}$  ( $T > 10^\circ C$ ) e  $\theta = 1,048$ . Assim, para  $T = 12^\circ C$ ,

$$k_{12} = 0,2187 \cdot 1,048^{12-20} = 0,150 d^{-1}$$

Substituindo-se  $C_o = 11,9$  mg/L NTK (o nitrogênio é convertido em amônia),  $k = 0,150 d^{-1}$  e  $t = 0,39$  d, obtêm-se  $C = 11,22$  mg/L amônia. Observa-se, neste caso, que



houve um aumento na concentração de amônia no banhado. Não deverá ocorrer desnitrificação devido ao pequeno tempo de detenção.

### Sólidos em suspensão

A Equação 4.6 estima a concentração de sólidos em suspensão em efluentes de banhados com fluxo sub-superficial (o tipo escolhido no projeto da CORSAN), para taxas de aplicação hidráulica entre 0,40 e 0,75 cm/dia.

$$C_e = C_0 \cdot [0,1139 + 0,00213 \cdot TAH] \quad (4.6)$$

sendo:  $C_e$  = concentração efluente de sólidos suspensos totais [mg/L];  $C_0$  = concentração afluente de sólidos suspensos totais [mg/L]; TAH = taxa de aplicação hidráulica [cm/dia]

A taxa de aplicação hidráulica prevista, de acordo com o projeto da CORSAN será:

$$TAH = \frac{Q}{A} = \frac{(60 \text{ L/s} \cdot 86400 \text{ s/d} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{L})}{8400 \text{ m}^2} = 0,62 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}} = 62 \frac{\text{cm}}{\text{d}}$$

Substituindo-se na Equação 5,

$$C_e = 13,2 \cdot [0,1139 + 0,00213 \cdot 62] = 3,2 \text{ mg/L}$$

### Fósforo

Um modelo para estimar a concentração de fósforo em banhado é representado pela Equação 4.7.

$$\frac{C_e}{C_0} = \exp\left(\frac{-k_P}{TAH}\right) \quad (4.7)$$

sendo:  $C_e$  = concentração efluente de fósforo [mg/L];  $C_0$  = concentração afluente do fósforo [mg/L];  $k_P$  = 2,73 cm/dia;

TAH = taxa de aplicação hidráulica média anual [cm/dia]

Substituindo-se os valores na Equação 4.6,

$$\frac{C_e}{4,48} = \exp\left(\frac{-2,73}{62}\right) \rightarrow C_e = 4,29 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

### Coliformes fecais



A Equação 4.8 pode ser usada para estimar a concentração de coliformes no efluente de banhados.

$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{1}{[1 + k_T \cdot t]^n} \quad (4.8)$$

sendo:  $N_e$  = concentração de coliformes fecais no efluente [org/100 mL];  $N_0$  = concentração de coliformes fecais no afluente [org/100 mL];  $k_T$  = constante da taxa de reação de primeira-ordem, dependente da temperatura [ $\text{dia}^{-1}$ ];  $t$  = tempo de detenção [dias];  $n$  = número de células em série [-]

A constante da taxa da reação tem a forma da Equação 4.5, com  $k_{20} = 2,6$  e  $\theta = 1,19$ . Assim, para  $T = 12^\circ\text{C}$ ,

$$k_{12} = 2,6 \cdot (1,19)^{12-20} = 0,65 \text{ d}^{-1}$$

Substituindo-se  $N_0 = 10^5$  org/100 mL,  $t = 0,39$  d,  $n = 1$  e  $k_{12} = 0,65 \text{ d}^{-1}$  na Equação 4.8, acha-se  $N_e = 8 \times 10^4$  org/100 mL.

### 4.3 Qualidade do efluente final

A Tabela 4.6 mostra as concentrações no esgoto bruto e no efluente final da ETE, assim como as respectivas eficiências de remoção dos contaminantes. Estas estimativas apresentam limitações uma vez que em seu desenvolvimento foram considerados esgotos sanitários (serão combinados, inicialmente) e não há um decantador secundário após o filtro biológico para separação de sólidos suspensos.

Tabela 4.6: Composição final estimada do efluente da ETE Ijuí, eficiência e atendimento ao padrão de emissão

Parâmetro	Concentração (mg/L) <sup>1</sup>		Eficiência de Remoção (%)	Padrão de Emissão
	Afluente	Efluente		
DBO <sub>5</sub>	232	21	91	Atende
DQO	460	< 80	> 83	Atende
SST	250	3,2	99	Atende
N total	25	11,2	55	Não
Amônia	15	11,2	25	Atende
P total	8	4,29	46	Não
Coli Fecais	10 <sup>7</sup>	8 x 10 <sup>4</sup>	99	Atende

<sup>1</sup> Exceto coli fecais, cuja unidade é org/100 mL.



Os parâmetros pH, temperatura e sólidos sedimentáveis também devem ser atendidas pela ETE. Os parâmetros críticos serão nitrogênio e fósforo, que estarão em desacordo com a Resolução CONSEMA No 128/2006. No entanto, se for aplicado os critérios da Resolução CONSEMA No 245/2010, a ETE deverá atender aos padrões fixados de DBO, DQO e SST.



## 5. SITUAÇÃO ATUAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

No dia 01 de dezembro de 2010 foram realizadas visitas a Estação de Tratamento de Esgotos de Ijuí e as sub-bacias de esgotamento sanitário da cidade. Estivemos acompanhados do Secretário Municipal do Meio Ambiente, Osório Lucchese, da engenheira química Joice de Oliveira, além de funcionários da CORSAN.

### 5.1 Bacias coletoras

Para fins de esgotamento sanitário, Ijuí foi dividida em 18 bacias coletoras. Treze bacias escoam por gravidade até a ETE e cinco necessitam bombeamento. Esta concepção do sistema, proposta no trabalho “Sistemas de Esgotos Sanitários de Ijuí/RS” realizado pela empresa Engeplus Engenharia e Consultoria Ltda, em 1992, foi mantida nos estudos subseqüentes da CORSAN (2001) e do consórcio Magna Bourscheid (2008).

O principal arroio que recebe contribuições da área urbana é o Moinho, que drena área rural antes de entrar na cidade (Figura 1). A Figura 2 ilustra o arroio à jusante da área urbana.



Figura 1: Arroio do Moinho à montante da área urbana de Ijuí





Figura 2: Arroio do Moinho à jusante da cidade.

A Figura 3 mostra a junção de dois arroios e bueiros próximos da universidade Unijuí. Este local eventualmente transborda devido ao excesso de chuva em relação à capacidade de escoamento dos bueiros. Os esgotos sanitários desta área necessitam recalque para escoarem até a ETE.



Figura 3: Confluência de arroios e bueiros junto a Unijuí.

## 5.2 Instalações da Estação de Tratamento de Esgotos

A Estação de Tratamento de Esgotos de Ijuí foi construída antes da implantação de coletores que pudessem efetivamente conduzir esgotos até ela. Desta forma, a ETE não tem esgotos para tratar. Para mantê-la em funcionamento, água do arroio do Moinho é recalçada para a ETE. Esta água passa pelos diversos processos e retorna ao arroio do Moinho. Atualmente, está sendo implantado o interceptor do arroio do Moinho, com construção iniciada a partir da ETE em direção a área urbana de Ijuí. A Figura 4 mostra o arroio do Moinho junto ao ponto de recalque de água do arroio para a ETE e a respectiva tomada de água.



Figura 4: Arroio do Moinho junto ao ponto de captação e tomada de água para a ETE.



As Figuras 5 e 6 mostram, respectivamente, a chegada da água do rio na ETE, grade de barras do tratamento preliminar, comportas de acesso e canais desarenadores.



Figura 5: Chegada de água do arroio do Moinho na ETE e grade para remoção de sólidos grosseiros.



Figura 6: Imagens das comportas de acesso e dos canais desarenadores

A Figura 7 ilustra o canal de entrada no reator UASB com os distribuidores de esgotos. Na fotografia da direita, aparece o efluente decantado do UASB. O reator possivelmente não esteja funcionando no modo anaeróbio (como desejado) uma vez que recebe água do arroio do Moinho, com carga orgânica diluída em relação a presente em esgotos sanitários. Foi comentada pelos operadores da ETE a existência de peixes dentro do reator UASB. A origem destes peixes são alevinos que vêm junto com a água do arroio que é bombeada para a ETE. A existência de peixes confirma a presença de oxigênio dissolvido no reator UASB.

A Figura 8 mostra uma parte do canal de distribuição de esgotos no UASB, assoreado e com algas. A direita aparece o leito de secagem de lodos do UASB (ainda não usado).



As Figuras 9 e 10 apresentam fotos da superfície do filtro biológico. Aqui se pode constatar um problema referido na literatura sobre a dificuldade de distribuição uniforme dos esgotos sobre o leito de pedras com a utilização de distribuidores fixos (Jordão e Pessoa, 2005). Observa-se claramente que a distribuição não é uniforme, com áreas do leito sem receber esgotos.



Figura 7: Ilustrações do reator UASB. À esquerda, o canal de entrada e distribuição; à direita, o efluente decantado. Observar o agregado sólido verde flutuando.



Figura 8: Detalhes do canal de distribuição de esgotos no UASB, assoreado por sedimentos e algas (esquerda). Vista do leito de secagem, com brita no canal de drenagem (direita).

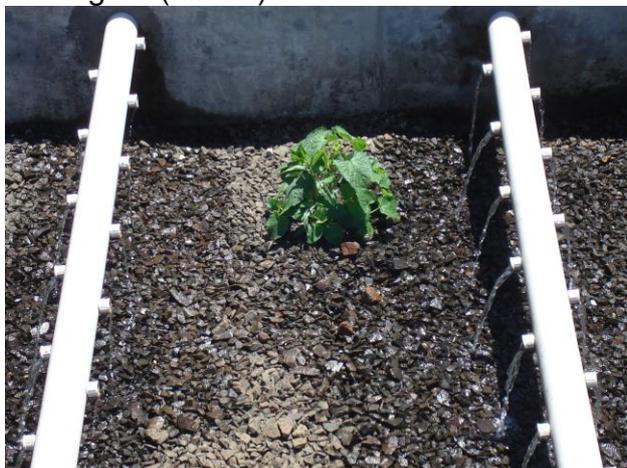


Figura 9: Superfície do filtro biológico retangular e distribuidores. Observar áreas sem recebimento de esgotos, inclusive com crescimento de vegetação.



Figura 10: Imagens do FB, canal de chegada, distribuidores de esgotos e tubos ventiladores.

A Figura 11 mostra a entrada do efluente dos filtros biológicos nos banhados. Observa-se o desenvolvimento de algas na superfície. Na Figura 12 ilustram-se vistas dos banhados construídos. O fluxo deveria ser sub-superficial, isto é, o escoamento seria abaixo da superfície do leito suporte de pedras. Também, não se encontram presentes as macrófitas que deveriam ter sido plantadas para o funcionamento como banhado. O sistema está operando como se fosse uma lagoa rasa, em ambiente eutrofizado, favorecendo o desenvolvimento de algas e mosquitos. A Figura 13 mostra a vegetação crescida no fundo do “banhado” e o canal, afogado, de coleta do efluente. A Figura 14 apresenta a comporta que regula a saída do efluente do banhado.



Figura 11: Entrada do efluente do filtro biológico nos banhados construídos



Figura 12: Vistas dos banhados construídos, funcionando como lagoas eutrofizadas e cheias de algas.



Figura 13: Vegetação crescida ao fundo do suposto banhado. À direita, vê-se o perfil da parede do canal de saída do efluente do banhado, totalmente afogado, além de assoreado.



Figura 14: Comporta de regulação de saída do efluente do banhado.

A Figura 15 mostra detalhes da construção do interceptor, de diâmetro 1,0 m, em concreto, próximo à estação de tratamento de esgotos. O interceptor está sendo construído da ETE em direção à cidade. A Figura 16 ilustra outros detalhes da obra.



Figura 15: Detalhes de construção do interceptor, próximos a ETE



Figura 16: Detalhes da obra de construção do interceptor



A Figura 17 apresenta um trecho da área urbana onde o arroio do Moinho encontra-se canalizado. A placa informativa da direita indica que se trata de interceptor para esgotos combinados.



Figura 17: Arroio do Moinho em trecho canalizado. À direita, placa informativa da obra do interceptor.

### 5.3 Considerações sobre o funcionamento da ETE

A seguir abordam-se alguns problemas verificados na Estação de Tratamento de Esgotos de Ijuí.

- 1º) A ETE deveria entrar em operação no momento em que houvesse esgotos chegando até ela. Atualmente, ela recalca água do arroio do Moinho para mantê-la em funcionamento.
- 2º) Não há um monitoramento das características da água entrando e saindo da ETE. Assim, não se pode saber se há realmente remoção de algum contaminante.
- 3º) O reator UASB, que deveria funcionar como um processo anaeróbio, está aeróbio, com a presença de peixes em seu interior.
- 4º) Os canais de distribuição de esgotos do reator UASB encontram-se assoreados, prejudicando a distribuição uniforme dos esgotos.
- 5º) Os filtros biológicos encontram-se com zonas mortas, causadas por problemas na distribuição dos esgotos.
- 6º) Os banhados construídos não funcionam como banhados. Não foram implantadas as macrófitas previstas. O fluxo deveria ser sub-superficial, mas o nível de água encontra-se acima do leito suporte. O líquido encontra-se com muitas algas, que saem com o efluente final. Uma recomendação imediata seria rebaixar a comporta que regula o nível de água dos banhados, fazendo o fluxo ser sub-superficial.



7º) Outras questões importantes referem-se ao recebimento de esgoto combinado e a falta de um decantador secundário. Reatores UASB não são apropriados para receberem esgotos combinados. Com relação à ausência de decantação, não se descarta a possibilidade de entupimento dos poros do leito suporte dos banhados construídos, principalmente em seu trecho inicial, pelo excesso de sólidos trazidos com o efluente dos filtros biológicos. Isto poderá resultar na produção de odores e efeitos adversos a vegetação dos banhados (Reed *et al.*, 1995).



## **6. ALTERNATIVAS PARA A COLETA E TRATAMENTO DOS ESGOTOS DE IJUÍ**

### **6.1 Princípio básico da concepção**

Do ponto de vista do saneamento, a concepção ideal seria a implantação de sistemas separados para a coleta e o transporte das águas pluviais e dos esgotos sanitários. Esta concepção é favorável ao manejo tanto das águas pluviais quanto dos esgotos sanitários. Os processos de tratamento de esgotos funcionam melhor quando não há contribuição significativa de águas pluviais. No entanto, a realidade da cidade de Ijuí, assim como muitas outras cidades brasileiras, é diferente desta situação ideal. A cidade conta com galerias de águas pluviais que recebem contribuições de esgotos sanitários. Ao mesmo tempo, não há recursos financeiros que permitam a separação dos sistemas pluvial e sanitário dentro de toda a área urbana.

Dentro deste quadro, como avançar para, ao mesmo tempo, afastar os esgotos do contato com as pessoas e reduzir a poluição dos cursos d'água? Este é um grande desafio. Nossa proposta é a de implementação de soluções intermediárias que atenuem a poluição existente, ao mesmo tempo estabelecendo etapas para a implantação gradual de sistemas coletores que separem as águas pluviais dos esgotos sanitários. Dentro deste contexto, inicialmente, a rede coletora combinada existente seria utilizada para conduzir os esgotos até a estação de tratamento de esgotos (ETE). No entanto, o dimensionamento da ETE deve levar em conta somente as vazões de esgotos domésticos acrescidas de águas de infiltração e, eventualmente, vazões de esgotos de indústrias localizadas dentro da área urbana. Este critério é estabelecido considerando ser inviável economicamente implantar ETEs com capacidade para tratar esgotos pluviais, tendo em vista a ordem de grandeza destas vazões.

Adotado este princípio, deve-se deixar claro que o funcionamento da ETE é prejudicado com a combinação de esgotos pluviais e sanitários. Durante os períodos de tempo seco, sem chuvas, a rede de esgotos transportará para a ETE principalmente esgotos sanitários. Em períodos de chuva, os esgotos sanitários ficarão diluídos. A rede deverá contar com extravasores de excesso de água de chuva, de modo a assegurar que a ETE receba somente as vazões para a qual foi projetada. Nesta ocasiões, o excesso de água de chuva, contaminada com esgotos sanitários, será encaminhada pelos extravasores aos corpos receptores, sem o devido tratamento.



## **6.2 Alternativas para o sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários**

### **6.2.1 Alternativa 1: proposta adaptada dos estudos já desenvolvidos pela CORSAN**

O projeto da CORSAN prevê a implantação da estação de tratamento de esgotos em três módulos de 60 L/s. Em 2010, deveriam estar em funcionamento dois módulos (120 L/s), atendendo 60% da população urbana. A implantação do terceiro módulo permitiria elevar o atendimento para 80% da população urbana.

Conforme descrito no capítulo 2, cada módulo engloba tratamento preliminar com grade e caixa de areia, reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB), filtro biológico percolador e banhado construído. Este último possui capacidade somente para dois módulos de 60 L/s devido a limitação de área. Na concepção, a área urbana está dividida em 18 sub-bacias. Destas, 13 escoam por gravidade até a ETE, através do interceptor do arroio do Moinho. Os esgotos de outras cinco sub-bacias são conduzidas até estações de bombeamento, de onde são recalçadas até o interceptor do arroio do Moinho.

Atualmente, encontra-se implantado somente um módulo da ETE, com capacidade para 60 L/s. Desta forma, a população urbana que poderá ser atendida pela ETE situa-se na faixa de 30%. Está sendo construído o interceptor do arroio do Moinho, em concreto e com diâmetro de 1,0 m. Este interceptor será dotado de 14 estravadores, cada um permitindo o ingresso, na rede, de vazão de 4,09 L/s. Esta vazão será, majoritariamente de esgoto sanitário em períodos secos e de esgotos combinados, em períodos de chuva.

Com relação ao funcionamento da ETE, foram verificados vários problemas operacionais, discutidos no capítulo 5. Há necessidade de melhorias substanciais na operação. No capítulo 4, foi feita uma análise do atendimento aos padrões de emissão estabelecidos pela legislação. Na análise, foi admitida que a ETE tenha operação e manutenção adequadas, além de receber predominantemente esgotos sanitários. Nestas condições, é possível prever o atendimento aos padrões de  $DBO_5$ , DQO, sólidos suspensos (SS) e coliformes. Possivelmente, não serão atingidos os padrões para nitrogênio e fósforo. No entanto, a Resolução CONSEMA N°245/2010 permite o atendimento apenas dos padrões de emissão para  $DBO_5$ , DQO e SS, desde que haja a



apresentação de cronograma de atendimento para o cumprimento das metas progressivas.

Duas questões são muito importantes com relação a ETE. O primeiro é o comportamento dos processos de tratamento quando do recebimento de esgotos combinados, que ocorrerá por ocasião das chuvas. O atendimento aos padrões de emissão poderá ser prejudicado, nestas ocasiões, devido a diminuição na eficiência dos processos. A segunda questão refere-se a ausência do decantador secundário antes do banhado e as possíveis conseqüências da deposição de excesso de sólidos sedimentáveis nas partes iniciais do banhado. Não se descarta a ocorrência de maus odores, entupimento de poros do meio suporte e danos a vegetação do banhado, conforme referido por Reed *et al.*, (1995).

De qualquer forma, a primeira recomendação com relação a ETE é solucionar os problemas de manutenção e operação dos processos já implantados. Estes problemas devem estar solucionados assim que o interceptor estiver concluído e iniciar o transporte de esgotos até a ETE.

A partir deste momento, a ETE deverá operar de forma adequada. Ao mesmo tempo, deve ter início um programa de monitoramento das características físicas, químicas e biológicas para se verificar a eficiência dos processos no atendimento aos padrões de emissão. Ao final de dois anos de operação, se poderá decidir sobre medidas a serem tomadas para solucionar problemas que venham a ser detectados e falta de conformidade com os padrões de emissão.

Uma vez concluída a implantação do interceptor do arroio do Moinho no ano de 2011, deverá ter início a construção do interceptor da bacia 14. Na medida das disponibilidades financeiras, deverá ser iniciado o processo progressivo de separação dos esgotos sanitários e pluviais. Este processo deve começar nas bacias 0, 8 e 14 as quais concentram mais população.

Em resumo, nesta alternativa são propostas as seguintes recomendações:

- 1º) Correção dos problemas operacionais constatados na ETE, incluindo o plantio de macrófitas nos banhados construídos;
- 2º) Operação dos banhados em fluxo sub-superficial. A situação atual dos banhados favorece o desenvolvimento de mosquitos;
- 3º) Iniciar um monitoramento das características físicas, químicas e biológicas da ETE assim que iniciar o recebimento dos esgotos transportados pelo interceptor;



- 4º) Iniciar a implantação do coletor da bacia 14;
- 5º) Avaliar o funcionamento da ETE e sua capacidade de atender aos padrões de emissão, além de eventuais problemas operacionais, como mau cheiro. Esta etapa pode ter um prazo de dois anos;
- 6º) Tomar as medidas necessárias para corrigir os problemas detectados com a eventual falta de atendimento aos padrões de emissão. Entre estas medidas poderão estar o uso de compostos químicos para precipitar fósforo, aeração adicional dos filtros biológicos para favorecer a nitrificação e a implantação de decantador secundário para remoção de sólidos antes dos banhados construídos;
- 7º) Implantar o segundo módulo de 60 L/s da ETE
- 8º) Iniciar a separação dos esgotos pluviais e sanitários através da implantação de rede separadora nas bacias 0, 8 e 14.
- 9º) Implantar rede de esgotos sanitários na bacia 12, que vem apresentando problemas com esgotos escoando a céu aberto em certas ruas.

Esta alternativa mantém a proposta de recalcar os esgotos das bacias 6, 7, 11, 13 e 17 para o interceptor do arroio do Moinho.

### **6.2.2 Alternativa 2: construção de uma segunda ETE e eliminação das elevatórias de esgotos**

Nesta alternativa, os esgotos das bacias 6, 7, 11 e 13 seriam transportados, por gravidade, a uma área onde seria implantada uma segunda estação de tratamento de esgotos. Desta forma, não seriam necessárias as estações de recalque planejadas nos estudos da CORSAN. Dependendo de estudos mais específicos referentes a área, a ETE poderá ser composta por reator UASB seguido de filtro biológico e decantador secundário, ou lagoa de estabilização seguida por lagoa de maturação.

Haverá necessidade de implantação dos coletores em cada uma destas bacias. Estes coletores inicialmente poderão receber esgotos combinados, havendo uma separação progressiva das águas pluviais e esgotos sanitários. Havendo disponibilidade de área, lagoas de estabilização poderão ser consideradas, uma vez que estes sistemas estão mais preparados para suportar eventuais sobrecargas hidráulicas de esgotos combinados que os sistemas mais compactos (Bernardes e Soares, 2004).



No que se refere as demais sub-bacias, esta alternativa mantêm as sugestões descritas na alternativa 1. Poderá não ser necessária a implantação do módulo 3 da ETE, uma vez que receberá menos contribuições de esgotos.

### **6.2.3 Implantação de sistema condominial de esgotos**

O sistema condominial de esgotos foi desenvolvido no início da década de 1980 pelo engenheiro brasileiro José Carlos Melo e tem despertado interesse mundial. O sistema permite uma redução em até 50% dos custos requeridos pelo sistema convencional de coleta de esgotos. Em 30 anos de existência, o sistema condominial já atingiu uma população de 5 milhões de pessoas, em oito estados brasileiros e alguns países no exterior. No Brasil, o sistema tem sido implantado em cidades como Brasília, Salvador, Recife, Natal e Petrolina, além de experiências no exterior, com em El Alto, na Bolívia. É o sistema de coleta de esgotos padrão de Brasília. As experiências do sistema têm sido relatadas em publicações do Programa Água e Saneamento do Banco Mundial (Melo, 2005) e do Ministério das Cidades do Brasil (Melo, 2008).

O sistema condominial divide as cidades em condomínios (conjunto de casas ou lotes situadas em uma mesma quadra), micro-sistemas (conjunto contíguo de condomínios, preenchendo uma micro-bacia de drenagem) e o sistema cidade (conjunto de todos os microssistemas). O sistema é formado por ramais condominiais, redes básicas de esgotos, estruturas de transporte dos efluentes dos microssistemas (interceptores, estações elevatórias e emissários) e o processamento final dos esgotos (tratamento e destino final, com possibilidade de reuso do efluente tratado).

As casas em cada condomínio ligam-se a um Ramal Condominial, que podem passar pelo passeio, frente ou fundo dos lotes (Figura 6.1). Os ramais condominiais da quadra ligam-se, um em único ponto, à Rede Básica, que é o componente físico do microssistema. Na Figura 6.2 mostra-se um exemplo de lançamento da rede básica atendendo várias quadras. Uma vez que a ligação dos ramais condominiais é feita em um único ponto, a Rede Básica tem uma extensão pequena, geralmente inferior a metade daquela das redes convencionais. Também, as Redes Básicas, ao passarem pelos pontos mais baixos de cada quadra, percorrem os caminhos de máximas declividades, diminuindo as profundidades de implantação da rede. A Figura 6.3 ilustra a diferença entre os sistemas convencional e condominial. Observam-se as menores extensões de rede requeridas pelo sistema condominial.



Na opinião de Melo (2008), o sistema condominial de esgotos apresenta as seguintes vantagens sobre o sistema convencional de coleta:

- 1º) Requer menor investimento;
- 2º) Apresenta menor demanda de operação e manutenção;
- 3º) Apresenta maiores facilidades construtivas;
- 4º) Tem capacidade para atender qualquer tipo de urbanização;
- 5º) Apresenta equivalência de qualidade de serviços com o sistema convencional.

Desta forma, considerando os menores custos associados com o sistema condominial, a carência da cidade de Ijuí em coleta de esgotos sanitários e a limitação de recursos financeiros, propõe-se que seja implementado, em uma área piloto da cidade, o sistema condominial de esgotos. Este sistema teria um período de avaliação ao fim do qual se concluiria pela expansão ou não do sistema para outras áreas da cidade.

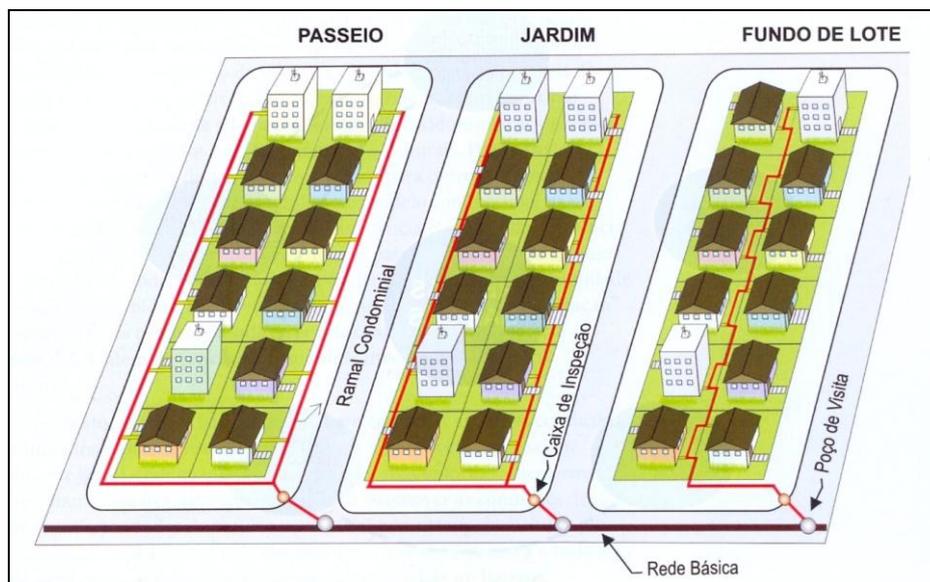


Figura 6.1 Diferentes alternativas de posicionamento dos ramais condominiais (Fonte: Melo, 2008)

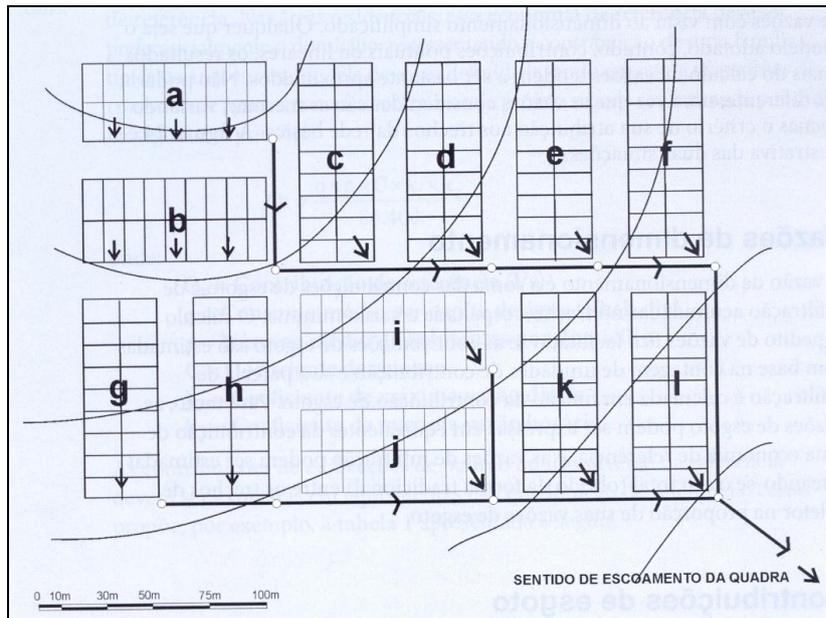


Figura 6.2 Ilustração do lançamento da Rede Básica (Fonte: Melo, 2008)

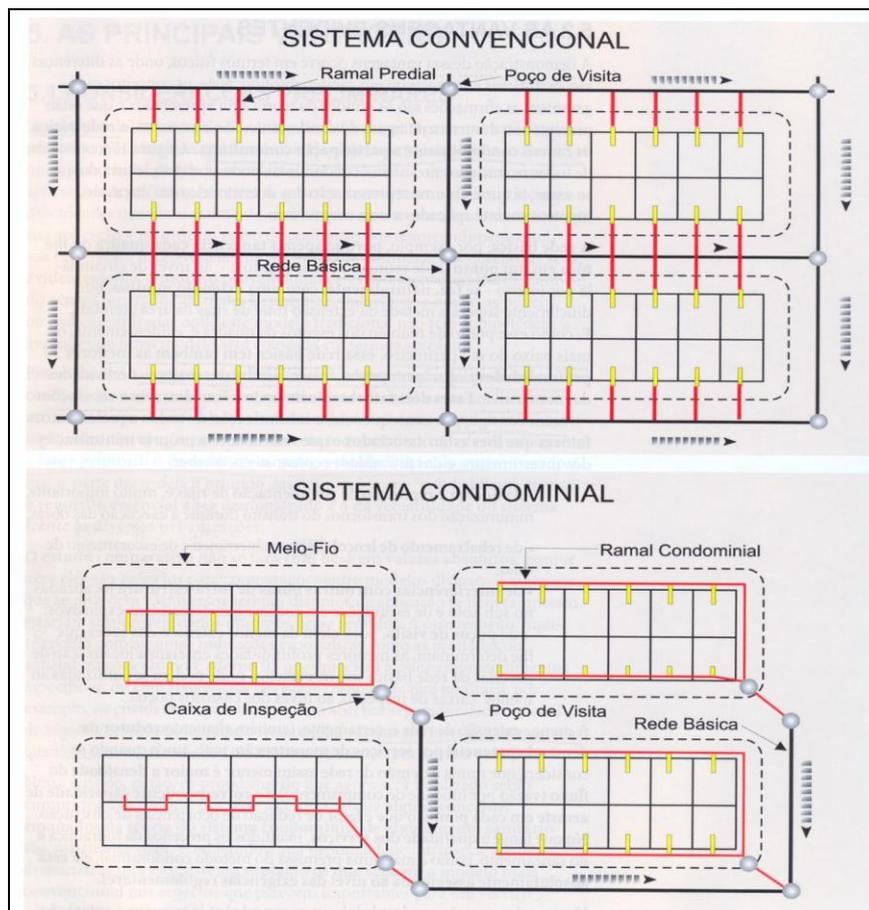


Figura 6.3: Diferenças de lançamento de redes coletoras em sistemas convencional e condominial (Fonte: Melo, 2008)



#### **6.2.4 Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas – PRODES**

A Agência Nacional de Águas – ANA criou, em março de 2001, o Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas (PRODES). Este programa objetiva incentivar a implantação de estações de tratamento de esgotos visando reduzir os níveis de poluição dos recursos hídricos no Brasil e à implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

O PRODES, conhecido como “programa de compra de esgotos tratados” paga pelos resultados alcançados com o tratamento dos esgotos. Neste programa, a União paga, aos prestadores de serviços que tiverem investido na implantação e operação de estações de tratamento de esgotos, pelo esgoto efetivamente tratado. Assim, a ANA não financia a construção do sistema de esgotos, mas paga, para aqueles que fizeram os investimentos, pelo alcance dos resultados programados. É um incentivo financeiro a melhoria das condições sanitárias das cidades e a redução da poluição dos cursos de água.

O Contrato de Pagamento pelo Esgoto Tratado é firmado diretamente entre a Agência Nacional de Águas e o Prestador de Serviço de Saneamento. A liberação dos recursos se dá após o início de operação da ETE, em parcelas vinculadas as metas de redução das cargas poluidoras. No contrato, são definidos as metas de redução das cargas poluidoras pela ETE, o valor dos estímulo financeiro a ser transferido pela ANA e o cronograma de desembolso. Informações sobre o PRODES encontram-se no sítio da ANA ([www.ana.gov.br/prodes](http://www.ana.gov.br/prodes)).

Desta forma, recomenda-se a associação do sistema de esgotos sanitários de Ijuí com este programa, de modo a receber recursos que poderão ser investidos na adequada manutenção e operação da Estação de Tratamento de Esgotos de Ijuí.



## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório abordou o tema relativo ao sistema de esgotos sanitários de Ijuí. Foi abordada a situação existente de mistura dos esgotos domésticos com as águas pluviais em uma única rede. Conforme descrito, esta forma de manejo das águas urbanas é indesejável, pois dificulta o tratamento dos esgotos sanitários e aumenta a contaminação das águas pluviais, trazendo riscos à saúde pública em ocasiões de extravasamentos das galerias pluviais. Assim, o sistema desejado do ponto de vista sanitário e ambiental é o denominado separador, com redes independentes de esgotos domésticos e pluviais. Contudo, a cidade de Ijuí, assim como muitas outras cidades, desenvolveu suas áreas urbanas adotando o sistema combinado e os custos associados à implantação de sistema separador é superior aos recursos financeiros disponibilizados para o saneamento do município. Para estas situações, recomenda-se a adoção de gradualismo, com a implantação progressiva do sistema separador por etapas.

Para Ijuí, a proposta deste trabalho é operar a estação de tratamento de esgotos já construída, após esta passar por melhorias nos sistemas de distribuição dos esgotos no reator UASB e nos filtros biológicos, além do plantio de macrófitas nos banhados (até hoje não realizados). Também é necessário operar o banhado com fluxo sub-superficial, conforme projeto original. A ETE, assim melhorada, seria operada e monitorada por um período de dois anos após a implantação do interceptor do arroio do Moinho. Neste período seria avaliado o atendimento aos padrões de emissão estabelecidos pela legislação ambiental, além da detecção de problemas operacionais da ETE. Findo este período, os processos de tratamento seriam reavaliados com a possível introdução de melhoramentos na ETE já implantada e no segundo módulo a ser construído para aumentar o percentual da população urbana atendida. Em paralelo, teria início a implantação do coletor da bacia 14 e a separação das redes das bacias 0 e 8. Uma área da cidade, na bacia 12, vem apresentando problemas com o aparecimento de esgotos a céu aberto em certos arruamentos. Nesta área também deve ser dada prioridade imediata a coleta e ao transporte de esgotos até uma disposição final segura.

O projeto atual, elaborado pela CORSAN, prevê a construção de quatro estações de bombeamento para elevar os esgotos de cinco bacias sanitárias até o interceptor do arroio do Moinho. Existe a alternativa de eliminar estas elevatórias com a implantação de uma segunda estação de tratamento de esgotos que poderá ser implantada com



processos simplificados como reator UASB, filtro biológico ou mesmo lagoa de estabilização, dependendo da disponibilidade de área.

No decorrer deste trabalho foi sugerida a implantação, em área piloto, do sistema condominial de esgotos. Existem indicações de que este sistema apresenta um custo bastante reduzido (até 50%) em comparação ao sistema convencional. Este sistema poderia ser expandido, ou não, para outras áreas da cidade, dependendo da avaliação do projeto piloto.

Também foi sugerida a possível adesão da estação de tratamento de esgotos ao Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas (PRODES) da Agência Nacional de Águas (ANA). Este programa transfere recursos para os operadores de sistemas de esgotos que conseguem atingir as metas de redução de poluição.

Finalmente, recomenda-se a integração da comunidade com o controle da poluição das águas do município. Isto poderia ser feito, por exemplo, com visitas programadas de estudantes e associações comunitárias a infra-estrutura de saneamento do município, com exposições dos profissionais da área sobre os “caminhos do esgoto”, desde os prédios até a Estação de Tratamento de Esgotos. A ETE é, inclusive, um excelente lugar para aulas de ciência, incluindo química e microbiologia.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

BERNARDES, R. S.; SOARES, S. R. A. **Alternativas tecnológicas saneamento ambiental**: esgotos combinados e controle da poluição. Estratégia para planejamento da mistura de esgotos sanitários e águas pluviais. Brasília: Caixa, 2004.

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

CHIN, J. (ed.). **El control de las enfermedades transmisibles**. 17 ed. Washington, DC: Organización Panamericana de as Salud, 2001.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO – CORSAN. **Sistema de esgotos sanitários de Ijuí/RS**. Memorial descritivo e plantas. Relatório final. Porto Alegre: CORSAN, 2001.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – CONSEMA. Resolução CONSEMA Nº 128/2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – CONSEMA. Resolução CONSEMA Nº 245/2010. Dispõe sobre a fixação de procedimentos para licenciamento de Sistemas de Esgotamento Sanitário, considerando etapas de eficiência, a fim de alcançar progressivamente os padrões de emissão e os padrões das Classes dos corpos hídricos receptores, em conformidade com os Planos de Saneamento e de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 2010.

CONSÓRCIO MAGNA BOURSCHEID. **Sistema de esgotamento sanitário da cidade de Ijuí – RS**. [Porto Alegre]: CORSAN, 2008. 2 v.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE Cidades @**. Rio Grande do Sul. Ijuí. Disponível em: [www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1).

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

JORDÃO, E. P.; VOLSCHAN Jr., I. **Alternativas tecnológicas**: habitação social sustentável. Tratamento de esgotos sanitários em empreendimentos habitacionais. Brasília, Caixa: 2009.

MELO, J. C. **The experience of condominium water and sewerage systems in Brazil**: case studies from Brasília, Salvador and Parauapebas. Washington, DC: The World Bank, 2005.



MELO, J. C. **Sistema condominial**: uma resposta ao desafio da universalização do saneamento. Brasília: Ministério das Cidades, 2008.

METCALF & EDDY, Inc. **Wastewater engineering**: treatment and reuse. 4th ed. Boston: McGraw-Hill, 2003.

MUNICÍPIO DE IJUÍ. **Ijuí 120 anos**. Uma história construída com diversidade. Ijuí: [s.n.], 2010.

PREFEITURA DE IJUÍ. **Geografia**. Disponível em:  
<http://www.ijui.rs.gov.br/prefeitura/index/9>.

REED, S. C.; CRITES, R. W.; MIDDLEBROOKS, E. J. **Natural systems for waste management and treatment**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1995.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 2005. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Natural systems for wastewater treatment**. Alexandria, VA: WEF, 1990. (Manual of Practice FD-16).



## **ANEXO 1**

### **PROJEÇÕES POPULACIONAIS POR SUB-BACIA**

Neste anexo são apresentados as estimativas de projeções populacionais por sub-bacias de esgotamento sanitário. Na Figura A.1 são delineadas as sub-bacias de esgotamento sanitário da área urbana de Ijuí. A Tabela A.1 mostra as projeções realizadas pelo estudo do consórcio Magna-Bourscheid de 2008. A Tabela A.2 apresenta as projeções corrigidas de acordo com os dados preliminares do Censo 2010, mantendo as mesmas proporções, em cada sub-bacia, do estudo do consórcio. A Tabela A.3 mostra as densidades populacionais em cada sub-bacia, calculadas pela divisão da população pela área da sub-bacia.

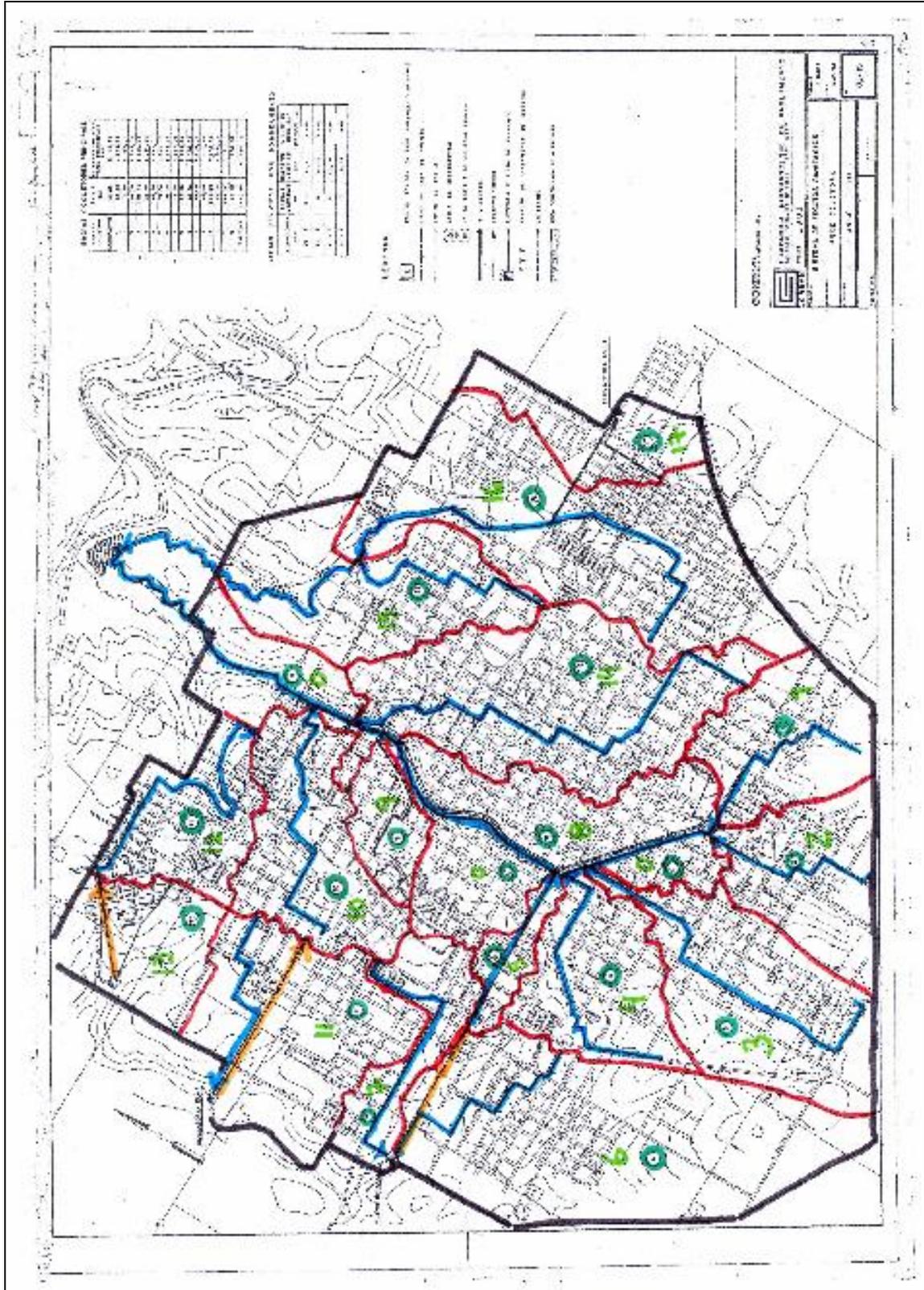


Figura A.1: Sub-bacias sanitárias da área urbana de Ijuí





PROJEÇÃO POPULACIONAL POR BACIA																		
ANO	BACIA 0	BACIA 1	BACIA 2	BACIA 3	BACIA 4	BACIA 5	BACIA 6	BACIA 7	BACIA 8	BACIA 9	BACIA 10	BACIA 11	BACIA 12	BACIA 13	BACIA 14	BACIA 15	BACIA 16	BACIA 17
2010	2.895	2.575	4.175	3.298	3.090	2.497	5.307	2.257	4.023	1.734	4.570	4.227	3.987	2.178	7.290	5.200	9.074	3.286
2011	2.928	2.605	4.222	3.336	3.125	2.525	5.368	2.283	4.068	1.754	4.622	4.275	4.033	2.203	7.373	5.259	9.178	3.324
2012	2.961	2.634	4.271	3.374	3.161	2.554	5.429	2.309	4.115	1.774	4.674	4.324	4.079	2.228	7.457	5.319	9.282	3.362
2013	2.995	2.664	4.319	3.412	3.197	2.583	5.491	2.335	4.162	1.794	4.728	4.373	4.125	2.254	7.542	5.380	9.388	3.400
2014	3.029	2.695	4.369	3.451	3.234	2.613	5.553	2.361	4.209	1.814	4.782	4.423	4.172	2.279	7.628	5.441	9.495	3.439
2015	3.064	2.725	4.418	3.490	3.270	2.642	5.617	2.388	4.257	1.836	4.836	4.473	4.220	2.305	7.715	5.503	9.604	3.478
2016	3.099	2.756	4.469	3.530	3.308	2.673	5.681	2.416	4.306	1.856	4.891	4.524	4.268	2.332	7.803	5.566	9.713	3.518
2017	3.134	2.788	4.520	3.570	3.345	2.703	5.746	2.443	4.355	1.877	4.947	4.576	4.317	2.358	7.892	5.629	9.824	3.558
2018	3.170	2.820	4.571	3.611	3.384	2.734	5.811	2.471	4.404	1.899	5.003	4.628	4.366	2.385	7.982	5.693	9.936	3.598
2019	3.206	2.852	4.623	3.652	3.422	2.765	5.877	2.499	4.455	1.920	5.060	4.681	4.416	2.412	8.073	5.758	10.049	3.639
2020	3.242	2.884	4.676	3.694	3.461	2.797	5.944	2.528	4.505	1.942	5.118	4.734	4.466	2.440	8.165	5.824	10.164	3.681
2021	3.279	2.917	4.729	3.736	3.501	2.828	6.012	2.557	4.557	1.964	5.177	4.788	4.517	2.468	8.258	5.890	10.280	3.723
2022	3.317	2.951	4.783	3.779	3.541	2.861	6.081	2.586	4.609	1.987	5.236	4.843	4.568	2.496	8.352	5.958	10.397	3.765
2023	3.355	2.984	4.838	3.822	3.581	2.893	6.150	2.615	4.661	2.009	5.295	4.898	4.621	2.524	8.447	6.025	10.515	3.808
2024	3.393	3.018	4.893	3.866	3.622	2.926	6.220	2.645	4.714	2.032	5.356	4.954	4.673	2.553	8.543	6.094	10.635	3.851
2025	3.432	3.053	4.949	3.909	3.663	2.960	6.291	2.675	4.768	2.055	5.417	5.010	4.727	2.582	8.641	6.164	10.756	3.895
2026	3.471	3.087	5.005	3.954	3.705	2.993	6.363	2.706	4.823	2.079	5.478	5.068	4.780	2.612	8.739	6.234	10.879	3.940
2027	3.510	3.123	5.062	3.999	3.747	3.028	6.435	2.737	4.878	2.103	5.541	5.125	4.835	2.641	8.839	6.305	11.003	3.985
2028	3.550	3.158	5.120	4.045	3.790	3.062	6.509	2.768	4.933	2.127	5.604	5.184	4.890	2.672	8.940	6.377	11.129	4.030
2029	3.591	3.194	5.178	4.091	3.833	3.097	6.583	2.799	4.989	2.151	5.668	5.243	4.946	2.702	9.042	6.450	11.256	4.076
2030	3.632	3.231	5.238	4.137	3.877	3.132	6.658	2.831	5.046	2.175	5.733	5.303	5.002	2.733	9.145	6.523	11.384	4.123
2031	3.673	3.267	5.297	4.185	3.921	3.168	6.734	2.863	5.104	2.200	5.798	5.363	5.059	2.764	9.249	6.598	11.514	4.170
2032	3.715	3.305	5.358	4.232	3.966	3.204	6.811	2.896	5.162	2.225	5.864	5.424	5.117	2.796	9.355	6.673	11.645	4.217
2033	3.757	3.342	5.419	4.281	4.011	3.241	6.888	2.929	5.221	2.251	5.931	5.486	5.175	2.827	9.461	6.749	11.778	4.265
2034	3.800	3.381	5.481	4.329	4.057	3.278	6.967	2.963	5.280	2.276	5.999	5.549	5.234	2.860	9.569	6.826	11.912	4.314
2035	3.843	3.419	5.543	4.379	4.103	3.315	7.046	2.996	5.341	2.302	6.067	5.612	5.294	2.892	9.678	6.904	12.048	4.363
2036	3.887	3.458	5.606	4.429	4.150	3.353	7.127	3.030	5.402	2.328	6.136	5.676	5.354	2.925	9.789	6.982	12.185	4.413
2037	3.932	3.497	5.670	4.479	4.197	3.391	7.208	3.065	5.463	2.355	6.206	5.741	5.415	2.959	9.900	7.062	12.324	4.463
2038	3.976	3.537	5.735	4.530	4.245	3.430	7.290	3.100	5.525	2.382	6.277	5.806	5.477	2.992	10.013	7.143	12.465	4.514
2039	4.022	3.578	5.800	4.582	4.293	3.469	7.373	3.135	5.588	2.409	6.349	5.872	5.540	3.026	10.127	7.224	12.607	4.566
2040	4.068	3.618	5.866	4.634	4.342	3.508	7.457	3.171	5.652	2.436	6.421	5.939	5.603	3.061	10.243	7.306	12.751	4.618



Tabela A.1: Projeções populacionais por sub-bacia de esgotamento sanitárias (Fonte: Consórcio Magna-Boursheid, 2008)

### PROJEÇÃO POPULACIONAL POR SUB-BACIA, CORRIGIDA PELO CENSO

Tabela A.2 – População total por sub-bacia (habitantes)

Sub-bacia	Área (ha)	População (hab)				Ordem
		2010	2020	2030	2040	
16	261,3	9060	10149	11367	12732	1
14	234,0	7279	8153	9131	10228	2
6	341,2	5299	5935	6648	7446	3
15	146,0	5192	5815	6513	7295	4
10	105,5	4563	5110	5724	6411	5
11	167,3	4221	4727	5295	5930	6
2	179,4	4169	4669	5230	5857	7
8	95,0	4017	4498	5038	5643	8
12	97,4	3981	4459	4994	5595	9
3	181,7	3283	3688	4131	4627	10
17	52,0	3281	3675	4117	4611	11
4	101,7	3085	3456	3871	4335	12
0	181,6	2891	3237	3627	4062	13
1	109,0	2571	2880	3226	3613	14
5	27,7	2493	2793	3127	3503	15
7	72,6	2274	2524	2827	3166	16
13	87,3	2175	2436	2729	3056	17
9	38,9	1731	1939	2172	2431	18



Tabela A.2 – Densidade populacional por sub-bacia (hab/ha)

Sub-bacia	Área (ha)	Densidade (hab/ha)				Ordem
		2010	2020	2030	2040	
5	27,7	90,0	100,8	112,9	126,5	1
17	52,0	63,1	70,7	79,2	88,7	2
9	38,9	44,5	49,8	55,8	62,5	3
4	105,5	43,3	48,4	54,3	60,8	4
8	95,0	42,3	47,3	53,0	59,4	5
12	97,4	40,9	45,8	51,3	57,4	6
15	146,0	35,6	39,8	44,6	50,0	7
16	261,3	34,7	38,8	43,5	48,7	8
14	234,0	31,1	34,8	39,0	43,7	9
7	72,6	31,0	34,8	39,0	43,7	10
4	101,7	30,3	34,0	38,1	42,6	11
11	167,3	25,2	28,3	31,6	35,4	12
13	87,3	24,9	27,9	31,3	35,0	13
1	109,0	23,6	26,4	29,6	33,1	14
2	179,4	23,2	26,0	29,2	32,6	15
3	181,7	18,1	20,3	22,7	25,5	16
0	181,6	15,0	17,8	20,0	22,4	17
6	341,1	15,5	17,4	19,5	21,8	18



## **ANEXO 2**

### **REUNIÃO COM COMISSÃO MUNICIPAL DE SAÚDE E MEIO AMBIENTE**

No dia 24 de março de 2011, foi feita uma apresentação das principais conclusões e recomendações referentes à avaliação do sistema de esgotamento sanitário de Ijuí para a Comissão Municipal de Saúde e Meio Ambiente. Estiveram presentes o Sr. Prefeito, Fioravante B. Ballin, o secretário de Meio Ambiente, Eng. Agrônomo Osório Lucchese, a Eng. Química Joice de Oliveira e representantes das Secretarias de Planejamento, Obras e Saúde. Nos debates que se seguiram a apresentação, os membros da Comissão fizeram as seguintes ponderações:

- 1º) Priorizar investimentos em sub-bacias sanitárias onde estão ocorrendo situações de esgotos a céu aberto;
- 2º) A população residente nas sub-bacias 12 e trecho final da zero são maiores do aquelas previstas nas projeções populacionais realizadas no estudo do consórcio Magna-Bourscheid de 2008. A sub-bacia 12, em particular, é bastante crítica tendo em vista o afloramento de esgotos nas superfícies das ruas. Assim, esta região passaria a ser prioritária para receber investimentos no sentido de evitar a drenagem a céu aberto dos esgotos sanitários.
- 3º) Possibilidade de prédios e condomínios optarem por tratamento individual ou descentralizado em relação à situação de conectarem os esgotos na rede pública para tratamento na ETE central. Embora haja aspectos positivos nesta opção, foi debatido que nem todos os tratamentos individuais tem manutenção e operação adequadas. Nestas situações, há riscos de mau-cheiro, com transtornos a população vizinha, além da falta da eficiência na remoção dos contaminantes.

Algumas semanas após este encontro, a Eng. Joice contatou o autor consultando sobre a viabilidade de se construir uma ETE no interior do parque municipal que está sendo planejado para Ijuí. Esta ETE trataria os esgotos de uma pequena população contribuinte de prédios a serem construídos pelo programa “Minha Casa, Minha Vida”. Esta ETE funcionaria de maneira provisória enquanto não fosse construída a ETE para atender as bacias 6, 7, 11 e 13.