



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA CIVIL**

**ENSAIO METODOLÓGICO DE AVALIAÇÃO  
DE IMPACTO ANTRÓPICO NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA MARIA - RS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Rafael Ferraz D'Avila**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2009**

**ENSAIO METODOLÓGICO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO  
ANTRÓPICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - RS**

por

**Rafael Ferraz D'Avila**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Jussara Cabral Cruz**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2009**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**ENSAIO METODOLÓGICO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO  
ANTRÓPICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE SANTA MARIA - RS**

elaborada por  
**Rafael Ferraz D'Avila**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Jussara Cabral Cruz (UFSM)**  
(Orientadora)

---

**Prof. Ph.D. José Luiz Silvério da Silva (UFSM)**

---

**Prof. Dr. Rafael Cabral Cruz (UNIPAMPA)**

Santa Maria, 2 de fevereiro de 2009

## **AGRADECIMENTOS**

- Aos meus Pais, pelos seus conselhos e incentivos.
- A CAPES, pelo apoio financeiro.
- A todas as pessoas que contribuíram para a execução desta pesquisa.

*O sábio é bom, o sábio não é aquele que entendemos por intelectual, mas sim aquele que possui a vida integral do espírito, aquele que atinge a perfeição moral em sua vida.*

*Sócrates, século V a.c.*

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Universidade Federal de Santa Maria

# **ENSAIO METODOLÓGICO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO ANTRÓPICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - RS**

AUTOR: Rafael Ferraz D'Avila

ORIENTADORA: Jussara Cabral Cruz

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 2 de fevereiro de 2009.

Atualmente, a degradação dos recursos hídricos pode ser observada em qualquer cidade brasileira apenas pela visualização de seus córregos. Essa realidade não é diferente no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Nesse contexto, a presente pesquisa visa ensaiar uma metodologia de avaliação de impacto ambiental que contribua para a gestão dos recursos hídricos em pequenas bacias hidrográficas e possibilite que instituições potencialmente poluidoras caracterizem seus problemas ambientais e controlem seus poluentes adequando-se à legislação Federal e Estadual vigentes. A metodologia utilizada consiste na avaliação de três variáveis principais: i) recursos hídricos superficiais; ii) recursos hídricos subterrâneos; e iii) efluentes líquidos. A avaliação dos recursos hídricos superficiais consiste no monitoramento quali-quantitativo de diversos parâmetros de qualidade da água, realizado em duas estações de monitoramento localizadas no Campus da UFSM: Calha da Gráfica, onde são monitoradas as cargas da sub-bacia de montante (área externa ao Campus e semi-urbanizada), e Calha do Pains, onde são monitoradas as cargas da sub-bacia de jusante (área predominantemente do Campus, com poucas habitações particulares). Esta divisão possibilita a atribuição da carga poluente gerada pelas respectivas sub-bacias individualmente (balanço de cargas), assim como o volume de efluentes líquidos gerado por elas. A metodologia utilizada para a avaliação dos efluentes líquidos gerados pela UFSM considera a identificação das principais fontes pontuais de emissão desses efluentes e seu posterior monitoramento quali-quantitativo. Para a avaliação da vulnerabilidade à poluição dos recursos hídricos subterrâneos utilizou-se o método G.O.D. que consiste na atribuição de valores que representam as características geológicas e o nível da água subterrânea da área de estudo. O risco qualitativo de poluição da água subterrânea foi determinado pelo cruzamento dos dados de vulnerabilidade com os dados referentes aos efluentes líquidos. Ainda, por meio da aplicação de questionários, realizou-se a caracterização sanitária-ambiental da área externa ao Campus da bacia hidrográfica em questão. Os resultados observados evidenciam que, se considerarmos as cargas poluentes específicas a qualidade da água da bacia de jusante torna-se fortemente dependente das contribuições das cargas despejadas na bacia de montante. Constatou-se que a metodologia do balanço de cargas permite a verificação da influência dos impactos das atividades antrópicas ligadas à degradação da qualidade da água superficial, atribuindo a poluição gerada às diferentes áreas da bacia (montante e jusante), tornando-se um sistema adequado de suporte para o controle da qualidade da água em pequenas bacias hidrográficas. A identificação, espacialização e avaliação das fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos integrada com a avaliação da vulnerabilidade à poluição da água subterrânea possibilitaram realizar a hierarquização dos locais mais afetados pela poluição, o que demonstra que, embora simples, a combinação dos métodos apresenta-se útil para os gestores. Os valores da avaliação qualitativa da água subterrânea de alguns poços de abastecimento do Campus evidenciam que existe discordância entre os limites estabelecidos pela legislação vigente, de alguns parâmetros de qualidade da água, e os valores obtidos, ou seja, é possível considerar que a água subterrânea já deve estar sofrendo a interferência das ações humanas desenvolvidas na bacia, relativas aos riscos de poluição.

Palavras-chave: Impacto antrópico; monitoramento quali-quantitativo; balanço de carga.

## **ABSTRACT**

Master's Dissertation  
Post Graduation Program in Civil Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **ANALYSIS OF A METHODOLOGY FOR EVALUATION OF THE ANTHROPOGENIC IMPACTS IN THE WATERSHED OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF SANTA MARIA**

AUTHOR: Rafael Ferraz D'Avila

TUTOR: Jussara Cabral Cruz

Santa Maria, February, 2009

Nowadays, the water resource degradation may be verified at any Brazilian cities just by observing its stream flow. Accordingly, the conditions of the stream flows in the Federal University of Santa Maria - UFSM (southern Brazil, Rio Grande do Sul State) follow the degradation. Therefore, the present research intends to analyze a methodology for evaluation of the environment impacts in order to collaborate to water resources management, according to smaller watersheds. This analysis allows that pollution sources identify their environment problems and control the pollution to adjust its conditions to the Federal and Spatial Legislation. Thus, the proposed methodology evaluates the three major parameters: i) surface water resources; ii) groundwater resources; iii) liquid effluents. The surface water resource is evaluated by the quali – quantitative monitoring of several parameters of water quality. This control is carried out in two monitoring stations located at the UFSM. These stations are: “Gráfica gutter” where the upstream subwatershed loads are monitored and “Pains gutter” where the downstream subwatershed loads are monitored. This division allows finding the pollutant load generated by the respective subwatershed separately (Load Balance), as well as the effluent liquid volume generated by the subwatersheds. The proposed methodology for the evaluation of liquid effluents supplied by UFSM considers the identification of the main point pollution sources and also the quali – quantitative monitoring of these effluents. To evaluate the pollution vulnerability of the groundwater it was used the G.O.D method. In this method, some weights are defined in order to represent the geological characteristics and the groundwater level. The qualitative groundwater pollutant risk was determined by crossing the vulnerability data and the liquid effluent data. Hence, by means of inquiry applications, the sanitary - environment characterization of the UFSM external area was achieved, according to the watershed in analysis. The analysis of the outcomes demonstrates that if the pollutant loads were considered, so the water quality of the downstream watershed become highly dependent of the pollutant load deposited in the upstream watershed. Accordingly, it was concluded that the methodology of Load Balance allows verifying the influence of the anthropogenic impacts connected to the degradation of surface water quality. Besides, the methodology presents the pollution supplied to the different basin areas (downstream and upstream), which becomes an appropriate system to support the water quality control in smaller watersheds. The identification, specialization and evaluation of the point pollution sources, together with the evaluation of the pollution vulnerability of the groundwater, permit to hierarch the places extremely affected by the pollution. This fact demonstrates that a simple combination of those methods is a useful tool for the decision makers. The data from water quality of the some well sources in UFSM call attention to discordance between the limits established by the actual legislation and the achieved outcomes, concerning some water quality parameters. To conclude, it is possible to consider that the UFSM groundwater must be suffering the interference of the mankind actions related to the pollutant risk in the watershed.

Keywords: anthropogenic impact; quali-quantitative monitoring; load balance.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4.1 – Cargas da DBO para as calhas da Gráfica e do Pains .....	35
FIGURA 4.2 – Impurezas contidas na água (adaptado de Barnes <i>et al.</i> , 1981; <i>apud</i> Sperling, 1996). .....	38
FIGURA 4.3 – Fontes de poluição e interação com os sistemas ambientais (adaptado de Meybeck e Helmer, 1992, <i>apud</i> Tucci, 1998). .....	41
FIGURA 5.1 – Modelo conceitual metodológico da pesquisa.....	57
FIGURA 5.2 – Localização da bacia hidrográfica do Campus da UFSM, dividida em sub-bacia de montante, representada pela Seção Hidrológica de Referência 1 (SHR 1 - Calha da Gráfica), e sub-bacia de jusante (predominantemente da UFSM), representada pela Seção Hidrológica de Referência 2 (SHR 2 - Calha do Pains). A letra ‘P’ indica a localização do pluviômetro do 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). .....	59
FIGURA 5.3 – Planta da Calha Parschall de fundo plano. ....	61
FIGURA 5.4 – Calha Parschall da Gráfica (SHR 1).....	62
FIGURA 5.5 – Calha Parschall do Pains (SHR 2) .....	62
FIGURA 5.6 – Esquema sintético do equacionamento das cargas poluidoras. ....	68
FIGURA 5.7 – Localização e identificação dos poços tubulares de abastecimento de água do Campus da UFSM (pontos verdes) na Bacia Escola do Campus da UFSM. ....	73
FIGURA 5.8 – Metodologia “GOD” para avaliação da vulnerabilidade à poluição dos aquíferos. ....	76
FIGURA 6.1 – Regressão Linear Simples entre os dados de vazão da calha da Gráfica (variável independente) e da calha do Pains (variável dependente), período de dados 2001-2007.....	80
FIGURA 6.2 – Curva de Permanência das vazões na calha da Gráfica e na calha do Pains, período 2001 - 2007.....	81
FIGURA 6.3 – Variação horária da vazão (Q) nas calhas da Gráfica e do Pains. ....	82
FIGURA 6.4 – Curva de Permanência das concentrações da DBO para as calhas da Gráfica e do Pains, período 2001-2007. ....	87
FIGURA 6.5 – Curva de Permanência das concentrações da DBO e limites de concentração da DBO, das classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução CONAMA nº 357/05, para as calhas da Gráfica e do Pains, período 2001-2007.....	88

FIGURA 6.6 – Curva de Permanência das concentrações de OD e limites de concentração de OD, das classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução CONAMA nº 357/05, para as calhas da Gráfica e do Pains, período 2001-2007.....	89
FIGURA 6.7 – Regressão linear simples e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da temperatura da água, das calhas da Gráfica e do Pains, período 2001-2007.....	95
FIGURA 6.8 – Regressão linear simples e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do oxigênio dissolvido (OD), das calhas da Gráfica e do Pains, período 2001-2007. ....	96
FIGURA 6.9 – Regressão linear simples e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), das calhas da Gráfica e do Pains, período 2001-2007. ....	97
FIGURA 6.10 – Identificação e localização das fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos nos cursos d'água da sub-bacia de jusante (área predominantemente da UFSM). Sob o número 5 está a entrada do Campus, 4 e 6 (Centro de Tecnologia), 14 (HUSM), 16 (Biblioteca Central), 31 (Restaurante Universitário), 33 (Casa do Estudante Universitário), 34 e 35 (Prédios 17, 18, 19, 20 e 21), 36 e 41 (Prédios 40, 41, 42, 43 e 44), 30 (Estádio), 25 (Reitoria), 22 (Colégio Agrícola), 24 (Hospital Veterinário da Santa Maria) e 42 (Olaria).....	104
FIGURA 6.11 – Variação da vazão das fontes pontuais 8, 16, 3, 17 (entrada lagoa de estabilização) e 18 (saída lagoa de estabilização). ....	108
FIGURA 6.12 – Próximo ao Restaurante Universitário.....	110
FIGURA 6.13 – Próximo da Casa do Estudante. ....	110
FIGURA 6.14 – Mapa do nível mais freqüente da lâmina d'água subterrânea da Bacia Escola do Campus da UFSM.....	117
FIGURA 6.15 – Mapa do sentido do fluxo mais freqüente da água subterrânea da Bacia Escola do Campus da UFSM.....	118
FIGURA 6.16 – Mapa da vulnerabilidade à poluição da água subterrânea da Bacia Escola do Campus da UFSM. ....	119
FIGURA 6.17 – Origem da água de abastecimento consumida na bacia hidrográfica do Campus da UFSM, considerando somente a área residencial. ....	121
FIGURA 6.18 – Tipos de sistemas de tratamento do esgoto doméstico das economias, na bacia hidrográfica do Campus da UFSM, considerando somente a área residencial. ....	122
FIGURA 6.19 – Locais de disposição final do esgoto doméstico, na bacia hidrográfica do Campus da UFSM, considerando somente a área residencial. ....	122

FIGURA 10.1 – Mapa do nível estático da lâmina d'água subterrânea do campus da UFSM. ....	156
FIGURA 10.2 – Mapa do nível dinâmico da lâmina d'água subterrânea do campus da UFSM. ....	157
FIGURA 10.3 – Mapa do sentido do fluxo estático da água subterrânea do campus da UFSM. ....	158
FIGURA 10.4 – Mapa do sentido do fluxo dinâmico da lâmina d'água subterrânea do campus da UFSM. ....	159

## LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 - Cargas médias e concentração dos parâmetros de qualidade da água analisados na bacia hidrográfica do Campus da UFSM, período 2001-2002. ....	35
TABELA 4.2 - Características das fontes de poluição (adaptado de Meybeck e Helmer, 1992).....	44
TABELA 5.1 – Estações fluviométricas do Campus da UFSM. ....	60
TABELA 6.1 - Porcentagem das amostras de água superficial coletadas nas calhas da Gráfica e do Pains e suas respectivas classes de enquadramento para o parâmetro DBO <sub>5, 20</sub> , segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, para os períodos de estiagem, pós-chuva, aula e férias, período 2001-2007.....	85
TABELA 6.2 - Valores médios, extremos, desvio padrão e coeficiente de variação da concentração e da carga poluente, da água superficial da Bacia Escola do Campus da UFSM, considerando o período letivo e de férias da UFSM, para a calha da Gráfica, período 2001 – 2007 para a maioria dos parâmetros.....	91
TABELA 6.3 - Valores médios, extremos, desvio padrão e coeficiente de variação da concentração e da carga poluente, da água superficial da Bacia Escola do Campus da UFSM, considerando o período letivo e de férias da UFSM, para a calha do Pains, período 2001 – 2007 para a maioria dos parâmetros.....	93
TABELA 6.4 – Contribuição de carga poluente média e específica, da bacia de montante (calha da Gráfica) com área de 2,38 Km <sup>2</sup> , da Bacia Escola do Campus da UFSM (calha do Pains) com área de 9,46 Km <sup>2</sup> , e da bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) com área de 7,08 Km <sup>2</sup> , para os parâmetros físicos e químicos de qualidade da água, período 2001-2007. ....	99
TABELA 6.5 – Contribuição de carga poluente média e específica, da bacia de montante (calha da Gráfica) com área de 2,38 Km <sup>2</sup> , da Bacia Escola do Campus da UFSM (calha do Pains) com área de 9,46 Km <sup>2</sup> , e da bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) com área de 7,08 Km <sup>2</sup> , para os parâmetros biológicos de qualidade da água, considerando a série total de dados (2001 – 2007).....	99
TABELA 6.6 – Concentração e classes de enquadramento, do parâmetro DBO <sub>5, 20</sub> , para as respectivas vazões de diluição.....	102
TABELA 6.7 - Identificação, localização e contribuição das fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos da sub-bacia de jusante (área predominantemente da UFSM). ....	105

TABELA 6.8 – Valores médios do monitoramento quali-quantitativo das principais fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos do Campus da UFSM, para os dias 9/11/2007, 04/04/2008 e 15/04/2008.....	106
TABELA 6.9 – Comparação entre os limites estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº 128/06 e as concentrações da DBO lançadas pelas fontes pontuais de lançamento de efluentes líquidos e verificação da conformidade dos valores estabelecidos pela mesma resolução, para a campanha do dia 09/11/2007.....	111
TABELA 6.10 – Comparação entre os limites estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº 128/06 e as concentrações da DBO lançadas pelas fontes pontuais de lançamento de efluentes líquidos e verificação da conformidade dos valores estabelecidos pela mesma resolução, para a campanha do dia 04/04/2008.....	112
TABELA 6.11 – Comparação entre os limites estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº 128/06 e as concentrações da DBO lançadas pelas fontes pontuais de lançamento de efluentes líquidos e verificação da conformidade dos valores estabelecidos pela mesma resolução, para a campanha do dia 15/04/2008.....	112
TABELA 6.12 – Número de medições, valores extremos, do nível da lâmina da água, e frequência de ocorrência da situação de funcionamento dos poços subterrâneos de abastecimento do Campus da UFSM. ....	113
TABELA 6.13 – Valores dos parâmetros qualitativos da água de abastecimento do Campus da UFSM, no dia 8/11/2007. ....	115

## **ANEXOS**

TABELA 10.1 – Permanência das vazões na bacia do Campus da UFSM, período 2001 – 2002. ....	148
TABELA 10.2 - Permanência das vazões da bacia do Campus da UFSM, período 2001-2007. ....	148
TABELA 10.3 – Notas atribuídas ao Grau de confinamento hidráulico (G) e a Ocorrência de substrato litológico (O). ....	153
TABELA 10.4 – Dados utilizados para a elaboração do mapa do nível estático da água subterrânea do Campus da UFSM. ....	153
TABELA 10.5 – Dados utilizados para a elaboração do mapa de vulnerabilidade a poluição da água subterrânea do Campus da UFSM.....	154
TABELA 10.6 - Dados utilizados para a elaboração do mapa do nível dinâmico da água subterrânea do Campus da UFSM. ....	154

TABELA 10.7 – Frequência de ocorrência dos níveis estático e dinâmico dos poços monitorados do Campus da UFSM. ....	155
TABELA 10.8 – Valores do monitoramento quali-quantitativo das principais fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos do Campus da UFSM, no dia 9/11/2007.....	161
TABELA 10.9 – Valores do monitoramento quali-quantitativo das principais fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos do Campus da UFSM, no dia 04/04/2008.....	161
TABELA 10.10 – Valores do monitoramento quali-quantitativo das principais fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos do Campus da UFSM, no dia 15/04/2008.....	161

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - Variação quantitativa (vazões), qualitativa (concentrações) e quali-quantitativas (cargas), da água superficial da Bacia Escola do Campus da UFSM, considerando a série total de dados (2001-2007), para as calhas Parschall da Gráfica e do Pains. ....	138
ANEXO 2 - Variação horária da vazão nas calhas da Gráfica e Pains e suas respectivas vazões de permanência no tempo. ....	145
ANEXO 3 - Correlação entre os parâmetros quali-quantitativos da água superficial do Campus da UFSM, para as calhas da Gráfica e Pains. ....	149
ANEXO 4 - Dados das avaliações da água subterrânea do Campus da UFSM .....	152
ANEXO 5 - Variação quali-quantitativa das principais fontes pontuais de poluição do Campus da UFSM. ....	160
ANEXO 6 - Fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos na área do Campus da UFSM. ....	163
ANEXO 7 - Questionário sanitário-ambiental .....	172

## SUMÁRIO

<b>1 HISTÓRICO</b> .....	16
<b>2 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA</b> .....	17
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	19
<b>3.1 Objetivo geral</b> .....	19
<b>3.2 Objetivos específicos</b> .....	19
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	20
<b>4.1 Legislação federal e estadual de recursos hídricos e efluentes líquidos</b> .....	20
<b>4.2 Aspectos quali-quantitativos dos recursos hídricos</b> .....	31
4.2.1 Aspectos qualitativos dos recursos hídricos .....	32
4.2.1.1 Poluição da água .....	33
4.2.1.2 Características dos poluentes e parâmetros de qualidade da água ..	37
4.2.1.3 Fontes e conseqüências da poluição da água .....	40
4.2.2 Aspectos quantitativos dos recursos hídricos .....	48
<b>4.3 Gestão de recursos hídricos</b> .....	50
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	56
<b>5.1 Caracterização da bacia escola do campus da UFSM</b> .....	58
<b>5.2 Avaliação quali-quantitativa dos recursos hídricos superficiais</b> .....	60
5.2.1 Avaliação e monitoramento quantitativo .....	60
5.2.2 Avaliação e monitoramento qualitativo .....	64
5.2.3 Estatísticas descritivas .....	65
5.2.4 Balanço de cargas poluidoras .....	67
<b>5.3 Identificação e avaliação quali-quantitativa das fontes pontuais (F.P.) de emissão de efluentes líquidos</b> .....	69
5.3.1 Avaliação da relação entre efluente líquido e corpo hídrico receptor .....	71
<b>5.4 Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos</b> .....	72
5.4.1 Monitoramento dos poços tubulares .....	73
5.4.2 Avaliação do índice de vulnerabilidade à poluição.....	74
5.4.3 Elaboração dos mapas .....	76
5.4.4 Avaliação qualitativa .....	77

<b>5.5 Aspectos sociais e sanitários</b> .....	78
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	79
<b>6.1 Avaliação quali-quantitativa dos recursos hídricos superficiais</b> .....	79
6.1.1 Avaliação quantitativa .....	79
6.1.2 Avaliação qualitativa .....	83
6.1.3 Balanço de cargas poluidoras .....	97
<b>6.2 Fontes pontuais de lançamento de efluentes líquidos</b> .....	103
6.2.1 Relação entre efluente líquido e corpo hídrico receptor .....	110
<b>6.3 Recursos hídricos subterrâneos</b> .....	113
6.3.1 Dinâmica, vulnerabilidade à poluição e avaliação qualitativa .....	113
<b>6.4 Aspectos sociais e sanitários</b> .....	121
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	124
<b>7.1 Recursos hídricos superficiais</b> .....	124
7.1.1 Balanço de cargas.....	126
7.1.2 Estimativa da contribuição exógena de efluentes líquidos.....	127
<b>7.2 Efluentes líquidos</b> .....	127
<b>7.3 Recursos hídricos subterrâneos</b> .....	128
<b>7.4 Aspectos sociais e sanitários</b> .....	129
<b>8 RECOMENDAÇÕES</b> .....	130
<b>9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	132
<b>10 ANEXOS</b> .....	137

# 1 HISTÓRICO

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) foi criada em 1960 e está situada no centro do estado do Rio Grande do Sul. Seu Campus localiza-se no bairro Camobi, a 9 km do centro da cidade de Santa Maria, possuindo uma população pendular de 17.000 pessoas (Reetz, 2002).

Desde sua construção até os dias de hoje ocorreu um intenso processo de urbanização aos arredores do Campus, onde foram construídas edificações com pouco ou nenhum critério de planejamento, estradas e pavimentações.

O riacho que passa pelo Campus teve seu curso desviado e transformado, não mais possuindo seu trajeto natural. Com todas estas modificações antrópicas os recursos hídricos foram sendo transformados e degradados (Reetz, 2002).

A área do Campus também apresenta aspectos negativos que contribuem para impactar e degradar a qualidade dos recursos hídricos, visto que alguns prédios ainda possuem sistemas de esgotos subdimensionados (Angnes, 2004).

A proposta de avaliar os recursos hídricos superficiais no Campus da UFSM encontra-se inserida no projeto Bacia-Escola (<http://www.ufsm.br/baciescola>), que envolve diversos segmentos da Universidade, na tentativa de minimização da problemática ambiental (Reetz, 2002).

O aspecto que inicialmente motivou a escolha da bacia do Campus da UFSM como local de estudo, deve-se ao aspecto visual dos seus recursos hídricos superficiais, que estão aparentemente poluídos (Reetz, 2002) e devido a grande parte do abastecimento do Campus ser proveniente da água subterrânea, que também se encontra degradada. Esta poluição foi confirmada pelos estudos de Reetz (2002), Silveira *et al.* (2003), Angnes (2004) e Moreira (2005).

## 2 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A escassez da água já atinge cerca de 80 países envolvendo cerca de 80% da população do planeta Terra. Esta condição influencia a produção agrícola, o desenvolvimento urbano e industrial e em particular o acesso das pessoas à água potável (SEMA, s.d.). Este fato é função da inexistência ou ineficiência de gestão ambiental ao longo dos tempos, principalmente, nas áreas urbanas em todo o mundo.

Os centros urbanos, na maior parte dos casos, foram crescendo de forma desorganizada. A infra-estrutura urbana foi ocupando o espaço de forma irregular, sem prever o crescimento futuro da população, gerando problemas ambientais.

Outro aspecto que se pode analisar é a evolução da legislação brasileira, ou seja, os projetos infra-estruturais eram realizados com parâmetros diferentes dos dias atuais, gerando a necessidade de readequação desses projetos devido à evolução científica e às novas descobertas, na área ambiental.

Esses fatos geraram passivos ambientais que devem ser analisados de forma holística para a tentativa da implementação de uma gestão ambiental efetiva, que contemple as possíveis direções do crescimento populacional futuro e do uso e ocupação do espaço nas bacias hidrográficas.

Indiferentemente das cidades brasileiras, nos 48 anos de existência do Campus da UFSM, ocorreu o aumento do uso e ocupação do solo devido à necessidade infra-estrutural para o funcionamento de novos cursos de graduação e pós-graduação.

Hoje, esta instituição possui laboratórios de diversas áreas, hospital e restaurante universitário, etc.; estes locais utilizam uma variada gama de substâncias líquidas que mais tarde se tornam efluentes líquidos e são descartados em algum local. Além disto, o projeto de drenagem e tratamento de seus resíduos foi concebido em uma época em que a degradação do meio ambiente não era um assunto presente, projetados com parâmetros e projeções que foram superadas pelo desenvolvimento científico, culminando em um ineficiente controle e tratamento de seus efluentes.

Segundo o Professor aposentado da UFSM, Hélio Belinazo, que acompanhou as obras de construção do Campus, todos os locais que recebem os esgotos da instituição foram construídos provisoriamente para posteriormente serem reconstruídos de forma adequada. Mas isto não ocorreu, permanecendo do mesmo modo até hoje.

O fato mais preocupante é que grande parte do Campus da UFSM é abastecida por água subterrânea. Se os efluentes gerados na UFSM, principalmente os tóxicos, alcançarem este recurso, o abastecimento de água subterrânea será comprometido, tendo que ser encontrada outra fonte de água, pelo menos para as próximas gerações. A busca por novas fontes de abastecimento de água será necessária devido à elevada disponibilidade temporal e financeira que envolve a descontaminação dos aquíferos subterrâneos.

O estudo proposto contribuirá com subsídios para o planejamento das medidas estruturais e não estruturais para que a UFSM possa implementar e alcançar os níveis de lançamentos permitidos pela legislação vigente. O estudo pretende estruturar um banco de dados consistente para o planejamento e organização do processo de licenciamento ambiental, outorga e cobrança pela emissão de efluentes líquidos e para o enquadramento dos corpos receptores em classes desejadas. Ainda, o levantamento de dados espacializados referentes ao potencial poluidor, a vulnerabilidade à poluição da água subterrânea e a caracterização quali-quantitativa das principais fontes emissoras de efluentes líquidos da UFSM produzirá uma base de dados contendo informações importantes para projetos de sistemas de esgotos, de tratamento de efluentes e, por fim, de gestão ambiental.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo Geral**

Ensañar uma metodologia de avaliação de impacto da ação antrópica, relativa aos recursos hídricos e efluentes líquidos, na bacia hidrográfica do Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – RS.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- a) Avaliar o uso da metodologia de balanço de cargas para a estimativa do impacto da ação antrópica nos recursos hídricos superficiais em pequena bacia hidrográfica;
- b) Avaliar o uso do monitoramento dos recursos hídricos superficiais como ferramenta para estimar a contribuição exógena de efluentes líquidos na bacia hidrográfica do Campus da UFSM e comparar os resultados aos estudos já realizados;
- c) Avaliar o risco qualitativo de poluição da água subterrânea no Campus da UFSM, integrando a metodologia de vulnerabilidade à poluição com a avaliação dos efluentes líquidos;
- d) Caracterizar o aspecto social e sanitário da bacia hidrográfica do Campus da UFSM;
- e) Contribuir à discussão dos aspectos relacionados aos padrões de qualidade da água e emissão de efluentes líquidos nos corpos hídricos receptores, estabelecidos pela legislação Federal e Estadual.

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Legislação federal e estadual de recursos hídricos e efluentes líquidos**

No ano de 1988 a Constituição Federal definiu as águas como bens públicos e colocou os corpos d'água sob os domínios federal e estadual. Os rios que nascem e têm foz em território de um Estado e as águas subterrâneas são estaduais. Os demais corpos d'água encontram-se sob domínio da União (SEMA, s.d.).

Com isto pode-se concluir que os cursos d'água que adentram o Campus da UFSM estão sob o domínio do Estado do Rio Grande do Sul, sendo deste a responsabilidade de fiscalização das atividades potencialmente poluidoras deste recurso, apesar da área da UFSM ser de domínio Federal.

No Brasil, assim como em outros países, o reconhecimento da relevância estratégica da água e a evidência de sua escassez quantitativa e qualitativa, têm levado diversos Estados e a União a desenvolverem os seus Sistemas de Gestão de Recursos Hídricos. Esses sistemas são frutos da criação de modelos de gestão que abrigam entidades gerenciais organizadas em torno da bacia hidrográfica como unidade ideal de planejamento, gestão e intervenção (SEMA, s.d.).

Com o propósito de implementação efetiva da gestão dos recursos hídricos, no Brasil, foi aprovada a Lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. No Estado do Rio Grande do Sul, a Lei 10.350/94 que instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e regulamentou o artigo 171º da Constituição do Estado de 1989, estabeleceram a gestão das águas de seu domínio expressa em 4 grandes princípios:

- gestão das águas através de um Sistema Estadual de Recursos Hídricos;
- adoção da bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento e intervenção;
- estabelecimento da outorga e tarifação dos recursos hídricos (cobrança pela retirada de água e pelo despejo de efluentes líquidos, no meio ambiente);
- reversão, para a respectiva bacia de arrecadação, da receita, devendo os recursos financeiros ser aplicados na própria gestão das águas da bacia (SEMA, s.d.).

Em relação à legislação Federal, a Lei 9433/97 dispõe alguns objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, descritos a seguir:

I – assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

III – a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (Brasil, 1997).

Esses objetivos evidenciam, claramente, a necessidade do levantamento de dados para apoiar e agilizar o processo de licenciamento ambiental do Campus da UFSM e facilitar o trabalho dos tomadores de decisão, em relação à gestão dos recursos hídricos e efluentes líquidos da instituição.

A seguir são citados alguns instrumentos desta Lei que interessam a este estudo:

- a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos;
- o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (Brasil, 1997);

O artigo 29º, da Lei Estadual 10.350/94, cita que dependerá da outorga do uso da água qualquer empreendimento ou atividade que altere as condições quantitativas e/ou qualitativas das águas superficiais ou subterrâneas, observado o Plano Estadual de Recursos Hídricos e os Planos de Bacia Hidrográfica (Rio Grande do Sul, 1994).

A Lei Federal 9.433/97 menciona que o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (Brasil, 1997).

Segundo seu artigo 12º, o lançamento, em corpos d'água, de esgotos e demais resíduos líquidos e gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final, estão sujeitos a outorga pelo poder público; e o artigo 20º complementa que estes usos serão cobrados (Brasil, 1997).

O seu artigo 13º cita que toda a outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deve respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado. A outorga de uso dos recursos hídricos deverá preservar o uso múltiplo destes (Brasil, 1997).

Na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos, o artigo 21º, igualmente a Lei Estadual 10.350/94, cita que devem ser observados, dentre outros: a) nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação; b) nos

lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do efluente (Brasil, 1997).

O artigo 25º dispõe que o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um sistema de coleta, armazenamento, tratamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes na sua gestão (Brasil, 1997).

Já, o artigo 49º, seguindo a Lei Estadual 10.350/94, cita que constitui infração das normas de utilização de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos: a) derivar ou utilizar recursos hídricos para qualquer finalidade, sem a respectiva outorga de direito de uso; e b) iniciar a implantação ou implantar empreendimento relacionado com a derivação ou a utilização de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, que implique em alterações no regime qualitativo e quantitativo dos mesmos, sem autorização dos órgãos ou entidades competentes (Brasil, 1997).

Em relação aos Planos de Bacia Hidrográfica, o artigo 26º da Lei Estadual 10.350/94 descreve que estes têm por finalidade operacionalizar, no âmbito de cada bacia hidrográfica, por um período de 4 anos, com atualizações periódicas a cada 2 anos, as disposições do Plano Estadual de Recursos Hídricos, compatibilizando os aspectos quantitativos e qualitativos, de modo a assegurar que as metas e usos previstos pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos sejam alcançados simultaneamente com melhorias sensíveis e contínuas dos aspectos qualitativos dos corpos d'água (Rio Grande do Sul, 1994).

Tendo em vista que a bacia hidrográfica do Campus é uma microbacia da bacia hidrográfica dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim (G60) e esta não possui Plano de Bacia, este estudo não seguirá nenhum plano de bacia, mas estará apoiado, principalmente, nas legislações Estadual e Federal, de Recursos Hídricos.

Já, o seu artigo 33º cita que o valor da cobrança será estabelecido nos Planos de Bacia Hidrográfica e o seu inciso II enfatiza que na cobrança pelo lançamento de efluentes de qualquer espécie, serão considerados:

- a) a natureza da atividade geradora do efluente;
- b) a carga lançada e seu regime de variação, sendo ponderados na sua caracterização, parâmetros físicos, químicos e biológicos e toxicidade dos efluentes;
- c) a classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo de água receptor;
- d) o regime e variação quantitativa e qualitativa do corpo de água receptor;

O parágrafo único deste artigo cita que no caso do inciso II, os responsáveis pelos lançamentos não ficam desobrigados do cumprimento das normas e padrões ambientais (Rio Grande do Sul, 1994).

O artigo 35º dispõe sobre as infrações para o efeito da Lei em questão. Estas infrações são listadas a seguir:

I – Utilizar os recursos hídricos para qualquer finalidade, com ou sem derivação, sem a respectiva outorga do uso ou em desacordo com as condições nela estabelecidas;

II – iniciar a implantação ou implantar empreendimento ou exercer atividade relacionada com a utilização de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, que implique alterações no regime, quantidade ou qualidade das águas, sem aprovação dos órgãos ou entidades competentes (Rio Grande do Sul, 1994);

Interessante também é mencionar a Lei Estadual nº 11.520/2000, que institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.

O seu artigo 55º estabelece que a construção, instalação, ampliação, reforma, recuperação, alteração, operação e desativação de estabelecimentos, obras e atividades utilizadoras de recursos ambientais ou consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras, bem como capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis (Rio Grande do Sul, 2000).

O seu artigo 67º cita que os empreendimentos ou atividades com início da implantação ou operação antes deste Código, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, deverão solicitar o licenciamento ambiental segundo a fase em que se encontram, de acordo com o artigo 56º, ficando sujeitas às infrações e penalidades desta Lei e seu regulamento, e sem prejuízo das sanções impostas anteriormente. Seu parágrafo único evidencia que mesmo superadas as fases de Licença Prévia (LP) e Licença de Instalação (LI) ficam, tais empreendimentos ou atividades, sujeitos ao atendimento às exigências e critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente quanto aos aspectos de localização e implantação, além dos que serão estabelecidos para o seu funcionamento e que constarão da Licença de Operação (LO) (Rio Grande do Sul, 2000).

Esta Lei possui um capítulo sobre água e saneamento, solo e resíduos.

Em relação à água e saneamento, o seu artigo 132º proíbe a disposição direta de poluentes e resíduos, de qualquer natureza, em condições de contato direto com corpos d'água

naturais superficiais ou subterrâneas, em regiões de nascentes ou em poços e perfurações ativas ou abandonadas, mesmo secas.

Em relação à água subterrânea, seu artigo 133º cita que os poços jorrantes e quaisquer perfurações de solo que coloquem a superfície do terreno em comunicação com aquíferos ou com o lençol freático deverão ser equipados com dispositivos de segurança contra vandalismo, contaminação acidental ou voluntária e desperdícios, nos termos do regulamento (Rio Grande do Sul, 2000). Isso ainda não ocorre na maioria dos poços de captação de água do Campus da UFSM.

O § 2º do artigo 134º estabelece que a vulnerabilidade dos lençóis d'água subterrâneos será prioritariamente considerada na escolha da melhor alternativa de localização de empreendimentos de qualquer natureza potencialmente poluidores das águas subterrâneas (Rio Grande do Sul, 2000).

O seu artigo 137º determina que todos os esgotos devem ser tratados previamente quando lançados no meio ambiente (Rio Grande do Sul, 2000).

O artigo 139º estabelece que a utilização das redes de esgoto pluviais, cloacais ou mistas para lançamento de efluentes industriais "in natura" ou semi-tratados, só será permitida mediante licenciamento pelo órgão ambiental e cumpridas as seguintes exigências:

I - as redes deverão estar conectadas a um sistema adequado de tratamento e disposição final;

II - os despejos deverão estar isentos de materiais ou substâncias tóxicas, inflamáveis, interferentes ou inibidoras dos processos de tratamento, danificadoras das instalações das redes ou sistemas de tratamento, produtoras de odores ou obstrutoras de canalizações, seja por ação direta, seja por combinação com o líquido transportado (Rio Grande do Sul, 2000).

Sobre o solo, o artigo 143º cita que a utilização do solo, para quaisquer fins, far-se-á através da adoção de técnicas, processos e métodos que visem a sua conservação e melhoria e recuperação, observadas as características geomorfológicas, físicas, químicas, biológicas, ambientais e suas funções sócio-econômicas (Rio Grande do Sul, 2000).

Em relação aos resíduos, o artigo 217º estabelece que a coleta, o armazenamento, o transporte, o tratamento e a disposição final de resíduos poluentes, perigosos, ou nocivos sujeitar-se-ão à legislação e ao processo de licenciamento perante o órgão ambiental e processar-se-ão de forma e em condições que não constituam perigo imediato ou potencial para a saúde humana e o bem-estar público, nem causem prejuízos ao meio ambiente (Rio Grande do Sul, 2000).

O artigo 220º cita que os produtos resultantes das unidades de tratamento de gases, águas, efluentes líquidos e resíduos deverão ser caracterizados e classificados, sendo passíveis de projetos complementares que objetivem reaproveitamento, tratamento e destinação final sob as condições referidas nos artigos 218 e 219 (Rio Grande do Sul, 2000).

O Decreto 42.047, de 26 de dezembro de 2002, do Estado do Rio Grande do Sul, regulamenta disposições da Lei Estadual 10.350/94, com alterações, relativas ao gerenciamento e à conservação das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, 2002).

Seu artigo 3º menciona que incluem-se no gerenciamento das águas subterrâneas as seguintes ações:

I - Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos e o planejamento do seu aproveitamento racional;

II - Aplicação de medidas relativas à proteção e conservação dos recursos hídricos subterrâneos.

E seu parágrafo único cita que as interações com as águas superficiais, observadas no ciclo hidrológico, sempre serão consideradas na administração do aproveitamento das águas subterrâneas (Rio Grande do Sul, 2002).

O seu artigo 18º evidencia que o uso das águas subterrâneas estaduais é passível de outorga nos termos do Decreto nº 37.033/96, a qual deverá ser emitida pelo Departamento de Recursos Hídricos - DRH e pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM.

O § 1º do artigo 23º estabelece que os usuários devem manter registro do volume extraído, nível e qualidade das águas, além de apresentar relatório ao DRH nos prazos e condições que deverão ser estabelecidas em portaria específica (Rio Grande do Sul, 2002).

O seu artigo 25º menciona que é vedada qualquer ação, omissão ou atividade que intencionalmente, ou não, possa causar poluição às águas subterrâneas (Rio Grande do Sul, 2002).

O seu artigo 26º determina que todos os projetos de implantação ou ampliação de empreendimentos que apresentem riscos de poluição das águas subterrâneas devem conter estudos detalhados de caracterização hidrogeológica e de vulnerabilidade dos sistemas aquíferos, bem como projeto de medidas de proteção, controle e monitoramento a serem adotadas e aprovados pela FEPAM.

O § 1º cita que os resíduos sólidos, líquidos ou gasosos provenientes de qualquer atividade só poderão ser armazenados ou lançados de forma a não poluírem as águas

subterrâneas, obedecendo aos padrões de emissão de poluentes estabelecidos em legislação ambiental específica.

O seu § 2º cita que o responsável pelo empreendimento deverá apresentar à FEPAM, nos prazos estabelecidos em legislação específica, relatório técnico contendo todos os dados obtidos no monitoramento.

O seu § 3º cita que caso haja alteração comprovada, em relação aos parâmetros naturais de qualidade e/ou quantidade das águas subterrâneas, causada pelo empreendimento, o responsável pelo mesmo deverá executar as obras e procedimentos necessários à recuperação do aquífero em prazo a ser determinado pelo DRH e FEPAM (Rio Grande do Sul, 2002).

O seu artigo 28º menciona que as áreas de proteção dos aquíferos serão estabelecidas a partir de estudos hidrogeológicos e ambientais, sendo classificadas em:

I - Áreas de Proteção Máxima;

II - Áreas de Proteção de Poços e Outras Captações (Rio Grande do Sul, 2002).

O seu artigo 29º determina que as áreas de proteção máxima compreendem, no todo ou em parte, zonas de recarga de aquíferos vulneráveis à poluição e que se constituam em reservatórios de água essenciais ao abastecimento público, não sendo, nestas áreas, permitida a implantação de empreendimentos e atividades poluidoras (Rio Grande do Sul, 2002).

O seu artigo 30º evidencia que nas áreas de proteção de poços e outras captações subterrâneas, será instituído um Perímetro Imediato de Proteção Sanitária que abrange um raio mínimo de 10 m (dez metros) a partir do ponto de captação, o qual deverá ser cercado e protegido, devendo seu interior estar resguardado da entrada ou da infiltração de poluentes (Rio Grande do Sul, 2002).

O seu artigo 31º cita que além do Perímetro Imediato de Proteção Sanitária será estabelecido, com base em estudos hidrogeológicos, um perímetro de alerta contra poluição, o qual deverá ser coincidente com a Zona de Contribuição do poço, sendo que neste Perímetro não poderá ser implantada qualquer atividade potencialmente poluidora (Rio Grande do Sul, 2002).

A Resolução CONAMA n º 396/2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Uma das diretrizes ambientais para prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas, desta Resolução, esta estabelecida no seu artigo 20º e determina que os órgãos ambientais, em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos, deverão promover a

implementação de Áreas de Proteção de Aquíferos e Perímetros de Proteção de Poços de Abastecimento, objetivando a proteção da qualidade da água subterrânea (Brasil, 2008).

O seu artigo 21º estabelece que os órgãos ambientais, em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos e da saúde, deverão promover a implementação de Áreas de Restrição e Controle do Uso da Água Subterrânea, em caráter excepcional e temporário, quando, em função da condição da qualidade e quantidade da água subterrânea, houver a necessidade de restringir o uso ou a captação da água para proteção dos aquíferos, da saúde humana e dos ecossistemas (Brasil, 2008).

Para o enquadramento das águas subterrâneas, segundo o artigo 29º desta Resolução, devem ser considerados no mínimo: a) a caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica; b) a caracterização da vulnerabilidade e dos riscos de poluição; c) o cadastramento de poços existentes e em operação; d) o uso e ocupação do solo e seu histórico; e) a viabilidade técnica e econômica do enquadramento; f) a localização das fontes potenciais de poluição; e g) a qualidade natural e a condição de qualidade das águas subterrâneas (Brasil, 2008).

A Resolução CONAMA nº 396/2008 apresenta também a lista de parâmetros com maior probabilidade de ocorrência nas águas subterrâneas e seus Valores Máximos Permitidos (VMP) para diferentes usos considerados.

No seu artigo 30º a referida Resolução estabelece que nos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses, em que a condição de qualidade da água subterrânea esteja em desacordo com os padrões exigidos para a classe do seu enquadramento, deverão ser empreendidas ações de controle ambiental para a adequação da qualidade da água à sua respectiva classe, exceto para as substâncias que excedam aos limites estabelecidos devido à sua condição natural (Brasil, 2008).

O Decreto Estadual 37.033/1996, que regulamenta a outorga do direito de uso da água no Estado do Rio Grande do Sul dispõe, em seu 7º artigo, que os parâmetros técnicos necessários para orientar as outorgas serão definidos pelo Departamento Estadual de Recursos Hídricos (DRH), no sentido de compatibilizar demandas e disponibilidades de água. Enquanto o Plano de uma Bacia Hidrográfica não estiver estabelecido, o DRH definirá os valores a serem cobrados (Rio Grande do Sul, 1996).

O DRH é o órgão responsável pela coordenação da emissão de direito de uso da água e os requerimentos deverão ser a ele dirigidos.

O artigo 20º cita que serão consideradas Bacias Hidrográficas Especiais aquelas em que a disponibilidade e a demanda estiverem muito próximas, de acordo com os critérios definidos pelo DRH e pela FEPAM. Essas bacias serão objetos de gerenciamento diferenciado

e um item que será considerado é a realização do monitoramento da qualidade e quantidade dos recursos hídricos, de forma a permitir previsões que orientem o racionamento ou medidas especiais de controle de derivações de águas de lançamento de efluentes (Rio Grande do Sul, 1996).

Estudos anteriores, realizados por Reetz (2002), Silveira *et al.* (2003), Angnes (2004) e Moreira (2005), demonstram que a bacia hidrográfica do Campus da UFSM está comprometida em relação à qualidade da água superficial e subterrânea, em alguns pontos. Com isto, as demandas do saneamento básico, muito importantes para o controle de organismos transmissores de doenças, da preservação ambiental da fauna e flora, aquática e terrestre, do lazer e prática de esportes aquáticos, não estão sendo atendidas.

A Resolução nº 128, de 24 de novembro de 2006, do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (CONSEMA), dispõe sobre a fixação de padrões de emissão de efluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado. Esta Resolução aplica-se a todas as atividades geradoras de efluentes líquidos, excluindo infiltrações no solo.

Os empreendimentos e demais atividades poluidoras que tiverem Licença de Instalação ou de Operação, expedida e não impugnada, tem prazo de até três anos, contados a partir de sua vigência, para se adequarem às condições e padrões mais rigorosos e/ou não previstos na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357/2005.

A Resolução nº 128 do CONSEMA estabelece, no seu artigo 7º, que a vazão dos efluentes líquidos deve ter uma relação com a vazão de referência do corpo hídrico receptor de modo que o seu lançamento não implique em qualidade do corpo hídrico receptor inferior àquela estabelecida para a classe na qual ele está enquadrado (Rio Grande do Sul, 2006).

O seu § 2º estabelece que os corpos hídricos receptores já enquadrados pelo respectivo Comitê de Bacia no âmbito do seu plano de recursos hídricos, a relação entre a vazão de referência do corpo hídrico receptor ( $Q_{chr}$ ) e a vazão do efluente ( $Q_e$ ) é no mínimo o maior valor resultante das razões entre o valor do padrão estabelecido nesta Resolução para cada parâmetro contido no efluente e o valor do padrão do respectivo parâmetro estabelecido para a Classe na qual o corpo hídrico receptor se enquadra, assim:

$$\frac{Q_{chr}}{Q_e} \geq \frac{\text{Padrão concentração Resolução}}{\text{Concentração na Classe}}$$

Caso a relação entre as vazões seja inferior (menor) que a relação entre a concentração padrão de emissão da norma e a de qualidade ambiental, para o parâmetro de razão mais elevada, o valor do padrão estabelecido pela presente Norma Técnica, para cada um dos parâmetros avaliados, não se aplica, devendo ser calculado um novo valor pelo órgão ambiental competente (Rio Grande do Sul, 2006).

O seu § 4º cita que: se o corpo hídrico receptor não apresentar o enquadramento pelo respectivo Comitê de Bacia no âmbito do seu plano de recursos hídricos, que é o caso dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do Campus da UFSM, a concentração na classe a ser considerada na equação acima será Classe 2 (Rio Grande do Sul, 2006).

O seu artigo 10º cita que os efluentes líquidos de fontes poluidoras somente podem ser lançados em corpos d'água superficiais, direta ou indiretamente, atendendo os padrões de emissão estabelecidos. Estes padrões encontram-se no artigo 10º da Resolução em questão (Rio Grande do Sul, 2006).

Segundo o seu artigo 12º as fontes poluidoras que apresentem vazão igual ou superior a 100 m³/dia, terão a aplicação de um fator mínimo de 0,8 sobre as concentrações arroladas nos itens indicados com (\*) no artigo 10º da Resolução em questão, para fixação do padrão de emissão (Rio Grande do Sul, 2006).

Seu artigo 16º estabelece que, no processo de licenciamento, o empreendedor deve informar todas as substâncias que podem estar presentes nos efluentes, sob pena de anulação da licença expedida (Rio Grande do Sul, 2006).

O § 1º do artigo 20º da Resolução em questão estabelece os padrões de emissão em função da vazão para efluentes líquidos de fontes poluidoras, exceto efluentes líquidos domésticos, para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Sólidos Suspensos (SS). O item III deste inciso estabelece a variação dos padrões de emissão para o parâmetro Coliformes Termotolerantes ou *Escherichia coli* e outros, devendo atender aos valores de concentração estabelecidos ou operarem com a eficiência mínima fixada em função das faixas de vazão referidas (Rio Grande do Sul, 2006).

O § 2º do artigo 20º estabelece os padrões de emissão em função da vazão para efluentes líquidos domésticos, para a DBO, DQO e SS (Rio Grande do Sul, 2006).

O artigo 21º estabelece a variação dos padrões de emissão para os parâmetros Fósforo e Coliformes Termotolerantes ou *Escherichia coli*, devendo atender aos valores de concentração estabelecidos ou operarem com a eficiência mínima fixada, em função das faixas de vazão referidas na Resolução em questão (Rio Grande do Sul, 2006).

Outro importante documento que deve ser citado é a Resolução CONAMA n° 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e fornece diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Segundo o seu artigo 24°, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências legais (Brasil, 2005).

O seu artigo 27° veda, nos efluentes, o lançamento de Poluentes Orgânicos Persistentes (POP's) mencionados na convenção de Estocolmo, ratificada pelo Decreto Legislativo n° 204, de 7 de maio de 2004. Nos processos onde possa ocorrer a formação de dioxinas e furanos deverá ser utilizada a melhor tecnologia disponível para a sua redução, até a completa eliminação (Brasil, 2005).

O artigo 29° cita que a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas (Brasil, 2005).

Um fato muito importante a ser considerado, devido à existência de, somente, tratamento simplificado para os efluentes do Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM), é citado no artigo 36°, onde além dos requisitos previstos nesta resolução e em outras normas aplicáveis, os efluentes provenientes dos resíduos de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial (Brasil, 2005).

O artigo 46° menciona que o responsável por fontes potenciais ou efetivamente poluidoras das águas deve apresentar ao órgão ambiental competente, até o dia 31 de março de cada ano, declaração da carga poluidora, referente ao ano civil anterior, subscrita pelo administrador principal da empresa e pelo responsável técnico devidamente habilitado, acompanhada da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica. Esta declaração deverá conter, entre outros dados, a caracterização qualitativa e quantitativa de seus efluentes, baseada em amostragem representativa dos mesmos, e o estado de manutenção dos equipamentos e dispositivos de controle da poluição (Brasil, 2005).

Em relação à qualidade da água para consumo humano, o Brasil possui a Portaria 518/2004. Este documento estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

Finalizando, o artigo 271° do Código Penal Brasileiro cita que corromper ou poluir água potável, tornando-a imprópria para consumo, ou nociva a saúde, sujeita o infrator à pena

de reclusão, de dois a cinco anos. Se o crime for culposo, a pena será de detenção, de dois meses a um ano.

#### **4.2 Aspectos quali-quantitativos dos recursos hídricos**

Segundo Tucci (1993), a bacia hidrográfica é um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evapotranspirados e infiltrados profundamente. As características das suas vertentes condicionam o fluxo hidrológico, que, por sua vez, depende da área e da rede de drenagem, da forma, dos declives dos terrenos, dos tipos de solos e da cobertura vegetal da bacia, mas está diretamente relacionada à forma e ocupação de seu espaço.

Para Tucci (1993), o planejamento da ocupação da bacia hidrográfica é uma necessidade em uma sociedade com usos crescentes da água. A tendência atual envolve desenvolvimento sustentado de bacia hidrográfica, que implica no aproveitamento racional dos recursos, com o mínimo de dano ao ambiente.

Apesar da delimitação oficial da área do Campus da UFSM não coincidir com os limites da sua bacia hidrográfica, esta última será utilizada como unidade básica para a pesquisa, conforme a legislação de recursos hídricos solicita.

Segundo Sperling (1996), é necessário quantificar as cargas poluidoras dos afluentes dos corpos d'água, para avaliar a poluição destes e a eficácia das medidas de controle utilizadas na bacia hidrográfica. A carga é expressa em termos de massa por unidade de tempo e pode ser calculada por vários métodos, dependendo do tipo de problema em análise, da origem do poluente e dos dados disponíveis:

- carga = concentração x vazão
- carga = contribuição per capita x população
- carga = contribuição por unidade produzida (kg/unid produzida) x produção (unid produzida)
- carga = contribuição por unidade de área (kg/km<sup>2</sup>.dia) x área (km<sup>2</sup>)

As condições hidrológicas de vazão definem a representatividade da concentração dos parâmetros analisados. A concentração pode variar no tempo, em função das temperaturas e das vazões existentes nos rios (Reetz, 2002).

Quando se utiliza somente a concentração para definir as condições ambientais de um rio, pode-se incorrer numa tendenciosidade, pois bastaria medir as concentrações nos dias chuvosos, quando a vazão e a capacidade de diluição são maiores, resultando em menor concentração de poluentes, e melhor qualidade desse manancial (Reetz, 2002).

Se tratando de diagnóstico, para Mota (1988) *apud* Sperling (1996), as informações usuais a serem obtidas em um levantamento sanitário de uma bacia hidrográfica são: dados físicos, comportamento hidráulico dos corpos d'água, uso e ocupação do solo, caracterização sócio-econômica, usos múltiplos das águas, requisitos de qualidade dos corpos d'água, localização, quantificação e tendências das principais fontes poluidoras e diagnóstico da situação atual da qualidade da água.

Reforçando, segundo a Lei Federal nº 9433/97, a água é considerada um recurso natural de valor econômico, ou seja, uma mercadoria com preço de mercado (Brasil, 1997). Diferentemente do petróleo, a água do planeta Terra é um recurso natural renovável, mas que precisa ser usado com eficiência cada vez maior, evitando-se a degradação de sua qualidade. Em termos globais, não deverá faltar água doce no mundo. Entretanto, a distribuição da água é muito irregular, são crescentes os desperdícios e a degradação de sua qualidade atinge níveis alarmantes. Desta forma, muito embora não possa faltar água no mundo, poderá faltar água na sua torneira, à medida que poderá faltar dinheiro para pagar a conta do fornecimento da água limpa de beber (Rebouças, 2004).

Segundo Séguin (2000) *apud* Reetz (2002), a qualidade e quantidade da água dos mananciais devem ser preservadas devido à inexistência de vida sem a água. Destes mananciais derivam à qualidade de vida da população e dos ecossistemas. A manutenção da estabilidade das disponibilidades hídricas e o controle da qualidade dos corpos de água são aspectos que devem ser considerados no desenvolvimento sustentável, visto que a qualidade é o fator limitante, considerada a pequena proporção entre a água doce e a água total no planeta Terra.

#### 4.2.1 Aspectos qualitativos dos recursos hídricos

A água é o mais importante agente químico natural responsável pela distribuição de elementos na hidrosfera e na superfície da Terra. Sua importância nos processos geoquímicos decorre, principalmente, devido à estrutura dipolar de sua molécula, que lhe confere uma importante característica, a sua força de coesão, que é maior do que a de todos os outros fluidos naturais (Fenzl, 1986).

Segundo Sperling (1996), devido às propriedades de solvente da água e devido a sua capacidade de transportar partículas, esta incorpora a si diversas impurezas, as quais definem a sua qualidade. Esta qualidade, por sua vez, é o resultado de fenômenos naturais e antrópicos e é função dos usos e da ocupação do solo, na bacia hidrográfica. Ainda, a qualidade desejada para uma determinada água é função do seu uso previsto; os principais usos da água são citados a seguir: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, dessedentação de animais, aquicultura, preservação da flora e da fauna, recreação e lazer, harmonia paisagística, geração de energia elétrica, navegação e o mais importante para este estudo, diluição de despejos.

É direta a interrelação entre o uso da água e a sua qualidade requerida. Nos usos listados acima o mais nobre pode ser representado pelo abastecimento doméstico, o qual requer a satisfação de diversos critérios de qualidade. Ao contrário, o uso menos nobre é o de diluição de despejos, que não possui nenhum requisito especial de qualidade.

#### 4.2.1.1 Poluição da água

Conforme a Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, poluição é definida como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Para Maciel Filho (1997), a poluição é toda a alteração artificial das qualidades físicas, químicas e biológicas naturais de uma água ou, mais precisamente, uma deterioração pejorativa que a distancie das normas. E a contaminação é a presença de organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou resíduos radioativos na água.

A contaminação está constituída pelo lançamento na água de elementos que sejam diretamente nocivos à saúde do homem, animais e vegetais, independentemente do fato destes viverem ou não no ambiente aquático. A contaminação constitui um caso particular de poluição da água (Oliveira, 1976).

Com muita frequência, entretanto, a contaminação e a poluição se acham associadas, porque podem ter a mesma origem: a introdução de despejos estranhos à natureza do ambiente aquático. Normalmente esses despejos são de composição complexa e contém substâncias que prejudicam ecologicamente o meio e, ao mesmo tempo, elementos nocivos para a saúde do homem e dos animais terrestres. Por esse motivo pode-se dizer que o conceito de contaminação está, em geral, associado ao de poluição ou que constitui um aspecto particular deste (BRANCO, 1991).

Neste caso pode-se, também, considerar as aves, que podem se alimentar dos seres vivos terrestres e aquáticos.

A qualidade das águas naturais depende do seu grau de poluição, podendo existir poluição de teor tão elevado, que impeça sua utilização, devido à dificuldade ou impossibilidade de seu tratamento (Oliveira, 1976).

Reetz (2002) avaliou quali-quantitativamente os recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Campus da UFSM. Neste estudo separaram-se as cargas poluidoras produzidas na bacia por meio de duas estruturas hidráulicas (Calhas Parschall) que representam as cargas geradas pela bacia localizada a montante do Campus (Calha da Gráfica) e as cargas geradas por toda a bacia (Calha do Pains). Por meio do equacionamento de balanço de cargas pode-se atribuir a geração de carga poluente, separadamente, para cada bacia. A tabela 4.1 apresenta os valores médios obtidos.

Considerando os parâmetros a partir da turbidez, na tabela 1, pode-se concluir que a qualidade média da água estava mais degradada na calha do Pains, por 13 parâmetros.

Em relação à carga poluente específica (carga/km<sup>2</sup>) de DBO, que considera a carga média mensal (g/s) e a área de abrangência, observa-se que nas doze amostras de água (uma para cada mês do ano) a qualidade da água da calha do Pains foi melhor em 10 amostras.

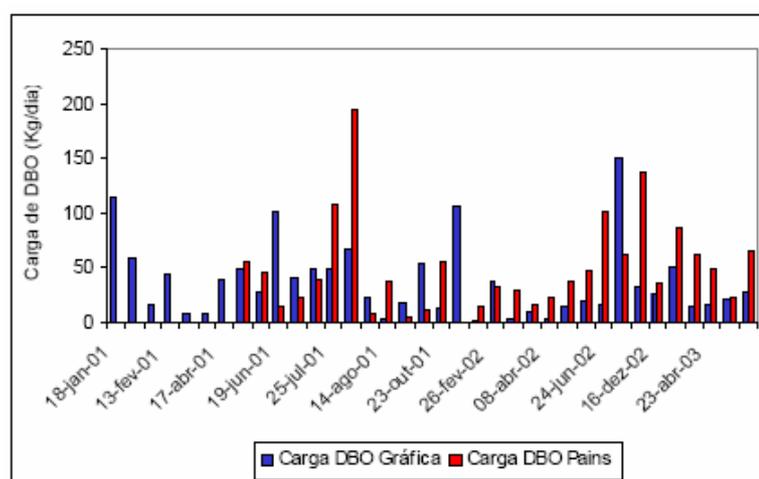
**Tabela 4.1** - Cargas médias e concentração dos parâmetros de qualidade da água analisados na bacia hidrográfica do Campus da UFSM, período 2001-2002.

Parâmetro	Calha da Gráfica	Calha do Pains
T ar (°C)*	21,90	21,27
T água (°C)*	20,22	20,88
Turbidez (NTU)*	18,53	21,65
pH*	7,00	7,19
Cond. (µS/cm)*	471,23	404,76
OD (g/s)	0,15	0,68
DBO <sub>5,20</sub> (g/s)	0,336	0,402
DQO (g/s)	2,27	3,74
ST (g/s)	6,32	21,18
STS (g/s)	0,59	2,61
STD (g/s)	5,78	18,57
Ssed (g/s)	0,001	0,003
Cloretos (g/s)	0,52	1,00
C.T. (NMP)	2578,12	2315,14
C.F. (NMP)	26,89	165,79
Alcalinidade (g/s)	2,48	5,43
Acidez (g/s)	0,37	0,90
Óleos e graxas (g/s)	0,91	1,98

\* - em termos de concentração

Fonte: Reetz, (2002).

Angnes (2004) efetuou o mesmo balanço de cargas poluidoras na bacia hidrográfica em questão, utilizando o mesmo método de Silveira *et al.* (2003), mas com um período de dados abrangendo janeiro de 2001 à junho de 2003. Os resultados da carga poluente da DBO<sub>5,20</sub> são apresentados na figura 4.1.



**Figura 4.1** – Cargas da DBO para as calhas da Gráfica e do Pains.

Fonte: Angnes, (2004).

Observa-se que em 28 amostras consideradas neste comentário, devido à existência de análise de qualidade da água nas duas calhas, 20 amostras possuem valores mais elevados de DBO, na calha do Pains.

Em relação à água subterrânea, ressalta-se que as agências reguladoras, tanto Federais como Estaduais, estão cada vez mais focando sua atenção para esse recurso. Principalmente, devido às sérias ameaças a saúde que, normalmente, não estão aparentes àqueles que serão afetados e que sua purificação pode requerer séculos e/ou elevados investimentos financeiros (Heath, 1982), ou até ser impossível.

No Campus da UFSM, Moreira (2005) cita que existiam 40 poços tubulares, de abastecimento de água. Deste total, apenas 20 estavam sendo utilizados para captação e abastecimento da Universidade.

Moreira (2005) analisou a qualidade da água para o parâmetro pH em 17 poços. A autora concluiu que 7 poços estavam abaixo do limite mínimo estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que varia de 6,5 a 8,5, e um poço estava acima do limite. O valor mínimo encontrado foi de 5,5 e o valor máximo encontrado foi de 9,0. Considerando os padrões estabelecidos pela Portaria nº 518/2004, cujos limites de pH variam de 6,0 a 9,5, apenas 2 poços estavam fora dos limites.

Considerando o parâmetro Cor apenas um poço não se enquadrou nos limites estabelecidos pela legislação. Para o parâmetro Turbidez, 3 poços não se enquadraram nos limites estabelecidos pela legislação (Moreira, 2005).

Em relação aos parâmetros Cloro, Cálcio e Dureza, nenhum poço ultrapassou o Valor Máximo Permitido (VMP), (Moreira, 2005).

As faixas de variação dos teores de fluoretos apresentaram baixa concentração nas águas dos poços tubulares avaliados e nenhuma amostra foi superior ao VMP, segundo a OMS e a Portaria citada (Moreira, 2005).

Para o elemento Ferro a OMS e a Portaria nº 518/2004 estabelecem que o VMP é de 0,3 mg/L. Dois poços obtiveram valores superiores para este parâmetro, estes valores foram 0,9 e 0,47 (Moreira, 2005).

A concentração de manganês limite é de 0,1 mg/L. Para este elemento, apenas um poço foi superior ao VMP (Moreira, 2005).

Moreira (2005) cita que a faixa de concentração observada para o parâmetro DQO supõe que não ocorre indício de contaminação nas águas subterrâneas.

Nas águas subterrâneas não poluídas, a  $DBO_{5, 20}$  é inferior a 1 mg/L e constatou-se que apenas um poço está abaixo deste limite, evidenciando uma possível contaminação por matéria orgânica (Moreira, 2005).

Em relação ao parâmetro Coliformes Fecais, o histórico de análises realizadas por uma equipe especializada da UFSM apresentou 19 resultados positivos para 48 análises efetuadas em diversos poços, abrangendo o período de 19 de outubro de 1998 a 8 de abril de 2004 (Moreira, 2005).

Segundo Moreira (2005), para a obtenção de um maior controle da qualidade da água subterrânea, recomenda-se que seja realizado um maior número de análises físico-químicas e com maior frequência. Atualmente, é realizada apenas uma análise, por ano, para cada poço. É necessário realizar as análises para os parâmetros Alumínio, Nitratos (em todos os poços), pesticidas, inseticidas e herbicidas nos poços P-20 ( Departamento de Solos), P-12 ( Suinocultura) e P-18 (Área nova Zootecnia) e de substâncias derivadas de petróleo, como benzeno, tolueno, xileno, etilbenzeno benzo(a)pireno, especialmente no poço PB5 (Centro de Ciências de Saúde).

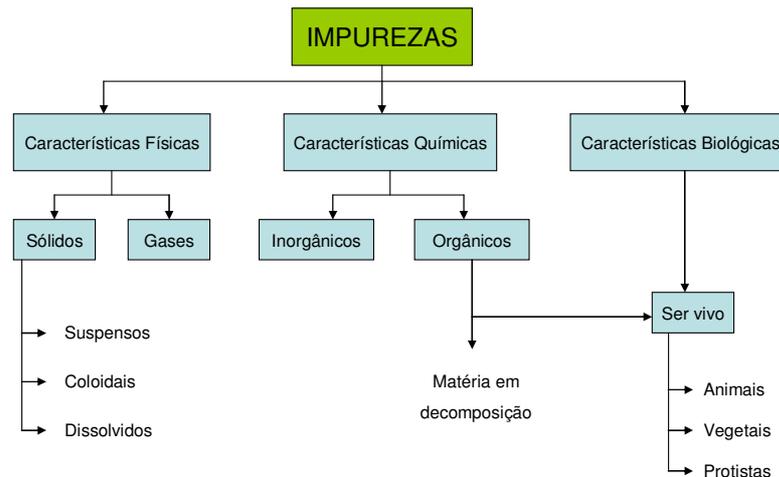
Em relação às análises bacteriológicas Moreira (2005) sugere que sejam utilizados métodos mais atuais e precisos, como o sistema *quant-tray* (cartelas) que permite a quantificação das concentrações de coliformes fecais e totais da amostra.

Estes resultados permitem concluir que a água subterrânea utilizada pelo Campus da UFSM está recebendo cargas de efluentes líquidos, pois vários poços possuem qualidade inferior aos limites permitidos pela legislação, para vários parâmetros.

#### 4.2.1.2 Características dos poluentes e parâmetros de qualidade da água

A água se constitui de uma solução diluída de inúmeros elementos e compostos, sólidos, líquidos e gasosos. Esse conjunto de elementos em solução e em suspensão é responsável pelas características apresentadas, tanto do ponto de vista físico, químico e organoléptico. Os aspectos a serem considerados habitualmente são estéticos (cor, turbidez, odor e sabor), fisiológicos (toxicidade, patogenicidade e salinidade) e ecológicos (pH, oxigênio dissolvido, produtividade), (Branco, 1991).

Para Sperling (1996), a água possui diversos componentes que modificam seu grau de pureza; estes componentes podem ser representados em termos de suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características podem ser representadas por parâmetros de qualidade da água. A figura 4.2 apresenta as impurezas contidas na água.



**Figura 4.2** – Impurezas contidas na água (adaptado de Barnes *et al.*, 1981; *apud* Sperling, 1996).

Porto *et al.* (1991) evidenciam que a chuva, ao escoar sobre o solo, inicia um processo de dissolução e arraste responsável pelo transporte de material até os rios. Íons como o cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, nitratos e outros, são comumente encontrados nas águas superficiais, assim como traços de chumbo, cobre, arsênico, manganês e um variado espectro de compostos orgânicos provenientes da decomposição animal e vegetal. Somam-se a estes, resíduos de áreas agrícolas e despejos de efluentes domésticos e industriais. Estes compostos podem, portanto, incluir desde ácidos húmicos até compostos orgânicos sintéticos como detergentes, pesticidas e solventes.

Porto *et al.* (1991) citam que a composição química da água subterrânea depende muito da litologia do local do aquífero, devido ao elevado tempo de contato entre a água e as rochas e que a contaminação dos aquíferos é mais preocupante que das águas superficiais devido ao elevado tempo para sua recuperação.

No caso dos esgotos domésticos, os principais contaminantes são a matéria orgânica, expressa usualmente em termos de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e organismos patogênicos, com destaque para vírus, bactérias e protozoários (Sperling, 2000). A DBO é a quantidade de oxigênio dissolvido que os organismos necessitam para degradar metabolicamente determinada quantidade de matéria orgânica (Porto *et al.*, 1991). Segundo os mesmos autores, o oxigênio é um gás pouco solúvel na água, variando a solubilidade entre 14,6 mg/L a 7,6mg/L. Assume-se que 8 mg/L seja o teor máximo de dissolução de oxigênio na pior situação ambiental.

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microorganismos. Suas características são funções dos usos que a água foi submetida e variam com o clima, situação

social, econômica e hábitos populacionais (Sperling, 1996). Eles incluem os despejos líquidos das habitações, estabelecimentos comerciais, instituições e edifícios públicos (Barros, 1995) e são compostos basicamente por efluentes de origem sanitária, apresentando uma elevada carga de matéria orgânica, nutrientes, sedimentos e coliformes fecais (Santos, 2002).

Segundo Branco (1991), a DBO dos esgotos domésticos está em torno de 300 mg/L, ou seja, cada litro de esgoto descartado no rio consome 300 mg de oxigênio.

Devido à variedade de elementos químicos utilizados no Campus da UFSM é necessário ter o conhecimento dos tipos de poluição que podem ocorrer.

A poluição química é caracterizada por dois tipos de poluentes: i) os biodegradáveis, que são produtos químicos passíveis de decomposição bacteriana como, os detergentes, inseticidas, fertilizantes, petróleo, etc; e ii) os persistentes, que são produtos químicos que permanecem por muito tempo no meio ambiente e nos organismos vivos. Eles podem causar graves problemas como a contaminação de alimentos, peixes e crustáceos. São exemplos de poluentes persistentes o DDT (diclodifenitricloroetano), o mercúrio, etc. (Pereira, 2004).

A poluição térmica e poluição por sólidos são os principais tipos de poluição física. Esta poluição altera as características físicas da água. A poluição térmica ocorre pelo lançamento nos rios da água aquecida usada no processo de refrigeração de refinarias, siderúrgicas e usinas termoelétricas. A poluição por resíduos sólidos pode ser devido aos sólidos suspensos, coloidais e dissolvidos. Em geral, esses sólidos podem ser provenientes da ressuspensão de fundo devido à circulação hidrodinâmica intensa, provenientes de esgotos industriais e domésticos e da erosão de solos carregados pelas chuvas ou erosão das margens (Pereira, 2004).

A poluição biológica é quando a água está infectada por organismos patógenos oriundos, principalmente dos esgotos. Esses organismos podem ser bactérias, que provocam infecções intestinais epidérmicas e endêmicas (febre tifóide, cólera, shigelose, salmonelose, leptospirose); vírus, que provocam hepatites e infecções nos olhos; protozoários, responsáveis pelas amebíases e giardíases; e vermes que provocam esquistossomose e outras infestações (Pereira, 2004).

A legislação de recursos hídricos estabelece limites de atendimento dos níveis de qualidade da água para diversos parâmetros. Esses parâmetros podem ser físicos, químicos e biológicos e suas definições podem ser encontradas em Sperling (1996) e em Porto *et al.* (1991).

Os níveis de qualidade da água permitidos para vários parâmetros de qualidade da água são encontrados nas Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 396/2008 e na Portaria nº 518/2004.

#### 4.2.1.3 Fontes e conseqüências da poluição da água

A poluição das águas é proveniente de praticamente todas as atividades humanas. Cada atividade gera poluentes característicos, impactando na qualidade do corpo receptor (Pereira, 2004).

A seguir são listados os tipos de fontes de poluição: atmosféricas, pontuais, difusas e mistas (Tucci, 1998). Neste estudo somente as fontes pontuais serão identificadas e monitoradas.

A fonte ou poluição pontual refere-se àquelas onde os poluentes são lançados em pontos específicos dos corpos d'água e de forma individualizada, as emissões ocorrem de forma controlada, podendo se identificar um padrão médio de lançamento. Geralmente a quantidade e composição dos lançamentos não sofrem grandes variações ao longo do tempo. Exemplos típicos de fontes pontuais de poluição são as indústrias e estações de tratamento de esgotos.

A poluição difusa se dá quando os poluentes atingem os corpos d'água de modo aleatório, não havendo possibilidade de estabelecer qualquer padrão de lançamento, seja em termos de quantidade, frequência ou composição. Por esse motivo o seu controle é bastante difícil em comparação com a poluição pontual (Mierzwa, 2001 *apud* Pereira, 2004).

Os lançamentos das drenagens urbanas, escoamento de água de chuva sobre campos agrícolas e acidentes com produtos químicos ou combustíveis são exemplos típicos de poluição difusa (Pereira, 2004).

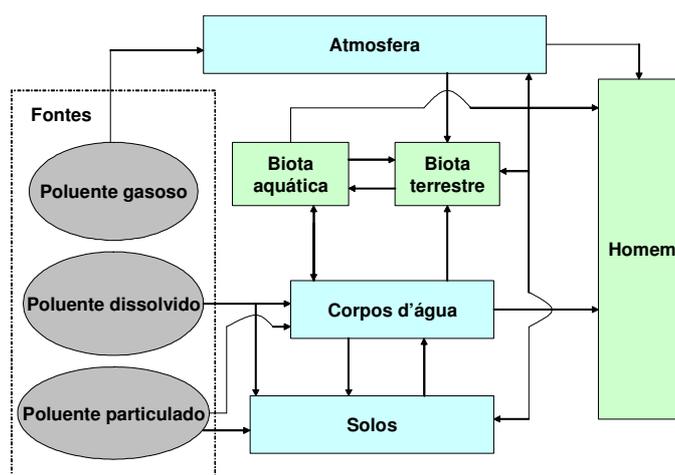
As fontes mistas englobam as características de cada uma das fontes anteriormente descritas (Pereira, 2004).

Conforme Sperling (1997) *apud* Soares (2003), a poluição das águas pode ocorrer de três modos: pela introdução de substâncias artificiais e estranhas ao meio, como o lançamento de agrotóxicos em rios ou a contaminação por organismos patogênicos; pela introdução de substâncias naturais e estranhas ao meio, como o aporte de sedimentos à água de um açude, reduzindo o seu volume útil; e pela alteração nas características dos elementos constituintes do próprio meio, como a diminuição do teor de oxigênio dissolvido na água em decorrência da presença de matéria orgânica.

O resultado direto da poluição dos corpos hídricos é sua degradação, a qual está relacionada com diversos fatores: a falta de saneamento básico e o lançamento de efluentes

sem o devido tratamento; as atividades agropastoris, com projetos de irrigação e desmatamentos; a exploração mineral; a construção de usinas hidrelétricas e os assentamentos urbanos viabilizados sem infra-estrutura de saneamento básico e com disposição inadequada de lixo (Séguin, 2000 *apud* Reetz, 2002).

A figura 4.3 apresenta as fontes de poluição e sua interação com os sistemas ambientais.



**Figura 4.3** – Fontes de poluição e interação com os sistemas ambientais (adaptado de Meybeck e Helmer, 1992, *apud* Tucci, 1998).

Segundo Barth (1987), os corpos de água têm capacidade de diluir e assimilar esgotos e resíduos, mediante processos físicos, químicos e biológicos, que proporcionam a sua autodepuração, em ciclos de transformação de matéria em energia. Mas essa capacidade é limitada, podendo ocorrer situações de contaminação e poluição, de difícil regressão, se a carga poluidora lançada for acima da tolerável. Há substâncias tóxicas e conservativas, que não se autodepuram e causam poluição cumulativa das águas, com sérios riscos aos seres humanos, à fauna e à flora. A água pode ser, ainda, veículo de transmissão de doenças, quando recebe lançamento de esgotos sanitários não tratados, constituindo sério risco a saúde pública.

Para Oliveira (1976), a água dos mananciais pode se tornar poluída através dos seguintes caminhos:

- a) Precipitação atmosférica: as águas de chuva podem arrastar impurezas existentes na atmosfera; nesta fase é menos frequente a existência de microorganismos patogênicos.
- b) Escoamento superficial: as águas lavam a superfície do solo e carregam as impurezas existentes (partículas terrosas, detritos vegetais e animais, fertilizantes,

- estrupe, inseticidas, etc.); podem conter elevada concentração de microorganismos patogênicos;
- c) Infiltração no solo: nesta fase há filtração das impurezas, mas, dependendo de características geológicas locais, muitas impurezas podem ser adquiridas pelas águas, através da dissolução de compostos solúveis. Por outro lado, as impurezas podem ser carreadas para outros pontos, através do caminhar natural da água no lençol aquífero; este pode estar contaminado por matéria fecal originada de locais inadequados para o destino final dos dejetos humanos, como as fossas negras.
  - d) Dejetos diretos de águas residuárias e de lixo, esgotos sanitários, resíduos líquidos industriais e lixo em geral, indevida e/ou inadequadamente lançados nas águas naturais e que podem favorecer o desenvolvimento de tipos inconvenientes de algas.
  - e) Represamento: nas represas as impurezas sofrem alterações decorrentes de ações de múltiplas naturezas (física, química e biológica); o repouso pode, contudo, favorecer a melhoria da qualidade da água pela sedimentação, principalmente das partículas maiores, purificando até certo ponto a água.

Estudo realizado sobre fontes de poluição, embasado em informações do PRONACOP (Programa Nacional de Controle da Poluição) e da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB), para o ano de 1988, evidenciaram que as cargas difusas urbanas totalizaram 3% e as cargas pontuais 28% da contribuição para a poluição orgânica, sendo o restante atribuído às atividades rurais (pecuária e agricultura) (Mendes *apud* Leal, 1997 *apud* Reetz, 2002).

Muita atenção tem sido dada à poluição difusa nos países desenvolvidos, pelo fato dos lançamentos pontuais já terem sido, em grande parte, equacionados. Entretanto, nas nossas condições, há praticamente tudo a se fazer em termos do controle da poluição pontual originária de cidades e indústrias (Sperling, 1996).

A principal causa de poluição em mananciais hídricos é a disposição final de efluentes de esgotos domésticos e de efluentes provenientes das chuvas (fontes não-pontuais). Os esgotos domésticos constituem um caso especial de poluição difusa. Todavia, se existe a coleta e o tratamento do esgoto, a disposição final é pontual. Porém, na maioria das vezes, quando o esgotamento não infiltra nos locais onde é produzido, acaba sendo escoado através

da drenagem pluvial, caracterizada como uma fonte difusa de poluição, pois é distribuída no espaço e recolhida pelas chuvas (Machado, 1985, *apud* Reetz, 2002).

Mota (1997) apresenta as principais conseqüências da poluição da água por esgotos domésticos:

- a) aumento da turbidez, devido aos sólidos, causando a redução da transparência, diminuição da atividade fotossintética e redução do oxigênio dissolvido devido à decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias, originando impactos sobre a vida aquática;
- b) redução do oxigênio dissolvido, devido à decomposição da matéria orgânica por bactérias anaeróbias, podendo gerar maus odores;
- c) transmissão de doenças ao homem através de microorganismos patogênicos;
- d) eutrofização da água (maior susceptibilidade em águas paradas – lagos e represas) pela adição de nutrientes, ocasionando a proliferação dos microorganismos e da vegetação aquática, que geram alterações no sabor, odor, coloração, toxidez, massa de matéria orgânica, corrosão, redução da penetração da luz solar, redução do oxigênio dissolvido, danos à vida aquática, prejuízos a navegação e recreação, entupimentos, danos às bombas e turbinas das estações de tratamento e também aspecto estético desagradável;
- e) mudança do pH, causando efeitos sobre a flora e a fauna, prejuízos à utilização na agricultura e em outros usos, aumento da toxidez de certos compostos (amônia, metais pesados, gás sulfídrico), influencias nos processos no tratamento da água e corrosão.

A introdução excessiva de matéria orgânica na água pelos esgotos domésticos pode causar o fenômeno de eutrofização. Esse processo ocorre através da proliferação de microorganismos que encontram as condições adequadas para oxidar a matéria orgânica presente na água, consumindo grande parte do oxigênio da mesma. A eutrofização é mais intensa em águas represadas, onde o movimento da água é menos turbulento, dificultando, assim, a oxigenação do manancial (Branco, 1991). Se no meio não há oxigênio dissolvido, este se torna anaeróbio, instante em que somente sobreviverão na água os microorganismos e seres que se alimentam de matéria orgânica ainda existente, não consumindo oxigênio para sua respiração. A respiração anaeróbia, ao invés de produzir gás carbônico (como na respiração aeróbia), produz outros compostos orgânicos, geralmente ácidos e de odor desagradáveis, transformando o ambiente em séptico (Branco, 1983, *apud* Reetz, 2002).

Esses microorganismos, quando em muito grande densidade, podem provocar todos os tipos de inconvenientes para a qualidade da água: desde toxidade e problemas de saúde pública até interferências no seu processo de tratamento, passando pela produção dos mais variados e agressivos sabores e odores desagradáveis na água de abastecimento. Os principais elementos que contribuem para o aumento da eutrofização na água são o nitrogênio e o fósforo, que são freqüentemente utilizados na agricultura e também estão presentes nos esgotos domésticos (Branco, 1991). As composições nutritivas ideais concentradas, destes

dois elementos, provocam uma explosão na produção primária de organismos e são fatores decisivos para a altíssima velocidade nos processos de eutrofização (Schäfer, 1984).

Segundo Pereira (2004), cada atividade emite poluentes característicos e cada um destes elementos causa um efeito com diferentes graus de poluição, conforme se observa na tabela 4.2.

**Tabela 4.2** - Características das fontes de poluição (adaptado de Meybeck e Helmer, 1992).

<b>Fontes</b>	<b>Bactéria</b>	<b>Nutrientes</b>	<b>Pesticidas/ Herbicidas</b>	<b>Micropoluentes orgânicos indus- triais</b>	<b>Óleos e graxas</b>
Atmosfera		1	3G	3G	
<b>Fontes pontuais</b>					
Esgoto doméstico	3	3	1	3	
Esgoto Industrial		1		3G	2
<b>Fontes difusas</b>					
Agrícola	2	3	3G		
Drenagem		1	2	3	1
Navegação e portos	1	1		1	3
<b>Fontes mistas</b>					
Escoamento urbano e depósitos de lixo	2	2	2	2	2
Depósitos de cargas industriais		1	1	3	1

(1) de significância local; (2) moderada significância local/regional; (3) alta significância local regional; (G) significância global

**Fonte:** adaptado de Meybeck e Helmer, 1992; *apud* Pereira, 2004.

A seguir estão listadas diversas atividades potencialmente geradoras de poluição aos sistemas hídricos, em geral, que interessam para o presente estudo, segundo Pereira (2004).

**Agricultura:** os principais poluentes da atividade agrícola são os defensivos agrícolas. Eles são empregados no controle de pragas e são pouco específicos, destruindo, indiferentemente, espécies nocivas e úteis.

A adição de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) no solo também pode contribuir na eutrofização dos corpos hídricos.

**Indústrias:** As águas residuárias industriais apresentam uma grande variação, tanto na sua composição como na sua vazão, função de seus processos de produção. Elas originam-se em três pontos: águas sanitárias (efluentes de banheiro e cozinhas), águas de refrigeração (utilizada para resfriamento) e águas de processos, que têm contato direto com a matéria-prima do produto processado.

Siderúrgica e Metalúrgica: uma elevada variedade de substâncias pode ser liberada em seus efluentes, entre elas estão os sólidos em suspensão, fenóis, cianetos, amônia, fluoretos, óleos e graxas, ácido sulfúrico, sulfato de ferro e metais pesados.

O Campus da UFSM possui cursos de graduação, cursos de pós-graduação e cursos técnicos os quais através de seus laboratórios que podem produzir efluentes semelhantes aos das indústrias, siderúrgicas e metalúrgicas como, por exemplo, engenharia mecânica, técnico em mecânica e os laboratórios de química analítica dos diversos Centros (Centro de Ciências Naturais e Exatas, Centro de Ciências Rurais, Centro de Tecnologia, etc.).

No Campus funcionam, também, o Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM) e o Hospital Veterinário. Os efluentes líquidos hospitalares são bastante perigosos, podendo ocorrer até mesmo efluentes radioativos, provenientes de seções de quimioterapia e Poluentes Orgânicos Persistentes (POP's).

Quando um usuário lança efluentes líquidos em um corpo de água, é possível que esteja agregando uma série de substâncias com características físico-químicas e biológicas distintas das originalmente presentes no corpo hídrico.

Porém, dependendo da quantidade de efluente lançado, bem como da concentração dos diversos constituintes (poluentes), o lançamento poderá ser incompatível com os demais usos antrópicos da água, ou com os objetivos de qualidade que a sociedade determinou por meio do enquadramento dos corpos de água.

É necessário, portanto, que se conheçam os impactos qualitativos e quantitativos que cada usuário causará ao manancial ao longo do tempo e dos trechos, considerando cada parâmetro de qualidade (poluente). Após o conhecimento dos impactos individuais, é fundamental estimar e entender como se dará o impacto cumulativo desses usos nos corpos de água (da Silva, 2007).

Nesta pesquisa, os efluentes líquidos são os objetos de estudo e se estes forem dispostos de forma inadequada no meio, podem ocasionar problemas estéticos, depósitos de lodos, adsorção de poluentes, proteção de organismos patogênicos, consumo de oxigênio na água, mortalidade de peixes, condições sépticas, doenças de veiculação hídrica, contaminação do lençol freático e muitos outros problemas que degradam a qualidade do meio ambiente.

Para Maciel Filho (1997), dependendo de fatores pedológicos e geológicos, a degradação da água subterrânea pode se dar pela introdução de um poluente a partir da superfície, por passagem de água de um aquífero contaminado superficial a outro não contaminado e, também, através de canalizações subterrâneas rompidas de esgoto, poços abandonados, fossas sépticas, sumidouros, etc.

A vulnerabilidade do terreno considera, por um lado, a penetração, propagação e persistência dos poluentes. Por outro lado, considera a litologia do subsolo, a profundidade do

lençol freático, a modalidade de drenagem e a densidade da rede hidrológica (Maciel Filho, 1997).

Segundo Branco (1991), as fossas absorventes, popularmente chamadas de fossas negras, são uma fonte de contaminação comum. Esses reservatórios, quando invadem o lençol freático, possibilitam que bactérias e outros elementos do esgoto percolem no solo rapidamente, atingindo distâncias de até dezenas de metros quando em terrenos saturados e de elevada permeabilidade. Entretanto, em terrenos secos o deslocamento se torna muito mais lento, inviabilizando a contaminação bacteriana a grandes distâncias.

A facilidade de passagem do fluxo de água subterrânea em uma massa de rocha depende da combinação do tamanho dos poros e do seu grau de interconectividade, que estão definidos pela permeabilidade da rocha (Chapman, 1996). Em relação aos poluentes, se estes estiverem em uma fase imiscível e penetrarem no aquífero, o seu transporte será governado por fatores completamente diferentes daqueles que determinam o fluxo de água subterrânea, como a sua densidade e viscosidade (Lawrence & Foster, 1987; *apud* Chapman, 1996).

Para Heath (1982) e Lewis *et al.* (1986), as características hidráulicas dos solos e rochas determinam o percurso seguido, a velocidade e o tempo de detenção dos poluentes, assim, seus movimentos tendem a ser pelas zonas mais permeáveis.

Em relação às rochas, o fluxo nas suas fissuras ou fendas é caracterizado pela baixa porosidade e alta permeabilidade e podem resultar em altas velocidades de fluxo, especialmente onde um pequeno número de fissuras são ampliadas pela solução (Chapman, 1996).

Reações físico-químicas entre o solo ou rocha e água são de considerável importância. Neste respeito, a zona insaturada e particularmente o solo representam a primeira e mais importante defesa natural contra a poluição da água subterrânea (Lewis *et al.*, 1982 *apud* Chapman, 1996; Foster, 1985 *apud* Chapman, 1996; Matthess *et al.*, 1985 *apud* Chapman, 1996).

Segundo Foster e Hirata (1988); *apud* Chapman (1996), a zona insaturada tem um considerável potencial para: a) interceptação, absorção e eliminação de bactérias e vírus patogênicos; b) atenuação de elementos traços e outros componentes inorgânicos, pela precipitação, absorção ou trocas de cátions; e c) absorção e biodegradação de hidrocarbonetos e componentes orgânicos sintéticos.

Os fatores que influenciam a sobrevivência de bactérias e vírus nos solos são: grau de umidade, capacidade de retenção, temperatura, adsorção, pH, luz do sol / evaporação, matéria orgânica e antagonismo da microfauna do solo (Gerba, 1979; *apud* Lewis, 1986). Os

fatores que influenciam no movimento desses organismos são: chuvas, pH, composição do solo, carga hidráulica / taxa de fluxo, matéria orgânica solúvel e cátions (Gerba *et al.*, 1975; *apud* Lewis, 1986).

Estudos realizados por Caldwell & Parr (1937), Caldwell (1937, 1938a, 1938b), Dappert (1932), Butler *et al.* (1945) e Pyle *et al.* (1979), citados por Lewis (1986), evidenciaram que microorganismos provenientes de efluentes sanitários domésticos, tratados por fossas, movimentaram-se de 0,3 metros a 920 metros, dependendo das características pedológicas e da dinâmica do fluxo de água subterrânea, sendo que, em alguns casos, o processo de colmatação dos poros do solo resultou em redução significativa de organismos patogênicos. Já, na maioria dos casos, os contaminantes químicos deslocaram-se a maiores distâncias do que os microorganismos.

Os organismos patogênicos e substâncias químicas são as principais causas de doenças relacionadas ao uso da água de poços contaminados. Nos países em desenvolvimento as doenças relacionadas a estes organismos são as principais causas de doenças e mortes. Podem-se citar a Metaemoglobinemia ou Cianose Infantil e a Carcinogênese, como doenças que ocorrem devido à ingestão de água com altas concentrações de nitratos e nitritos (Lewis, 1986).

As principais fontes de geração destes dois elementos são os esgotos domésticos e os fertilizantes utilizados na agricultura, compostos de nitrogênio.

Na perspectiva da Organização Mundial da Saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do ser humano, que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre seu bem estar físico, mental ou social. Todos os seres humanos, seja qual for sua raça, sua religião, suas opiniões políticas e sua condição econômica e social, têm o direito à saúde, sendo esta um estado de completo bem estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença ou enfermidade (Oliveira, 1976).

O estado de saúde de uma população pode estar relacionado às condições materiais e sociais do ambiente na qual esta população está inserida. Quando se trata da manutenção da saúde do indivíduo é comum relacionar a mesma à qualidade do ambiente, sendo isto justificado pelo fato de doenças infecto-parasitas serem freqüentemente observadas em ambientes favoráveis às rotas de contaminação dos indivíduos (Sales, 2001, *apud* Moraes, 2004).

Metade das principais doenças diagnosticadas no mundo são transmitidas através da água que, quando poluída, adquire condições ideais para o desenvolvimento de organismos patogênicos e portadores de doenças (Garcez & Porreca, 1998, *apud* Soares, 2003).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), aproximadamente, um quarto dos leitos existentes em todos os hospitais do mundo estão ocupados por enfermos, cujas doenças são ocasionadas pela água. Essas doenças podem ser causadas por agentes microbianos e agentes químicos. Em relação aos agentes microbianos, as doenças apresentam caráter infeccioso ou parasitário e penetram nos organismos através das vias orais e cutâneas ou mucosas. Elas podem ser classificadas em dois grupos: doenças de transmissão hídrica e doenças de origem hídrica. As primeiras são aquelas em que a água atua como veículo do agente infeccioso; as segundas são aquelas decorrentes de certas substâncias (contaminantes tóxicos) contidas na água em teor inadequado (Oliveira, 1976).

A estimativa da Organização Mundial da Saúde (2002) é que de cada dez litros de esgotos domésticos produzidos nos países de Terceiro Mundo, nove litros são lançados nos rios sem tratamento e que cada dólar investido em saneamento básico representaria uma economia de 4 a 5 dólares nas despesas médicas (Rebouças, 2004). Esta mesma instituição tem verificado, em países em desenvolvimento, que até 80% das mortes totais é devido a sistemas de saneamento deficientes (Mara, 2000). Pode-se afirmar que, se as condições de saneamento básico no Brasil fossem mais adequadas, haveria uma substancial melhoria no quadro de saúde da população. Além disso, o país economizaria com a construção e manutenção de hospitais e com compra de medicamentos (Barros, 1995).

#### 4.2.2 Aspectos quantitativos dos recursos hídricos

A dinâmica hidrológica das bacias hidrográficas é função de vários fatores que influenciam o escoamento das águas (Cruz, 2001).

Esses fatores podem ser, por exemplo, a cobertura da bacia e sua declividade. A parte do ciclo hidrológico em que a água se desloca na superfície da bacia até encontrar uma calha definida chama-se escoamento superficial. Em áreas rurais com cobertura vegetal o escoamento superficial sofre interferência desta cobertura e grande parte dele se infiltra. Já, nas bacias urbanas o escoamento na superfície é regido pela interferência antrópica, através de superfícies impermeáveis e sistemas de esgotos pluviais (Tucci, 1998).

Segundo Silveira (1997), é fundamental o conhecimento do escoamento para avaliar a qualidade d'água de pequenos rios decorrentes de cargas pontuais e difusas.

Esse conhecimento é necessário para a realização do controle da qualidade do manancial, com objetivo de estimar as condições ambientais futuras. Para isto é necessário

conhecer as vazões de estiagem do rio, pois a qualidade das águas será mais crítica durante o período de vazões mínimas (Araújo *et al.*, 2000, *apud* Angnes, 2004).

O escoamento subsuperficial se processa por meio do solo e/ou rochas, podendo abastecer os rios e os mananciais subterrâneos. Este tipo de escoamento é um dos responsáveis pela geração da poluição difusa.

Em pequenas bacias a variabilidade das vazões é muito alta devido à sensibilidade dos escoamentos superficiais; as amplitudes entre picos de vazões são proporcionalmente maiores do que nas grandes bacias, onde os picos de cheia são menos freqüentes (Cruz, 2001).

Em relação às disponibilidades quantitativas, os níveis de água (cota) dos rios são medidos e, por meio de uma curva de descarga, convertidos em vazões. Esta curva denomina-se Curva-Chave e relaciona o nível d'água (cota) e a vazão (descarga) que escoam livremente no leito fluvial. Ela permite, também, calcular a descarga que corresponde a certa altura de lâmina de água (Silveira, 1997).

A disponibilidade hídrica é variável no tempo e no espaço e é estimada a partir da avaliação do regime hidrológico da bacia. Por meio do monitoramento contínuo das vazões dos rios a disponibilidade hídrica pode ser caracterizada pela curva de permanência (Cruz *et al.*, 2003). Esta curva relaciona a vazão e a porcentagem do tempo em que ela é superada ou igualada, relativa ao período de dados utilizado para sua determinação (Cruz, 2001). As vazões mais freqüentes são aquelas referentes aos períodos de estiagem e as vazões de menor duração são as decorrentes da passagem dos eventos de chuva (Angnes, 2004).

Reetz (2002) e Angnes (2004) determinaram a curva-chave e as vazões de permanência para as Seções Hidrológicas de Referência (SHR's), (Calha da Gráfica e Calha do Pains) da bacia escola do Campus da UFSM.

A permanência de uma vazão é definida como a probabilidade de ocorrência da vazão média diária do rio ser maior ou igual a um determinado valor, no período de sua amostra. O conhecimento dos intervalos de confiança destas vazões é útil como instrumento para permitir ao planejador equacionar a otimização do uso dos recursos hídricos (Cruz, 2001). Por exemplo, um valor de vazão com garantia de 95% significa que a seção fluvial permanece com vazões acima deste valor em 95% do tempo (Lanna, 2001).

Reetz (2002) concluiu que as curvas teóricas das duas calhas utilizadas no presente estudo possuem confiabilidade para a condição de operação de campo.

Angnes (2004) observou que a bacia em questão recebe um aporte exógeno de água nos seus cursos d'água. Isto se deve a utilização de água de abastecimento, advinda de fora da

bacia, que mais tarde transforma-se em esgoto doméstico e é lançada direta ou indiretamente nos arroios, contribuindo para uma variação diária de vazão, no corpo hídrico.

### 4.3 Gestão de recursos hídricos

Segundo Barth & Pompeu (1987), a gestão de recursos hídricos é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos e a motivação política é condição fundamental para que ela se realize.

O gerenciamento do ciclo dos usos da água é fundamental, incluindo o planejamento, projeto, execução e controle das obras necessárias para a manutenção da qualidade da água, desejada em função de seus usos previstos (Sperling, 1996).

O planejamento dos recursos hídricos pode ser definido como o conjunto de procedimentos organizados que visam o atendimento das demandas de água, considerada a disponibilidade restrita desse recurso. Este planejamento visa a avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades desses recursos e a sua alocação entre usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios econômicos e sociais. É necessário planejar a longo prazo, em razão do tempo de maturação de obras hidráulicas, da vida útil dessas obras e pela repercussão das decisões tomadas, que alcançam várias gerações, sendo, muitas vezes, irreversíveis. Dentre os objetivos de um plano, podem ser selecionados, por exemplo, os seguintes: maximização dos benefícios nacionais e regionais, minimização dos impactos ambientais, melhoria da qualidade de vida (Barth & Pompeu, 1987).

A gestão dos recursos hídricos no Brasil deve ser direcionada ao aproveitamento racional desses recursos, tendo em vista múltiplos objetivos. Dois aspectos específicos podem ser considerados, a nível regional, estadual e local; são as concentrações urbanas e industriais, do Sul e Sudeste, nas quais a poluição da água já é fator de conflitos e as inundações, que são freqüentes, principalmente nas bacias hidrográficas do Sul e nos núcleos urbanos e metropolitanos (Barth & Pompeu, 1987).

Em relação aos compostos tóxicos, Machado *et al.* (2004) citam que é imprescindível a tomada de decisões com embasamento científico, agindo no sentido de diagnosticar, controlar, gerenciar e minimizar o impacto destas substâncias.

Alguns objetivos da gestão dos recursos hídricos estão listados a seguir, segundo Barth & Pompeu (1987).

- a) Desenvolvimento regional: combate a poluição nas áreas críticas;
- b) Promoção da melhoria da qualidade de vida: coleta e afastamento dos esgotos urbanos, combate as doenças de veiculação hídrica, saneamento no meio rural, promoção de

oportunidades de recreação e lazer, promoção da piscicultura e da pesca e melhoria dos padrões alimentares;

c) Promoção da qualidade ambiental: tratamento de esgotos urbanos e industriais em áreas críticas, planejamento do desenvolvimento industrial, considerando o controle da poluição das águas, estabelecimento de áreas de proteção ambiental da fauna aquática.

A Lei Estadual 10.350/1994 e a Lei Federal 9433/1997 estabelecem alguns instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Estes instrumentos são citados a seguir e são essenciais no processo de gestão.

a) Planos de recursos Hídricos;

b) enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo o uso preponderante da água;

c) outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos;

d) cobrança pelo uso dos recursos hídricos;

e) compensação a municípios;

f) Sistema de Informações sobre os recursos hídricos;

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, o enquadramento dos recursos hídricos é o estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade. Neste estudo será abordada apenas a água doce.

Tanto Reetz (2002), Silveira *et al.* (2003) e Angnes (2004), realizaram estudos para a verificação do enquadramento dos corpos d'água da bacia escola do Campus da UFSM. Estes estudos foram efetuados tomando-se como base a Resolução CONAMA nº 20/1986, que considera a concentração dos poluentes e não a carga. Esta Resolução foi revogada pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que contém a considerar o enquadramento em termos de concentração.

Angnes (2004), dividindo as cargas das duas calhas pelas suas respectivas vazões de permanência, da  $Q_{50\%}$  até a  $Q_{95\%}$ , ou seja, considerando as concentrações, obteve valores que enquadraram à qualidade da água, na calha da Gráfica, na classe 4 para todas as vazões de permanência consideradas, evidenciando uma pior qualidade. Já, a calha do Pains obteve

classe 2 para as vazões  $Q_{50\%}$  e  $Q_{55\%}$ , classe 3 para as vazões  $Q_{60\%}$  até  $Q_{85\%}$  e classe 4 para as vazões  $Q_{90\%}$  e  $Q_{95\%}$ .

Ressalta-se que o artigo 10º da Resolução CONAMA nº 357/2005 determina que os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento, na respectiva Resolução, deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência, salvo exceções na zona de mistura.

As vazões de referência com frequência utilizadas são a  $Q_{7,10}$  e a  $Q_{95\%}$ . Para esta última vazão de permanência a qualidade da água na calha do Pains se enquadrou na classe 4, sendo que o maior tempo de permanência de vazões, que se enquadrou na classe 2, nesta calha, foi a  $Q_{55\%}$ . Deve-se observar o artigo 42º da Resolução CONAMA nº 357/2005, este explicita que enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Os parâmetros de qualidade da água e seus níveis permitidos em cada classe de enquadramento podem ser encontrados na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Segundo a Resolução nº 16/2001, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a outorga de direito de uso de recursos hídricos é o ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante faculta ao outorgado o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato, consideradas as legislações específicas vigentes.

A outorga para o lançamento de efluentes considera a quantidade de água necessária para a diluição da carga poluente, com base nos padrões de qualidade da água correspondentes à classe de enquadramento do respectivo corpo receptor e/ou em critérios específicos definidos pelos Planos de recursos Hídricos ou pelos órgãos competentes.

Os empreendimentos que lançam nos corpos d'água esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com fim de sua diluição, transporte ou disposição final, estão sujeitos à outorga.

O requerimento de outorga para fins de diluição de efluentes deverá conter, no mínimo, as seguintes informações: vazão máxima instantânea, volume diário a ser lançado no corpo de água receptor, regime de variação do lançamento e concentrações e cargas de poluentes físicos, químicos e biológicos.

No Estado do Rio Grande do Sul o órgão responsável pela emissão da outorga qualitativa é a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM).

O presente estudo contribuirá para o levantamento e análise de dados referentes a qualidade e quantidade da água utilizada e descartada no Campus da UFSM, considerando as legislações atuais. As informações geradas serão úteis para o planejamento e organização do processo de outorga para emissão de efluentes líquidos, cobrança, e enquadramento dos corpos d'água.

Segundo a Lei Federal 9.433/97 o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes na sua gestão. Esta legislação aborda o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, abrangendo vários órgãos públicos.

Os instrumentos computacionais do Geoprocessamento, chamados de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Há pelo menos três maneiras de utilizar um SIG: como ferramenta para produção de mapas, como suporte para análise espacial de fenômenos ou como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial (Câmara & Medeiros, 1998).

O monitoramento da qualidade das águas são procedimentos normatizados de coleta, armazenamento, preservação, transporte e aplicação de metodologias específicas para análise, de amostras. No monitoramento quantitativo adotam-se medições hidrométricas em campo, como a medida dos níveis das águas (altura) e vazão do corpo de água (Séguin, 2000).

Um sistema de monitoramento em rios pode ter os seguintes objetivos (Chapman *apud* Soares, 2001; Sabbag *et al.*, 2003, *apud* Angnes, 2004): avaliação da qualidade da água para determinar sua adequabilidade para os usos propostos; acompanhar a evolução e tendências a curto, médio, e longo prazo da qualidade e da quantidade de água do manancial ao longo do tempo, para avaliar as consequências do uso do solo da bacia, de medidas de controle de poluição adotadas, variações demográficas, mudanças com relação aos usos, intervenções de gerenciamento com a finalidade de proteção da qualidade da água e variações climáticas; avaliação global do ambiente aquático considerando água, sedimentos e material biológico; determinação de critérios de qualidade da água necessária a manutenção e otimização dos usos da água do manancial, bem como a obtenção de subsídios para as medidas saneadoras que se fizerem necessárias, tornando possível alcançar o desenvolvimento harmônico e a integração física da bacia e de suas áreas de influência.

Para Coimbra (1991), os programas de monitoramento podem ser classificados como sendo de planejamento e de controle, de acordo com o uso que se pretende dar aos dados gerados.

Os propósitos do programa de planejamento incluem o fornecimento de informações da qualidade da água potencialmente disponível para satisfazer necessidades futuras, o

prognóstico dos efeitos de novas captações ou lançamentos de despejos sobre a qualidade da água, o auxílio na avaliação dos efeitos de variações hidrológicas sobre o regime de escoamento do curso d'água, provocadas por obras hidráulicas, as considerações preliminares na formulação de modelos matemáticos e as informações sobre casos e tendências de surgimento de substâncias perigosas. Os propósitos do programa de controle incluem a identificação de áreas críticas e avaliação da urgência de ações que visem melhorar sua qualidade, a proteção dos usuários do sistema hídrico, avaliando a eficácia das medidas de controle na manutenção ou melhoria da qualidade da água, a determinação de variações da qualidade da água em períodos específicos, para detectar e medir tendências e propor ações preventivas.

O monitoramento de qualidade de água permite acompanhar, ao longo do tempo, os efeitos sobre os rios e sobre as fontes de poluição. A melhoria da qualidade por instalação de sistemas de tratamento de esgotos ou aumento de eficiência destes ou aceleração de degradação por instalação ou ampliação de atividades poluidoras poderão ter seu acompanhamento facilitado pelas amostragens. Dados coletados são úteis, também, para modelagens e planejamento ambiental, incluindo estudos de localização adequada de novas indústrias (Mendonça & Pova, 1991).

Conforme Soares (2001), o monitoramento da qualidade da água pode representar a chave para o controle da exploração sustentável dos recursos naturais, uma vez que sem monitoramento fica difícil a avaliação segura da utilização desses recursos.

Por definição, uma amostra deve representar a síntese do comportamento do universo estudado e, assim, a sua coleta exige o mesmo rigor científico que as demais etapas de um programa de amostragem. Desta forma, a consideração básica na determinação das características da qualidade da água de determinado corpo hídrico é a obtenção de uma amostra ou séries de amostras que represente o todo (Coimbra, 1991).

Segundo Silveira (1997), a utilização de Calhas Parshall é uma alternativa que reduz tanto as dificuldades relativas aos custos elevados dos aparelhos utilizados para a realização do monitoramento contínuo, como a inadequação de uso das réguas limnimétricas por meio de uma estação convencional, a qual possui relativa mobilidade do leito. Estas estruturas permitem monitorar o segmento do fluviograma referente as vazões medianas e mínimas, escoadas pela bacia, não sendo útil, entretanto, para monitorar as vazões máximas.

As características principais dessas calhas, conforme Silveira e Tucci (1998) são: a) possibilidade de monitoramento com registros em intervalos de tempo diários; b) robustez da

estrutura de concreto; c) facilidade de medições de vazões com um micro-molinete, em seções conhecidas do canal; e, d) baixo custo da informação, baseado no baixo custo de implantação do sistema e na facilidade de obtenção dos dados.

Os procedimentos do monitoramento quali-quantitativo dos cursos d'água seguirão a norma técnica NBR 9897/87 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987), referente ao planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, e a norma técnica NBR 9898/87 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987), referente a preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para avaliação do impacto da ação antrópica nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, assim como a avaliação de uma das principais variáveis causadora desse impacto, os efluentes líquidos gerados na Bacia Escola do Campus da UFSM. O capítulo está dividido em cinco itens, conforme a estrutura do modelo conceitual metodológico (figura 5.1).

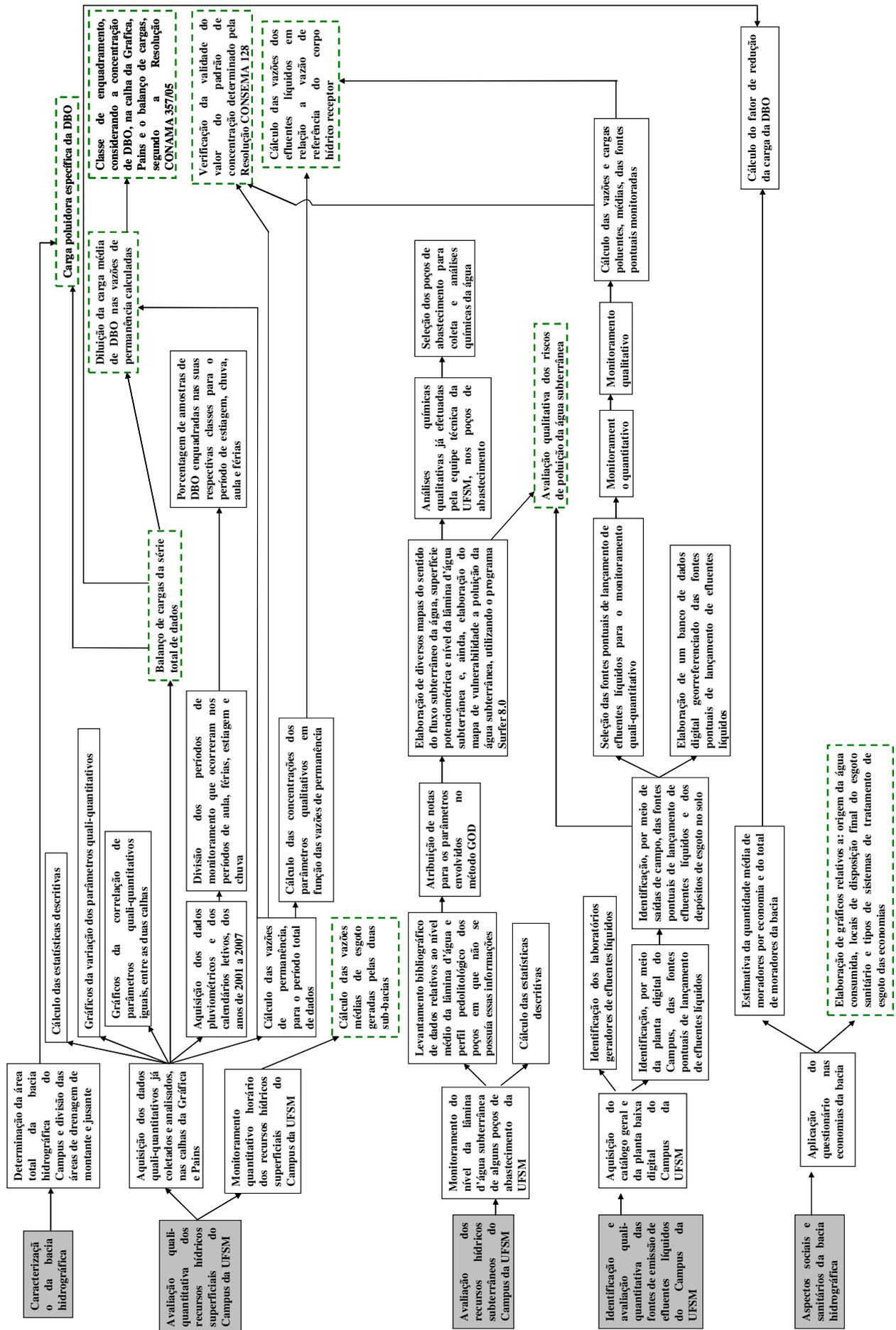
O item 5.1 apresenta uma breve caracterização da bacia hidrográfica estudada.

O item 5.2 apresenta a metodologia de avaliação quali-quantitativa dos recursos hídricos superficiais. Este item está dividido em quatro sub-itens: 5.2.1 Avaliação e monitoramento quantitativo; 5.2.2 Avaliação e monitoramento qualitativo; 5.2.3 Estatísticas descritivas; e 5.2.4 Balanço de cargas poluidoras.

O item 5.3 apresenta o método utilizado para a identificação e avaliação quali-quantitativa das fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos. Este item possui o sub-item 5.3.1 que apresenta como realiza-se a avaliação da relação entre a emissão de efluentes líquidos, por fontes pontuais, e o corpo hídrico receptor, com vistas a ratificação ou retificação do padrão estabelecido pela legislação vigente.

A metodologia utilizada para a avaliação dos recursos hídricos subterrâneos do Campus da UFSM está descrita no item 5.4. Este item divide-se em quatro sub-itens: 5.4.1 Monitoramento dos poços tubulares; 5.4.2 Avaliação do índice de vulnerabilidade à poluição; 5.4.3 Elaboração dos mapas; e 5.4.4 Avaliação qualitativa;

O último item é o 5.5 e descreve a metodologia utilizada para a realização da caracterização dos aspectos sociais e sanitários da área da Bacia Escola não pertencente ao Campus da UFSM.



**Figura 5.1** – Modelo conceitual metodológico da pesquisa (os quadros verdes estão relacionados aos resultados finais dos objetivos específicos da pesquisa).

## 5.1 Caracterização da bacia escola do campus da UFSM

A caracterização da bacia hidrográfica do Campus da UFSM, também denominada de Bacia Escola do Campus da UFSM, foi realizada por Reetz (2002). Neste estudo esta bacia foi novamente delimitada e os materiais utilizados para esta tarefa foram: a carta topográfica Camobi-SO, folha SH.22-V-C-IV/2-SO, MI-2965/250, ano 1969, com Datum Horizontal SAD 69 e Datum Vertical Porto de Imbituba Santa Catarina, em escala 1:25000, elaborada pela Diretoria de Serviços Geográficos do Exército Brasileiro, a imagem da área de estudo gerada pelo satélite IKONOS e o Programa Computacional Spring 4.3, disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A utilização do programa Spring 4.3 possibilitou a realização de uma caracterização completa dos aspectos físicos da bacia através a inserção de vários planos de informação. Como exemplos de tarefas que podem ser realizadas com este programa citam-se: georreferenciamento espacial da área de estudo (carta topográfica e imagem do satélite IKONOS), delimitação da bacia do Campus, vetorização dos cursos d'água, das curvas de nível, do sentido do fluxo da água subterrânea, etc., elaboração dos mapas de declividade e exposição das vertentes do terreno da bacia, entre outros.

A Universidade Federal de Santa Maria foi criada em 1960 e localiza-se na região central do estado do Rio Grande do Sul. Seu Campus encontra-se a, aproximadamente, 9 Km do centro da cidade de Santa Maria, no bairro Camobi. A figura 5.2 apresenta a localização da bacia hidrográfica do Campus da UFSM.

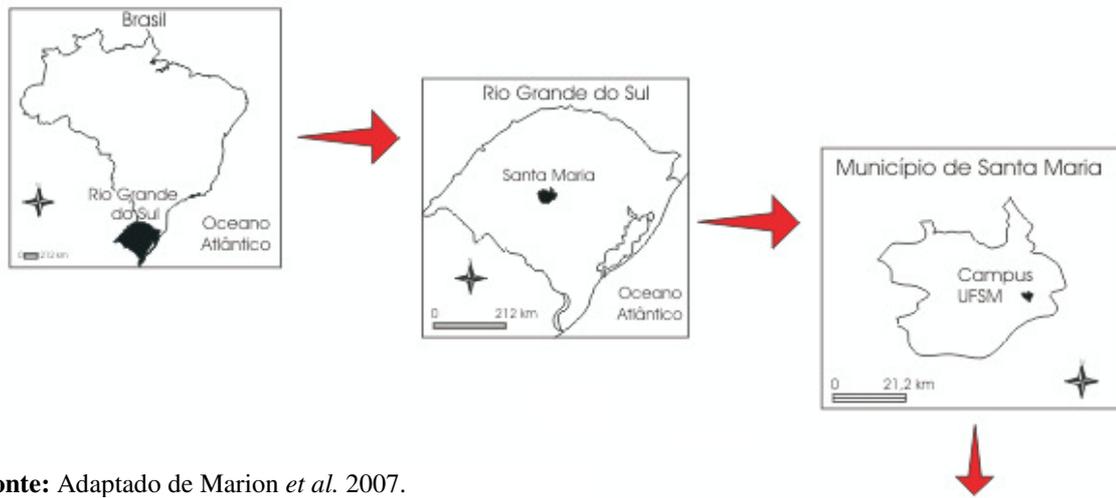
A bacia do Campus situa-se em uma das nascentes do rio Vacacaí-Mirim, que por sua vez é afluente do rio Jacuí. Esta bacia possui uma área de drenagem de aproximadamente 9,7 Km<sup>2</sup> e duas ocupações predominantes: uma região com ocupação basicamente residencial e uma área de domínio predominantemente do Campus da UFSM (Silveira *et al.*, 2003).

O Campus da UFSM localiza-se na porção intermediária da pequena bacia hidrográfica, representada na figura 5.2 pela sub-bacia de jusante. Nesta sub-bacia, a área pertencente ao Campus ocupa a maior parte, existindo poucas residências em sua região norte. No Campus existem diversos tipos de laboratórios de análises físico-químicas e biológicas, Hospital Universitário (HUSM) e Hospital Veterinário, Posto de Combustível, Gráfica, Usina de Laticínios, Restaurantes, atividades de pecuária e agricultura, residências, entre outras.

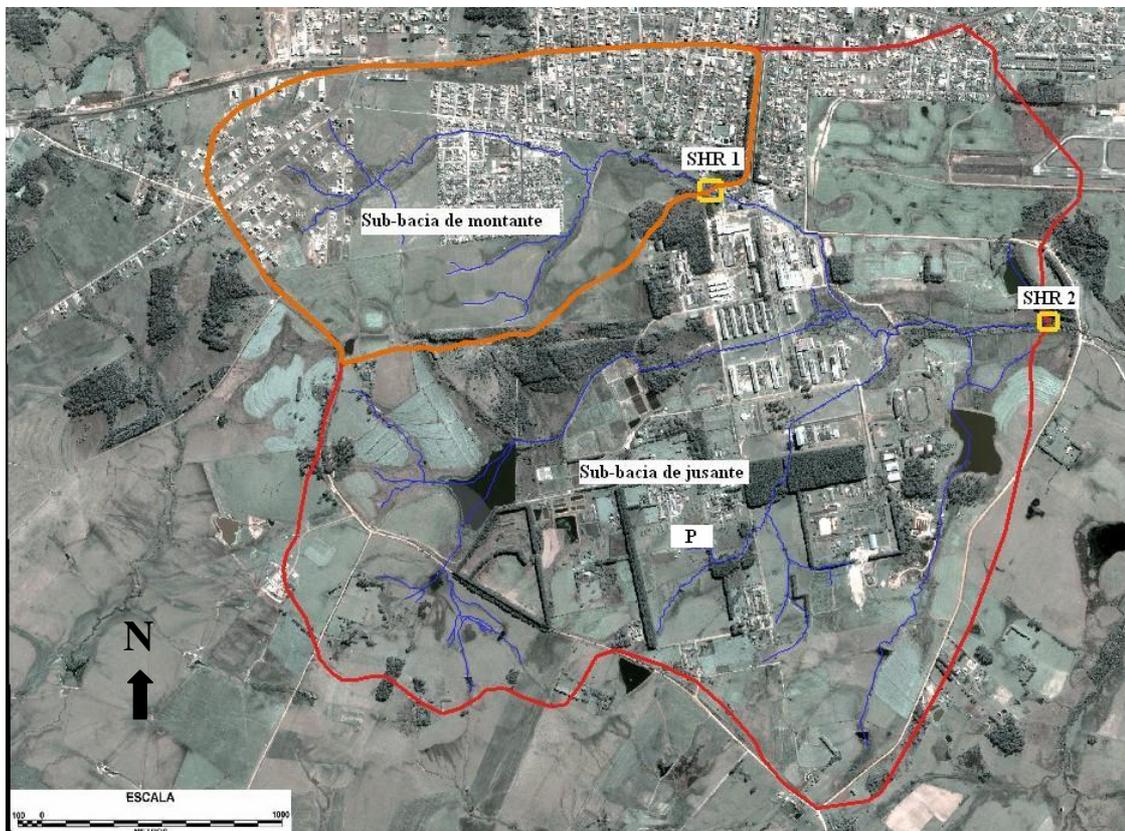
Na porção da sub-bacia de montante, que não pertence ao Campus, ocorre um intenso processo de urbanização provocado pela implantação de núcleos habitacionais populares, ocupações de terras por invasões e construções de elevado padrão. No entanto,

nesta região não existe sistema de esgoto cloacal em funcionamento, provocando a poluição dos cursos d'água receptores (Silveira *et al.* 2003).

A descrição geológica, geomorfológica, dos solos, do clima, da vegetação e da ocupação humana da bacia do Campus da UFSM foi realizada por Reetz (2002) e seus índices fisiográficos determinados por Angnes (2004).



Fonte: Adaptado de Marion *et al.* 2007.



**Figura 5.2** – Localização da bacia hidrográfica do Campus da UFSM, dividida em sub-bacia de montante, representada pela Seção Hidrológica de Referência 1 (SHR 1 - Calha da Gráfica), e sub-bacia de jusante (predominantemente da UFSM), representada pela Seção Hidrológica de Referência 2 (SHR 2 - Calha do Pains). A letra 'P' indica a localização do pluviômetro do 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

## 5.2 Avaliação quali-quantitativa dos recursos hídricos superficiais

Está avaliação foi realizada utilizando dados quali-quantitativos referentes à água superficial. Para sua realização foi necessário considerar a indissociabilidade dos aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos, realizando simultaneamente medidas de vazões em seções fluviométricas cadastradas pela Agência Nacional de Águas (ANA), por meio de estruturas hidráulicas pré-aferidas de fundo plano (Calhas Parschall), e coletas de água e análises laboratoriais, para diversos parâmetros de qualidade da água.

As seções fluviométricas utilizadas na pesquisa são apresentadas na tabela 5.1.

**Tabela 5.1** – Estações fluviométricas do Campus da UFSM.

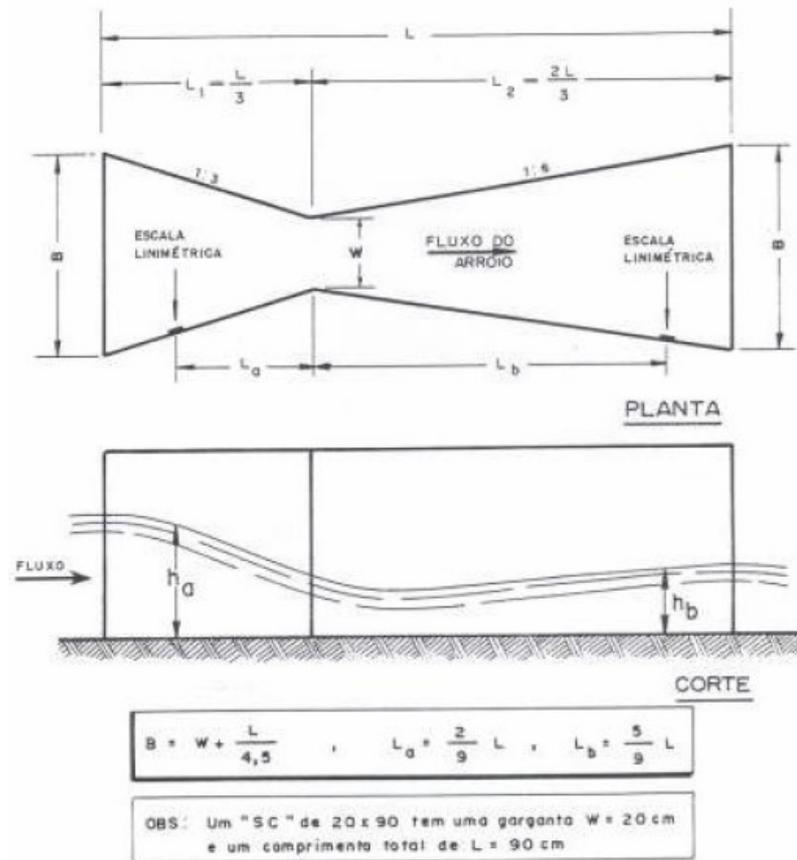
Código ANA	Nome	Sub-bacia	Rio	Estado	Município	Responsável	Operadora
85439000	BACIA ESCOLA UFSM / PAINS	85	ARROIO MARIANO DA ROCHA	RIO GRANDE DO SUL	SANTA MARIA	UFSM	UFSM
85439200	BACIA ESCOLA UFSM / GRÁFICA	85	ARROIO DA GRÁFICA	RIO GRANDE DO SUL	SANTA MARIA	UFSM	UFSM

### 5.2.1 Avaliação e monitoramento quantitativo

O monitoramento quantitativo, nas seções hidrológicas de referência (SHR's) da Gráfica e do Pains, foi realizado para a determinação das seguintes variáveis:

- a) vazão média, mínima e máxima, diária;
- b) vazões de permanência no tempo;
- c) vazões de diluição;
- d) carga poluente dos parâmetros de qualidade da água;
- e) vazão média diária de esgoto;
- f) vazão média máxima diária de esgoto;

As estruturas hidráulicas utilizadas para o monitoramento quantitativo dos recursos hídricos superficiais são caracterizadas por duas dimensões: comprimento (L) e a largura da sua garganta (W), que corresponde ao estrangulamento de sua seção, conforme apresentado na figura 5.3.



**Figura 5.3** – Planta da Calha Parschall de fundo plano.

**Fonte:** Angnes (2004).

Cada calha possui a seção de verificação da altura da lâmina d'água pré-definida em função das suas dimensões. A descarga é obtida por meio da medição direta da altura da lâmina d'água que atravessa a estrutura, com o auxílio de um metro de alumínio riscado com um giz escolar. A superfície do metro que é mergulhada na água umedece o giz e possibilita a visualização da altura da lâmina d'água. Devido à flutuação constante desta lâmina são realizadas três medições e calculada a média. A vazão que percorre a estrutura é determinada pela curva-chave teórica existente para cada calha.

#### a) Monitoramento sistemático

O período de monitoramento para a calha da Gráfica foi de janeiro de 2001 a março de 2007, onde foram realizadas medições diárias, sempre que possível, totalizando 1283 valores de altura da lâmina d'água. Para a calha do Pains o período foi o mesmo, mas devido a sua maior distância e difícil acesso foram coletados, apenas, 340 valores de altura da lâmina

d'água. As figuras 5.4 e 5.5 são, respectivamente, as seções fluviométricas da Gráfica e do Pains.



**Figura 5.4** – Calha Parschall da Gráfica (SHR 1)



**Figura 5.5** – Calha Parschall do Pains (SHR 2)

Com os dados das séries de vazões são calculadas as vazões de permanência no tempo. A metodologia utilizada para o cálculo das vazões de permanência está descrita em Tucci (2002). Essas vazões são utilizadas, posteriormente, para a avaliação das vazões de diluição das cargas poluentes.

Para conhecer o padrão diário aproximado de variação da vazão do curso d'água realizam-se, simultaneamente nas SHR's, medições horárias do nível da lâmina d'água do arroio durante alguns dias.

## b) Estimativa da vazão de esgoto

Para a estimativa das vazões provenientes dos esgotos foi necessário à programação de campanhas de monitoramento horário das vazões nas calhas da Gráfica e do Pains. O projeto de monitoramento previu intervalos horários, a partir das 8:00 horas até as 18:00 horas de cada dia. Os dados utilizados para a avaliação da vazão de esgoto foram monitorados durante seis dias.

Para o conhecimento da vazão de esgoto produzida em cada bacia hidrográfica utilizou-se como critério a menor vazão horária do dia monitorada como sendo a vazão mínima diária, ou seja, a vazão sem contribuição de esgoto. Sabe-se que isso não ocorre na realidade, pois o esgoto está sendo gerado constantemente, mas esta definição é necessária para a realização de cálculos que permitem conhecer como é o comportamento aproximado do lançamento de efluentes líquidos nos cursos d'água.

Para o cálculo da média de esgoto, gerado em cada bacia hidrográfica, subtrai-se o valor da vazão de cada hora do dia pela vazão mínima diária. A média destes valores consiste na vazão média de esgoto de cada dia monitorado. Novamente, a média do valor médio de cada dia de monitoramento resulta na vazão média diária de esgoto das SHR's.

Para o cálculo da vazão média máxima diária de esgoto subtrai-se o maior valor de vazão do dia pela vazão mínima diária. Esse procedimento resultará em valores máximos médios de cada dia de monitoramento. Então, calcula-se a média desses valores.

Na vazão da calha do Pains foi necessário acrescentar a estes resultados uma vazão estimada de 1,0 L/s, para o cálculo da vazão média de esgoto e uma vazão de 1,5 L/s, para o cálculo da vazão média máxima de esgoto. Isto foi necessário devido a um vazamento lateral de água que não é quantificado nas medições de nível na calha do Pains. Esses valores foram estimados apenas pela visualização do vazamento, visto que não é possível realizar a medição da vazão neste local.

O balanço de vazão, para conhecer a quantidade média de esgoto produzida pela bacia de jusante, é calculado pela equação 5.1.

$$Q_{mJus} = Q_{dPains} - Q_{dGraf} \quad (5.1)$$

Onde:  $Q_{mJus}$  é a vazão média de esgoto produzida pela bacia de jusante,  $Q_{dPains}$  é a vazão média de esgoto na calha do Pains e  $Q_{dGraf}$  é a vazão média de esgoto na calha da Gráfica.

### 5.2.2 Avaliação e monitoramento qualitativo

Este monitoramento é realizado, também, nas SHR's e tem como finalidade avaliar o estado da qualidade da água dos cursos d'água da bacia do Campus por meio de coletas de água e análises laboratoriais de alguns parâmetros de qualidade da água.

Os parâmetros de qualidade da água avaliados foram: temperatura do ar, temperatura da água, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), turbidez, sólidos totais (ST), sólidos totais suspensos (STS), sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos sedimentáveis (SSED), acidez, alcalinidade, cloretos, óleos e graxas, coliformes totais (CT) e coliformes fecais (CF).

Para a determinação analítica dos parâmetros de qualidade da água foi utilizada a metodologia descrita conforme especificações do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA, 1998).

Os parâmetros de qualidade da água foram avaliados tanto em campo como nos laboratórios da UFSM. Nos primeiros anos de avaliações os parâmetros químicos foram avaliados pelo Laboratório de Engenharia Química e os parâmetros biológicos foram avaliados pelo Laboratório da Saúde da Comunidade. O Laboratório do Departamento de Hidráulica e Saneamento realizava somente as avaliações dos parâmetros físicos. No presente, o Laboratório do Departamento de Hidráulica e Saneamento tem condições estruturais e humanas para a realização de avaliações de todos os parâmetros de qualidade da água citados acima.

Os parâmetros de qualidade que são avaliados em campo, no momento das coletas de água nas SHR's, são: o oxigênio dissolvido e a temperatura do ar e da água. O equipamento utilizado para esta avaliação é o Medidor de Oxigênio Dissolvido – Modelo YSI 58.

Para a verificação da qualidade da água segundo a legislação de recursos hídricos, levando em consideração as classes de enquadramento dos cursos d'água e avaliando os quatro grupos de dados (estiagem, pós-chuva, aula e férias) divididos no presente estudo, pode-se expressar os resultados da concentração de um poluente, que esteja mencionado na legislação, em termos de porcentagem de amostras analisadas e pertencentes à determinada classe de enquadramento.

Esta avaliação é realizada através da verificação da porcentagem de amostras que se enquadram dentro dos limites das classes de enquadramento consideradas na Resolução CONAMA 357/05, para os quatro períodos estudados.

O cálculo das concentrações de permanência dos parâmetros OD e DBO foi realizado utilizando-se a mesma metodologia em que foram calculadas as vazões de permanência. Esta metodologia está descrita em Tucci (2002).

A análise de regressão linear simples consiste na realização de uma análise estatística com o objetivo de verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma variável independente. Esta análise foi realizada entre variáveis quali-quantitativas iguais das duas SHR's.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é utilizado para verificar se o modelo proposto é adequado ou não para definir o fenômeno. Este coeficiente indica a proporção (ou porcentagem) da variação de Y que é representada pela regressão, ou quanto da variação na variável dependente Y está sendo explicada pela variável independente X. Valores de  $R^2$  próximos de um indicam que o modelo proposto é adequado para descrever o fenômeno.

### 5.2.3 Estatísticas descritivas

O processamento e análise dos dados quali-quantitativos dos recursos hídricos superficiais da bacia do Campus da UFSM, abrangendo o período 2001-2007, foram realizados considerando a indissociabilidade dos dados quali-quantitativos e analisando os parâmetros em termos de concentração e de carga poluente.

O processamento estatístico tem a finalidade de descrever uma amostra de dados por meio de medidas de posição, de dispersão, de assimetria, de curtose e da apresentação dos resultados em tabelas ou gráficos, sem fazer nenhuma inferência sobre a população dos dados. Nesta pesquisa foram utilizadas somente as medidas de posição (estatísticas representativas da localização dos valores de uma amostra de dados) e as medidas de dispersão (utilizadas para quantificar o grau de variabilidade dos valores de uma amostra de dados em torno de sua média) dos dados quali-quantitativos dos recursos hídricos superficiais da bacia do Campus da UFSM. Foram quantificados, também, os valores extremos da amostra de dados.

Sendo a concentração de um determinado poluente função da vazão e considerando que a vazão de um curso d'água varia no tempo, os valores obtidos nas análises representam um fato instantâneo da condição de qualidade da água. Isto contribui para que os valores utilizados no balanço de cargas poluentes sejam em termos de carga e não de concentração.

A partir do fato descrito acima, optou-se pela divisão do período de dados em dois grupos: os dados coletados no período letivo e de férias e os dados coletados no período de

estiagem e pós-chuva (quando são realizadas coletas até três dias após um evento de precipitação pluviométrica).

A divisão do primeiro grupo de dados justifica-se porque as cargas poluentes geradas por instituições de ensino são funções da flutuação de pessoas que utilizam instalações ou equipamentos que geram estes efluentes. A população do Campus da UFSM é variável nos períodos letivos e não-letivos.

Para a divisão destes períodos foi necessária a aquisição dos calendários letivos corrigidos da UFSM, a partir do ano de 2001. Estes dados foram cedidos pela Pró-Reitoria de Graduação da instituição.

A avaliação do segundo grupo de dados é necessária para conhecer a influência dos períodos de estiagem e de chuva, na qualidade da água. Nesta pesquisa, para este grupo de dados, a avaliação do impacto da ação antrópica, foi realizada somente para o parâmetro DBO, em termos de concentração, carga bruta e balanço de carga, para as duas SHR's.

Para o conhecimento dos períodos de estiagem e chuva utilizaram-se os dados pluviométricos cedidos pelo 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizado no Campus da UFSM.

Os parâmetros de qualidade da água considerados nesta avaliação e no balanço de cargas foram: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), sólidos totais suspensos (STS), sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos sedimentáveis (SSED), coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF), cloretos e óleos e graxas.

A média, da concentração e da carga poluente (equação 5.2 e 5.3, respectivamente), foi a única medida de posição avaliada. As medidas de dispersão avaliadas foram o desvio-padrão (equação 5.4) e o coeficiente de variação (equação 5.5).

$$\text{Concentração média} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \quad (5.2)$$

Onde: “n” representa o número de valores da amostra; e “C” representa a concentração do parâmetro de qualidade da água considerado.

$$\text{Carga Poluente média} = \frac{\sum_{i=1}^n Qi * Ci}{n} \quad (5.3)$$

Onde: “n” representa o número de valores da amostra; “Q” representa a vazão do curso d’água, na SHR, no momento da coleta da amostra de água; e “C” representa a concentração do parâmetro de qualidade da água considerado.

$$\text{Desvio-padrão (s)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - m)^2}{n}} \quad (5.4)$$

Onde: “s” representa o desvio-padrão; “n” representa o número de valores da amostra; “Xi” representa os valores da amostra; e “m” representa a média da amostra.

$$\text{Coeficiente de variação (CV) \%} = \frac{100 * s}{m} \quad (5.5)$$

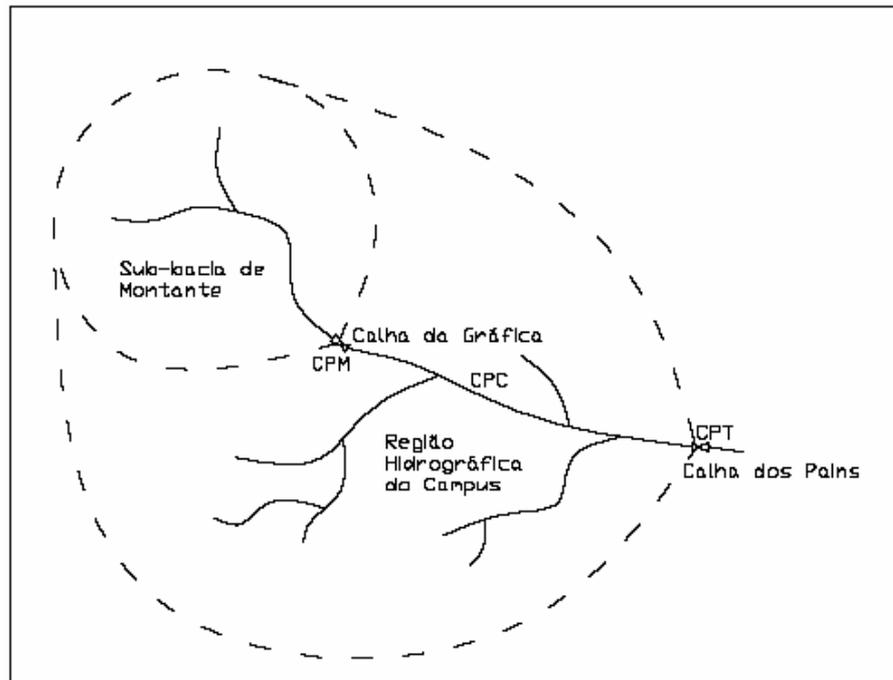
Onde: “CV” representa o coeficiente de variação; “s” representa o desvio-padrão; e “m” representa a média da amostra.

#### 5.2.4 Balanço de cargas poluidoras

O impacto da ação antrópica na água superficial da Bacia do Campus da UFSM foi avaliado diretamente pela carga poluente média, estimada pelo monitoramento qualitativo na Calha da Gráfica (SHR 1), para a sub-bacia de montante. As cargas e as concentrações, dos parâmetros de qualidade da água, produzidas pela área total da Bacia Escola do Campus da UFSM são representadas pelos resultados do monitoramento qualitativo na calha do Pains (SHR 2). Para conhecer as cargas poluidoras produzidas pela área predominantemente do Campus da UFSM (sub-bacia de jusante), o impacto foi avaliado

pelo diferencial das cargas entre a entrada (calha da Gráfica) e saída (calha do Pains) do curso d'água da bacia, segundo proposta de Silveira *et al.* (2003).

A figura 5.6 apresenta o esquema sintético do equacionamento das cargas poluidoras e o balanço de cargas está representado na equação 5.6.



**Figura 5.6** – Esquema sintético do equacionamento das cargas poluidoras.  
**Fonte:** Angnes, (2004).

Assim:

$$C_{j_x} = C_{t_x} - C_{m_x} \quad (5.6)$$

Onde:  $C_{j_x}$  é a carga produzida pela sub-bacia de jusante (área predominantemente da UFSM);  $C_{t_x}$  é a carga total produzida pela bacia;  $C_{m_x}$  é a carga poluidora produzida por fontes externas, vinculadas a sub-bacia de montante; e “x” é o poluente de interesse.

O equacionamento do balanço de cargas poluidoras é pertinente para o conhecimento da geração de poluente avaliada para cada bacia, ou seja, seus resultados expressam, por exemplo, a carga poluente emitida pelas atividades da bacia de jusante considerando cada parâmetro de qualidade da água. Estes resultados são úteis para o gerenciamento real de cada bacia, pois se o gerenciamento for efetuado em termos de concentração de poluente ele será totalmente influenciado pelas vazões instantâneas dos corpos d'água.

Para a obtenção das concentrações prováveis de poluentes, em função das vazões de permanência, dividem-se as cargas médias constantes, do parâmetro DBO, pela variabilidade

das vazões de permanência, das duas SHR's. Os valores resultantes devem ser comparados com os limites das classes de enquadramento dos corpos hídricos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05.

A razão entre a carga média de DBO produzida e a área de abrangência total da bacia do Campus da UFSM e das suas sub-bacias consiste na carga média específica (carga/km<sup>2</sup>).

A carga poluente média específica da bacia do Campus foi obtida pela equação 5.7. Foram calculadas as cargas poluentes médias específicas para a totalidade da área da bacia do Campus da UFSM, para a área da bacia de montante e para a área de bacia de jusante (contribuição de cargas poluentes quase que em totalidade da área do Campus da UFSM).

$$\text{Carga poluente média específica} = \frac{\text{carga poluente média}}{\text{área da bacia}} \quad (5.7)$$

### **5.3 Identificação e avaliação quali-quantitativa das fontes pontuais (F.P.) de emissão de efluentes líquidos**

Esta identificação e avaliação se procedem devido à necessidade do conhecimento da situação de geração, tanto quantitativa como qualitativa, e dos modos de disposição final, dos efluentes líquidos do Campus da UFSM.

As análises efetuadas nas SHR's, diretamente nos corpos d'água da bacia, evidenciam somente as características dos mesmos. Por meio dessas análises, não é possível determinar os responsáveis pelas reais emissões das cargas poluentes e sobre os locais onde ocorrem esses lançamentos. Além disso, muitas vezes, os fluidos líquidos são descartados diretamente no solo e podem ou não alcançar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, dependendo de vários fatores a serem considerados, como: distância do manancial, características topográficas do local de disposição, características físicas, químicas e biológicas do solo e das rochas, etc.

Quando ocorre o depósito de efluentes líquidos no solo ou nas rochas e estes efluentes não alcançam os recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, mesmo com a realização de análises físicas, químicas e biológicas da água, não é possível a detecção desta poluição, apesar da bacia estar em condições não adequadas de saneamento, evidenciando assim uma falsa idéia ao tomador de decisão, que analisa somente as características dos mananciais.

Com isso, fazem-se necessárias saídas e verificações de campo para a determinação dos emissores de efluentes nos corpos hídricos, evidenciando se o gerador é a própria instituição ou se a geração provém de fontes externas à área do Campus.

A identificação e avaliação das fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos foram realizadas somente na bacia de jusante (área predominantemente do Campus da UFSM), visto que o seu objetivo é conhecer as emissões de efluentes ocorridas na área pertencente à UFSM. As etapas da identificação e avaliação das fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos são:

**a) Identificação dos laboratórios:** identificam-se todos os laboratórios da instituição que são geradores potenciais de efluentes líquidos. Para isto, no presente estudo, utilizou-se o Catálogo Geral da UFSM, do ano de 2004, disponibilizado em sua página da “web”, e posterior correção dos locais dos laboratórios por meio de saídas e verificação de campo. Esta identificação, realizada por meio do Catálogo Geral, considera, principalmente, se os equipamentos que cada laboratório possui estão relacionados ao consumo de fluídos líquidos.

**b) Identificação das Fontes Pontuais (F.P.) de poluição:** utilizou-se como documento base a planta digital do Campus contendo vários planos de informação (sistema de drenagem pluvial e cloacal, rede de abastecimento de água, prédios, etc.). Esta planta digital foi cedida pela Divisão de Obras e Projetos da Prefeitura da Cidade Universitária, a partir da qual se podem identificar alguns locais que lançam efluentes líquidos nos corpos d’água da bacia de jusante e quais os prédios e áreas que contribuem para cada fonte pontual.

**c) Campanhas de campo:** são percorridos todos os cursos d’água, através de seus leitos, para identificação precisa de fontes. Os equipamentos utilizados para estas campanhas, no presente estudo foram: macacão impermeável, máscaras, luvas e máquina fotográfica para o registro das fontes pontuais. Estas campanhas de campo possibilitam a visualização da quantidade de efluente emitido pelas fontes pontuais, sendo possível priorizar as principais fontes para as coletas e análises quali-quantitativas desses efluentes.

**d) Avaliação quantitativa das principais Fontes Pontuais (F.P.) de poluição:** é realizada por meio de medições de vazão. O intervalo de medição foi horário, das 8:00 horas às 18:00 horas, durante seis dias. Os materiais utilizados foram: proveta graduada (1L), balde,

máscara, luva e cronômetro. Estas campanhas são úteis para conhecer a variação das vazões e os horários de pico, das fontes pontuais. Os gráficos dessas variações podem ser visualizados no Anexo 5.

**e) Avaliação quali-quantitativa das principais Fontes Pontuais (F.P.) de poluição:** Após análise da dinâmica das vazões efluentes pode-se programar as coletas dos efluentes líquidos, para posterior análise laboratorial, levando em consideração a informação dos horários em que ocorrem os picos das vazões das fontes pontuais selecionadas. As fontes pontuais escolhidas para as análises quali-quantitativas na primeira campanha foram: F.P. 3, F.P. 8, F.P. 16, F.P. 17, F.P. 18 e F.P. 31. Os parâmetros analisados foram: temperatura do efluente, condutividade elétrica, pH, turbidez, OD, DBO, DQO, alcalinidade, acidez, coliformes totais e fecais.

Para cada fonte pontual monitorada calculam-se as vazões médias e suas respectivas cargas poluentes. Esta carga foi estabelecida pela multiplicação da vazão no momento da coleta pela concentração do efluente, para os parâmetros considerados.

**f) Registro das Fontes Pontuais (F.P.) de poluição:** Para organizar a memória fotográfica das observações das saídas de campo, elaborou-se um banco de dados digital georreferenciado das fontes pontuais. O programa computacional utilizado foi o Spring 4.3.

As fotografias das fontes pontuais identificadas, com sua respectiva coordenada UTM e com a informação que indica se o efluente emitido por cada fonte pertence à UFSM ou se advém do ambiente externo ao Campus, pode ser visualizada no Anexo 6.

### 5.3.1 Avaliação da relação entre efluente líquido e corpo hídrico receptor

Para a verificação da conformidade dos valores de concentração emitidos pelas fontes poluentes, com os valores de lançamento estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº 128/2006, utiliza-se a equação 5.8, contida nesta própria resolução.

$$\frac{Q_{chr}}{Q_e} \geq \frac{\text{Padrão concentração Resolução}}{\text{Concentração na Classe}} \quad (5.8)$$

Onde: “Qchr” é a vazão de referência do corpo hídrico receptor; “Qe” é a vazão do efluente; “Padrão concentração Resolução” é o valor do padrão estabelecido nesta Resolução

para cada parâmetro contido no efluente; “Concentração na Classe” é o valor do padrão do respectivo parâmetro estabelecido para a Classe na qual o corpo hídrico receptor se enquadra.

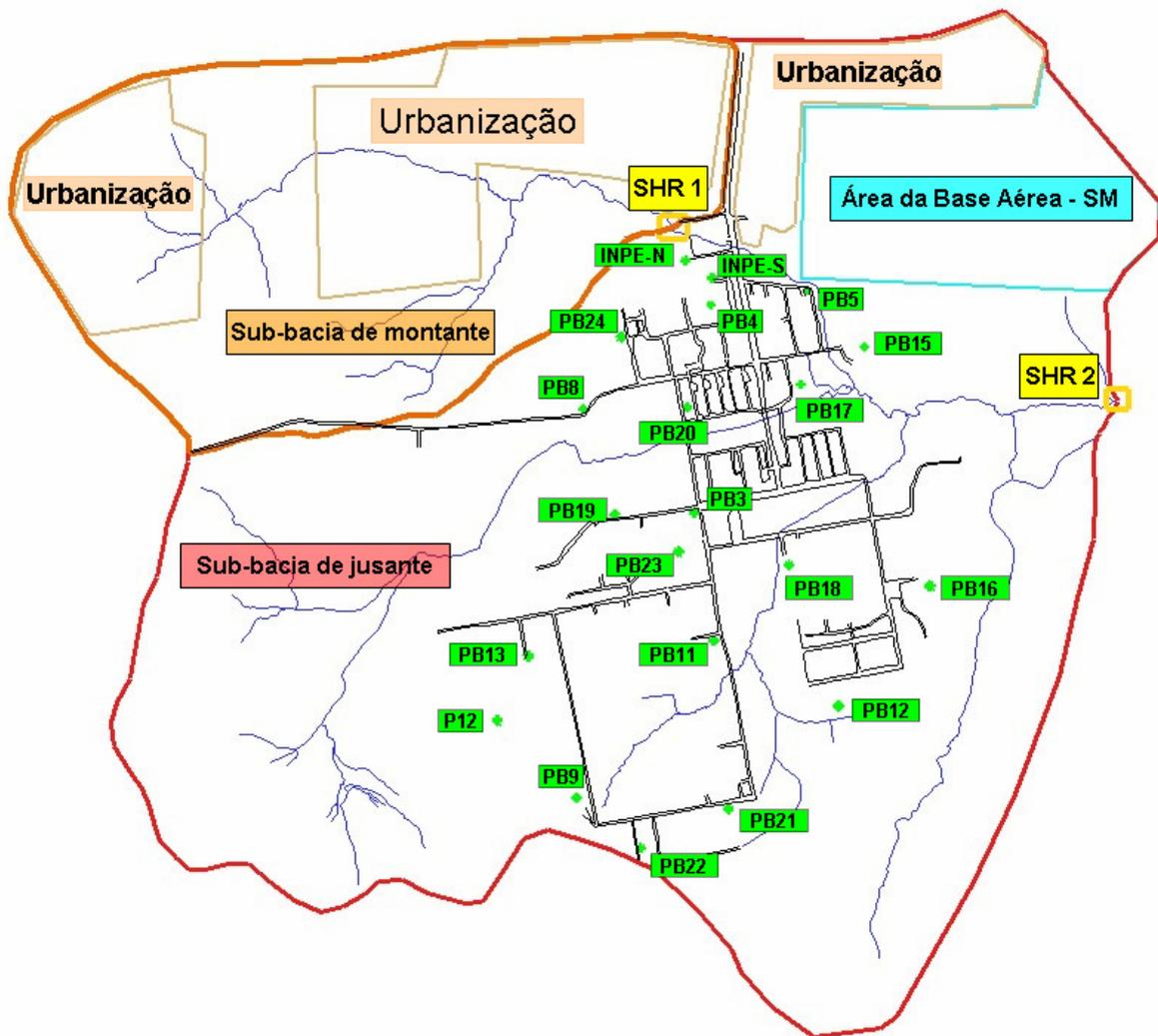
Estes cálculos foram realizados somente para o parâmetro DBO e somente para as principais fontes pontuais pertencentes à UFSM, que lançam seus efluentes nos cursos d’água da sub-bacia de jusante (área predominantemente da UFSM).

A vazão de referência utilizada para estes cálculos foi a  $Q_{95\%}$ , determinada para a calha da Gráfica, já que a Resolução CONSEMA nº 128 não determina onde devem ser monitorados os dados de vazão para a determinação da vazão de referência a ser utilizada. A escolha da vazão  $Q_{95\%}$  da calha da Gráfica, ao invés da vazão  $Q_{95\%}$  da calha do Pains, foi realizada devido a este critério ser mais conservador. Pois, quanto maior a vazão de referência utilizada nestes cálculos maior será a probabilidade da razão entre as vazões ( $Q_{chr} / Q_e$ ) ser maior que a razão entre o “Padrão concentração Resolução” e a “Concentração na Classe” (equação 5.8), permitindo que a fonte pontual emita efluente líquido com maior concentração poluente.

Para a realização das análises qualitativas, a vazão utilizada para representar cada fonte pontual de emissão de efluente foi a vazão monitorada no momento da coleta do efluente.

#### **5.4 Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos**

O Campus da UFSM possui aproximadamente 40 poços de captação de água subterrânea, mas somente metade do total encontravam-se em funcionamento no ano de 2007. A figura 5.7 apresenta a localização dos poços de abastecimento do Campus da UFSM, na Bacia Escola do Campus da UFSM, referentes ao ano de 2007. Os poços tubulares do Campus da UFSM e seus setores de abastecimento estão apresentados detalhadamente nos anexos de Moreira (2005).



**Figura 5.7** – Localização e identificação dos poços tubulares de abastecimento de água do Campus da UFSM (pontos verdes) na Bacia Escola do Campus da UFSM.

#### 5.4.1 Monitoramento dos poços tubulares

O primeiro passo em uma avaliação da água subterrânea é a realização do monitoramento do nível da lâmina d'água em relação a superfície do solo, considerando diferentes períodos do ano. Para isto, é necessário verificar quais os poços de captação possuem entradas em suas tampas externas, “cabeça do poço”, que possibilitem a introdução da aparelhagem utilizada para a realização desta atividade. No caso do Campus da UFSM poucos poços de captação possuem os compartimentos de entrada, uma vez que a maioria dos poços foi executada anteriormente a norma técnica NBR 12/2006 que prevê a instalação de um tubo guia, em plástico PVC, com diâmetro entre 1/2" e 3/4". Este tubo deve ser instalado até a altura de posicionamento da bomba submersa. Neste, introduz-se a ponteira do

freatímetro sonoro, modelo Jaciri, dotado de cabo de 100 m de comprimento e marcação graduada de metro em metro.

Os dados coletados neste monitoramento são úteis para o conhecimento da variação do nível da lâmina d'água subterrânea ao longo do tempo, em diferentes locais, assim como podem ser usados como dados de entrada para a elaboração dos mapas do índice de vulnerabilidade à poluição, superfície potenciométrica, nível da lâmina d'água e sentido do fluxo, da água subterrânea.

A superfície potenciométrica foi obtida pela relação entre a cota da “boca do poço”, obtida com o uso do Global Position System (GPS), e o nível da água em relação ao terreno, obtido pelo freatímetro, ou de informações pré-existentes obtidas da empresa perfuradora ou, ainda, dos cadastros da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), através do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) disponibilizado na “web”.

Para esta pesquisa foram programadas três campanhas de leituras de nível da lâmina de água subterrânea dos poços tubulares que possuíam condições de medição.

No período de 25/05/2006 a 18/06/2006 as medições foram, quase em sua totalidade, diárias. Nessa campanha os poços monitorados foram: PB 4, PB 8, PB 16, PB 23, PB 24.

A segunda campanha de medições iniciou em 03/10/2006 e terminou em 22/11/2006. Para este período as frequências das medições foram, em sua maioria, em intervalos de 1, 2 ou 3 dias. Nessa campanha os poços monitorados foram os mesmos da primeira campanha acrescidos do PB 17.

A última campanha abrangeu a período de 31/01/2007 a 30/03/2007 e a frequência de amostragem foi, em média, de 5 em 5 dias. Nessa campanha os poços monitorados foram os já citados acima. Ainda, foram realizadas medições para os poços PB 3, PB 13, PB 15, PB 20, PB 21 e P 12.

#### 5.4.2 Avaliação do índice de vulnerabilidade à poluição

Para a avaliação da vulnerabilidade natural à poluição de aquíferos existem diferentes métodos. O método escolhido para este estudo foi o “GOD” devido, principalmente, a existência e fácil acesso às informações que caracterizam suas variáveis envolvidas; pelo número reduzido de variáveis consideradas, apenas três, concordando com o princípio da parcimônia; e por ter sido adaptado às características brasileiras por Foster e Hirata (1993), e Foster *et al.* (2003).

As variáveis consideradas neste método são expressas a seguir:

**a) Grau de confinamento hidráulico (G):** considera os diferentes tipos de aquíferos; aquíferos não confinados, aquíferos não confinados cobertos, aquíferos semiconfinados, aquíferos confinados e aquíferos surgentes (nascentes).

As notas atribuídas ao aquífero ou a nascente variam entre zero, para surgente, e 1,0 para não confinado. O valor 1,0 indica a condição de maior risco potencial de alteração de sua qualidade.

**b) Ocorrência de substrato litológico (O):** considera as características litológicas e o grau de consolidação da zona não saturada ou capas confinantes.

Os valores atribuídos a este parâmetro variam de 0,4 a 1,0, sendo que a primeira representa a situação de menor risco potencial e a última para a situação de maior risco potencial de alteração de sua qualidade.

Para a avaliação das litologias foram utilizados o mapa geológico de Gasparetto *et al.* (1988) na escala de 1:50.000, informações dos perfis geológicos descritos pelas empresas de perfuração e, ainda, do SIAGAS/CPRM.

As notas são atribuídas para todas as camadas de solo /ou rochas que se situam acima do nível da lâmina d'água. A média aritmética destas notas resulta na nota final do parâmetro.

**c) Distância do nível da água subterrânea (D):** considera o nível estático da água subterrânea em relação à cota do terreno.

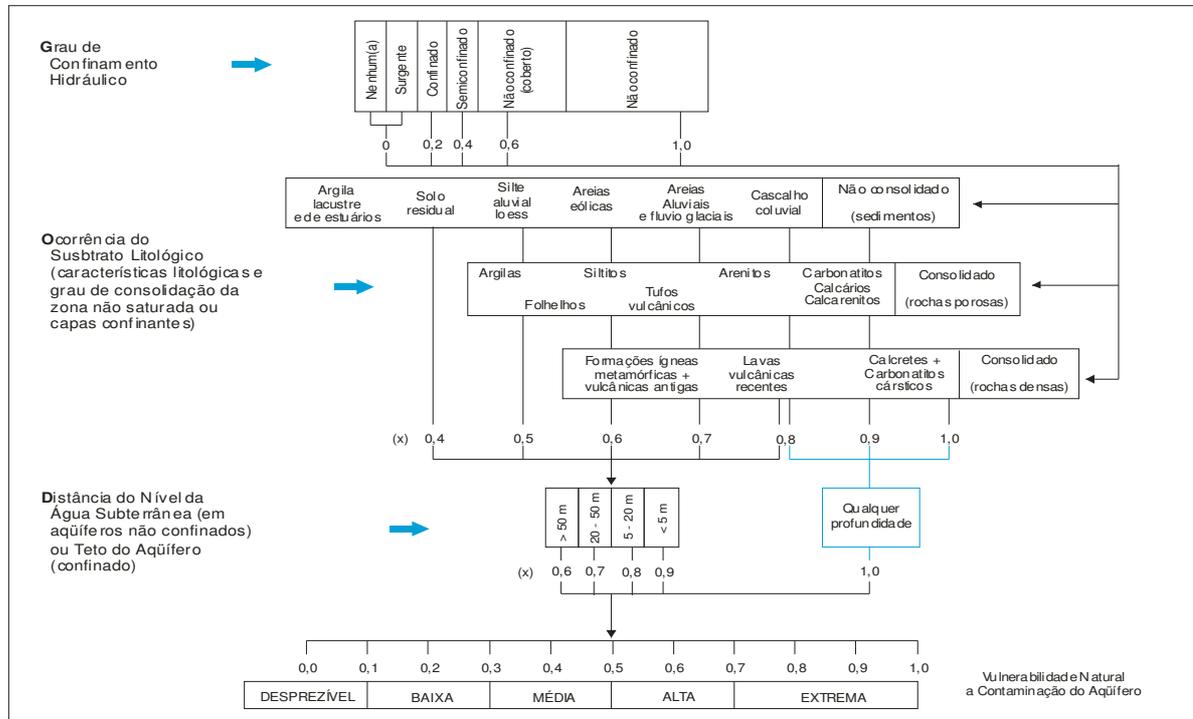
As notas atribuídas para este parâmetro variam de 0,6 a 1,0, sendo que a primeira representa a situação de menor risco potencial e a última para a situação de maior risco potencial de alteração de qualidade.

Para a atribuição das notas deste parâmetro foram utilizados os dados médios do nível da lâmina d'água coletados nas três campanhas citadas anteriormente. Para os poços que não foram monitorados utilizaram-se os dados coletados da página da web da Companhia de Recursos Minerais (CPRM), do Sistema de Informações de Água Subterrânea (SIAGAS) e os dados de Moreira (2005).

A avaliação da vulnerabilidade envolve três etapas detalhadas na Figura 5.8.

O método "GOD" consiste em atribuir notas para três parâmetros considerados. Obtém-se o índice de vulnerabilidade pelo produto das três notas atribuídas aos parâmetros e pela classificação, em classes, conforme os valores deste produto: vulnerabilidade desprezível (0,0 a 0,1), vulnerabilidade baixa (0,1 a 0,3), vulnerabilidade média (0,3 a 0,5), vulnerabilidade alta (0,5 a 0,7) e vulnerabilidade extrema (0,7 a 1,0).

Para a elaboração dos mapas de vulnerabilidade à poluição e dinâmica da água subterrânea do Campus da UFSM utilizou-se o Programa Surfer 8.0.



**Figura 5.8** – Metodologia “GOD” para avaliação da vulnerabilidade à poluição dos aquíferos.

**Fonte:** Foster *et al.* (2003).

### 5.4.3 Elaboração dos mapas

Nesta pesquisa foram elaborados os seguintes mapas:

**a) Vulnerabilidade à poluição da água subterrânea:** para a elaboração deste mapa utilizaram-se os dados do perfil pedolitológico dos poços de abastecimento da UFSM apresentados por Moreira (2005). A maior parte dos dados dos níveis estáticos considerados foram utilizados de Moreira (2005). Utilizaram-se, também, os dados monitorados dos níveis estáticos médios da lâmina d’água subterrânea e da CPRM.

**b) Nível estático da água subterrânea:** esta situação ocorre quando os poços não estão em regime de bombeamento.

**c) Nível dinâmico da água subterrânea:** esta situação ocorre quando os poços estão em regime de bombeamento.

**d) Nível mais freqüente da água subterrânea:** o valor do nível da lâmina d’água subterrânea utilizado para esta situação foi escolhido entre os níveis estático e dinâmico,

conforme a frequência de ocorrência destas situações. Quando, nas medições, o poço estava na sua maior parte do tempo com a bomba ligada considerou-se o valor médio do nível dinâmico e quando o poço estava na sua maior parte do tempo com a bomba desligada considerou-se o valor médio do nível estático.

**e) Sentido do fluxo estático da água subterrânea:** esta situação ocorre quando os poços não estão em regime de bombeamento;

**f) Sentido do fluxo dinâmico da água subterrânea:** esta situação ocorre quando os poços estão em regime de bombeamento;

**g) Sentido do fluxo mais freqüente da água subterrânea:** o valor do nível da lâmina d'água subterrânea utilizado para esta situação foi escolhido entre os níveis estático e dinâmico, conforme a frequência de ocorrência destas situações. Quando, nas medições, o poço estava na sua maior parte do tempo com a bomba ligada considerou-se o valor médio do nível dinâmico e quando o poço estava na sua maior parte do tempo com a bomba desligada considerou-se o valor médio do nível estático.

Para a elaboração dos mapas dos itens b, c, d, e, f e g, citados acima, utilizaram-se, em sua maioria, os dados dos níveis médios da lâmina d'água subterrânea monitorados diretamente dos poços de abastecimento.

O Anexo 4 apresenta as informações dos poços tubulares e os dados utilizados para as avaliações da água subterrânea do Campus da UFSM, até 30 de março de 2007.

#### 5.4.4 Avaliação qualitativa

Foram escolhidos alguns poços tubulares (PB 3, PB 5, PB 11, PB 15, PB 18 e PB 24) e alguns locais de consumo final da água (torneira do INPE, bebedouro do Centro de Tecnologia e torneira da Casa do Estudante Universitário) para coleta e análise qualitativa da água.

Esta escolha levou em consideração as análises realizadas anteriormente pela equipe responsável da UFSM, o sentido do fluxo da água subterrânea e as instalações do Campus que cada poço abastece.

Os frascos utilizados nas coletas passaram pelo processo de limpeza de acordo com American Public Health Association – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

As coletas de águas dos poços tubulares foram realizadas em novembro de 2007 através da abertura do poço pela equipe de hidráulica da UFSM. Após a abertura aguardou-se, aproximadamente, 2 minutos para a água escorrer e então se realizou a coleta. As análises físicas, químicas e biológicas foram realizadas logo após as coletas e as amostras permaneceram refrigeradas entre a coleta e as análises.

### **5.5 Aspectos sociais e sanitários**

O conhecimento de aspectos relativos às fontes de água potável, dinâmica do esgoto sanitário e seus modos de disposição e sistemas de tratamento, da bacia de montante e da parte residencial da bacia de jusante, constituem importante subsídio para a análise ambiental. Mesmo que os estudos sejam específicos e direcionados somente para uma área de determinada instituição, que é este caso, ou atividade em geral, deve-se considerar o sistema bacia hidrográfica para uma visão abrangente e holística dos processos e variáveis que influenciam no sistema.

Nesta pesquisa foi elaborado um questionário para ser aplicado nas economias localizadas na bacia hidrográfica do Campus da UFSM. O questionário desta pesquisa pode ser visualizado no Anexo 7. O questionário deve ser de fácil entendimento e com questões simples. Ainda, ele deve possuir poucas questões para que o tempo de aplicação seja menor, possibilitando um diagnóstico mais rápido, principalmente em bacias hidrográficas que possuam áreas mais abrangentes, com maiores densidades populacionais.

O método de amostragem da aplicação dos questionários foi censitário. Os questionários não foram aplicados nas economias em que não se encontraram moradores.

Para a realização da estimativa da quantidade média de moradores por economia divide-se a quantidade total de moradores da bacia pela quantidade total de economias, utilizando somente as economias que foram amostradas pelo questionário. A estimativa da quantidade de pessoas que residem na bacia, sem contabilizar os moradores da Casa do Estudante e outras moradias do Campus da UFSM, foi realizada pela multiplicação do número médio de moradores por economia pelo total de economias da bacia.

Para análise dos dados foram elaborados gráficos da origem da água consumida, dos locais de disposição final do esgoto sanitário e dos tipos de sistemas de tratamento de esgoto das economias.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Este capítulo apresenta os resultados e as discussões da avaliação das condições ambientais, relativas aos recursos hídricos e efluentes líquidos, da Bacia Escola do Campus da UFSM. O capítulo está estruturado segundo os itens citados a seguir.

O item 6.1, Avaliação quali-quantitativa dos recursos hídricos superficiais, apresenta os resultados e as discussões dos recursos hídricos superficiais e divide-se em quatro sub-itens: 6.1.1 Avaliação quantitativa; 6.1.2 Avaliação qualitativa; e 6.1.3 Balanço de cargas poluidoras.

O item 6.2 apresenta os resultados e as discussões da identificação e avaliação quali-quantitativa das fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos e divide-se apenas no sub-item 6.2.1 Relação entre a emissão de efluentes líquidos e o corpo hídrico receptor.

Os resultados e as discussões da avaliação dos recursos hídricos subterrâneos estão apresentados no item 6.3. Este item está dividido apenas no sub-iten: 6.3.1 Dinâmica, vulnerabilidade à poluição e avaliação qualitativa.

O item 6.4, Aspectos sociais e sanitários, expõe os resultados e as discussões das características sociais e das condições de saneamento básico da área da bacia não pertencente à UFSM.

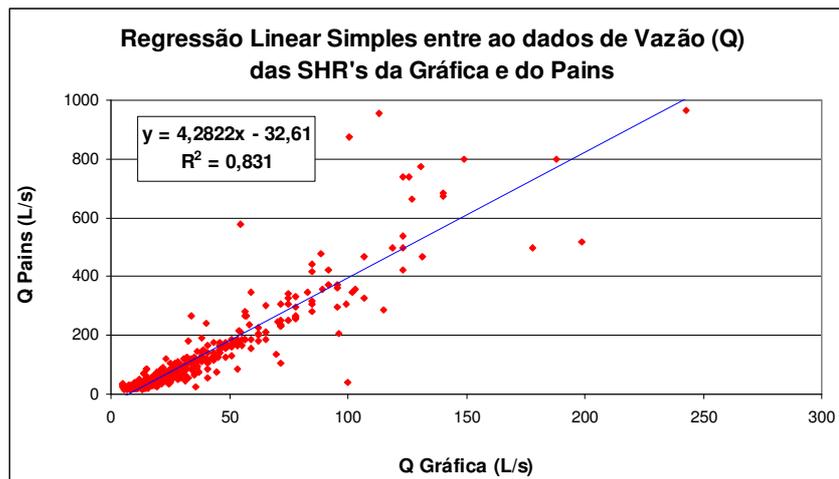
### **6.1 Avaliação quali-quantitativa dos recursos hídricos superficiais**

A avaliação deve ser realizada considerando a indissociabilidade dos aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos hídricos superficiais, através do monitoramento simultâneo das vazões e das concentrações de poluentes, nas SHR's.

#### **6.1.1 Avaliação quantitativa**

A avaliação quantitativa dos recursos hídricos superficiais da bacia do Campus foi realizada por meio do monitoramento das vazões nas SHR's da Gráfica e do Pains. Na análise foram utilizados dados de vazão do período de janeiro de 2001 a março de 2007. Nesta pesquisa foram realizadas, também, campanhas horárias simultâneas de medições de vazões, nas duas SHR's, para a estimativa da vazão de efluentes líquidos que adentram os corpos hídricos da Bacia Escola do Campus da UFSM.

Com a finalidade de medir a dependência das vazões da calha do Pains com as vazões da calha da Gráfica aplicou-se a regressão linear. A figura 6.1 apresenta o gráfico de dispersão dos valores de vazão e a dependência da variável dependente (vazões obtidas na SHR do Pains) da variável independente (vazões obtidas nas SHR da Gráfica), por meio do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).



**Figura 6.1** – Regressão Linear Simples entre os dados de vazão da calha da Gráfica (variável independente) e da calha do Pains (variável dependente), período de dados 2001-2007.

A correlação linear entre os valores das vazões das duas SHR's apresentou características positivas. O valor de 0,831, do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), demonstra que a vazão da SHR do Pains possui uma influência significativa em relação a vazão da SHR da Gráfica.

Analisando-se visualmente a dispersão dos pontos que representam as vazões das duas SHR's, na figura 6.1, observa-se que a dependência das vazões do Pains aumenta, em relação aos menores valores de vazão, que se encontram menos dispersos. Provavelmente, isso porque a área de drenagem da bacia de montante, que tem suas vazões monitoradas na SHR da Gráfica, é consideravelmente menor do que a área de drenagem da totalidade da bacia, que é monitorada na calha do Pains. Então, para valores reduzidos de vazões a correlação foi melhor, em comparação aos valores monitorados em períodos posteriores a eventos chuvosos. Outro fator que pode influenciar na redução da correlação entre as vazões nos dias chuvosos é a distribuição espacial das precipitações, que pode ser heterogênea nas diferentes áreas da bacia.

A hipótese de uma melhor correlação entre os valores de vazões das SHR's em períodos de estiagem pode ser confirmada pelos estudos de Angnes (2004), que ao considerar os valores de vazão, período 2001 – 2003, das curvas de permanência, e somente os valores

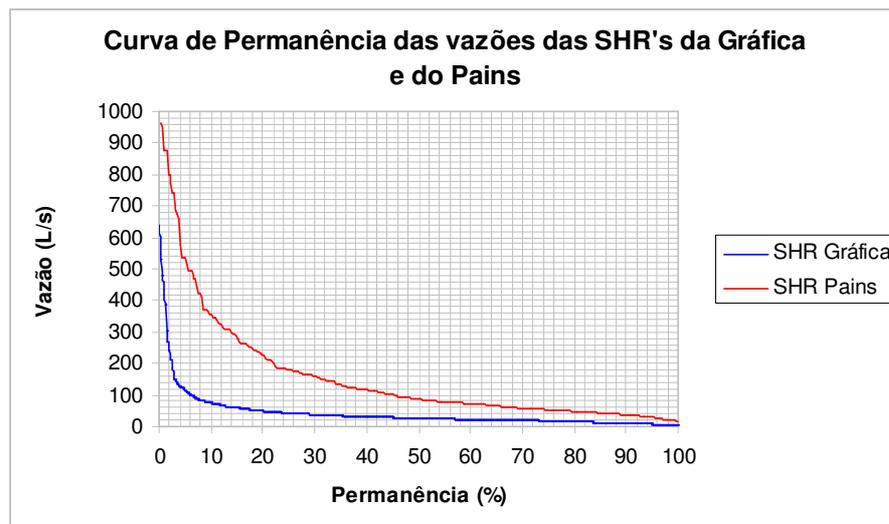
monitorados após cinco dias da ocorrência dos eventos chuvosos, estimou o  $R^2$  em 0,97 pelo método da proporção de vazões.

Com isso a dependência das vazões da calha do Pains foi maior nos períodos de estiagem, ou seja, é nesses períodos que as estimativas das vazões da calha do Pains serão mais confiáveis.

As estimativas das vazões na calha do Pains são úteis devido à dificuldade de medições diárias das vazões nessa SHR que se situa muito distante da SHR da Gráfica dificultando as medições que são realizadas por alunos da UFSM. Além disso, os dados estimados aumentarão a série de dados de vazões dessa SHR, podendo ser utilizados futuramente para estudos quantitativos, como por exemplo, a determinação da vazão ecológica da bacia escola do Campus da UFSM.

O aumento do período de dados de vazão utilizados neste estudo, em relação ao estudo de Reetz (2002), para a avaliação das vazões de permanência no tempo, nas SHR's da Gráfica e do Pains, causou um decréscimo nas vazões de permanência, principalmente na calha do Pains.

Com o objetivo de avaliar as classes de enquadramento dos corpos d'água relativas à carga poluente média e as diferentes vazões de diluição das SHR's estudadas, elaboraram-se as curvas de permanência das vazões das SHR's da Gráfica e do Pains. A figura 6.2 apresenta as Curvas de Permanência das vazões nas SHR's da Gráfica e do Pains, período 2001-2007.

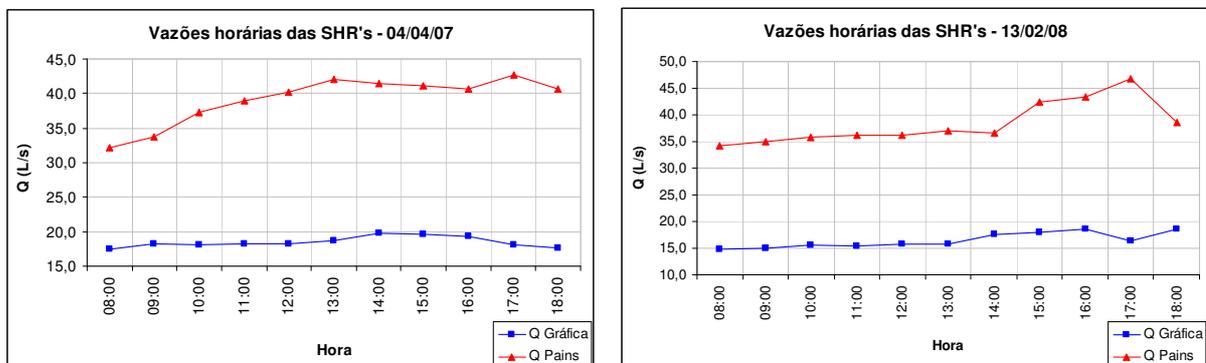


**Figura 6.2** – Curva de Permanência das vazões na calha da Gráfica e na calha do Pains, período 2001 - 2007.

Observa-se na figura 6.2 que as vazões de permanência no tempo na calha do Pains, que considera o escoamento superficial e sub-superficial gerado na totalidade da área da bacia em estudo, são maiores que as vazões de permanência da bacia de montante (calha da Gráfica). A área entre as duas curvas de permanências representa o volume de vazão acrescentado pela área de drenagem da sub-bacia de jusante (área predominantemente da UFSM).

Com o objetivo do levantamento de dados primários para a estimativa das vazões de esgoto da bacia do Campus foi realizado o monitoramento horário e simultâneo das vazões nas duas SHR's. Segundo Angnes (2004), essas contribuições de esgoto constituem em um acréscimo exógeno no corpo hídrico, pois essas vazões provêm da água fornecida pela CORSAN, na bacia de montante e na parte residencial da bacia de jusante, e dos poços tubulares de abastecimento na área do Campus da UFSM.

Na figura 6.3 são apresentados dois gráficos da variação horária da vazão nas calhas da Gráfica e do Pains. O Anexo 2 apresenta o restante dos gráficos da variação horária das vazões das calhas da Gráfica e do Pains.



**Figura 6.3** – Variação horária da vazão (Q) nas calhas da Gráfica e do Pains.

Analisando os dados obtidos com o monitoramento horário da vazão, nas calhas da Gráfica e do Pains, e posterior análise dos dados pôde-se perceber que a vazão aumenta nas duas calhas durante o dia. As vazões máximas ocorrem frequentemente entre as 12:00 e 14:00 horas e entre as 17:00 e 18:00 horas.

No gráfico que corresponde ao dia 04/04/2007, da figura 6.4, observa-se que o valor da vazão na calha da Gráfica (bacia de montante) varia entre 17,5 L/s e 19,7 L/s, ou seja, a maior elevação de vazão, durante o monitoramento, não ultrapassou 2,2 L/s. Já, a vazão na calha do Pains (Bacia Escola do Campus da UFSM), obteve uma amplitude de variação de

vazão de 10,4 L/s. Percebe-se que a elevação da vazão ocorre predominantemente no período matinal.

A amplitude de variação da vazão no dia 13/02/2008 também foi mais elevada na calha do Pains, sendo que a elevação da vazão foi maior no período da tarde.

O que se observa é que a bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) contribui, em média, com um volume bruto maior de efluentes líquidos para o aumento da vazão no curso d'água, em relação a bacia de montante.

Os resultados dos cálculos demonstram que a bacia de montante produz uma vazão média máxima de 5,2 L/s de efluentes líquidos, enquanto que a bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) produz cerca de 6,5 L/s de efluentes líquidos, ou seja, a totalidade da área da Bacia Escola do Campus produz uma vazão média máxima de 11,7 L/s de esgoto.

A contribuição exógena diária média de esgoto, nas SHR's, foi estimada em 2,8 L/s na calha da Gráfica e 6,8 L/s na calha do Pains, de modo que a contribuição de efluentes líquidos da bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) é da ordem de 4,0 L/s. Segundo Angnes (2004), utilizando o modelo MOPH II, encontrou o valor de 5,1 L/s de vazão exógena ao corpo hídrico receptor, na SHR do Pains. Esse valor é muito próximo do valor médio de 6,8 L/s encontrado no presente estudo.

A determinação desses valores pode ser útil, por exemplo, para a realização de estimativas futuras da vazão ecológica dos cursos d'água da Bacia Escola do Campus da UFSM, já que os valores estimados da geração de esgoto representam um aporte exógeno de vazão que adentra os cursos d'água da bacia.

### 6.1.2 Avaliação qualitativa

A avaliação qualitativa dos recursos hídricos superficiais foi realizada pelo monitoramento da qualidade da água, nas calhas da Gráfica e do Pains, por meio de coletas e análises laboratoriais, físicas, químicas e biológicas e posterior comparação dos resultados com os limites de concentrações das classes de enquadramento dos corpos hídricos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05. Foram utilizados dados da concentração de diversos parâmetros de qualidade da água, abrangendo o período de 2001 a 2007, e dividiram-se as amostras de água coletadas em diferentes períodos do ano (estiagem, pós-chuva, aula e férias).

Presume-se, que a utilização de água ou outro tipo de fluido líquido e, conseqüentemente, a geração de esgoto, no Campus da UFSM, é função, principalmente, do número de estudantes que utilizam as instalações da instituição.

Para a bacia de montante existem duas possibilidades nos meses de férias; pode ser o período que um maior número de pessoas viajem ou permanecem em casa, então pode ocorrer tanto a redução do consumo d'água nas economias, e conseqüente redução na geração de esgotos sanitários, ou o aumento do consumo d'água nas economias, e conseqüente aumento na geração de esgotos sanitários.

Para a bacia de montante, o período de férias considerou os meses de julho, dezembro, janeiro e fevereiro e o período de aulas considerou-se o restante dos meses. Já, para a bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) esses períodos foram divididos conforme a ocorrência de aula, férias e greves, da instituição.

Ressalta-se, que nesta divisão, o período de aula e de férias considerado para a população da bacia de montante pode não ser o mesmo período considerado para a bacia de jusante, principalmente, devido à ocorrência de greves na UFSM. Esse fato impossibilita a comparação entre os resultados da calha da Gráfica e do Pains, pois pode haver dados utilizados de períodos distintos, das duas SHR's.

Busca-se, com a divisão desses períodos, conhecer e entender a variabilidade das concentrações e das cargas poluentes, em função da dinâmica da população presente na bacia hidrográfica em estudo. A organização, planejamento e execução de medidas estruturais e não-estruturais, na bacia hidrográfica em estudo, podem considerar esses períodos, como por exemplo, um trabalho de conscientização da população para a redução no consumo d'água no período mais crítico, em termos de poluição hídrica, estipulando metas de redução da concentração e da carga poluente, que a medida deve alcançar. A eficácia desta medida pode ser verificada pelo monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos superficiais no período de redução do consumo d'água, proposto para a população.

Neste item são apresentadas, também, as regressões lineares dos parâmetros temperatura da água, OD e DBO e as concentrações, cargas brutas e estatísticas descritivas de diversos parâmetros de qualidade da água analisados, para as calhas da Gráfica e do Pains.

a) Parâmetros de qualidade da água e classes de enquadramento dos corpos hídricos

A divisão dos corpos hídricos em classes de enquadramento, segundo a concentração de alguns parâmetros de qualidade da água, é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Para o conhecimento mais detalhado das possíveis variações das classes de enquadramento em diferentes períodos efetuou-se a divisão da série de dados.

A tabela 6.1 apresenta a porcentagem das amostras coletadas e analisadas para os períodos de estiagem, pós-chuva, aula e férias, que se enquadram nas respectivas classes de enquadramento dos corpos hídricos, para o parâmetro DBO.

**Tabela 6.1** - Porcentagem das amostras de água superficial coletadas nas calhas da Gráfica e do Pains e suas respectivas classes de enquadramento para o parâmetro DBO<sub>5,20</sub>, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, para os períodos de estiagem, pós-chuva, aula e férias, período 2001-2007.

Classe de enquadramento	Estiagem (%)		Pós-chuvas (%)		Aula (%)		Férias (%)	
	Gráfica	Pains	Gráfica	Pains	Gráfica	Pains	Gráfica	Pains
1	5,1	5,7	6,4	31,0	3,7	11,8	10,0	0,0
2	7,7	11,4	12,9	0,0	11,1	11,8	0,0	12,5
3	23,1	57,1	45,2	48,3	33,4	58,8	0,0	56,3
4	64,1	25,8	35,5	20,7	51,8	17,6	90,0	31,2

No período de estiagem, observa-se que a porcentagem de amostras enquadradas nas classes 1 e 2, para as duas SHR's, são pequenas e possuem valores próximos. Esses valores eram esperados devido à reduzida vazão dos corpos hídricos neste período. Já, para a classe 3, a calha do Pains possui mais que a metade de suas amostras enquadradas e mais que o dobro das amostras enquadradas, em relação à calha da Gráfica. Na calha da Gráfica o predomínio é das amostras enquadradas na classe 4. Apesar da calha do Pains receber as cargas poluentes de efluentes da totalidade da bacia observa-se que, na estiagem, a qualidade da água é melhor nesse trecho, já que existem mais amostras enquadradas nas classes 1, 2 e 3 (74,2%) e menos amostras enquadradas na classe 4 (25,8%), em relação à calha da Gráfica (64,1%).

No período pós-chuva, para a classe 1, ocorre uma elevada diferença de porcentagem de amostras enquadradas, entre as duas SHR's. Se compararmos com os resultados do período de estiagem podemos observar que, na calha do Pains, ocorre uma maior porcentagem de amostras enquadradas na classe 1, possivelmente devido a maior vazão nestes períodos, ocorrendo uma maior diluição dos poluentes. Outro fato que pode contribuir para uma maior porcentagem de amostras estarem enquadradas na classe 1, no período pós-chuva, é que a

bacia de montante pode possuir maior quantidade de esgoto depositada no solo ou nas tubulações pluviais do que a bacia de jusante (área predominantemente da UFSM), assim nos períodos de precipitação este esgoto pode ser arrastado continuamente para os cursos d'água da bacia. Da mesma forma que o período de estiagem, observa-se uma melhor qualidade global da água na calha do Pains.

Analisando os dados da calha da Gráfica, para o período de aula e de férias, observa-se que apesar de 10% das amostras de água, do período de férias, encontrarem-se enquadradas na classe 1, o período de aula possui suas amostras distribuídas em todas as classes de enquadramento, sendo que a soma da porcentagem das amostras do período de aula, enquadradas nas classes 3 e 4, é inferior aos 90% de amostras enquadradas somente na classe 4, para o período de férias.

Este resultado pode gerar duas hipóteses: a) a população da bacia de montante utiliza maior quantidade d'água, em suas residências e estabelecimentos comerciais, no período de férias, despejando maior volume de efluentes líquidos nos corpos hídricos. b) como a concentração dos poluentes é dependente da vazão do arroio, a outra hipótese é de que devido a menor vazão média do arroio no período de férias (julho, dezembro, janeiro e fevereiro), considerado para a bacia de montante, a capacidade de diluição dos poluentes é menor.

Percebe-se, no período de férias, que as amostras da água superficial ou possuem ótima qualidade, ou possuem péssima qualidade, sendo enquadradas somente nas classes extremas. Infelizmente, a pesquisa social realizada com a população da bacia não contemplou a questão da dinâmica populacional nos períodos de aula e férias.

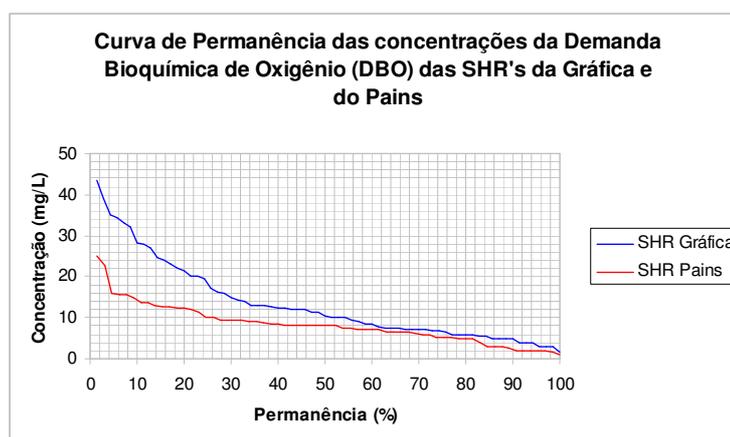
Comparando os dados da calha do Pains, observa-se que os valores de porcentagem das amostras de qualidade da água superficial, considerando o período de aula e de férias, são próximos para as classes 2 e 3. A grande diferença que ocorre é que, no período de aula, 11,8% das amostras enquadram-se na classe 1, enquanto que nenhuma amostra de água enquadra-se nesta classe, no período de férias. Além disso, quase que o dobro das amostras de água estão enquadradas na classe 4, para o período de férias, em comparação com o período de aula. Para a calha do Pains não podemos considerar a vazão do arroio como sendo a principal variável que influencia a redução da qualidade média da água, no período de férias. Isso, porque os meses considerados para o período de férias, nesta calha, podem ser quaisquer meses, devido à realização de greves na UFSM.

Com base nos resultados expostos observa-se, para as duas SHR's, que a qualidade da água é inferior no período de férias, em relação ao período de aula. Este resultado surpreende as expectativas, pois para o período de férias, considerando a calha do Pains,

esperava-se que as amostras iriam se enquadrar, em maior porcentagem, em classes de melhor qualidade da água devido ao menor número de alunos presentes no Campus.

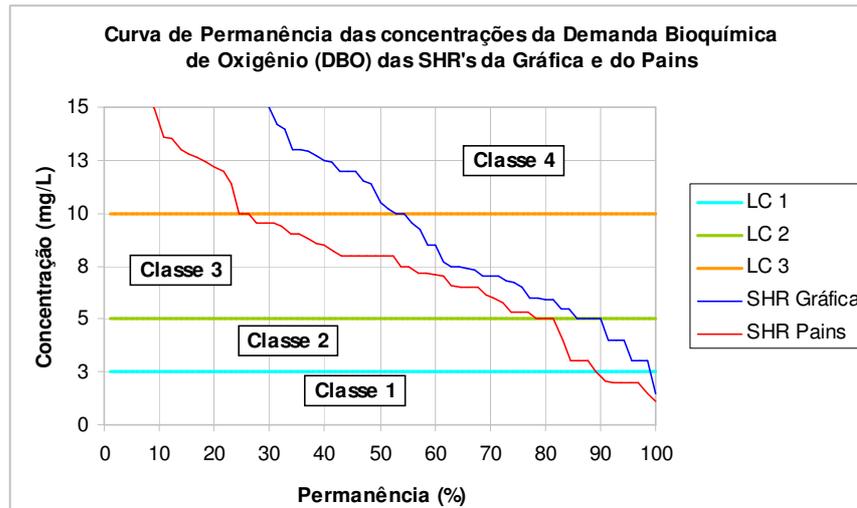
Deve-se lembrar que existem outras fontes de geração de poluentes líquidos no Campus que não interrompem suas atividades no período de férias, sendo o Hospital Universitário (HUSM) o principal exemplo. Logo, não é possível concluir, somente com essas informações, sobre as causas das diferenças na qualidade da água entre o período letivo e de férias.

Com a finalidade de realizar uma avaliação global da qualidade da água nas calhas da Gráfica e do Pains, em termos de matéria orgânica biodegradável, apresentam-se, na figura 6.4, as curvas de permanência no tempo, das concentrações médias da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) para as calhas da Gráfica (1) e do Pains (2), respectivamente.



**Figura 6.4** – Curva de Permanência das concentrações da DBO para as calhas da Gráfica e do Pains, período 2001-2007.

Pode-se observar claramente na figura 6.4 que, para todas as concentrações, a qualidade da água é melhor na calha do Pains, apesar dessa seção também receber as cargas de efluentes líquidos da bacia de montante. A figura 6.5 apresenta o detalhe das curvas de permanência no tempo, das concentrações médias da DBO, juntamente com os limites das classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05, para as calhas da Gráfica e do Pains.



**Figura 6.5** – Curva de Permanência das concentrações da DBO e limites de concentração da DBO, das classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução CONAMA nº 357/05, para as calhas da Gráfica e do Pains, período 2001-2007. (LC) Limite superior de concentração na classe de enquadramento.

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/05 os resultados apresentados na figura 6.5 evidenciam que, na calha da Gráfica, a concentração da DBO permanece 98,5% do tempo acima da classe 1, de enquadramento dos corpos hídricos, ou seja, a concentração da DBO é menor do que 3 mg/L somente em 1,5% do tempo. A concentração de DBO permanece acima do valor limite da classe 2 (5 mg/L) em 85,7% do tempo, então apenas em 12,8% do tempo o corpo hídrico enquadra-se na classe 2, na calha da Gráfica. A classe 3 obteve uma porcentagem de permanência das concentrações de 32,8% do tempo e a maior permanência das concentrações da DBO ocorreu na classe 4, com um valor de 52,9% do tempo.

Ao compararmos essas porcentagens de permanência com a tabela 6.1 (pg. 85), observa-se que os valores dessa avaliação, que utilizou o período de dados de 2001 a 2007, são muito parecidos com os valores obtidos para o período de aula, na calha da Gráfica. Isto significa que a série total de dados qualitativos do parâmetro DBO representa melhor o período de aula do que o período de férias, para a calha da Gráfica.

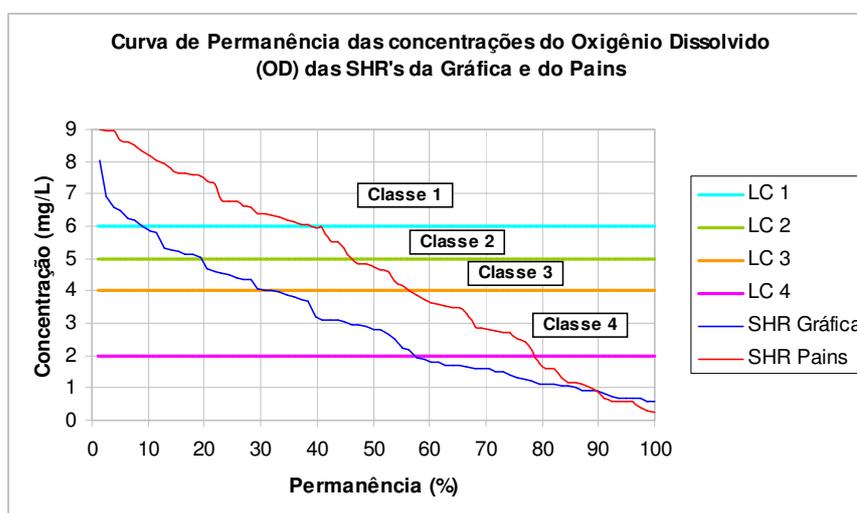
Na calha do Pains, a concentração da DBO permanece 15,4% do tempo enquadrada na classe 1, ou seja, a concentração da DBO é maior que 3 mg/L em 84,5% do tempo.

A concentração de DBO permanece acima do valor limite da classe 2 (5 mg/L) em 78,4% do tempo, então apenas em 6,3% do tempo o corpo hídrico enquadra-se na classe 2, na SHR da Gráfica.

A classe 3 obteve a maior porcentagem de permanência das concentrações, 53,8% do tempo, e o corpo hídrico na calha do Pains permaneceu enquadrado na classe 4, em 24,5% do tempo.

Realizando, novamente, a comparação com a tabela 6.1 (pg. 85) observa-se que, para a classe 1, o valor de permanência da DBO do período total de dados, também é próximo ao valor da DBO obtido no período de aula. Agora, se considerarmos as classes 3 e 4 observa-se que os valores de permanência do período total de dados ficaram mais próximos do período de estiagem, o que é uma confirmação de um comportamento esperado: no período de estiagem a capacidade de diluição dos poluentes é menor.

A avaliação global a qualidade da água na bacia em estudo também foi realizada para o parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD). A figura 6.6 apresenta as curvas de permanência no tempo, das concentrações médias de OD e os limites das classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05, para as duas SHR's.



**Figura 6.6** – Curva de Permanência das concentrações de OD e limites de concentração de OD, das classes de enquadramento dos corpos hídricos, segundo Resolução CONAMA nº 357/05, para as calhas da Gráfica e do Pains, período 2001-2007. (LC) Limite inferior de concentração na classe de enquadramento.

A interpretação dos resultados das concentrações de permanência do OD é diferente do parâmetro DBO. Para o OD, quanto maior sua concentração melhor será a qualidade da água, ao contrário da DBO.

Observa-se, que na maior parte do tempo a concentração de OD é superior na SHR do Pains, apenas em, aproximadamente, 10% do tempo a calha da Gráfica possui melhor qualidade da água. Isso ocorre para os menores valores de concentração verificados.

Na calha da Gráfica a água do corpo hídrico superficial permanece 9,5% do tempo enquadrado na classe 1 e 10,2% na classe 2. A classe 3, de enquadramento dos corpos hídricos, obteve uma permanência de 13,0% do tempo e na maior parte do tempo, 67,3%, a água superficial enquadrou-se na classe 4.

A Resolução CONAMA nº 357/05 considera a classe 4, para o parâmetro OD, valores de concentração superiores a 2 mg/L e inferiores a 4 mg/L. Essa Resolução não determina qual a classe de enquadramento que corpos hídricos superficiais, com valores de OD iguais ou inferiores a 2 mg/L, devem ser enquadrados. Os cálculos dos valores das porcentagens de permanência das concentrações de OD, em suas respectivas classes de enquadramento, consideraram que os valores de concentração de OD, iguais ou inferiores a 2 mg/L, também devem ser enquadrados na classe 4.

Na calha do Pains, o corpo hídrico superficial permaneceu 39,0% do tempo enquadrado na classe 1, ou seja, ocorreu uma melhora considerável da qualidade da água, em termos de concentração de poluente, em relação ao tempo de permanência na classe 1, na calha da Gráfica.

Comparando as concentrações de permanência do OD, entre as duas SHR's, observa-se que nas classes 1, de enquadramento, a qualidade da água permanece um tempo muito maior na calha do Pains do que na calha da Gráfica. Considerando as classes 2, 3 e 4, de enquadramento, os resultados se invertem. Para as classes 2 e 3 os valores de permanência da concentração de OD são próximos, entre as duas SHR's, já para a classe 4 a diferença de permanência é 23,6% maior na calha da Gráfica.

Ressalta-se que a calha do Pains recebe os poluentes que são lançados na totalidade do sistema de drenagem da bacia em estudo e mesmo assim possui melhor qualidade, em termos de concentração de poluentes, como apresentado nas figuras 6.5 e 6.6.

Neste caso, onde se analisou a concentração de poluente e não a carga poluente, o maior tamanho da área da bacia de jusante, comparando com a bacia de montante, pode influenciar na melhoria da qualidade da água, pois existirá maior volume de água na calha do Pains para diluir os poluentes lançados no arroio, em comparação com o volume da água existente na calha da Gráfica.

A avaliação das estatísticas descritivas foi realizada para diversos parâmetros de qualidade da água considerando, também, os períodos de aula e férias da população da bacia hidrográfica estudada. Então, como os dados da tabela 6.1 (pg. 85), não se podem comparar os resultados da calha da Gráfica com os resultados da calha do Pains, pois os períodos da série de dados utilizados são diferentes, principalmente devido às greves realizadas pela UFSM.

Nas tabelas 6.2 e 6.3 estão expressas as estatísticas descritivas da concentração e das cargas poluentes brutas, nos períodos de aula e de férias, para as calhas Parshall da Gráfica e do Pains.

**Tabela 6.2** - Valores médios, extremos, desvio padrão e coeficiente de variação da concentração e da carga poluente, da água superficial da Bacia Escola do Campus da UFSM, considerando o período letivo e de férias da UFSM, para a calha da Gráfica, período 2001 – 2007 para a maioria dos parâmetros.

Parâmetro	Conc. Média		Carga Média		Conc. Máx.		Carga Máx.		Conc. Mín.		Carga Mín.		D.P. (Conc.)		D.P. (Carga)		C.V. (Conc)		C.V. (Carga)			
	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias
OD	2,5	1,4	85,4	23,3	6,6	3,0	268,8	88,2	0,6	0,6	7,0	5,5	1,7	0,7	89,3	24,3	66,3	51,4	104,7	104		
DBO <sub>5,20</sub>	13,5	18,2	329,7	249,7	39,1	32,0	2227,2	448,0	1,5	3,0	31,5	42,0	10,2	9,0	400,3	124,7	75,4	49,4	121,4	49,9		
DQO	47,3	70,1	1289,1	954,1	113,3	191,0	7708,8	2101,0	6,9	40,0	172,5	300,0	25,2	43,7	1474,9	534,4	53,2	62,4	114,4	56,0		
Condutividade	398,5	477,8	x	x	664,0	835,0	x	x	171,4	233,0	x	x	150,1	206,1	x	x	37,7	43,1	x	x		
ST	176,0	246,0	4480,8	3037,2	269,2	972,0	21158,4	10692,0	32,4	99,6	939,6	1036,8	64,1	236,1	4270,1	2524,0	36,4	96,0	95,3	83,1		
STS	10,4	11,0	236,3	158,1	27,2	18,0	508,8	362,5	4,0	4,8	40,0	54,0	6,2	4,0	128,6	99,7	59,8	36,8	54,4	63,1		
STD	165,7	235,0	4253,0	2879,1	245,3	962,0	20841,6	10582,0	21,3	87,1	617,7	907,2	62,1	236,8	4216,4	2532,1	37,5	100,8	99,1	87,9		
SSED	0,059	0,034	1,8	0,7	0,1	0,1	4,9	2,9	0,010	0,010	0,17	0,06	0,041	0,038	1,6	1,2	69,8	111,2	90,9	168		
Colif. Totais	360805	511288	9352138	5577125	2419600	1986300	88396800	15890400	130	15000	2730	435000	569131	626168	20739307	4809855	157,7	122,5	221,8	86,2		
Colif. Fecais	167524	163290	4660014	1761110	2419600	686700	70168400	5493600	3	1200	63	7200	513558	213762	15146551	1796922	306,6	130,9	325,0	102,0		
Cloretos	19,5	26,7	481,8	366,6	38,0	51,0	1865,3	917,8	4,8	4,6	137,8	63,7	7,7	11,3	349,9	227,6	39,3	42,5	72,6	62,1		
Alcalinidade	177,5	203,5	x	x	417,5	372,5	x	x	52,7	84,5	x	x	119,9	88,7	x	x	67,5	43,6	x	x		
Turbidez	15,6	17,0	x	x	32,3	30,8	x	x	8,9	10,9	x	x	6,2	5,5	x	x	39,7	32,3	x	x		
Óleos e Graxas	5,7	2,7	127,4	49,1	12,6	4,9	163,8	142,1	2,6	0,6	85,0	3,6	3,5	1,7	26,1	55,6	61,9	62,4	20,5	113		
Acidez	14,3	24,7	x	x	26,9	50,2	x	x	4,9	9,4	x	x	7,5	15,1	x	x	52,6	60,9	x	x		

**Concentração:** a unidade utilizada é mg/L para o OD (oxigênio dissolvido), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), ST (sólidos totais), STS (sólidos totais suspensos), STD (sólidos totais dissolvidos), SSED (sólidos sedimentáveis), cloretos e óleos e graxas;  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para a condutividade elétrica; NMP para os coliformes totais e fecais; e mg de  $\text{CaCO}_3$  para alcalinidade e acidez.

**Carga:** a unidade utilizada é mg/s para o OD (oxigênio dissolvido), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), ST (sólidos totais), STS (sólidos totais suspensos), STD (sólidos totais dissolvidos), SSED (sólidos sedimentáveis), cloretos e óleos e graxas; NMP/s para os coliformes totais e fecais; e mg de  $\text{CaCO}_3/\text{s}$  para alcalinidade e acidez.

Considerando separadamente cada parâmetro, a concentração média da DBO foi mais elevada no período de férias, apesar dos dois valores serem superiores ao valor do limite estabelecido para a classe 4 (10 mg/L), de enquadramentos dos corpos hídricos, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05. Nota-se, que se considerarmos as cargas da DBO, a média do período de aula é superior à média do período de férias e a carga máxima do período de aula é 4 vezes superior (2227,2 mg/s) à carga máxima do período de férias.

Por meio do resultado do desvio padrão deste parâmetro se observa que a variação dos valores de concentração, em torno da média, é praticamente igual para os dois períodos considerados, mas isso não ocorre com a carga poluente, ou seja, sua variação em torno da média é muito superior no período de aula. Além disso, o coeficiente de variação indica que a porcentagem de variação do desvio padrão, em relação à média, é consideravelmente menos intensa no período de férias.

A elevada variação dos valores da carga poluente da DBO no período de aula evidencia, novamente, a influência das vazões na variação da qualidade da água, já que é neste período que ocorre a maior variação das vazões, em relação ao período de férias (dezembro, janeiro e fevereiro). A maior variação da vazão do arroio ocorre porque as chuvas convectivas dos meses de verão são mais intensas e possuem um menor tempo de duração; já, nos meses de inverno, as chuvas são frontais, ou seja, possuem menor intensidade e duração de, até, vários dias.

Para o parâmetro OD a água da calha da Gráfica possui, em média, melhor qualidade no período de aula, tanto para a concentração como para a carga, sendo confirmada esta melhor qualidade pelos valores máximos e mínimos encontrados. Nota-se que o desvio padrão no período de aula é maior do que no período de férias, tanto para a carga como para a concentração, provavelmente pela maior variabilidade das vazões neste período. Já, o coeficiente de variação da carga de OD indica que a porcentagem de variação do desvio padrão em relação à média, para os dois períodos, é praticamente igual, possuindo alta variação relativa em torno da média.

O parâmetro DQO também obteve melhor concentração média no período de aula, como o OD e a DBO, além disso, a concentração máxima da DQO ocorreu no período de férias e a concentração mínima no período de aula, confirmando a melhor qualidade, em termos de concentração, no período letivo. Ao considerarmos a carga poluente da DQO observa-se que ocorre o mesmo padrão de variação da DBO, ou seja, o período de aula passa a possuir pior qualidade média da água. A carga máxima da DQO também ocorreu no período de aula, da bacia de montante.

O parâmetro Coliformes Fecais apresentou concentração média parecida nos dois períodos, mas esta variação foi maior e com mais intensidade, em relação a média, no período de aula. A carga média poluente foi 2,6 vezes superior no período de aula do que no período de férias e apresentou um desvio padrão 8,4 vezes superior no período de aula. Ainda, a dispersão do desvio padrão, em relação à média, é 3,2 vezes superior para o período de aula.

Se compararmos as concentrações médias (tabela 6.3) da totalidade dos parâmetros de qualidade da água avaliados, observa-se que apenas os parâmetros Sólidos Sedimentáveis, Coliformes Fecais, Óleos e Graxas, de um total de quinze parâmetros, possuem pior qualidade média no período de aula.

Provavelmente, a pior qualidade média da água ocorre no período de férias, para a grande maioria dos parâmetros, em termos de concentração, porque os meses considerados neste período (julho, dezembro, janeiro e fevereiro) são meses de verão, sem considerar o mês de julho, e conseqüentemente a vazão média do arroio, na maior parte desses períodos, é menor do que a vazão média do arroio no restante dos meses, ocorrendo assim menor diluição do volume de efluentes lançados no corpo hídrico receptor.

Ao considerarmos a carga poluente média o resultado se inverte, ou seja, dez parâmetros de qualidade da água, de um total de onze, possuem pior qualidade média no período de aula. Como citado anteriormente, as vazões do curso d'água neste período são, em média, maiores do que as vazões no período de férias, então ao multiplicarmos as vazões

pelas concentrações dos parâmetros de qualidade da água, a carga poluente presente no arroio passa a ser maior do que no período de férias. Com isso, percebe-se que as vazões do corpo hídrico na calha da Gráfica possuem elevada influência na variação da qualidade da água e que ao considerarmos a carga poluente média essa qualidade se modifica completamente em relação às concentrações dos poluentes.

Observa-se que concentração média da DBO e da DQO é mais elevada no período de férias, agora se considerarmos a carga poluente desses parâmetros observa-se que suas médias são maiores no período de aula e que suas variações em torno da média são muito maiores nesse período.

**Tabela 6.3** - Valores médios, extremos, desvio padrão e coeficiente de variação da concentração e da carga poluente, da água superficial da Bacia Escola do Campus da UFSM, considerando o período letivo e de férias da UFSM, para a calha do Pains, período 2001 – 2007 para a maioria dos parâmetros.

Parâmetro	Conc. Média		Carga Média		Conc. Máx.		Carga Máx.		Conc. Mín.		Carga Mín.		D.P. (Conc.)		D.P. (Carga)		C.V. (Conc)		C.V. (Carga)	
	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias	Aula	Férias
OD	4,1	2,9	299,6	213,7	7,3	8,64	756,3	1019,5	0,3	0,6	13,1	12,9	2,3	2,3	239,6	297,4	55,8	78,4	80,0	139,2
DBO <sub>5, 20</sub>	8,1	9,6	455,0	532,1	15,9	15,7	1000,0	2788,0	2,1	4,0	88,2	165,6	3,6	3,5	204,8	651,0	44,6	36,9	45,0	122,3
DQO	48,7	48,3	2203,1	3036,1	201,2	90,6	3822,8	16461,5	10,0	11,5	840,0	703,8	44,7	22,2	954,0	4081,2	91,7	45,9	43,3	134,4
Condutividade	347,2	371,0	x	x	650,0	810,0	x	x	142,0	141,0	x	x	148,2	180,6	x	x	42,7	48,7	x	x
ST	211,4	186,3	9867,0	9934,7	642,0	435,0	20950,0	51496,0	114,8	90,4	4398,5	3090,7	120,5	84,8	3798,6	11694,8	57,0	45,5	38,5	117,7
STS	13,1	12,4	692,7	571,7	30,0	98,0	1530,0	3234,0	4,4	1,0	83,6	31,0	7,6	23,0	452,2	808,0	57,9	184,9	65,3	141,3
STD	198,3	179,5	9174,4	9538,8	632,0	431,0	19500,0	50061,0	104,3	23,2	4314,9	765,6	120,9	90,5	3610,5	11423,6	61,0	50,4	39,4	119,8
SSED	0,079	0,062	4,4	6,8	0,250	0,100	12,5	11,8	0,001	0,001	0,051	0,021	0,078	0,052	3,9	6,1	99,6	83,4	88,1	89,9
Colif. Totais	205857	93040	7716893	5496683	1209600	363500	47174400	26160000	420	4400	23520	353400	374850	93934	11725810	7398212	182,1	101,0	151,9	134,6
Colif. Fecais	43235	34729	1452406	2747082	306550	240000	5824450	26160000	39	460	2184	9000	80670	65126	1749662	6622962	186,6	187,5	120,5	241,1
Cloretos	17,4	17,7	823,7	997,3	30,6	53,4	1382,5	6968,0	3,6	1,9	299,0	43,9	7,4	12,4	340,2	1596,8	42,3	70,3	41,3	160,1
Alcalinidade	148,9	183,7	x	x	352,5	382,5	x	x	39,2	36,0	x	x	94,6	120,6	x	x	63,5	65,6	x	x
Turbidez	32,4	16,8	x	x	301,0	28,9	x	x	7,9	7,0	x	x	65,4	7,0	x	x	201,7	41,8	x	x
Óleos e Graxas	3,6	1,7	179,4	164,4	7,4	3,2	310,8	348,8	0,8	0,6	40,8	12,6	2,3	1,1	101,5	147,3	63,4	62,0	56,6	89,6
Acidez	12,7	17,3	x	x	26,4	40,2	x	x	5,3	2,9	x	x	6,9	12,7	x	x	54,8	73,8	x	x

Concentração: a unidade utilizada é mg/L para o OD (oxigênio dissolvido), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), ST (sólidos totais), STS (sólidos totais suspensos), STD (sólidos totais dissolvidos), SSED (sólidos sedimentáveis), cloretos e óleos e graxas;  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para a condutividade elétrica; NMP para os coliformes totais e fecais; e mg de  $\text{CaCO}_3$  para alcalinidade e acidez.

Carga: a unidade utilizada é mg/s para o OD (oxigênio dissolvido), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), ST (sólidos totais), STS (sólidos totais suspensos), STD (sólidos totais dissolvidos), SSED (sólidos sedimentáveis), cloretos e óleos e graxas; NMP/s para os coliformes totais e fecais; e mg de  $\text{CaCO}_3/\text{s}$  para alcalinidade e acidez.

Deve-se lembrar que no valor da concentração e da carga dos parâmetros de qualidade da água, na calha do Pains, os poluentes descartados no arroio da bacia de montante já estão contabilizados. Isso significa que este valor é resultante da emissão de efluentes líquidos na totalidade dos cursos d'água da bacia em estudo.

Não se podem comparar os resultados das concentrações e das cargas, dos parâmetros de qualidade da água, entre as duas SHR's devido à diferença do período de dados utilizados, ou seja, os períodos de aula e férias da bacia de montante consideram meses diferentes dos períodos de aula e férias da bacia de jusante, principalmente devido às greves realizadas pela UFSM.

A concentração e a carga poluente, médias, da DBO são mais elevadas no período de férias. Nota-se que sua carga máxima também é superior no período de férias, obtendo um valor quase três vezes maior do que o valor de período de aula. Além disso, o desvio padrão e o coeficiente de variação indicam que a variação dos valores de carga poluente da DBO, no período de férias, foi consideravelmente maior e mais intensa em relação à média, possuindo alta dispersão dos dados. Evidencia-se que os valores médios da DBO, para os dois períodos, enquadram-se somente na classe 3, em termos de concentração, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05.

Como a DBO, o parâmetro OD também possui melhor qualidade média no período de aula, tanto em termos de concentração como para a carga. Considerando a concentração e a carga, de OD, os valores são próximos, porém o coeficiente de variação indica que a porcentagem de variação do desvio padrão em relação à média, para o período de férias, é superior, possuindo maior variação relativa em torno da média, tanto para a concentração como para a carga.

O parâmetro DQO obteve concentrações médias praticamente iguais, tanto no período de aula como nas férias, mas observa-se que a concentração máxima ocorre no período de aula. Ao considerarmos a carga poluente verifica-se a melhor qualidade média da água no período de aula, como ocorrido para os parâmetros DBO e OD.

O parâmetro Coliformes Fecais apresentou maior concentração média e maior desvio padrão no período de aula, diferentemente dos parâmetros OD e DBO citados acima. A dispersão do desvio padrão em relação à média é alta para os dois períodos. Considerando a concentração os resultados são próximos; o desvio padrão da carga é muito superior no período de férias em relação ao período de aula; o coeficiente de variação, considerando a carga, é duas vezes maior no período de férias.

Comparando os dados de concentração média, da tabela 6.3, observa-se que nove parâmetros possuem melhor qualidade média da água no período de férias da UFSM, considerando um total de quinze parâmetros. Ao compararmos os resultados das cargas médias, de um total de onze parâmetros avaliados, oito parâmetros possuem pior qualidade no período de férias.

Deve-se observar que a qualidade da água na calha do Pains está influenciada pela qualidade da água da bacia de montante, já que os valores obtidos são em termos de carga poluente bruta.

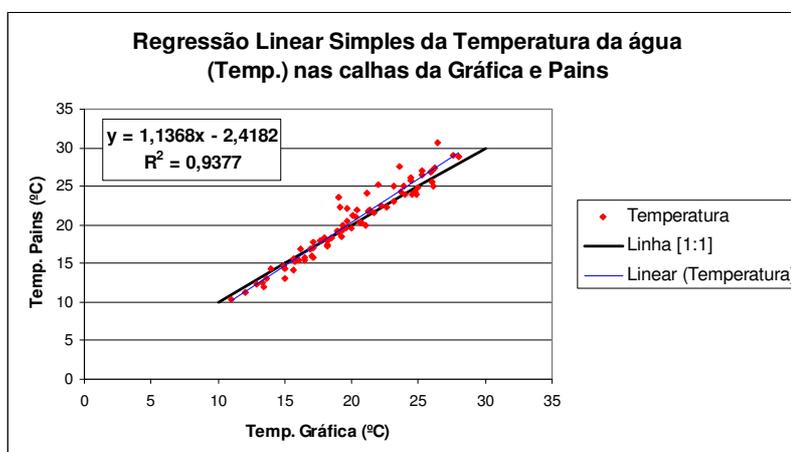
b) Regressão linear dos parâmetros de qualidade da água

A teoria da regressão e correlação ocupa um lugar de destaque por ser o de uso mais difundido para estudar a associação entre duas ou mais variáveis aleatórias. O primeiro objetivo desses estudos foi o de analisar o comportamento simultâneo das variáveis, tomadas duas a duas, verificando se a variação positiva (ou negativa) de uma delas está associada a uma variação positiva (ou negativa) da outra, ou mesmo, se não há nenhuma forma de dependência entre elas (Naghetini *et al.*, 2007).

É importante salientar que variáveis altamente correlacionadas não apresentam necessariamente qualquer relação de causa e efeito. A correlação representa simplesmente a tendência que as variáveis apresentam quanto à sua variação conjunta. Assim, a medida da correlação não indica necessariamente que há evidências de relações causais entre duas variáveis (Naghetini *et al.*, 2007).

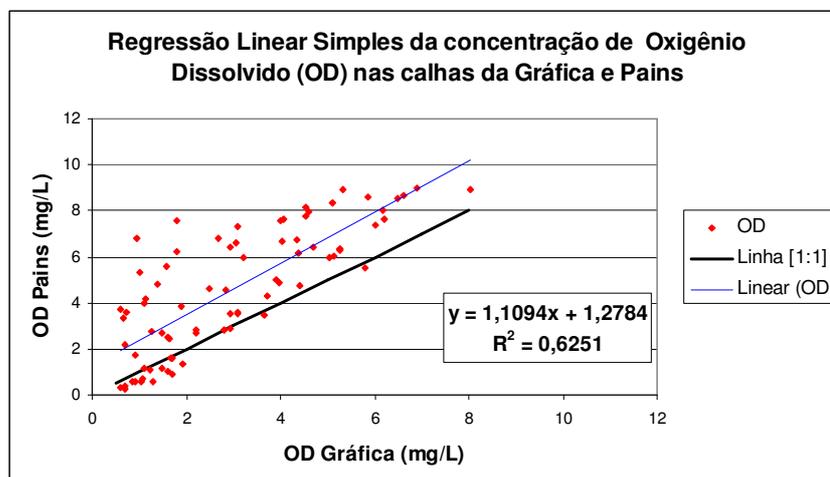
Nas figuras 6.7, 6.8 e 6.9 são apresentados seis gráficos de dispersão entre parâmetros iguais, das calhas da Gráfica e do Pains, seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e a reta linear [1:1] que simula a variação proporcional e de mesmo valor, das variáveis. O Anexo 3 apresenta os gráficos de dispersão entre os parâmetros restantes.

O parâmetro Temperatura da água obteve o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mais próximo de um entre todos os parâmetros avaliados, sendo possível estimar a temperatura da água, na calha do Pains, com elevada confiabilidade, pela equação de regressão. Isto ocorre, possivelmente, devido ao alto valor calórico específico da água, ocorrendo uma lenta variação da sua temperatura.



**Figura 6.7** – Regressão linear simples e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da temperatura da água, das calhas da Gráfica e do Pains, período 2001-2007.

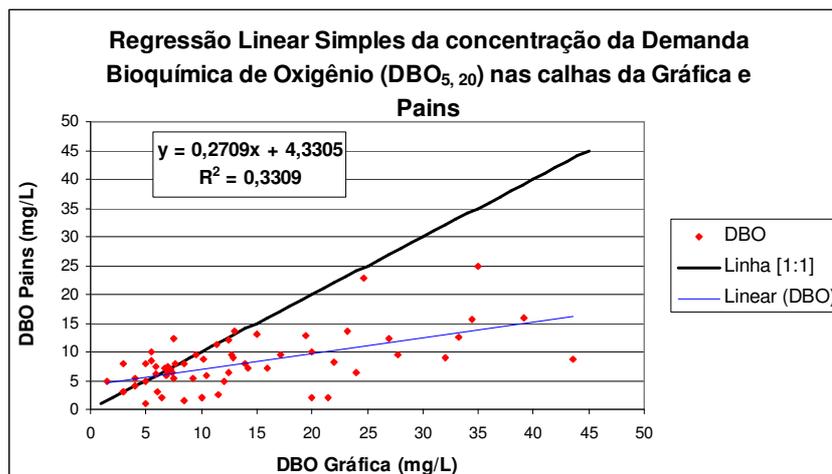
Observando a reta [1:1] percebe-se que ela possui uma elevada proximidade da reta linear, ou seja, as temperaturas da água das SHR's além de variarem proporcionalmente, seus valores são muito próximos.



**Figura 6.8** – Regressão linear simples e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do oxigênio dissolvido (OD), das calhas da Gráfica e do Pains, período 2001-2007.

Por meio da inclinação da reta [1:1], muito parecida com a inclinação da reta linear, observa-se que ocorre uma variação proporcional dos valores do OD, mas os valores da calha do Pains são mais elevados que os valores da calha da Gráfica.

Uma possível explicação para o baixo valor do  $R^2$ , do parâmetro OD, pode ser devido à variabilidade de lançamento de carga poluente e dos horários de lançamento, de efluentes líquidos que consomem o oxigênio dissolvido na água, entre os trechos de montante e jusante. Observa-se na figura 6.8 que as maiores distâncias dos pontos em relação a reta linear são, predominantemente, de valores que possuem o OD muito baixo na calha da Gráfica e elevados na calha do Pains. Essa pode ser uma evidência da elevada capacidade de autodepuração do curso d'água ou da maior diluição dos poluentes devido à maior vazão na calha do Pains, ou ainda, da menor contribuição de carga poluente passível de consumo de OD no trecho da bacia de jusante (área predominantemente da UFSM). Ressalta-se que a primeira opção é a menos provável devido à curta distância que separa as duas SHR's (aproximadamente 1,965 Km).



**Figura 6.9** – Regressão linear simples e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), das calhas da Gráfica e do Pains, período 2001-2007.

A maioria dos valores de DBO situam-se abaixo da reta [1:1], isso significa que a DBO é mais elevada na calha da Gráfica, na maior parte dos valores. O resultado de  $R^2 = 0,3309$  foi muito baixo para o parâmetro DBO, não havendo possibilidade de estimar, com confiabilidade, suas concentrações na calha do Pains, por meio da concentração avaliada na calha da Gráfica. Para a DBO ocorre uma situação semelhante ao parâmetro OD. Observa-se na figura 6.9 que ocorrem valores variados de DBO, ou seja, em alguns pontos a concentração da DBO é consideravelmente maior na calha da Gráfica do que na calha do Pains, ocorrendo o inverso para outros pontos.

Provavelmente, isto ocorre devido à variabilidade de despejo de material orgânico biodegradável entre a bacia de montante e a bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) e pelo processo de diluição que ocorre devido à contribuição do percurso.

### 6.1.3 Balanço de cargas poluidoras

Segundo Sánchez (1998), impacto ambiental é a alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais e sociais provocada por ação humana. A realização do balanço de cargas poluidoras possibilita atribuir a uma determinada área a geração dessas cargas e assim contribuir para a gestão do ambiente através da definição de responsabilidades de emissão de poluentes pelos atores envolvidos e priorizar investimentos.

A possibilidade de medir a poluição e estabelecer padrões ambientais permite que sejam definidos com clareza os direitos e as responsabilidades do poluidor e do fiscal (os órgãos públicos), assim como da população. Abre também campo para estudos científicos que definam a capacidade de assimilação do meio, estabelecendo, dessa forma, os padrões ambientais. Estes não são estáticos, dados de uma vez por

todas, mas estão em contínua evolução, sendo fruto de pesquisas que tendem a aprofundar nossos conhecimentos dos processos naturais, dos efeitos dos poluentes sobre os seres humanos e ecossistemas e dos efeitos sinérgicos e cumulativos de diferentes poluentes (Sánchez, 2006).

Para conhecer as cargas poluidoras produzidas pela área predominantemente do Campus da UFSM (sub-bacia de jusante), o impacto foi avaliado pelo diferencial das cargas entre a entrada (calha da Gráfica) e saída (calha do Pains) do curso d'água da bacia, segundo proposta de Silveira *et al.*, (2003). O equacionamento das cargas poluidoras e o balanço de cargas esta representado na equação 5.6 (pg. 68).

A tabela 6.4 apresenta as cargas poluentes médias e específicas dos recursos hídricos superficiais da Bacia Escola do Campus, para os parâmetros físicos e químicos de qualidade da água, considerando o período total de dados, 2001-2007.

A tabela 6.5 apresenta as cargas poluentes médias e específicas dos recursos hídricos superficiais da Bacia Escola do Campus, para os parâmetros biológicos de qualidade da água, considerando o período total de dados.

A realização da comparação da geração de carga poluente entre a bacia de montante e jusante deve ser realizada entre os valores da carga poluente bruta da bacia de montante (Gráfica) e os valores obtidos pela realização do balanço de cargas poluidoras, que determina a carga poluente gerada pela bacia de jusante (área predominantemente da UFSM). A comparação das cargas poluentes médias específicas possibilita avaliar a contribuição de cada bacia relativa as suas áreas de abrangência.

Analisando-se os valores das tabelas 6.4 e 6.5 e comparando-se os valores das cargas médias totais, observa-se que a bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) gera, em termos de valores absolutos médios, menos carga poluente do que a bacia de montante para cinco parâmetros de qualidade da água (OD, DBO, Coliformes Totais e Fecais e Cloretos), de uma totalidade de treze parâmetros considerados.

**Tabela 6.4** – Contribuição de carga poluente média e específica, da bacia de montante (calha da Gráfica) com área de 2,38 Km<sup>2</sup>, da Bacia Escola do Campus da UFSM (calha do Pains) com área de 9,46 Km<sup>2</sup>, e da bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) com área de 7,08 Km<sup>2</sup>, para os parâmetros físicos e químicos de qualidade da água, período 2001 - 2007.

Parâmetro	Carga Poluente Gráfica (mg/s)	Carga Poluente específica Grafica (Kg*dia/Km <sup>2</sup> )	Carga Poluente Pains (mg/s)	Carga Poluente específica Pains (Kg*dia/Km <sup>2</sup> )	Balanco de cargas	
					Contribuição total da bacia de jusante - UFSM (mg/s)	Contribuição total específica da bacia de jusante - UFSM (Kg*dia/Km <sup>2</sup> )
OD	160,8	5,8	654,6	6,0	493,8	6,0
DBO <sub>5,20</sub>	376,2	13,7	551,3	5,0	175,1	2,1
DQO	2041,8	74,1	6130,0	56,0	4088,2	49,9
ST	5835,5	211,8	15736,4	143,7	9900,9	120,8
STS	536,8	19,5	2069,3	18,9	1532,5	18,7
STD	5372,4	195,0	13740,2	125,5	8367,8	102,1
SSED	2,510	0,1	9,1	0,1	6,6	0,1
Cloretos	572,4	20,8	1003,3	9,2	430,9	5,3
Alcalinidade	4054,2	147,2	8221,4	75,1	4167,2	50,9
Óleos e Graxas	281,9	10,2	936,5	8,6	654,6	8,0
Acidez	460,5	16,7	1045,7	9,6	585,2	7,1

Onde: OD (oxigênio dissolvido), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), ST (sólidos totais), STS (sólidos totais suspensos), STD (sólidos totais dissolvidos), SSED (sólidos sedimentáveis).

**Tabela 6.5** – Contribuição de carga poluente média e específica, da bacia de montante (calha da Gráfica) com área de 2,38 Km<sup>2</sup>, da Bacia Escola do Campus da UFSM (calha do Pains) com área de 9,46 Km<sup>2</sup>, e da bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) com área de 7,08 Km<sup>2</sup>, para os parâmetros biológicos de qualidade da água, considerando a série total de dados (2001 – 2007).

Parâmetro	Carga Poluente Gráfica (NMP)	Carga Poluente específica Grafica (NMP/Km <sup>2</sup> )	Carga Poluente Pains (NMP)	Carga Poluente específica Pains (NMP/Km <sup>2</sup> )	Balanco de Cargas	
					Contribuição total da bacia de jusante - UFSM (mg/s)	Contribuição total específica da bacia de jusante - UFSM (NMP/Km <sup>2</sup> )
Coliformes Totais	6328440,0	2659008,4	6976709,0	737495,7	648269,0	91563,4
Coliformes Fecais	2887541,0	1213252,5	2028590,0	214438,7	-858951,0	-121320,8

Em relação ao OD observa-se que ocorre uma melhoria na qualidade da água no trecho da bacia de jusante (área predominantemente da UFSM), já que a carga média deste parâmetro aumenta mais do que três vezes em relação ao valor obtido na calha da Gráfica.

A bacia de jusante (área predominantemente da UFSM), provavelmente, gera menor quantidade de carga poluente para os parâmetros DBO, Coliformes Totais e Coliformes Fecais, devido à bacia de montante ser predominantemente residencial, produzindo, assim, maior quantidade de matéria orgânica fecal e biodegradável.

Para o parâmetro DQO observa-se, em média, que a bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) produz o dobro da carga poluente que a bacia de montante. Como a UFSM possui diversas atividades que utilizam fluidos orgânicos não-biodegradáveis,

como o HUSM e muitos laboratórios de análises físicas, químicas e biológicas, dos cursos de graduação e pós-graduação, presume-se que isto seja determinante para a diferença de carga poluente de DQO encontrada.

A origem antropogênica da concentração dos parâmetros Alcalinidade e Acidez são provenientes de despejos industriais. Suas cargas poluentes são geradas em maior quantidade na bacia de jusante (área predominantemente da UFSM), possivelmente pelas atividades, com características industriais, desenvolvidas em alguns cursos de graduação e pós-graduação, cursos técnicos, colégio agrícola e outros, da UFSM. O parâmetro Óleos e Graxas também apresentou uma produção média, de carga poluente, consideravelmente maior para a bacia de jusante.

Se analisarmos os valores das cargas poluentes em relação à área de cada bacia (carga poluente específica), observa-se que a bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) gera menos carga poluente por área específica para doze dos treze parâmetros de qualidade da água considerados. Apenas para o parâmetro Sólidos Sedimentáveis o valor é igual.

Apesar da área da bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) ser aproximadamente três vezes maior do que a área da bacia de montante observa-se, segundo os resultados das tabelas 6.4 e 6.5, que a bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) produz uma quantidade menor de carga média e carga específica média, em relação à bacia de montante, em termos de DBO, Cloretos, Coliformes Totais, Coliformes Fecais e uma quantidade maior de OD. Esses parâmetros são típicos indicadores de poluição oriunda de esgotos sanitários.

Um fato interessante observado na tabela 6.5 é o resultado negativo do balanço de cargas total e específico para o parâmetro Coliformes Fecais. Isto ocorre devido à carga poluente média verificada na calha do Pains ser menor do que a carga poluente média verificada na calha da Gráfica. Uma explicação para este fato pode ser devido à maior mortandade desses organismos no trecho entre as duas SHR's somada a, provável, menor quantidade de material fecal emitida pelas fontes poluentes da bacia de jusante. Um fato que pode contribuir com a morte e conseqüente redução desses organismos é a qualidade dos efluentes líquidos gerados pela UFSM, ou seja, muitos são provenientes de laboratórios de análises físico-químicas, biológicas e radioativas, impondo, assim, características qualitativas que dificultam ou impossibilitam a sobrevivência dessas bactérias.

Comparando-se a produção da carga poluente média da DBO, entre as sub-bacias de montante e jusante (área predominantemente da UFSM), observa-se que a última produz,

aproximadamente, a metade da carga poluente da bacia de montante. Se fizermos a mesma comparação em termos de carga poluente média específica podemos observar que a bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) produz, aproximadamente, uma quantidade seis vezes menor de carga poluente do que a bacia de montante, em termos de DBO.

Conforme evidenciado, devido às características residenciais da bacia de montante, os parâmetros de qualidade com maiores cargas produzidas foram àqueles ligados a matéria orgânica biodegradável (DBO) e aos Coliformes. Já, na bacia de jusante as cargas ligadas aos efluentes não-biodegradáveis estão de acordo com as atividades desenvolvidas no Campus, como o HUSM e os laboratórios de análises físicas, químicas e biológicas.

Este fato possibilita a hipótese de que os sistemas de tratamento dos efluentes líquidos do Campus estão operando com uma eficiência comprometida, conduzindo a um aumento da carga poluente na SHR do Pains, relativa aos efluentes não-biodegradáveis.

Se considerarmos os efluentes biodegradáveis e os organismos do grupo Coliformes existem algumas possibilidades para a redução da carga média na bacia de jusante: i) os sistemas de tratamento de efluentes líquidos estão operando satisfatoriamente, contribuindo para a redução da carga desses elementos no trecho de jusante da bacia; ii) os depósitos de esgoto no solo, que recebem elevada carga de efluentes das atividades desenvolvidas na bacia de jusante, estão funcionando como um sistema que proporciona a atenuação da carga de efluente que alcança os corpos d'água, principalmente pela sua infiltração no solo e/ou rochas, o que proporciona um tratamento físico-químico e biológico, natural, para os efluentes e, ao mesmo tempo, a existência de condições sanitárias ruins na bacia e o aumento do risco de contaminação do solo e da água subterrânea; ou iii) as características qualitativas dos efluentes emitidos pelas atividades do Campus dificultam ou impossibilitam a sobrevivência das bactérias do grupo Coliformes.

Para as cargas médias específicas observa-se que a bacia de jusante obteve ótimo resultado em relação às cargas médias específicas da bacia de montante. Este fato demonstra que ao considerarmos a carga específica numa avaliação quali-quantitativa dos recursos hídricos superficiais de uma bacia hidrográfica devemos, primeiramente, tentar detectar possíveis formas de deposição dos efluentes que possam reduzir as cargas brutas geradas, como os depósitos de esgoto citados acima, ou seja, mesmo a bacia de jusante obtendo melhor qualidade da água superficial por unidade de área ela ainda possui situações que podem degradar a qualidade do meio ambiente.

As medidas estruturais e não-estruturais de gestão ambiental da bacia hidrográfica devem ser direcionadas, prioritariamente, para a região que estiver causando maior impacto

negativo na qualidade dos recursos hídricos. Salienta-se, que o crédito das cargas poluentes as suas fontes de geração (sub-bacias de montante e jusante) é relevante para o planejamento das ações e dos investimentos que devem ser realizados na bacia, mas insignificante em termos de gestão relativa à legislação de recursos hídricos vigente, que considera a concentração de poluentes.

Com base nessas observações, é possível identificar qual a região é a principal responsável pela degradação da qualidade da água superficial. Esse fato é importante para a gestão ambiental de uma bacia hidrográfica.

Como forma de avaliar e caracterizar a condição de qualidade da água nos trechos de montante e jusante da bacia, em relação às classes de enquadramento dos corpos d'água, segundo a legislação federal vigente, realizou-se a diluição das cargas médias da DBO nas curvas de permanência das vazões das duas SHR's.

A tabela 6.6 apresenta os resultados obtidos em termos de concentração, para o parâmetro DBO<sub>5, 20</sub>, onde foram divididas as cargas poluentes médias das duas SHR's (Tabela 6.4, colunas 2 e 4) pelas vazões de permanência obtidas (Tabela 10.2, Anexo 2).

**Tabela 6.6** – Concentração e classes de enquadramento, do parâmetro DBO<sub>5, 20</sub>, para as respectivas vazões de diluição.

Vazões de diluição	DBO <sub>5, 20</sub> (mg/L)		Classes CONAMA 357/05	
	Gráfica	Pains	Gráfica	Pains
Q <sub>50%</sub>	14,9	6,3	4	3
Q <sub>60%</sub>	17,2	7,7	4	3
Q <sub>70%</sub>	20,0	9,6	4	3
Q <sub>80%</sub>	25,2	11,6	4	4
Q <sub>90%</sub>	37,2	14,3	4	4
Q <sub>95%</sub>	47,6	18,1	4	4

Observa-se, que a qualidade média da água na calha da Gráfica se enquadra na classe 4 em todas as vazões de diluição. Se considerarmos a carga poluente bruta da água na calha do Pains, ou seja, a carga poluente que contabiliza a poluição advinda da bacia de montante e de jusante, observa-se que nas vazões de diluição Q<sub>50%</sub>, Q<sub>60%</sub> e Q<sub>70%</sub> a água se enquadra na classe 3 e o restante na classe 4.

A qualidade da água na calha da Gráfica obteve as mesmas classes de enquadramento, para todas as vazões de diluição, obtidas por Silveira *et al.* (2003). Com o aumento do período de dados qualitativos avaliados ocorreu mudança da classe 2 para a classe

3, para a vazão de diluição de 50% ( $Q_{50\%}$ ), e da classe 3 para a classe 4, para as vazões de diluição de 80% e 90%.

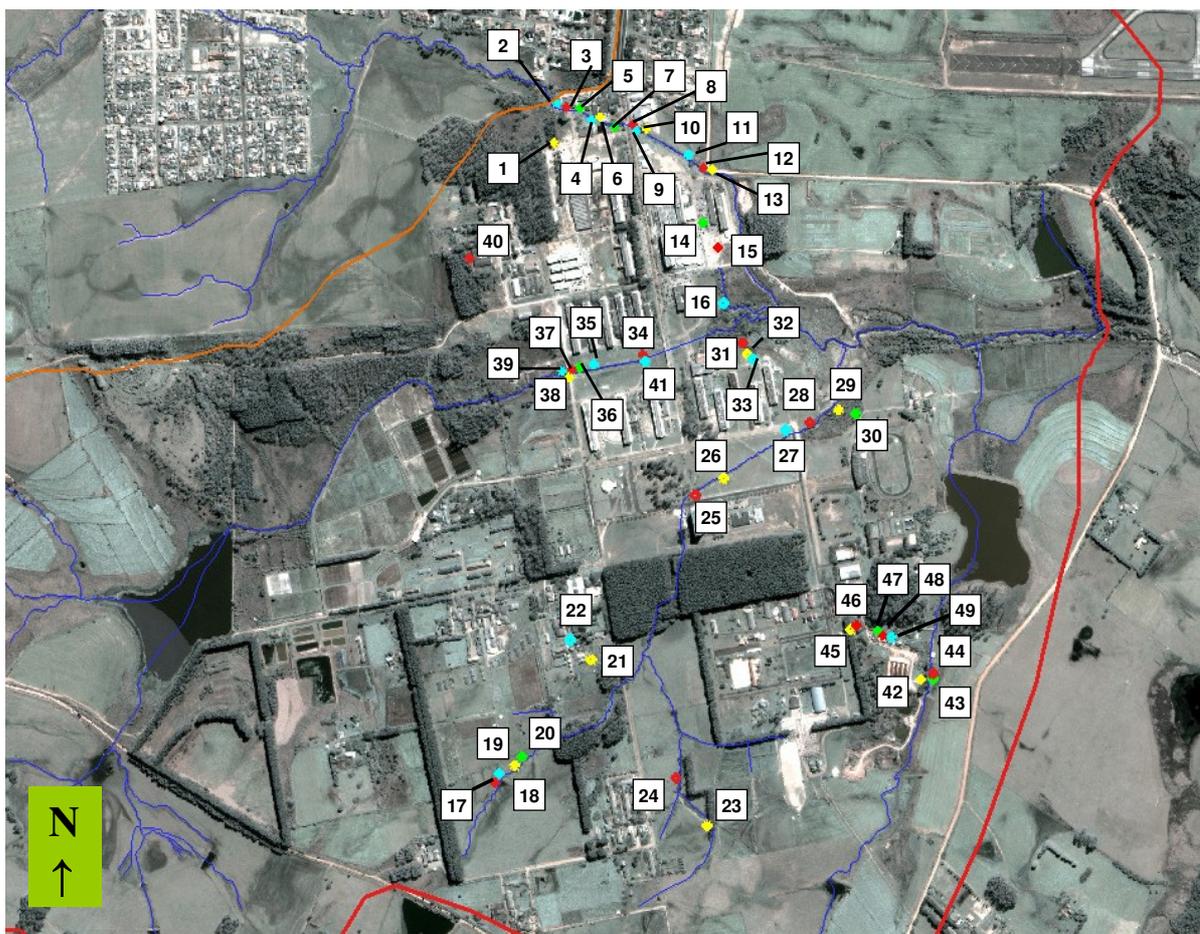
Esses resultados, revistos de avaliações anteriores, indicam uma possível deterioração da qualidade dos recursos hídricos da bacia ao longo deste período.

## **6.2 Fontes pontuais de lançamento de efluentes líquidos**

Esta fase da pesquisa foi realizada com o objetivo de identificar e localizar as fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos na bacia de jusante (área predominantemente da UFSM), caracterizar quali-quantitativamente os efluentes líquidos das principais fontes pontuais de poluição e comparar os valores resultantes com os limites de emissão de efluentes estabelecidos pela Resolução Estadual do CONSEMA nº 128/2006. Para isso foram realizadas várias campanhas de campo onde foram percorridos os leitos dos cursos d'água da bacia de jusante.

O outro objetivo foi selecionar as fontes pontuais que lançam seus efluentes na superfície do solo e/ou rocha e realizar o cruzamento dos depósitos de esgoto existentes no solo e/ou rocha com o mapa da avaliação do índice de vulnerabilidade à poluição da água subterrânea da bacia do Campus, ou seja, identificar qualitativamente os riscos de poluição da água subterrânea.

A localização das fontes pontuais identificadas nos cursos d'água da bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) está apresentada na figura 6.10. A identificação, localização e a informação se a fonte pontual de emissão de efluente líquido pertence à UFSM ou se sua contribuição de esgoto é advinda de uma área externa ao Campus da UFSM está apresentada na tabela 6.7, incluindo-se as coordenadas UTM aproximadas; as imagens dessas fontes são apresentadas no Anexo 6.



**Figura 6.10** – Identificação e localização das fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos nos cursos d'água da sub-bacia de jusante (área predominantemente da UFSM). Sob o número 5 está a entrada do Campus, 4 e 6 (Centro de Tecnologia), 14 (HUSM), 16 (Biblioteca Central), 31 (Restaurante Universitário), 33 (Casa do Estudante Universitário), 34 e 35 (Prédios 17, 18, 19, 20 e 21), 36 e 41 (Prédios 40, 41, 42, 43 e 44), 30 (Estádio), 25 (Reitoria), 22 (Colégio Agrícola), 24 (Hospital Veterinário da Santa Maria) e 42 (Olaria).

**Tabela 6.7** - Identificação, localização e contribuição das fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos da sub-bacia de jusante (área predominantemente da UFSM).

Fonte	Localização/Observação	Coordenada UTM (Zona 22 Sul)		Contribuição
		E	N	
1	INPE	237052	6710059	UFSM
2	Gráfica UFSM	237063	6710162	UFSM
3	Canalização Gráfica UFSM	237081	6710145	UFSM
4	Creche UFSM	237151	6710114	UFSM
5	Gráfica	237120	6710142	UFSM
6	Colégio Industrial 2º Grau	237173	6710117	UFSM
7	Quase na frente do INPE	237215	6710104	UFSM
8	Canalização ponte entrada UFSM	237265	6710098	Externa
9	Lado da canalização ponte entrada UFSM	237269	6710094	UFSM
10	Posto Combustível	237297	6710088	UFSM
11	Banhado de esgoto	237408	6710018	Externa
12	Vala rua ao lado do banhado	237451	6709983	Externa
13	Drenagem área de campo	237469	6709982	Externa
14	Fossa-Filtro Cobaltoterapia - HUSM	237444	6709846	UFSM
15	Fossa-Filtro HUSM	237490	6709782	UFSM
16	Atrás biblioteca	237511	6709644	UFSM
17	Entrada Lagoa Laticínios	236896	6708392	UFSM
18	Saída Lagoa Laticínios	236911	6708411	UFSM
19	Provável saída Lagoa Laticínios	236953	6708425	UFSM
20	Curso d'água após a fonte 19	236972	6708449	UFSM
21	Colégio Agrícola	237152	6708710	UFSM
22	Lavagem veículos Colégio Agrícola	237096	6708761	UFSM
23	Hosp. Vet. 1	237468	6708281	UFSM
24	Hosp. Vet. 2	237381	6708401	UFSM
25	Lado Reitoria	237424	6709144	UFSM
26	Frente Centro de Processamento de Dados COOPERVES	237501	6709190	UFSM
27	Antes da ponte estádio	237675	6709301	UFSM
28	Após ponte estádio	237737	6709321	UFSM
29	Após fonte 28	237810	6709362	UFSM
30	Ao lado do estádio	237858	6709353	UFSM
31	Próximo ao Restaurante Universitário	237547	6709531	UFSM
32	Perpendicular ao prédio 35	237576	6709503	UFSM
33	Continuação prédio 35	237578	6709498	UFSM
34	Início canalização ponte em frente Restaur. Universitário	237290	6709497	UFSM
35	Curso d'água quase em frente prédio 20	237158	6709472	UFSM
36	Curso d'água na frente do prédio 21	237122	6709465	UFSM
37	Ao lado da canalização próxima prédio 21	237101	6709460	UFSM
38	Canalização próxima ao prédio 21	237092	6709453	UFSM
39	Cano PVC ao lado canalização próxima ao prédio 21	237078	6709455	UFSM
40	Atrás do estacionamento e lavagem dos veículos da UFSM	236831	6709752	UFSM
41	Início canalização ponte em frente Restaur. Universitário	237290	6709494	UFSM
42	Casa ao lado da Olaria	238028	6708658	UFSM
43	Casa ao lado da F.P. 42 (não está na imagem de satélite)	238055	6708660	UFSM
44	Casa ao lado da F.P. 43 (não está na imagem de satélite)	238054	6708672	UFSM
45	Próxima a entrada do Parque de Exposições	237844	6708789	UFSM
46	Casa próxima F.P. 45 (não está na imagem de satélite)	237852	6708800	UFSM
47	Casa próxima a Olaria	237914	6708785	UFSM
48	Casa próxima da F.P. 47	237926	6708774	UFSM
49	Casa próxima da F.P. 48	237949	6708770	UFSM

Obs: F.P. = Fonte pontual de emissão de efluente líquido.

Na tabela 6.8 são apresentados os resultados médios do monitoramento quali-quantitativo das principais fontes pontuais de lançamento de efluentes líquidos do Campus da UFSM. O Anexo 5 apresenta a variação quali-quantitativa das principais fontes de emissão de efluentes líquidos do Campus da UFSM.

**Tabela 6.8** – Valores médios do monitoramento quali-quantitativo das principais fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos do Campus da UFSM, para os dias 9/11/2007, 04/04/2008 e 15/04/2008.

Local	Vazão média (L/s)	Temp. média(°C)	OD médio (mg/L)	DBO média (mg/L)	Carga DBO média (mg/s)	DQO média (mg/L)	Carga DQO média (mg/s)
<b>F.P. 3</b>	0,89*	22,6*	4,11*	6,7*	5,9*	158,9*	140,7*
<b>F.P. 8</b>	0,42	20,9	2,4	10,9	4,0	66,0	36,1
<b>F.P. 16</b>	1,45	22,8	1,2	75,4	107,5	155,2	204,3
<b>F.P. 17</b>	0,29	24,5	3,3	271,5	82,5	557,9	156,6
<b>F.P. 18</b>	0,53	23,4	0,8	515,9**	241,1***	2534,7	1448,4
<b>F.P. 28</b>	0,19	21,7	3,6	12,9	2,0	9,6*	2,4*
<b>F.P. 31</b>	1,73	23,6	1,7	275,0	505,7	766,0	1300,7

(\*) = apenas um valor utilizado; (\*\*) = utilizado o valor do limite mínimo da DBO, das campanhas dos dias 4/4/08 e 15/4/08; (\*\*\*) = calculado com base nos valores do limite mínimo da DBO das campanhas dos dias 4/4/08 e 15/4/08. F.P. = Fonte pontual de emissão de efluente líquido.

As duas fontes pontuais, pertencentes ao Campus da UFSM, que emitem maior volume de efluentes líquidos, segundo os resultados do monitoramento quantitativo, são a F.P. 31 (próxima ao RU) e a F.P. 16 (próxima à biblioteca central). A fonte pontual F.P. 15 (fossa-filtro HUSM) foi estudada por Flain (2006) e é uma das mais importantes também, principalmente pela variedade de substâncias utilizadas no Hospital Universitário e pelo elevado volume d'água utilizado.

O efluente líquido da F.P. 31 provém, provavelmente, do Restaurante Universitário (RU) e de alguns prédios da Casa do Estudante Universitário (CEU). Esta informação não pode ser confirmada porque não há as informações na planta baixa digital utilizada na pesquisa. Após a realização deste estudo foi realizada a reforma e ampliação da fossa-séptica que recebe, provavelmente, os efluentes das fontes pontuais F.P. 31, F.P. 32, F.P. 33.

Segundo a análise da planta digital do Campus a F.P. 16 é responsável pelo lançamento dos efluentes líquidos gerados nos seguintes prédios do Campus: prédio 7 – Centro de Tecnologia; prédio 8 – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; prédio 9 – Extensão do Centro de Tecnologia; prédio 9A – Laboratório de Microeletrônica; prédio 10 – Pavilhão de laboratórios do Centro de Tecnologia; prédio 11 – Gerador de Nêutrons; prédio

17 – Geociências; prédio 18 – Química; prédio 19 – Morfologia; prédio 20 – Patologia; prédio 21 – Fisiologia; e outros que não puderam ser identificados na planta digital do Campus.

O efluente da F.P. 18 possui a menor concentração de OD, seguida da F.P. 16 e da F.P. 31, respectivamente.

Comparando as concentrações de OD da F.P. 17 (entrada da lagoa de estabilização) e da F.P. 18 (saída da lagoa de estabilização) pode-se observar que ocorre um consumo elevado de OD, possivelmente devido a sua utilização pelos microorganismos aeróbios, para a decomposição da matéria lançada. Isso, provavelmente conduziria a um tratamento eficiente e conseqüente melhoria da qualidade do efluente de saída da lagoa, que é disposto diretamente em um curso d'água de baixa vazão e situado em uma das nascentes da bacia. Mas não é o que ocorre, como se pode observar nos resultados médios da tabela 6.8.

Ocorre que, ao invés de melhorar a qualidade do efluente ela piora drasticamente, principalmente se considerarmos o parâmetro DQO, tanto para a concentração como para a carga poluente. Esse fato nos remete a Lei da Conservação da Massa: não se pode criar nem eliminar matéria, apenas é possível transformá-la, ou seja, há uma fonte de entrada de matéria na lagoa de estabilização que não foi identificada e que resulta no aumento da carga poluente média da DBO e da DQO. Somente pela observação visual do efluente líquido emitido pela F.P. 18 (Anexo 6) percebesse a sua péssima qualidade. Ressalta-se que esta lagoa está situada em uma área de campo onde são criados bovinos.

Esta lagoa pode estar funcionando em condições anaeróbicas, visto que em sua superfície forma-se uma camada espumosa de resíduo que impede a entrada da luz solar.

Em relação ao parâmetro DBO cita-se que, nas análises realizadas nos dias 04/04/2008 e 15/04/2008 do efluente líquido da F.P. 18, a diluição do efluente não foi suficiente para a realização das análises laboratoriais, resultando nos seguintes valores de concentração da DBO, respectivamente: > 347,0 mg/L e > 1200,0 mg/L, como se pode observar nas tabelas do Anexo 2.

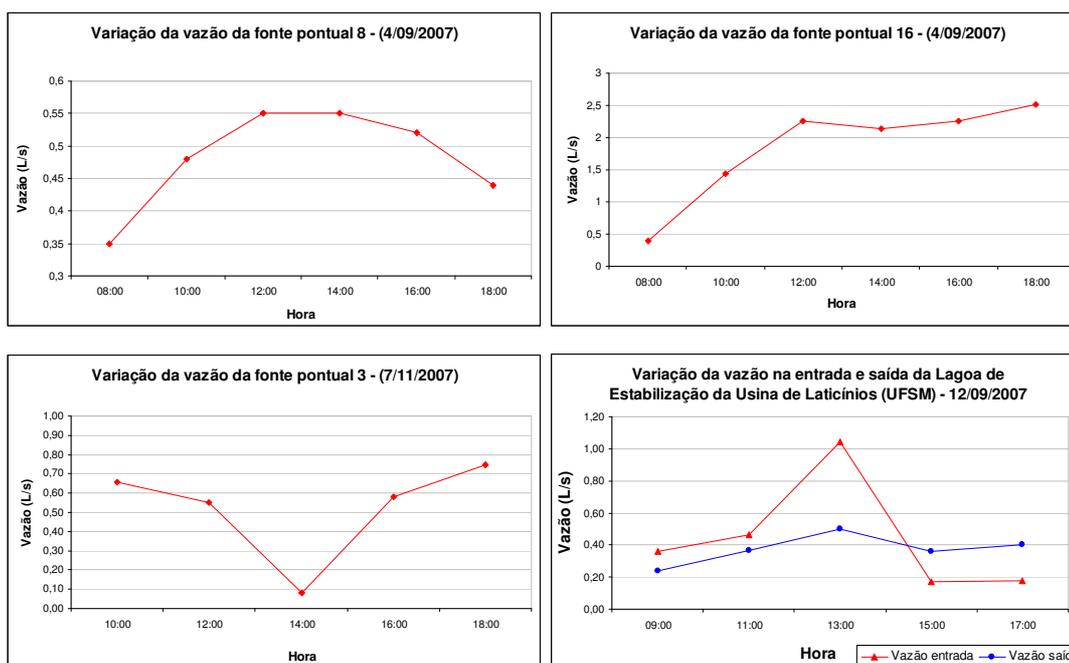
As avaliações quali-quantitativas realizadas não permitem resultados conclusivos e, apenas, indicam uma possível redução da eficiência de tratamento dos efluentes líquidos da usina de laticínios. É necessária a realização de avaliações mais detalhadas que considerem as atividades de produção da usina e um monitoramento quali-quantitativo que abranja períodos mais extensos.

Segundo o artigo 132º da Lei Estadual nº 11.520/2000 é proibido a disposição direta de poluentes e resíduos, de qualquer natureza, em condições de contato direto com corpos d'água naturais superficiais ou subterrâneos, em regiões de nascentes. Podemos considerar

que neste caso não ocorre a disposição direta do efluente, pois ele passa por um “tratamento”, embora esse tratamento não seja eficiente.

Uma importante descoberta está ligada às fontes pontuais F.P. 8, F.P. 11, F.P. 12, F.P. 13. Observou-se que os efluentes líquidos dessas fontes são gerados na região externa a UFSM, na bacia de jusante, e despejam seus esgotos nos arroios desta mesma bacia. Na metodologia do balanço de cargas Silveira *et al.* (2003) estão creditando, também, a poluição destas fontes externas somente ao Campus da UFSM, o que não ocorre na realidade, ou seja, a carga poluente resultante do balanço de cargas deve ser creditada a região hidrográfica da bacia de jusante, que inclui economias e estabelecimentos que localizam-se fora do Campus.

Na figura 6.11 são apresentados os gráficos da variação da vazão de algumas das principais fontes pontuais de lançamento de efluentes líquidos do Campus da UFSM. O Anexo 2 apresenta o restante dos gráficos elaborados.



**Figura 6.11** – Variação da vazão das fontes pontuais 8, 16, 3, 17 (entrada lagoa de estabilização) e 18 (saída lagoa de estabilização).

Na maioria das fontes pontuais de lançamento de efluentes líquidos ocorre o aumento da vazão durante o dia.

No caso da lagoa de estabilização da Usina de Laticínios observa-se que os valores correspondem ao esperado devido ao efeito de armazenamento da lagoa.

Por meio das saídas de campo foram encontrados alguns locais onde são lançados efluentes líquidos diretamente no solo e/ou rocha e posteriormente eles alcançam os cursos d'água. Estes locais formam depósitos de esgoto, predominantemente domésticos.

Um destes locais situa-se fora da área da UFSM, com aproximadamente 3170 m<sup>2</sup>, e contribui para o trecho da bacia de jusante, no curso d'água. As fontes pontuais que lançam esses efluentes no corpo hídrico não puderam ser monitoradas devido a dificuldades encontradas para as medições de vazões. Essas fontes pontuais são: F.P. 11 e F.P. 12 e estão entre as fontes pontuais mais importantes, pois possuem uma vazão consideravelmente elevada, seu esgoto é de origem doméstica e é gerado pelas residências da parte norte da bacia de jusante (área predominantemente da UFSM), e a carga poluente emitida por essas fontes está sendo creditada a UFSM, no balanço de cargas poluentes.

Paralelas a Avenida Roraima, acesso principal ao Campus, estão localizadas duas valas a céu aberto que recebem esgotos domésticos das economias da bacia. A vala oeste recebe o esgoto das economias da bacia de montante e são contabilizadas na calha da Gráfica. Já, a vala leste recebe o esgoto das economias da bacia de jusante e seus efluentes são dispostos no curso d'água pela fonte pontual 8.

O outro depósito de esgoto no solo situa-se ao lado nordeste do Restaurante Universitário (RU) e dos prédios da Casa do Estudante Universitário (CEU), recebendo as cargas poluentes das fontes pontuais F.P. 31, F.P. 32 e F.P. 33 e possui uma área de deposição de aproximadamente 17014 m<sup>2</sup>.

Observa-se, nas figuras 6.12 e 6.13, que o solo destes locais está saturado de esgoto, com uma coloração preta e um odor desagradável. Esta situação ocorre na totalidade desta área. Outros locais com estas características e com áreas menores também foram encontrados, como as valas de esgoto localizadas próximas ao Colégio Agrícola. Esses depósitos de esgoto no solo e/ou rocha constituem áreas potenciais de risco de poluição da água subterrânea de abastecimento do Campus da UFSM.

Próximo a Olaria localizada na UFSM existe algumas residências que lançam seus esgotos no solo, rocha e em um curso d'água de baixa vazão. Foram identificadas algumas fontes pontuais provenientes dessas economias, mas não foi possível a identificação da totalidade dessas fontes pontuais devido a dificuldades de penetração na vegetação existente.



**Figura 6.12** - Próximo ao Restaurante Universitário.



**Figura 6.13** - Próximo da Casa do Estudante.

### 6.2.1 Relação entre efluente líquido e corpo hídrico receptor

Esta avaliação foi realizada para verificar a conformidade dos valores de concentração emitidos pelas fontes pontuais poluentes com os valores de lançamento estabelecidos pela legislação do Estado do Rio Grande do Sul, Resolução nº 128/06 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA).

Para o parâmetro DBO, o cálculo foi realizado pela equação 5.8 (pg. 71). Já, para o parâmetro DQO este cálculo não foi possível, pois a Resolução CONAMA nº 357/05 não estabelece valores limites de concentração da DQO para o enquadramento em classes dos corpos hídricos receptores. Deve-se observar que o artigo 4º da Resolução CONSEMA nº 128/06 pode ser aplicado somente para as atividades geradoras de efluentes líquidos que contemplem o lançamento dos mesmos em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul, excluindo lançamentos que produzam infiltrações no solo, que serão objetos de avaliações independentes no licenciamento, pelo órgão ambiental competente.

Com isso, em termos de legislação, não podemos avaliar a F.P. 31, que lança seus efluentes diretamente no solo, nas margens do curso d'água, mas podemos avaliar esta fonte para sabermos se ela estaria em conformidade com a legislação se ela estivesse lançando seus efluentes no corpo hídrico. Esses efluentes alcançam o curso d'água logo em seguida, afluindo por vários locais ao longo do mesmo.

As tabelas 6.9, 6.10 e 6.11 apresentam os resultados para o parâmetro DBO.

**Tabela 6.9** – Comparação entre os limites estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº 128/06 e as concentrações da DBO lançadas pelas fontes pontuais de lançamento de efluentes líquidos e verificação da conformidade dos valores estabelecidos pela mesma resolução, para a campanha do dia 09/11/2007.

<b>Fonte Pontual (F.P.)</b>	<b>Vazão* (m³/dia)</b>	<b>P.E. (mg/L)</b>	<b>V.E. (mg/L)</b>	<b><math>\frac{Q_{chr}}{Q_e} \geq \frac{\text{Padrão concentração}}{\text{Concentração Classe enquad.}}</math></b>	<b>Condição</b>
<b>3</b>	76,9	150,0	6,7	$8,88 \geq 30$	NV
<b>8</b>	44,1	150,0	0,2	$15,49 \geq 30$	NV
<b>16</b>	100,2	110,0	105,7	$6,81 \geq 22$	NV
<b>18</b>	41,5	150,0	0,8	$16,46 \geq 30$	NV
<b>31</b>	191,8	120,0	335,6	$3,56 \geq 24$	NV

( \* ) vazão medida no momento da coleta do efluente; (P.E.) padrão de concentração, em função da vazão da fonte pontual, estabelecido pela Resolução CONSEMA nº 128/06; (V.E.) valor da concentração encontrado; (Qchr) vazão de referência do corpo hídrico receptor; (Qe) vazão do efluente; (VB) Valor Bom, estabelecido pela Resolução CONSEMA nº 128/06; (NV) deve ser calculado um Novo Valor para o padrão de concentração estabelecido pela Resolução CONSEMA nº 128/06.

Em relação aos valores de concentração limite, estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº 128/06 (coluna 3), observa-se na coluna 4 da tabela 6.9 que apenas a F.P. 31 esta acima do padrão estabelecido. Essa fonte não pode ser considerada pela Resolução CONSEMA nº 128/06, pois ela despeja seu efluente diretamente no solo.

Para todas as fontes pontuais da tabela 6.9 a relação entre as vazões, do corpo hídrico receptor e do efluente, obteve menor valor do que a relação entre o valor da concentração do padrão de emissão estabelecido pela Resolução CONSEMA nº 128/06 e a concentração estabelecida para o corpo hídrico enquadrado na classe 2 (CONAMA 357/05), devendo assim ser estabelecido um novo e menor valor de concentração de emissão de efluente para as fontes pontuais avaliadas.

Deve-se relembrar que este novo valor somente deveria ser calculado, para a F.P. 31, se seu efluente fosse despejado diretamente no curso d'água, mas isso não ocorre, ou seja, seu efluente é primeiramente lançado no solo, as margens do corpo hídrico, e posteriormente o alcança.

**Tabela 6.10** – Comparação entre os limites estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº 128/06 e as concentrações da DBO lançadas pelas fontes pontuais de lançamento de efluentes líquidos e verificação da conformidade dos valores estabelecidos pela mesma resolução, para a campanha do dia 04/04/2008.

<b>Fonte Pontual (F.P.)</b>	<b>Vazão* (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>P.E. (mg/L)</b>	<b>V.E. (mg/L)</b>	<b>Qchr ≥ Qe</b>	<b><u>Padrão concentração Resolução</u> Concentração Classe enquad.</b>	<b>Condição</b>
<b>8</b>	20,7	150,0	21,1		32,92 ≥ 30	VB
<b>16</b>	146,0	110,0	98,3		4,67 ≥ 22	NV
<b>18</b>	60,5	150,0	> 347		11,29 ≥ 30	NV
<b>28</b>	11,2	180,0	20,0		60,77 ≥ 36	VB

( \* ) vazão medida no momento da coleta do efluente; (P.E.) padrão de concentração, em função da vazão da fonte pontual, estabelecido pela Resolução CONSEMA nº 128/06; (V.E.) valor da concentração encontrado; (Qchr) vazão de referência do corpo hídrico receptor; (Qe) vazão do efluente; (VB) Valor Bom estabelecido pela Resolução CONSEMA nº 128/06; (NV) deve ser calculado um Novo Valor para o padrão de concentração estabelecido pela Resolução CONSEMA nº 128/06.

Na campanha do dia 04/04/2008 as fontes pontuais F.P. 8 e F.P. 28 obtiveram valores considerados bons em relação à Resolução CONSEMA nº 128/06. Já, para as fontes pontuais F.P. 16 e F.P. 18 novamente devem ser estabelecidos novos valores de concentração de emissão da DBO.

A fonte pontual F.P. 18 foi a única que não se enquadrou no limite de lançamento estabelecido pela Resolução CONSEMA nº 128/06.

**Tabela 6.11** – Comparação entre os limites estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº 128/06 e as concentrações da DBO lançadas pelas fontes pontuais de lançamento de efluentes líquidos e verificação da conformidade dos valores estabelecidos pela mesma resolução, para a campanha do dia 15/04/2008.

<b>Fonte Pontual (F.P.)</b>	<b>Vazão* (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>P.E. (mg/L)</b>	<b>V.E. (mg/L)</b>	<b>Qchr ≥ Qe</b>	<b><u>Padrão concentração Resolução</u> Concentração Classe enquad.</b>	<b>Condição</b>
<b>8</b>	51,8	150,0	11,3		13,17 ≥ 30	NV
<b>16</b>	130,5	110,0	22,2		20,20 ≥ 22	NV
<b>18</b>	34,6	150,0	> 1200		19,75 ≥ 30	NV
<b>28</b>	21,6	150,0	5,7		31,60 ≥ 30	VB
<b>31</b>	107,1	120,0	214,4		6,37 ≥ 24	NV

( \* ) vazão medida no momento da coleta do efluente; (P.E.) padrão de concentração, em função da vazão da fonte pontual, estabelecido pela Resolução CONSEMA nº 128/06; (V.E.) valor da concentração encontrado; (Qchr) vazão de referência do corpo hídrico receptor; (Qe) vazão do efluente; (VB) Valor Bom estabelecido pela Resolução CONSEMA nº 128/06; (NV) deve ser calculado um Novo Valor para o padrão de concentração estabelecido pela Resolução CONSEMA nº 128/06.

Na tabela 6.11 pode-se verificar que apenas para a F.P. 28 não se deve estabelecer um novo valor limite da concentração de emissão de efluente. Em duas, das três avaliações realizadas para a fonte pontual F.P. 8, e em todas as avaliações realizadas para as fontes

pontuais F.P. 16, F.P. 18, F.P. 31, os resultados indicam que devem ser estabelecidos novos valores de concentração de emissão de efluente para o parâmetro considerado.

Observa-se, que somente as fontes pontuais F.P. 18 (saída da Lagoa de Estabilização da Usina de Laticínios) e F.P. 31 (próxima ao Restaurante Universitário) possuem valores de concentração da DBO maiores que os limites estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº 128/06, sendo que a primeira (saída da lagoa de estabilização) possui um valor elevado da DBO, para o lançamento em uma nascente.

Os valores do padrão de concentração estabelecidos pela Resolução nº 128/06 do CONSEMA deveriam ser diferenciados conforme o uso e ocupação do solo da bacia em questão. Observa-se, na maioria das vezes, que em áreas urbanas, além da vazão dos corpos hídricos serem menores a carga poluente lançada é consideravelmente maior do que em áreas rurais, devido a maior densidade populacional.

### 6.3 Recursos hídricos subterrâneos

#### 6.3.1 Dinâmica, vulnerabilidade à poluição e avaliação qualitativa

Os valores médios, extremos e a frequência de ocorrência dos níveis estático e dinâmico da lâmina d'água dos poços tubulares de abastecimento de água do Campus da UFSM são apresentados na tabela 6.12.

**Tabela 6.12** – Número de medições, valores extremos, do nível da lâmina da água, e frequência de ocorrência da situação de funcionamento dos poços subterrâneos de abastecimento do Campus da UFSM.

Poço	Nº medições	M.E.	M.D.	Máx.E.	Máx.D.	Mín.E.	Mín.D.	Freq. E.	Freq. D.
<b>PB 16</b>	79	16,0	50,7	16,8	61,7	15,2	36,0	93,7	6,3
<b>PB 4</b>	78	49,6	x	54,0	x	45,0	x	100,0	x
<b>PB 24</b>	77	28,3	40,3	29,4	50,3	26,3	35,0	53,2	46,8
<b>PB 8</b>	36	24,3	41,0	24,7	42,2	23,8	37,3	13,9	86,1
<b>PB 23</b>	59	17,2	39,1	18,1	38,7	16,7	38,7	96,6	3,4
<b>PB 17</b>	36	18,6	x	19,5	x	17,7	x	100,0	x
<b>PB 20</b>	1	x	44,3	x	44,3	x	44,3	x	100,0
<b>PB 13</b>	2	16,2	x	16,3	x	16,1	x	100,0	x
<b>PB 15</b>	1	x	63,7	x	63,7	x	63,7	x	100,0
<b>PB 3</b>	1	x	42,1	x	42,1	x	42,1	x	100,0
<b>PB 12</b>	1	23,2	x	23,2	x	23,2	x	100,0	x
<b>PB 21</b>	1	22,5	x	22,5	x	22,5	x	100,0	x

**M.E.** = média do nível estático; **M.D.** = média do nível dinâmico; **Máx.E. e Máx.D.** = valor máximo do nível estático e dinâmico; **Mín.E. e Mín.D.** = valor mínimo do nível estático e dinâmico; **Freq.E.** = frequência de ocorrência do nível estático; **Freq.D.** = frequência de ocorrência do nível dinâmico.

Os valores da frequência de ocorrência da situação de bombeamento (estático ou dinâmico) dos poços tubulares de abastecimento do Campus, expressos na tabela 6.12, foram utilizados para a elaboração dos mapas de vulnerabilidade à poluição, do nível da lâmina d'água em relação à superfície do terreno, da superfície potenciométrica, do sentido do fluxo da água e da dinâmica da água subterrânea, para as diversas situações de frequência de bombeamento.

A figura 6.14 apresenta o nível mais freqüente da lâmina d'água da água subterrânea da Bacia Hidrográfica do Campus da UFSM. Este variou entre 16,0 m e 63,7 m.

O nível mais freqüente da lâmina d'água subterrânea da Bacia Escola do Campus da UFSM é mais próximo da superfície do terreno na região sul da bacia. Quanto mais ao norte da bacia mais profundo é este nível, possuindo sua profundidade máxima na região nordeste da bacia do Campus. Somente com a análise desses níveis não é possível determinar a direção preferencial do sentido do fluxo da água subterrânea da bacia.

A figura 6.15 apresenta o sentido do fluxo mais freqüente da água subterrânea da bacia do Campus da UFSM. Observa-se o sentido de movimento de sul para norte, da água subterrânea, na região oeste da bacia. Possivelmente, este sentido sul-norte homogêneo, na porção oeste da bacia, ocorra pela não utilização de dados de poços da bacia de montante. A porção leste da bacia do Campus possui sentidos de fluxos mais heterogêneos, ocorrendo três principais áreas de convergência de fluxo da água subterrânea. Esta heterogeneidade de fluxo deve ser condicionada pela variação de utilização dos poços de abastecimento do Campus, já que hora um poço pode estar em funcionamento, hora ele pode estar desligado, interferindo significativamente na mudança do fluxo d'água subterrâneo e na profundidade da lâmina d'água em relação à superfície do terreno.

A avaliação da qualidade da água subterrânea do Campus da UFSM foi realizada em alguns poços de abastecimento e, também, em algumas torneiras da instituição. A tabela 6.13 apresenta os valores dos parâmetros de qualidade da água subterrânea dos locais avaliados.

**Tabela 6.13** – Valores dos parâmetros qualitativos da água de abastecimento do Campus da UFSM, no dia 8/11/2007.

Local	pH	Cond. ( $\mu\text{S/cm}$ )	Turb. (NTU)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Alcalinidade (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	Acidez (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	CT (NMP/100 mL)	CF (NMP/100 mL)
Poço PB 3	5,9	83,8	3,1	0,52	58,8	33,6	39,1	77,1	2
Poço PB 5	8,8	434,0	3,7	0,00	62,4	212,1	0,0	727,0	< 1
Poço PB 11	6,6	58,8	0,0	0,00	63,1	30,4	10,8	2,0	< 1
Poço PB 15	6,3	133,4	0,0	0,14	12,4	56,7	29,3	119,8	< 1
Poço PB 18	5,6	60,8	3,0	0,48	7,4	14,7	32,6	< 1	< 1
Poço PB 24	5,9	119,3	1,2	1,14	4,6	46,2	68,4	325,5	< 1
Torneira Casa Estudante	5,6	55,4	0,0	0,43	7,8	12,6	31,5	< 1	< 1
Bebedouro CT	6,6	112,7	0,0	0,52	15,7	50,4	25,0	< 1	< 1
Torneira INPE	6,6	195,2	0,0	0,24	65,1	95,6	25,0	5,2	< 1

Obs: CT = Centro de Tecnologia; INPE = Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências, recomenda que o pH deve ser mantido na faixa entre 6,0 e 9,5. Observa-se que a água consumida na Casa do Estudante não está dentro dos limites estabelecidos, contendo um pH ácido de 5,6.

A qualidade da água do poço PB 5 possui valores elevados para a maior parte dos parâmetros de qualidade da água, comparando com as outras amostras de água dos poços. Os valores mais notáveis dos parâmetros do poço PB 5 são: a condutividade elétrica, a alcalinidade e os coliformes totais.

As análises da água dos poços PB 3, PB 11, PB 15 e PB 24 e a água da torneira do INPE também indicaram a presença de coliformes totais, indicando alteração de qualidade.

A figura 6.16 apresenta o mapa da avaliação do índice de vulnerabilidade à poluição da água subterrânea da bacia do Campus da UFSM, calculada segundo o método GOD.

A sub-bacia de montante possui vulnerabilidade desprezível a poluição da água subterrânea, em sua totalidade, segundo os critérios expostos na metodologia. Em relação à área total da Bacia Escola do Campus da UFSM, a vulnerabilidade desprezível ocorreu em 61,2% de sua área, correspondente a 5,77 Km<sup>2</sup>, abrangendo a partir da região central para a região oeste da bacia, onde estão localizadas a maior parte e as principais nascentes dos cursos d'água.

Na região norte da área de vulnerabilidade desprezível está localizado um dos depósitos de esgoto no solo. Esta área não pertence à UFSM e o esgoto depositado nela é gerado pelas residências da região norte da sub-bacia de jusante (área predominantemente da UFSM). Apesar deste depósito localizar-se em área de vulnerabilidade desprezível, observa-se na figura 6.16 que este se situa em uma área próxima a transição de vulnerabilidade.

Sabemos que na natureza os limites dos solos e rochas são extremamente variáveis e graduais, então essas áreas de transição devem receber atenção especial, considerando, principalmente, que este depósito de esgoto situa-se muito próximo ao poço de abastecimento PB 5, ou seja, o que separa o depósito de esgoto do poço PB 5 é um curso d'água contaminado. Estes fatos podem ser os responsáveis pelo resultado positivo para o parâmetro Coliformes Totais, neste poço, como se observa na tabela 6.13, o qual apresentou o valor de 727,0 NPM/100 mL.

Os índices de vulnerabilidade desprezível tem relação com a existência de camadas silto-argilosas vermelhas pertencentes a Formação Santa Maria. Esta camada de baixíssima permeabilidade protege o aquífero mais profundo das cargas poluidoras geradas em superfície (Sivério da Silva *et al.*, 2004). Esta unidade hidroestratigráfica funciona como um Aquicludo, não transmitindo água ou transmitindo água em uma velocidade baixíssima.

O índice de vulnerabilidade baixa compreende uma área de 2,11 Km<sup>2</sup>, correspondendo a 22,4% da área total da bacia. Nesta área estão localizadas partes dos prédios do Curso Técnico Agrícola e do Hospital Veterinário da UFSM, ela recebe também os dejetos oriundos da criação de bovinos e eqüinos, em sua região sul, e algumas culturas semeadas pelo curso de agronomia, para utilização em pesquisas, na sua porção norte. A partir do limite de transição da vulnerabilidade desprezível para a vulnerabilidade baixa localiza-se a maior parte da área construída do Campus da UFSM.

Pode-se considerar a mesma situação de atenção para a lagoa de estabilização da Usina de Laticínios da UFSM, em relação à sua proximidade da zona de transição de vulnerabilidades, principalmente porque sua fonte de efluentes gera alta carga poluente e sua eficiência de tratamento está comprometida. Este setor recebe a contribuição das fontes pontuais F.P. 17, F.P. 18, F.P. 19, F.P. 20.

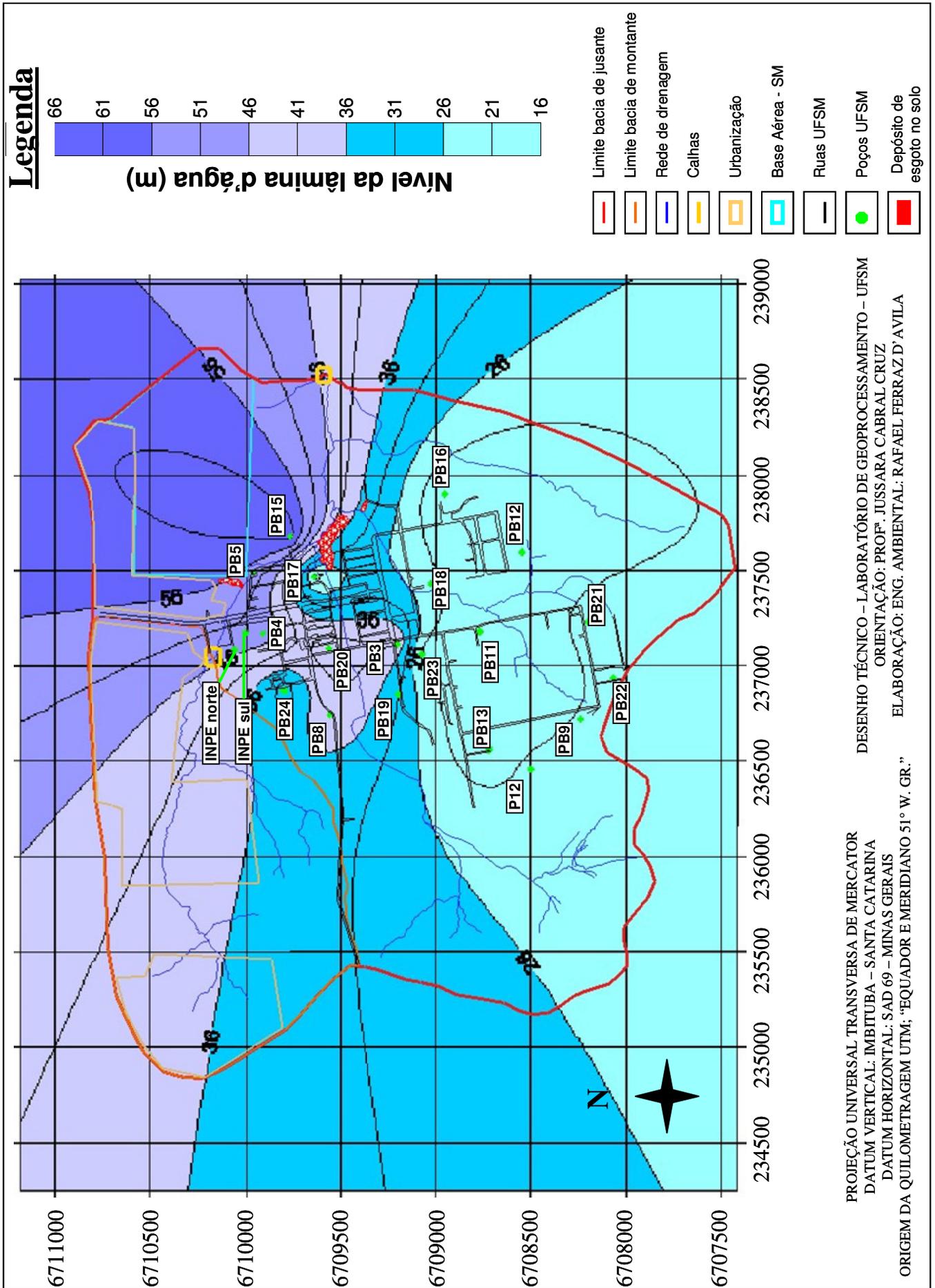
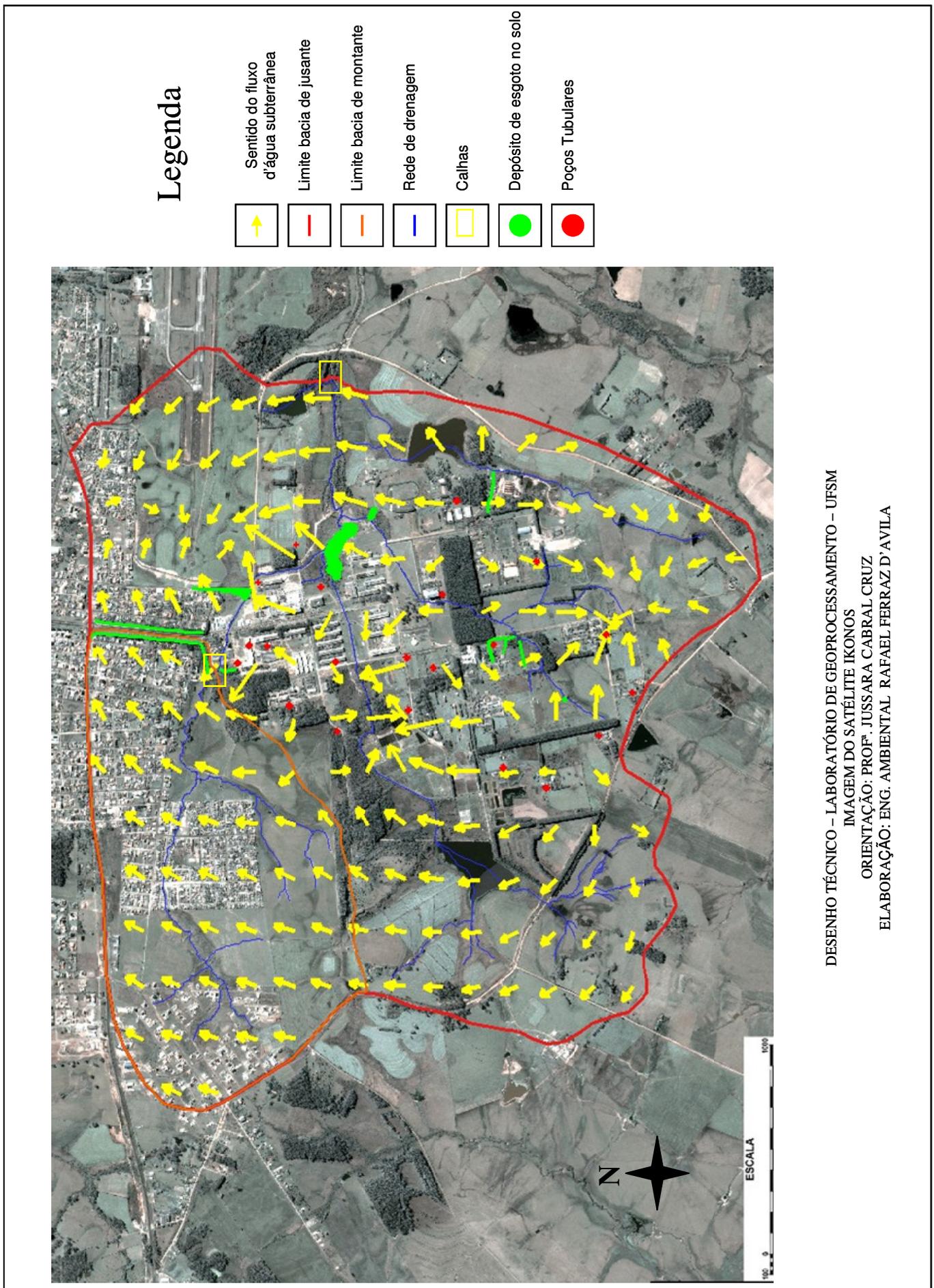
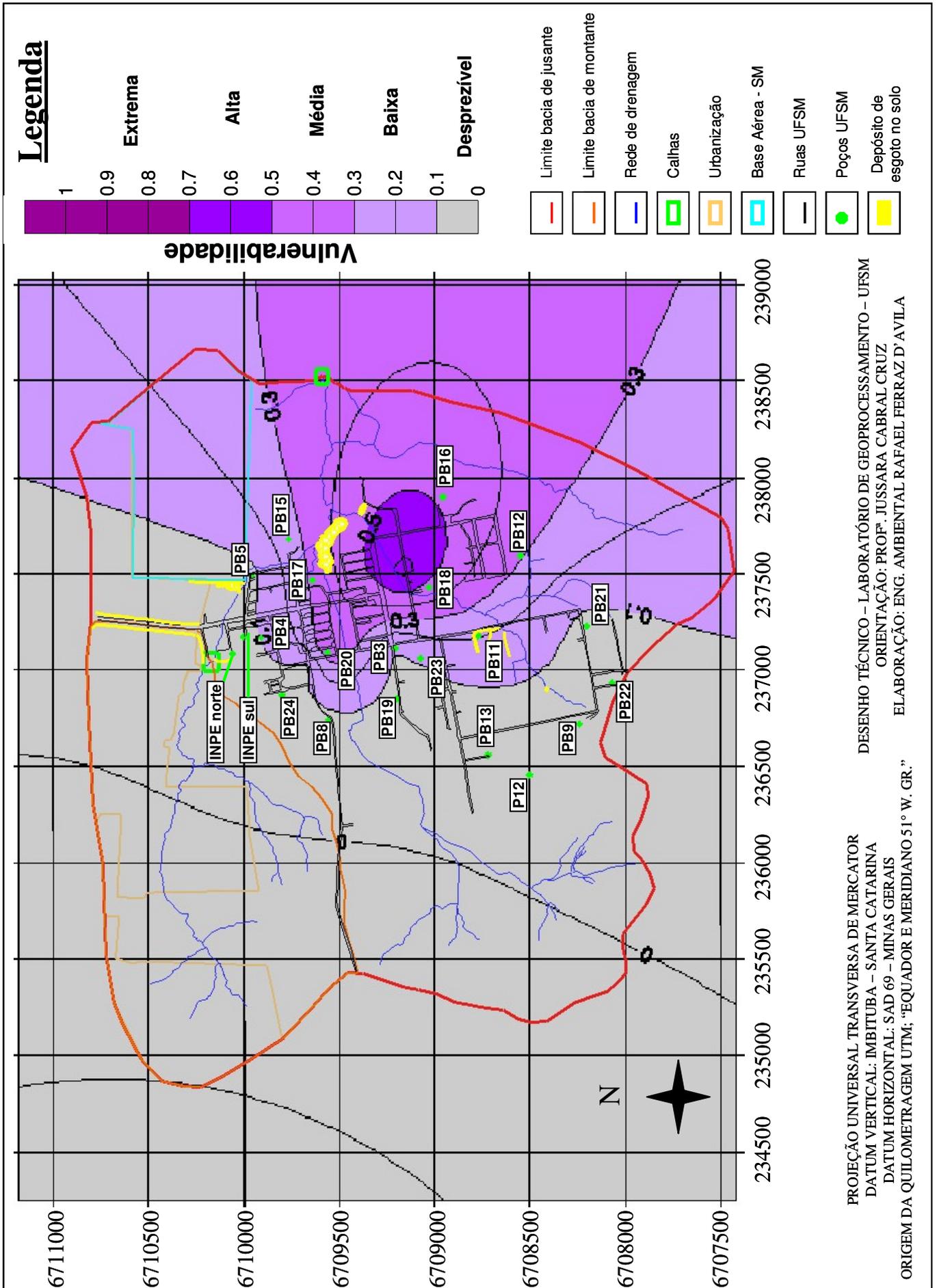


Figura 6.14 – Mapa do nível mais freqüente da lâmina d’água subterrânea da Bacia Escola do Campus da UFSM. Elaboração: D’AVILA, R.F.



**Figura 6.15** – Mapa do sentido do fluxo mais frequente da água subterrânea da Bacia Escola do Campus da UFSCM.  
 Elaboração: D'AVILA, R.F.



**Figura 6.16** – Mapa da vulnerabilidade à poluição da água subterrânea da Bacia Escola do Campus da UFSM. Elaboração: D’AVILA, R.F.

A área de índice de vulnerabilidade média possui 1,37 Km<sup>2</sup>, correspondendo a 14,53% da área total da bacia. É nesta região que está localizado o maior depósito de esgoto no solo e/ou rocha, da sub-bacia de jusante (área predominantemente da UFSM), e as fossas-sépticas dos prédios 17, 18, 19, 20 e 21, que possuem a maior parte dos laboratórios Campus da UFSM, além das fossas-sépticas do Restaurante Universitário e da Casa do Estudante.

Este depósito de esgoto é a área mais crítica e preocupante do Campus, tanto pelo elevado volume de efluente gerado, como pela extensão da área abrangida pelo esgoto; está localizado contíguo ao Restaurante Universitário e aos prédios da Casa do Estudante. Além de localizar-se em uma área de índice de vulnerabilidade média, presume-se que esta área venha recebendo as cargas destes efluentes há décadas, visto as péssimas condições do solo e os odores desagradáveis. Esta área possui, ainda, grande parte das culturas semeadas para pesquisas científicas do curso de agronomia.

As economias que se localizam no Campus, próximas a Olaria, despejam seus esgotos domésticos no solo e rocha, formando valas de esgoto de dimensões reduzidas, ou em um curso d'água de baixa vazão. Nestes locais o índice de vulnerabilidade da água subterrânea é médio, ou seja, são locais potenciais de risco de contaminação da água subterrânea.

A área de índice de vulnerabilidade alta é de 0,18 Km<sup>2</sup>, compreendendo 1,87% da área total da bacia. Ela está situada na região centro-leste da bacia e não possui muitas fontes de poluição do solo e/ou rocha, sendo a sua maior parte ocupada por campos.

Devido aos resultados obtidos pode-se estabelecer que determinadas áreas do Campus possuem considerável risco de poluição da água subterrânea, principalmente pelo elevado volume de efluentes líquidos que são despejados no sistema solo/rocha, pelas características físicas, químicas e biológicas dos efluentes gerados no Campus e pelo fato de que a maior parte desses efluentes são dispostos em áreas de índice de vulnerabilidade média, próximas a áreas de índice de vulnerabilidade alta.

Com isso, os responsáveis pela gestão ambiental do Campus devem dar atenção especial para estas áreas, evitando a instalação e operação de atividades consideradas geradoras de impactos ambientais negativos e significativos, relativos à possibilidade de contaminação da água subterrânea e propondo planos de remediação dos solos já contaminados.

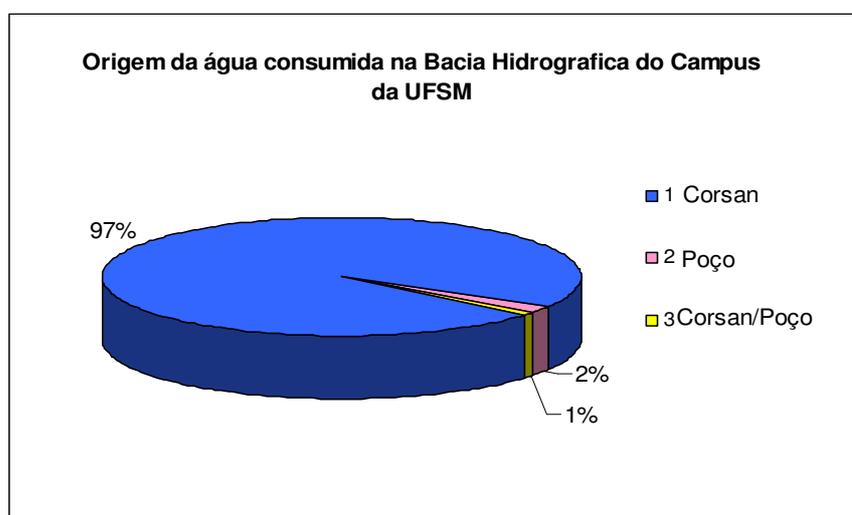
Desta maneira os resultados apresentados mostram, no mínimo, a existência de poços de abastecimento em condições fora dos padrões de potabilidade, Portaria nº 518/2004, merecendo um cuidado quanto ao seu uso.

#### 6.4 Aspectos sociais e sanitários

O questionário sanitário-ambiental foi aplicado em 203 economias; o total de economias da Bacia Escola do Campus da UFSM era, aproximadamente, de 458 no ano de 2007. O número médio estimado, de moradores por economia, foi de 3,9 pessoas e o número total estimado, de moradores nesta bacia, foi de 1791 pessoas, sem contabilizar os moradores do Campus da UFSM.

Segundo Reetz (2002), o Campus da UFSM possui uma população pendular diária de, aproximadamente, 17.000 pessoas.

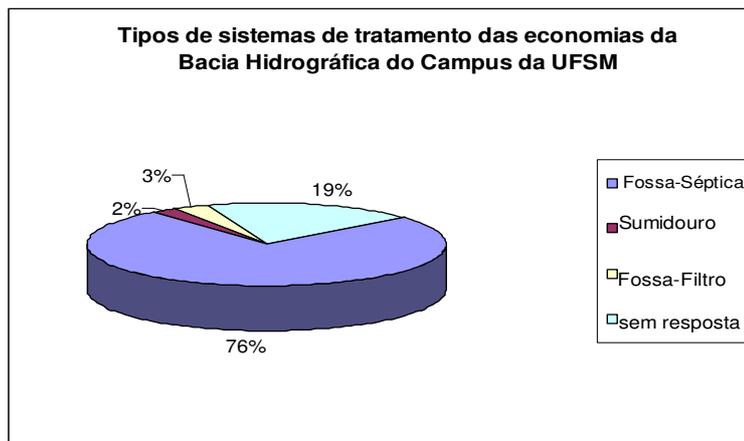
A figura 6.17 apresenta a origem da água consumida na Bacia Hidrográfica do Campus da UFSM, até o ano de 2007.



**Figura 6.17** – Origem da água de abastecimento consumida na bacia hidrográfica do Campus da UFSM, considerando somente a área residencial.

Observa-se, pela figura 6.17, que a grande maioria das economias da bacia do Campus é abastecida pela água distribuída pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) e apenas 2% das economias são abastecidas somente pela água extraída de poços tubulares. Isto causa um aporte exógeno de água na região da bacia estudada e posteriormente um despejo de efluentes nos arroios da bacia.

A figura 6.18 apresenta os tipos de sistemas de tratamento de esgoto das economias da bacia hidrográfica do Campus da UFSM.

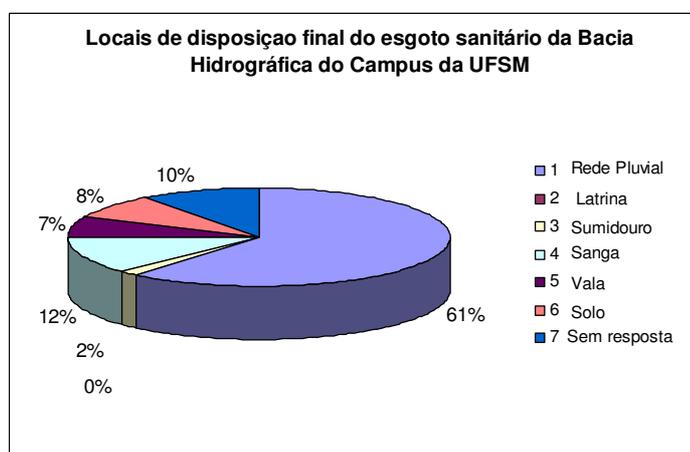


**Figura 6.18** – Tipos de sistemas de tratamento do esgoto doméstico das economias, na bacia hidrográfica do Campus da UFSM, considerando somente a área residencial.

Mais que três quartos das economias da bacia do Campus possuem fossa-séptica como sistema de tratamento de seus esgotos. Apenas 3% das economias possuem o sistema de tratamento constituído de fossa-séptica seguido de filtro anaeróbico que possui melhor eficiência de tratamento dos esgotos domésticos.

Percebe-se que esta bacia possui uma elevada quantidade de sistemas de tratamento dos esgotos nas economias, mas mesmo assim o corpo hídrico apresenta-se contaminado. Possivelmente, a causa disto seja a redução da eficiência de tratamento destes sistemas, gerada pela falta de manutenção dos mesmos, pelos seus proprietários. Outra possibilidade é que o esgoto que não está sendo tratado pelos sistemas de tratamento possa estar gerando a maior parcela desta poluição aos cursos d'água.

A figura 6.19 apresenta os locais de disposição final do esgoto doméstico da bacia hidrográfica do Campus da UFSM.



**Figura 6.19** – Locais de disposição final do esgoto doméstico, na bacia hidrográfica do Campus da UFSM, considerando somente a área residencial.

Observa-se que todos os meios de disposição final de efluentes das economias da bacia podem causar poluição dos recursos hídricos. Isto ocorre pela ausência de rede coletora e estação de tratamento, de esgotos, no Bairro Camobi.

Constata-se que 61% das economias da bacia do Campus dispõem seus efluentes líquidos na rede pluvial que, posteriormente, são despejados no solo e/ou rocha ou nos cursos d'água.

O resultado dos locais de disposição dos efluentes líquidos da bacia do Campus é um dos indicativos da causa das elevadas cargas poluentes avaliadas nas calhas da Gráfica e do Pains.

Dividindo-se a carga poluente média da DBO (551,3 mg/s), obtida na calha do Pains, pelo total de indivíduos estimados na bacia (18.791), obteve-se como carga remanescente da DBO, gerada por cada indivíduo da bacia, um valor de 0,029 mg/s ou 2534,8 mg/dia ou 2,53 g/dia. Se considerarmos o valor usualmente utilizado de 54 gDBO/hab.dia chegamos a um coeficiente de redução da carga da DBO, por pessoa, de 0,953.

Isto significa que mesmo que o esgoto produzido na bacia esteja sendo submetido ao tratamento pelos sistemas convencionais pela maior parcela das economias (figura 6.18, pg. 122), e esteja sendo autodepurado pelo solo e pela água do arroio, os 4,7% de carga de DBO restantes são capazes de manter o arroio, na calha do Pains, na classe 4 de enquadramento dos corpos hídricos, ou seja, com a pior qualidade possível segundo a Resolução CONAMA nº 357/06.

Os resultados do balanço de carga da DBO (tabela 6.4, pg. 99) demonstram que a bacia de montante é responsável pela maior quantidade da carga produzida, considerando, tanto a carga absoluta, como a carga específica.

Este fato ressalta a questão da governabilidade das bacias hidrográficas urbanas, ou seja, mesmo se a bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) não emitisse carga de DBO ainda haveria a possibilidade do curso d'água permanecer poluído devido à carga emitida pela bacia de montante, não sendo, esta carga, responsabilidade do Campus.

Aos tomadores de decisão do Campus restam algumas alternativas para tentar resolver o problema. A primeira delas seria exigir que o órgão responsável pela fiscalização dos sistemas de tratamento de esgoto das economias da população realizasse seu trabalho com eficácia. A segunda alternativa seria exigir que órgão responsável pela coleta e tratamento do esgoto implantasse uma estação de tratamento de esgoto antes do Campus. A última alternativa seria desviar o esgoto da bacia de montante e despejá-lo a jusante da calha do Pains.

## 7 CONCLUSÕES

O ensaio metodológico para a avaliação do impacto antrópico na Bacia do Campus da UFSM, realizado na presente pesquisa, procurou integrar a avaliação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, que são os elementos finais de impacto em uma bacia hidrográfica, com a avaliação de uma das principais variáveis que causam esses impactos, os efluentes líquidos.

Neste estudo avaliou-se o uso da metodologia de balanço de cargas e do monitoramento, dos recursos hídricos superficiais, como ferramenta para estimar a contribuição exógena de efluentes líquidos na bacia hidrográfica do Campus da UFSM.

Por meio da integração da avaliação do índice de vulnerabilidade da água subterrânea com a avaliação dos efluentes líquidos gerados no Campus procurou-se estimar o risco qualitativo de poluição dos recursos hídricos subterrâneos. Ainda, realizou-se uma caracterização dos aspectos sociais e sanitários de uso e ocupação do solo da bacia do Campus.

Para verificar as condições legais dos recursos hídricos e efluentes líquidos da bacia do Campus discutiram-se os resultados com base nas legislações Estadual e Federal vigentes.

### 7.1 Recursos hídricos superficiais

Os recursos hídricos superficiais foram avaliados sobre duas perspectivas: a legal, que considera as concentrações dos parâmetros de qualidade da água e a metodologia proposta por Silveira *et al.* (2003), o balanço de cargas, que possibilita a atribuição da geração da poluição a áreas específicas da bacia.

A bacia do Campus foi dividida em duas sub-bacias. A sub-bacia de montante compreende uma área de ocupação residencial e seu exutório localiza-se na calha da Gráfica. Na sub-bacia de jusante situa-se a totalidade da área do Campus da UFSM e possui, ainda, uma pequena área residencial na sua porção norte. Seu exutório localiza-se na calha do Pains.

Mesmo a calha do Pains recebendo a contribuição de esgoto da totalidade da bacia os períodos de estiagem e pós-chuva demonstraram uma melhor qualidade da água para esta SHR, em termos de concentração de DBO enquadradas nas classes da Resolução CONAMA nº 357/05.

Ainda, a qualidade da água para o parâmetro  $DBO_{5, 20}$ , tanto na bacia de montante como na bacia de jusante, na maior parte do tempo, é pior nos períodos de férias da população (bacia de montante) e da UFSM (bacia de jusante). Ressalta-se que as concentrações medidas na calha do Pains consideram o volume de poluentes lançados em toda a rede de drenagem da bacia.

Este fato demonstra que a população de alunos do Campus não é a variável principal de influência na degradação da qualidade da água dos recursos hídricos superficiais da bacia de jusante em termos da  $DBO_{5, 20}$ .

A análise das curvas de permanência das concentrações da  $DBO_{5, 20}$  e seus respectivos tempos de permanência nas classes de enquadramento dos corpos hídricos evidenciaram que o arroio na calha do Pains (área predominantemente da UFSM) permanece com melhor qualidade da água, na maior parte do tempo, em relação a calha da Gráfica, mas mesmo na calha do Pains, segundo a legislação federal de recursos hídricos, a qualidade da água permanece fora dos padrões estabelecidos na maior parte do tempo.

A mesma análise acima, realizada para as curvas de permanência das concentrações de OD, evidenciou, assim como para o parâmetro  $DBO_{5, 20}$ , que o arroio na calha do Pains (área predominantemente da UFSM) permanece com melhor qualidade da água na maior parte do tempo, em relação a calha da Gráfica.

A elaboração das curvas de permanência das concentrações dos parâmetros de qualidade da água mostrou-se uma boa ferramenta para subsidiar a interpretação dos dados obtidos por meio do monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos superficiais e, assim, auxiliar na gestão ambiental da bacia do Campus, pois informa a porcentagem do tempo que às águas permanecem em determinada classe, indicando a maior ou menor gravidade do problema.

Em termos da gestão legal de recursos hídricos deve-se considerar as concentrações poluentes, mas dado que a qualidade da água nos diferentes períodos considerados é variável, ou seja, se considerarmos a concentração poluente o período de férias possui pior qualidade média e se considerarmos a carga poluente o período de férias passa a possuir melhor qualidade, para os parâmetros  $DBO_{5, 20}$  e DQO. Devido a esse fato é necessário estabelecer políticas para considerar essa variabilidade, por parte dos órgãos gestores e licenciadores.

Para a calha da Gráfica, devido à observação da maior parte dos parâmetros de qualidade da água possuir melhor qualidade no período de aula, em termos de concentração, e pior qualidade nesse mesmo período, em termos de carga poluente, pode-se concluir que a

precipitação pluviométrica é uma das principais variáveis de influência na variação da qualidade da água da bacia de montante, como fator de diluição de carga.

Considerando a concentração poluente média, em relação a todos os parâmetros analisados, a qualidade média da água é melhor no período de férias, na calha do Pains. Já, para a carga poluente o resultado se inverte, ou seja, o período de férias obteve pior qualidade em relação a todos os parâmetros analisados, na calha do Pains.

#### 7.1.1 Balanço de cargas

A metodologia do balanço de cargas foi utilizada para identificar as contribuições individuais de vários parâmetros de qualidade da água, tanto para a sub-bacia de montante como para a sub-bacia de jusante.

Em relação aos valores médios dos parâmetros de qualidade da água observa-se que as diversas atividades antrópicas desenvolvidas na bacia de jusante despejam maior carga de efluentes líquidos nos seus cursos d'água, para a maioria dos parâmetros.

A diluição das cargas médias da DBO<sub>5, 20</sub> nas curvas de permanência das vazões das duas SHR's evidenciou a redução da qualidade da água superficial com o aumento do período de dados estudados, em relação às classes de enquadramento dos corpos hídricos da legislação federal vigente.

Em termos de valores médios das cargas conclui-se que a bacia de jusante contribui com uma maior degradação da qualidade da água para a maioria dos parâmetros analisados. Se considerarmos as cargas poluentes específicas a qualidade da água da bacia de jusante torna-se fortemente dependente das contribuições das cargas despejadas na bacia de montante.

A metodologia do balanço de cargas permite a constatação da influência dos impactos das atividades antrópicas ligadas à degradação da qualidade da água superficial, atribuindo a poluição gerada às diferentes áreas da bacia (montante e jusante), tornando-se um sistema adequado de suporte para o controle da qualidade da água em pequenas bacias hidrográficas.

Esta metodologia não possibilita o controle ambiental de pequenas bacias, já que os fatores ambientais estão além dos recursos hídricos superficiais, ou seja, pode haver casos em que a qualidade da água superficial seja boa, mas a qualidade do ambiente esteja comprometida pela existência de depósitos de esgotos no solo e/ou rocha que não alcançam os cursos d'água, não podendo, assim, serem avaliados por essa metodologia e causando, possivelmente, riscos a poluição do solo e da água subterrânea.

### 7.1.2 Estimativa da contribuição exógena de efluentes líquidos

Por meio de poucos dias de monitoramento simultâneo horário das vazões das SHR's foi possível estimar a contribuição exógena de efluentes líquidos nas bacias de montante e jusante. Observa-se que a bacia de jusante (área predominantemente da UFSM) contribui com um maior aporte exógeno médio de efluentes líquidos lançados em seus cursos d'água.

Os resultados demonstraram que esta metodologia obteve valores muito próximos dos obtidos pelo modelo MOPH II, utilizado por Angnes (2004), evidenciando o bom potencial de simplificação avaliativa da metodologia.

## 7.2 Efluentes líquidos

O levantamento, espacialização e caracterização quali-quantitativa das fontes pontuais de efluentes líquidos do Campus da UFSM possibilitaram a análise comparativa dos resultados de acordo com a Resolução CONSEMA nº 128/06.

Apesar da bacia de jusante contribuir com maior carga média para a maioria dos parâmetros de qualidade da água deve-se considerar que existem fontes de poluição externas ao Campus nessa bacia, ou seja, o impacto negativo na qualidade da água superficial da bacia de jusante, devido à produção de cargas de efluentes, não pode ser atribuída somente ao Campus da UFSM, tendo que considerar também a carga poluente gerada pelas residências localizadas na porção norte da bacia de jusante.

A Lagoa de Estabilização da Usina de Laticínios da UFSM, provavelmente, está funcionando de forma ineficiente, além de estar despejando seus efluentes em um corpo d'água de baixa vazão, situado em uma área de nascente.

A verificação da conformidade de emissão de efluentes líquidos pelas fontes pontuais possibilitou descobrir que apenas a fonte pontual F.P. 28 está em conformidade com os valores sugeridos pela Resolução CONSEMA nº 128/06. As fontes pontuais 3, 8, 16, 18 e 31 obtiveram valores menores da razão das vazões do que da razão das concentrações. Isso significa que o órgão ambiental competente deve estabelecer valores menores de concentração de emissão de poluentes para estas fontes pontuais.

Novamente a legislação não contempla as cargas e considera razão de vazões e razão de concentrações. Pode ocorrer que mesmo a fonte pontual emitindo uma vazão baixa a carga poluente pode ser elevada ou vice-versa.

Em relação à fórmula sugerida pela Resolução em questão conclui-se que mesmo se os sistemas de tratamento do Campus forem aperfeiçoados e aumentarem sua eficiência de tratamento, emitindo assim uma carga poluente menor, isso poderá não significar nada se a vazão de saída do sistema emitir um volume maior do que o atual, ou seja, o resultado da razão das vazões será menor ainda, desde que o padrão de concentração da Resolução, que varia conforme a vazão emitida pela fonte pontual, não ultrapasse as faixas de vazão estabelecidas por ela.

A avaliação das fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos do Campus da UFSM demonstrou ser uma importante ferramenta para identificar os problemas mais significantes e, assim, priorizar ações de recuperação de áreas degradadas e propor medidas mitigadoras.

### **7.3 Recursos hídricos subterrâneos**

A avaliação dos recursos hídricos subterrâneos da bacia do Campus da UFSM teve como principal propósito a elaboração do mapa do índice de vulnerabilidade à poluição da água subterrânea e seu posterior cruzamento com os depósitos de esgoto no solo e/ou rocha, assim como a verificação da qualidade da água subterrânea consumida no Campus.

Observou-se que ocorre elevada variação na distância entre a superfície do solo e/ou rocha e o nível da lâmina d'água subterrânea na área da bacia do Campus.

Na porção oeste da bacia o fluxo da água subterrânea possui um sentido homogêneo sul-norte possivelmente pela não utilização de dados de poços nessa região. Já, a área da UFSM possui sentidos de movimentos heterogêneos da água subterrânea que devem ser condicionados pela variação de utilização dos poços de abastecimento, já que hora um poço pode estar em funcionamento hora ele pode estar desligado, interferindo significativamente na mudança do fluxo d'água subterrâneo e na profundidade da lâmina d'água em relação ao solo.

Os valores da avaliação qualitativa da água subterrânea de alguns poços de abastecimento do Campus evidenciam que existe discordância entre os limites estabelecidos pela legislação vigente, de alguns parâmetros de qualidade da água, e os valores obtidos.

Considerando os resultados da sobreposição dos locais de disposição de efluentes líquidos no solo e/ou rocha no mapa do índice de vulnerabilidade à poluição da água subterrânea e da avaliação qualitativa da água de alguns poços de abastecimento foi possível considerar que a água subterrânea já deve estar sofrendo a interferência das ações humanas desenvolvidas na bacia, relativas aos riscos de poluição.

Isso significa que as autoridades gestoras do ambiente precisam planejar e executar ações de emergência para cessar ou evitar a degradação da principal fonte de água que abastece grande parte das instalações do Campus da UFSM, considerando a indissociabilidade das interações da água superficial, subterrânea e efluentes líquidos.

Acredita-se que com o processo de outorga os cuidados com os poços tubulares de abastecimento sejam maiores conforme previsto no Decreto nº 42.047/2002, do Estado do Rio Grande do Sul, que determina a instalação de cercamento, hidrômetro e de um perímetro imediato de proteção. Com a introdução de tubo guia outros níveis de água poderão ser monitorados criando-se uma série histórica de níveis. Acredita-se que com a instalação de cloradores os problemas com microorganismos sejam sanados, mas deve-se lembrar que esta medida intervém nos efeitos da poluição e não nas causas do problema.

#### **7.4 Aspectos sociais e sanitários**

Para a aquisição dos dados das condições da população aplicou-se um questionário nas economias da bacia. Esta ferramenta mostrou-se muito eficiente considerando a pequena área da bacia em questão.

Observou-se que praticamente a totalidade das economias da bacia do Campus é abastecida pela CORSAN. Como evidenciado por Angnes (2004) este fato gera um aporte exógeno de água nos cursos d'água da bacia.

A maior parte das economias possui fossas-sépticas como sistema de tratamento de seus esgotos. Deve-se lembrar que se este tipo de sistema não for submetido à manutenção periódica a sua eficiência de tratamento decresce consideravelmente.

A maior parte do esgoto gerado pelas economias da bacia do Campus é disposta clandestinamente na rede pluvial, seguido pela disposição nos cursos d'água e no solo e/ou rocha. Este fato evidencia a falta de comprometimento do órgão público responsável pela implementação das estruturas necessárias para o tratamento e disposição final adequados dos efluentes gerados pela população e da sua ineficiência de fiscalização, comprometendo a qualidade do ambiente.

O elevado valor obtido para o coeficiente de redução da carga da DBO, na bacia do Campus, não possibilita que a qualidade da água superficial seja considerada satisfatória, estando esta contaminada.

## 8 RECOMENDAÇÕES

Considerando a divisão dos períodos de avaliação dos recursos hídricos superficiais com ênfase na gestão ambiental da bacia do Campus recomenda-se que os tomadores de decisão considerem o período de férias da UFSM como prioritário para a realização das intervenções estruturais e não estruturais.

A instituição deve preocupar-se em manter os padrões de qualidade dos corpos hídricos estabelecidos pela legislação (concentração), mas deve também realizar a gestão em termos de carga poluente, já que a concentração dos poluentes é influenciada pela vazão do corpo hídrico.

As fontes pontuais que geram a maior carga poluente devem ser priorizadas pelos gestores ambientais do Campus no momento da execução dos planos de ação, assim como aquelas fontes pontuais que despejam seus efluentes no solo e/ou rocha.

Os solos das principais áreas de disposição de esgoto da bacia de jusante, provavelmente, estão contaminados. Esses locais devem receber atenção especial, pois além de serem locais propícios à proliferação de organismos nocivos a saúde eles podem possuir alto potencial para a poluição ou contaminação da água subterrânea em poços tubulares construídos sem selo sanitário em concreto.

Estudos e análises da poluição e contaminação são necessários para auxiliar na projeção das medidas de remediação adequadas e pesquisas nesse sentido podem ser implementadas.

Uma sugestão é que os tomadores de decisão do Campus da UFSM recuperem esses locais e projetem um sistema de tratamento de esgoto que contemple as características qualitativas dos efluentes líquidos gerados nos diversos prédios do Campus, adequando o sistema aos tipos de efluentes a serem tratados e a legislação ambiental atual.

A implementação e operação de novas estruturas ou atividades potencialmente poluidoras dos recursos hídricos subterrâneos deve sempre levar em consideração a vulnerabilidade a poluição da bacia do Campus.

É necessário que sejam realizados estudos que avaliem as concentrações de Nitrogênio, Fósforo e alguns metais pesados, na água subterrânea dos poços de abastecimento, assim como nas torneiras dos prédios da instituição.

Uma possível solução para aumentar a eficiência da Lagoa de Estabilização da Usina de Laticínios do Campus consiste na realização de um projeto de adequação, considerando

análises periódicas e sistemáticas dos efluentes, com o monitoramento do regime de lançamento das cargas poluentes.

Os dados gerados na presente pesquisa devem ser utilizados para subsidiar a elaboração do plano Diretor e na gestão ambiental, do Campus da UFSM, assim como para auxiliar no processo de outorga, enquadramento e cobrança dos recursos hídricos e efluentes líquidos, junto ao órgão ambiental competente.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGNES, F. B. **Prospecção de instrumentos hidrológicos para apoio à gestão em ambientes urbanos**. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2004.

APHA – American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20ª edição. Washington, EUA, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9897: Planejamento e amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.

BARROS, R. T. de V. et al. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

BARTH, F. T. *et al.* **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo: Nobel. ABRH, 1987.

BARTH, F.T. & POMPEU, C.T. Fundamentos para Gestão de Recursos Hídricos. In: BARTH, F.T. (Org.) **Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos**. São Paulo: Nobel. ABRH, 1987.

BRANCO, S.M. Caracterização e alterações da qualidade da água. In: PORTO, R.L.L. (Org.) **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. p.3-26. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.3).

BRASIL (1981). Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. (1997). Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituí a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. (2001). Resolução CNRH nº 16, de 8 de maio de 2001, estabelece critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos.

\_\_\_\_\_. (2004). Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. (2005). Resolução CONAMA nº 357, de 03 de abril de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_ (2008). Resolução CONAMA n° 396, de 03 de abril de 2008, Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios Básicos de Geoprocessamento. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicação na agricultura**. 2. ed., Brasília: Embrapa, 1998.

CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. 2º ed. UNESCO/WHO/UNEP. London and New York, 1996.

COIMBRA, R. M. Monitoramento da qualidade da água. In: PORTO, R. L. L. (Org.) **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. p.391-411. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.3).

CRUZ, J. C.; SILVEIRA, G. L. da; SILVEIRA, A. L. L. da; CRUZ, R. C. Disponibilidade Hídrica para Outorga: Sistemática Modular de Avaliação. In: FREITAS, M. A. V. de (Org.). **O Estado das Águas no Brasil 2001- 2002**, Brasília, 2003, ANEEL-SRH/MMA-OMM. p.297-308.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. 2001. 192f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

Da SILVA, L M. C. **Cobrança pelo uso de recursos hídricos para diluição de efluentes**. : 11º XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, 2007.

FENZL, N. **Introdução a hidrogeoquímica**. Belém: Universidade Federal do Pará, 1986.

FLAIN, C.P. **Avaliação do sistema de tratamento de esgoto do pronto atendimento do Hospital Universitário - HUSM**. (Trabalho Final de Graduação) – UNIFRA. Santa Maria, 2006.

FOSTER, S. S. D. e HIRATA, R. C. A. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas**: um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. 92 p.

FOSTER, S. S. D. *et al.* **Protección de la calidad del agua subterránea**. Guia para empresas de água, autoridades municipales y agencias ambientales. Edición en español. 2003. 115p.

GASPARETTO *et al.* **Mapa Geológico da Folha de Camobi – RS**. Editora da UFSM, 1988.

HEATH, R.C. **Hidrologia básica de água subterrânea**. (Geological Survey water-supply paper; 2220), p. 81, 1982.

LANNA, A. E. L. Elementos de Estatística e Probabilidades. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade: UFRGS: ABRH, 2.ed, 2001, p.79-176.

- LEWIS, W.J. *et al.* **O risco de poluição do lençol freático por sistemas de disposição local de esgotos: uma visão geral da literatura técnica.** Tradução de André G.T. Pires. Brasília, MDU, 1986.
- MACHADO, E.L. *et al.* **Remoção de POP's por POA's: alternativas de gestão tecnológica para qualidade das águas na bacia hidrográfica do rio Pardinho, RS.** Anais do I Seminário de Educação Ambiental e IV Seminário Regional de Educação Ambiental. Santa Cruz do Sul, EDUNISC, 2004.
- MACIEL FILHO, C.L. **Introdução à geologia de engenharia.** 2. ed. Santa Maria: Editora da UFSM; Brasília: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1997.
- MARA, D. **Saneamento em Países em Desenvolvimento: Uma Nova Perspectiva para o Novo Milênio.** Rio de Janeiro, Vol. 5, Nº 3, Julho – Setembro, 2000 e nº 4, Outubro – Dezembro, 2000, p. 108 – 112.
- MARION, F.A. *et al.* **Avaliação da qualidade da água subterrânea em poço no campus da UFSM, Santa Maria – RS.** Revista Ciência e Natura, UFSM, 29 (1): 97 - 109, 2007.
- MENDONÇA, A. S. F.; POVOA, R. **Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores da Região da grande Vitória.** p.604-621. In: 16º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. V2. tomo IV, 1991, Rio de Janeiro.
- MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. Camobi – SO, RS. Folha SH.22-V-C-IV/2-SO. Escala 1:25.000. Diretoria de Serviço Geográfico – DSG, 1980.
- MORAES, L.R.S. **Índice de salubridade ambiental em áreas de ocupação espontâneas: um estudo em Salvador – Bahia.** Rio de Janeiro, Vol. 9 - Nº 1, Janeiro-Março 2004, p. 82-92.
- MOREIRA, C.M.D. **Aspectos qualitativos da água subterrânea no Campus da UFSM.** 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- MOTA, S. A água. In: MOTA, S. **A introdução à engenharia ambiental.** Rio de Janeiro: ABES, 1997. p. 95-143.
- NAGHETTINI, M. *et al.* Correlação e regressão. In: NAGHETTINI, M. & PINTO, E.J. de A. (Org.) **Hidrologia Estatística.** Belo Horizonte: CPRM, 2007. pg. 355 – 400.
- OLIVEIRA, W.E. **Técnica de abastecimento e tratamento de água.** 2. ed. São Paulo, CETESB, v.1, p.549, 1976.
- PEREIRA, R.S. **Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos.** Revista Eletrônica de Recursos Hídricos, Vol. 1 nº 1 Jul/Set, 2004, p.20-36.

PORTO, M.F.A., BRANCO, S.M. & LUCA, S.J. de. Caracterização da Qualidade da Água. In: PORTO, R. L.L. (Org.) **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. p.27-66. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.3).

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.

REETZ, E. F. **Avaliação quali-quantitativa dos recursos hídricos superficiais na bacia hidrográfica do Campus da Universidade Federal de Santa Maria**. 2002. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

RIO GRANDE DO SUL (1994). Lei nº 10.350 do Rio Grande do Sul, de 30 de dezembro de 1994, institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamenta o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul.

\_\_\_\_\_ (1996). Decreto Estadual nº 37.033 do Rio Grande do Sul, de 21 de novembro de 1996, regulamenta a outorga do direito de uso da água no Estado do Rio Grande do Sul, prevista nos artigos 29, 30 e 31 da Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994.

\_\_\_\_\_ (2000). Lei nº 11.520 do Rio Grande do Sul, de 03 de agosto de 1994, institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.

\_\_\_\_\_ (2002). Decreto Estadual nº 42.047 do Rio Grande do Sul, de 26 de dezembro de 2002, regulamenta as disposições da Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, com alterações, relativas ao gerenciamento e à conservação das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul.

\_\_\_\_\_ (2006). Resolução CONSEMA nº 128 do Rio Grande do Sul, de 24 de novembro de 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.

SANCHÉZ, L.E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

SANTOS, M. de O.R.M. dos. **O Impacto da Cobrança pelo Uso da Água no Comportamento do Usuário**. (Tese de Doutorado), UFRJ, 2002.

SCHÄFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1984.

SÉGUIN, E. **O Direito Ambiental: nossa casa planetária**. Rio de Janeiro: Forense, 2000. p.119-132.

SEMA, RS. **Legislação de recursos hídricos**. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente.

SILVEIRA, G. L. da. **Quantificação de vazão em pequenas bacias carentes de dados.** 1997. 180f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

SILVEIRA, G. L. da; *et al.* **Balço de Cargas Poluidoras pelo Monitoramento Quali-Quantitativo dos Recursos Hídricos em Pequena Bacia Hidrográfrica.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 8 nº 1 Jan/Mar, 2003, p.5-11.

SILVEIRA, G. L. da; TUCCI, C. E. M. **Monitoramento em pequenas bacias para a estimativa de disponibilidade hídrica.** In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.3, n.3. 1998. p.97-110.

SILVÉRIO Da SILVA *et al.* **Impactos da Atividade Humana sobre o Solo – Aquífero.** In: AZEVEDO *et al.* (2004). Solos e Ambiente / I Fórum. Santa Maria: Pallotti, 2004.

SOARES, E.M.F. **Proposta de um modelo SGABH – Sistema de Gestão das águas para Bacias Hidrográficas.** (Tese de Doutorado), UFSC, 2003.

SPERLING, E.V. **Poluição de Ambientes Aquáticos: Tendências Futuras para os Países Latino-Americanos** In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABES, 2000b. 4p. (CD-ROM)

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos.** 2. ed., Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

SURFER 8. **Contouring and 3D surface mapping for scientists and engineers.** User's Guide. Golden Software Inc. 2004. Versão 8. Colorado - U.S.A.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS/Edusp/ABRH, 1993.

TUCCI, C.E.M. **Modelos Hidrológicos.** Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS/ABRH, 1998.

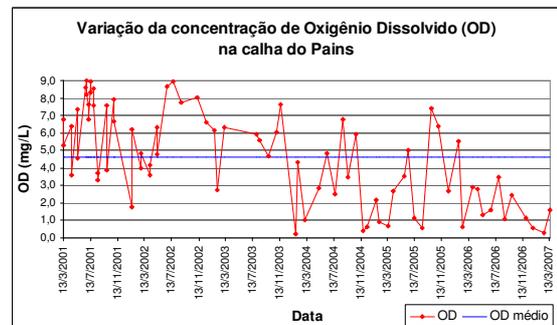
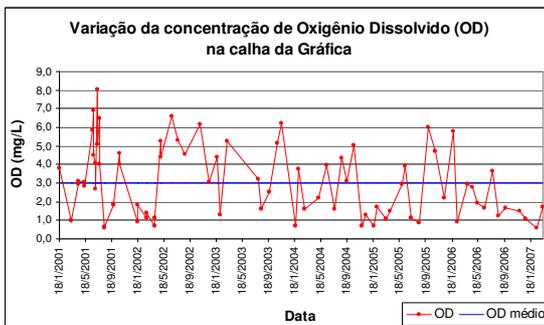
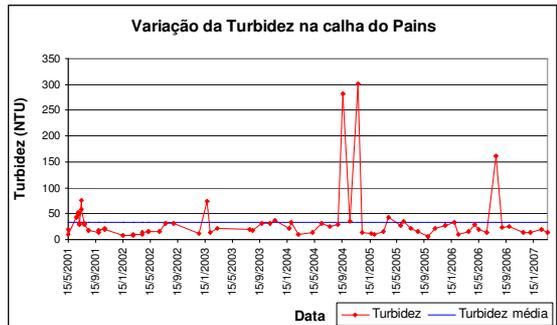
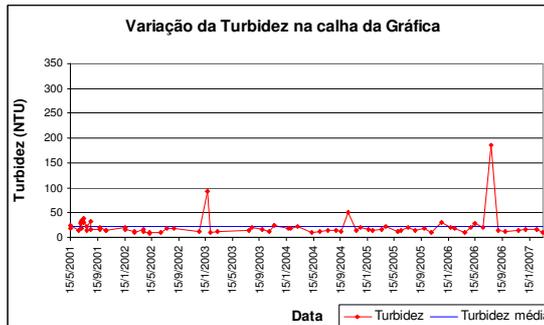
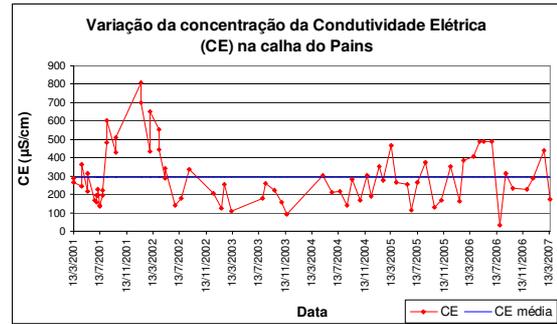
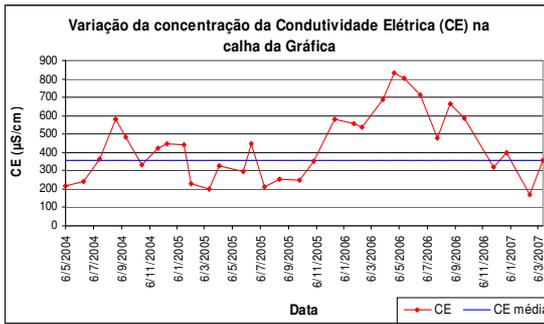
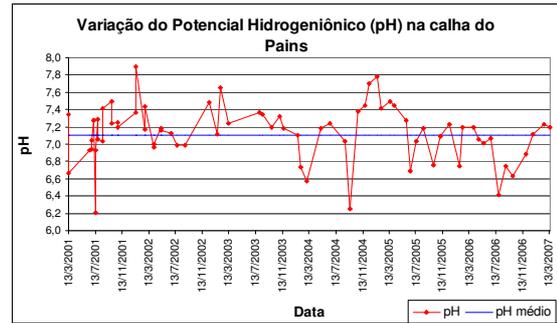
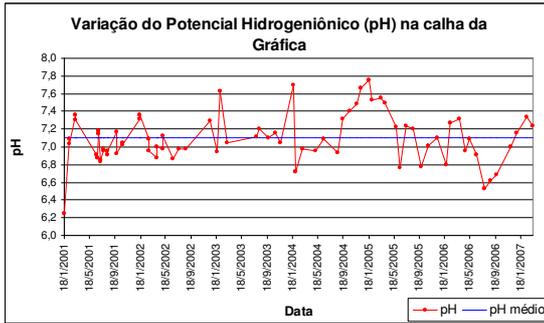
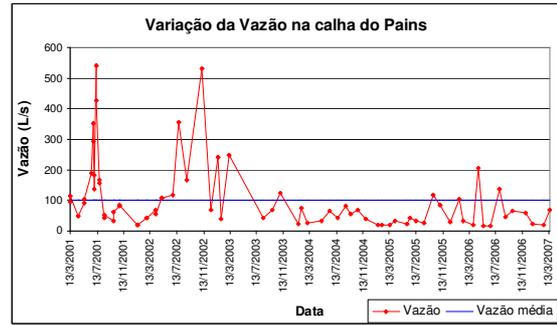
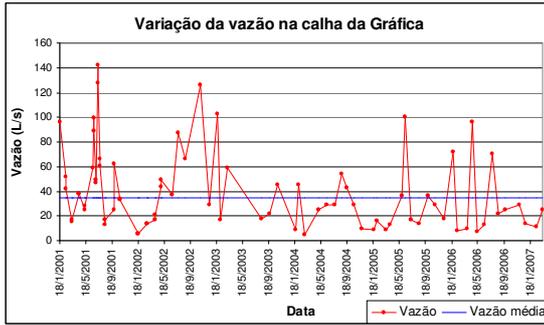
TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS/ABRH, 2002.

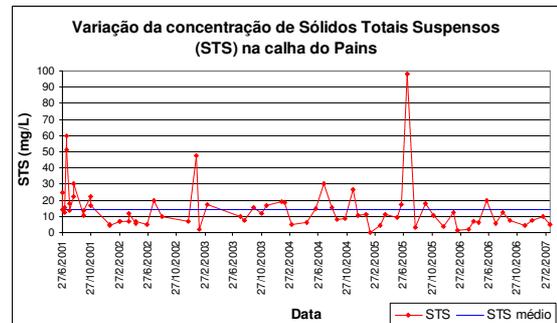
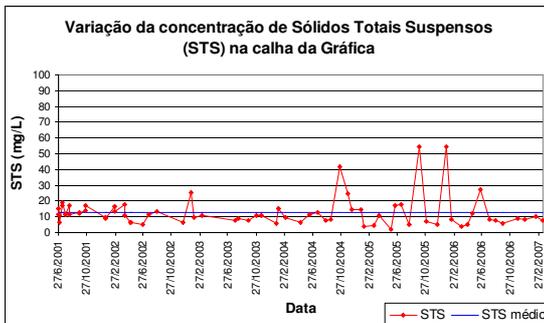
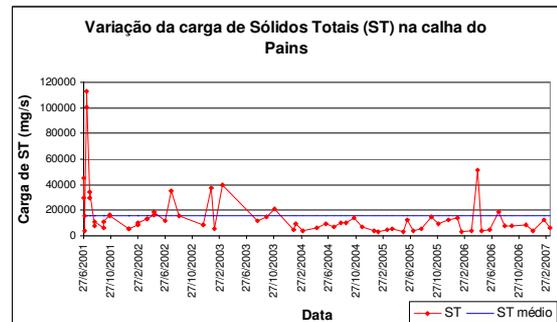
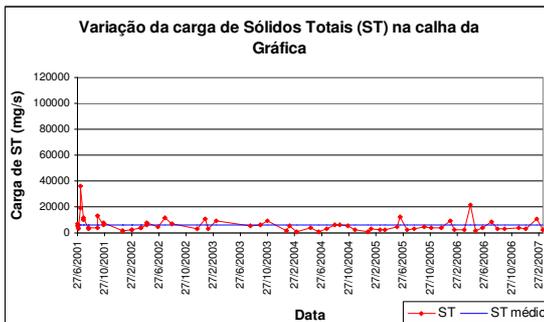
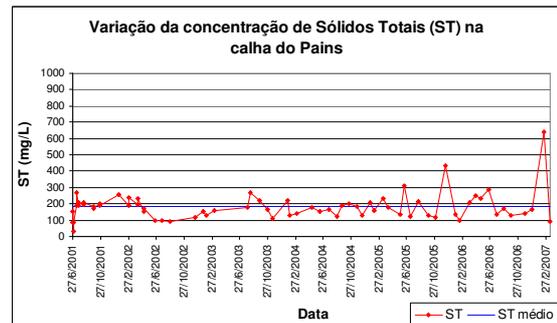
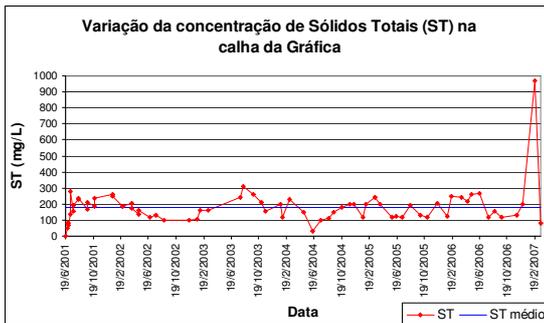
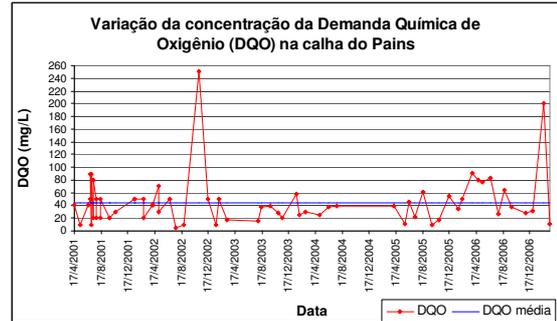
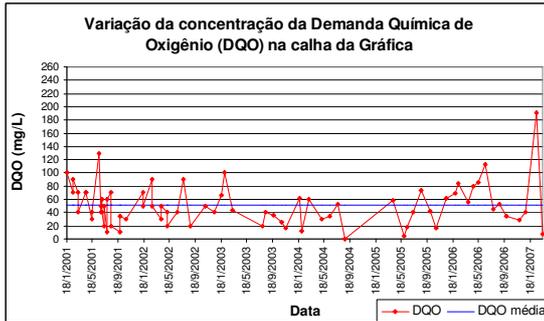
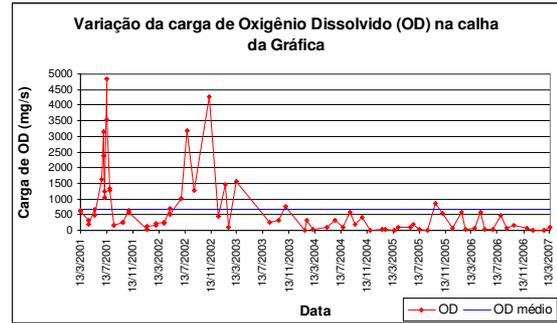
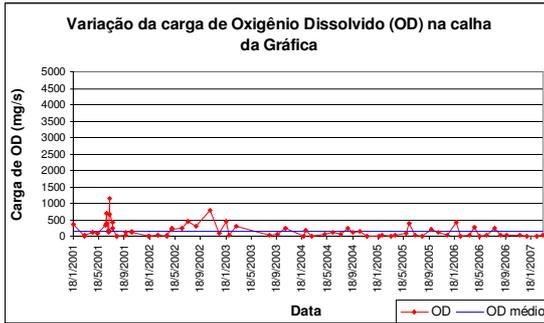
## **10 ANEXOS**

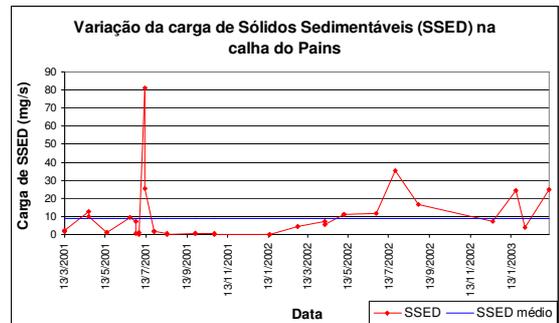
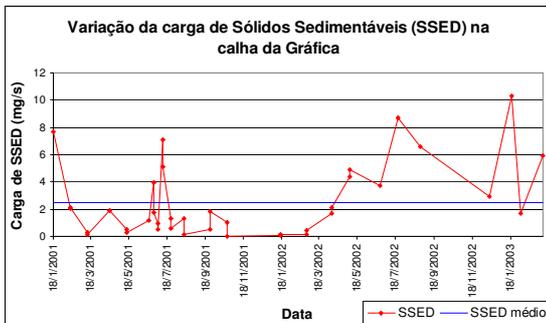
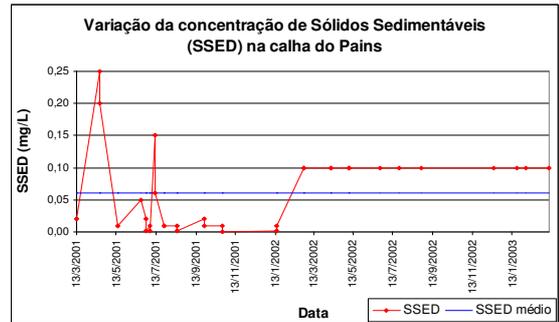
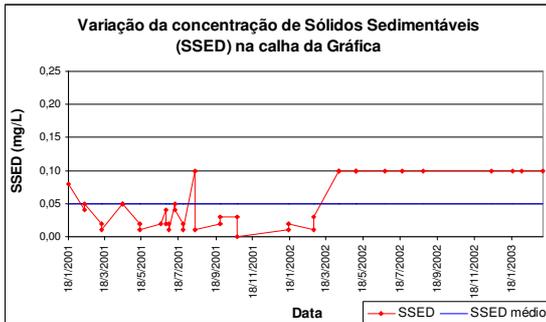
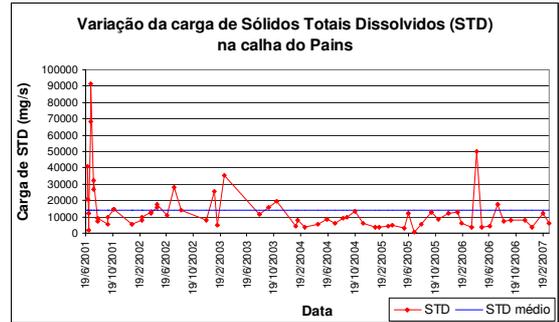
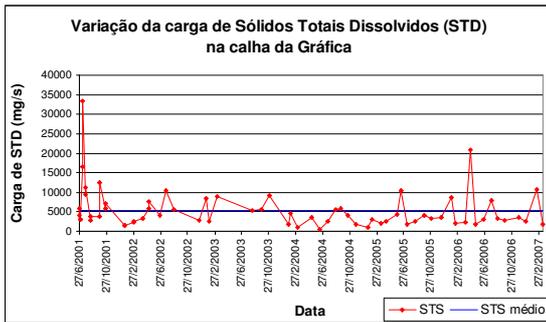
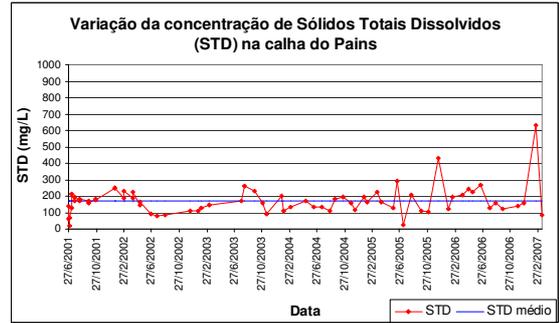
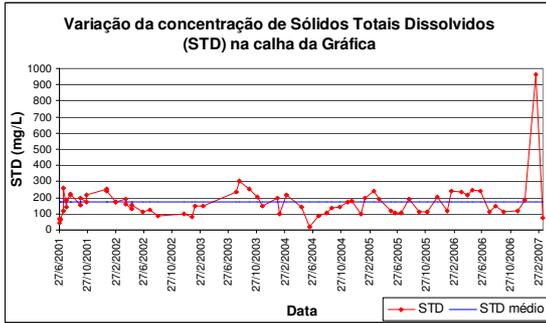
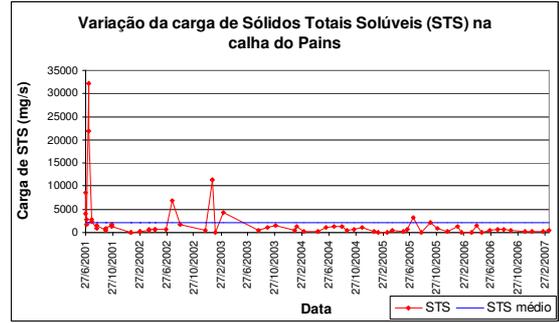
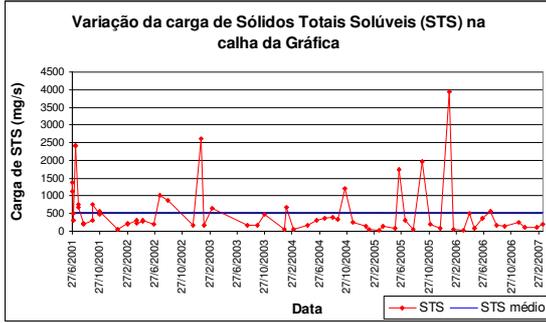


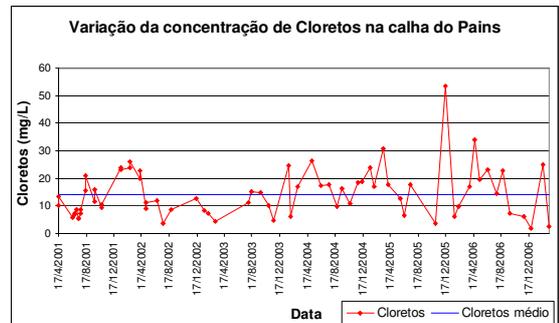
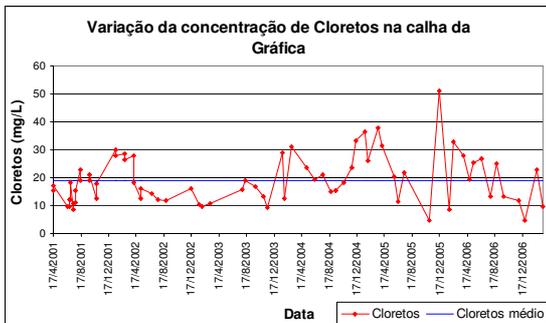
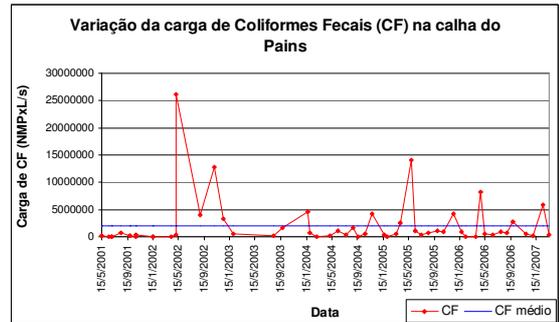
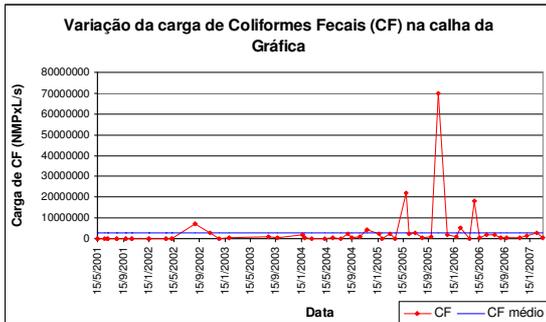
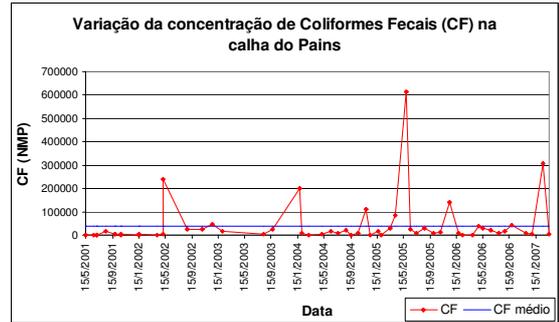
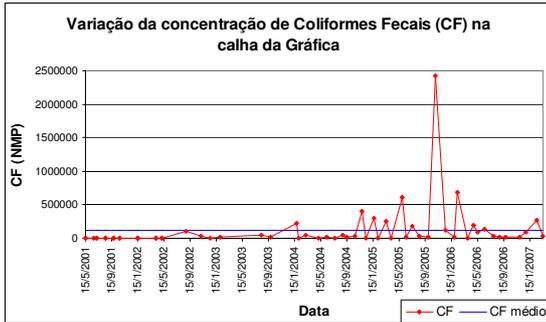
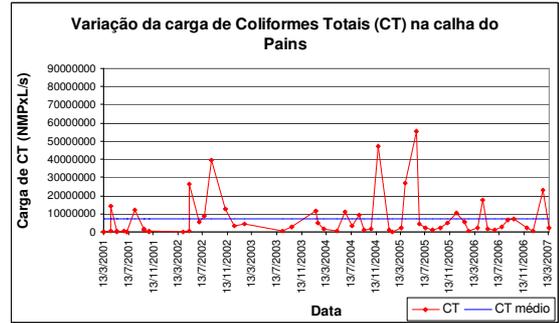
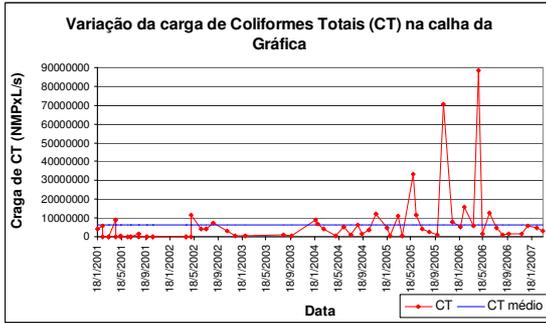
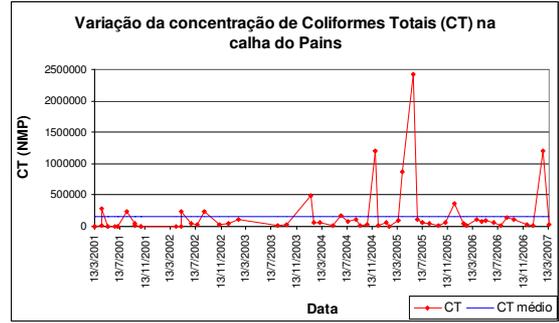
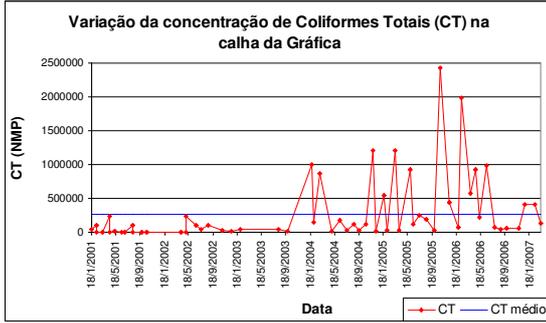
## **ANEXO 1**

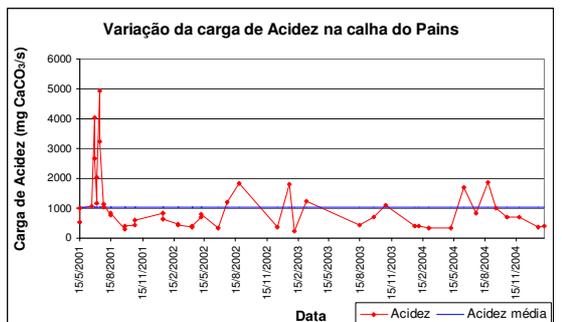
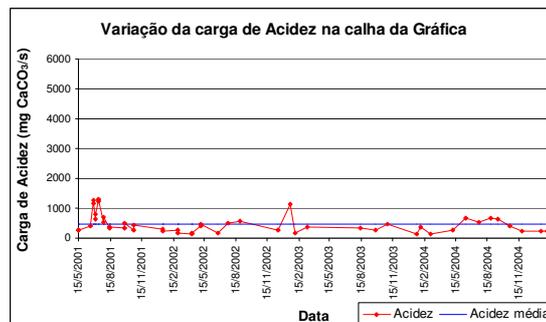
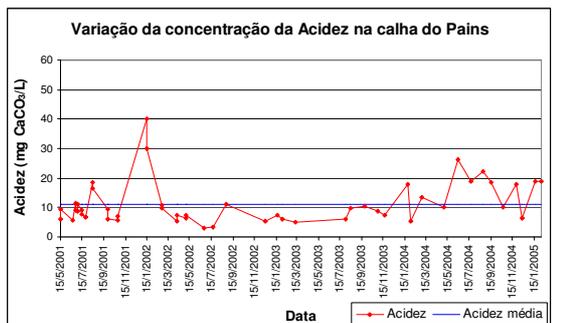
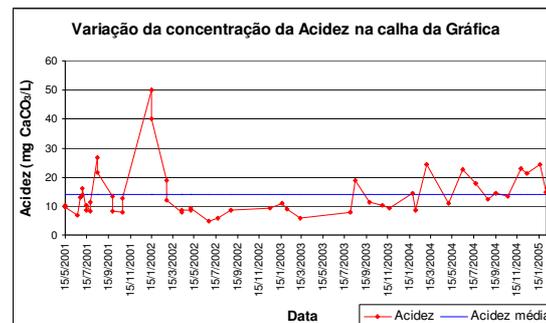
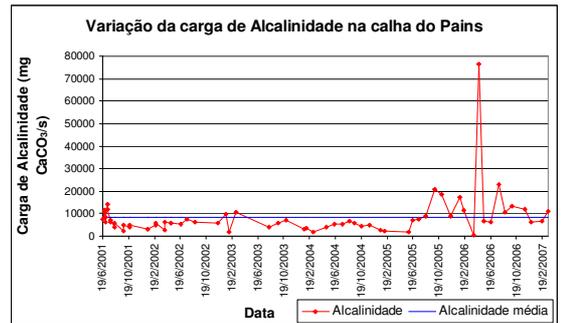
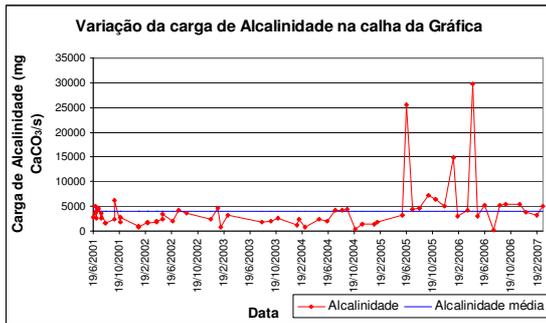
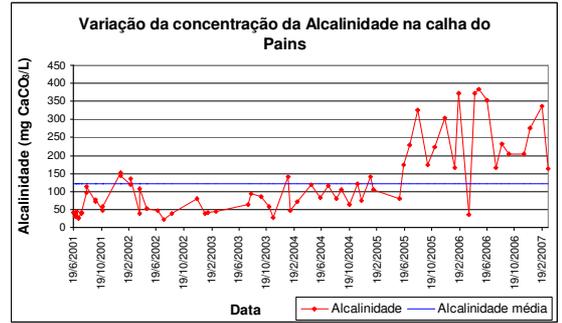
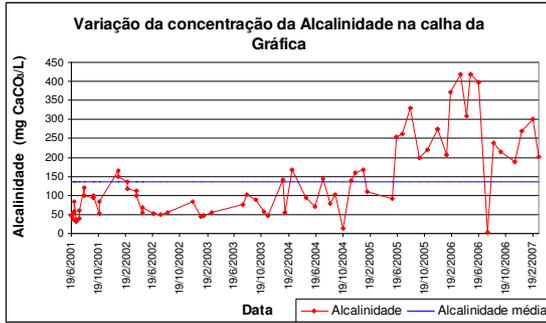
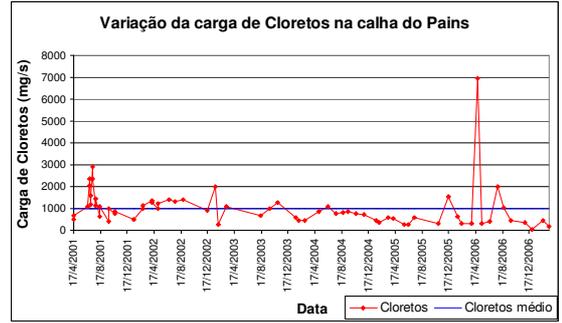
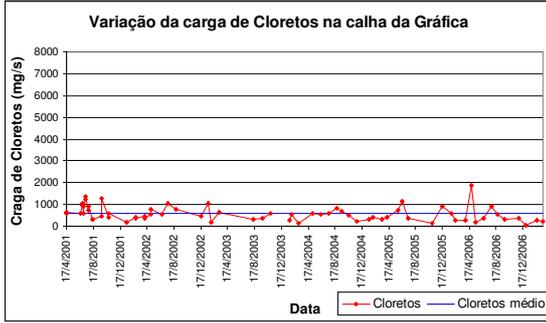
**Varição quantitativa (vazões), qualitativa (concentrações) e quali-quantitativas (cargas), da água superficial da Bacia Escola do Campus da UFSM, considerando a série total de dados (2001-2007), para as calhas Parschall da Gráfica e do Pains.**

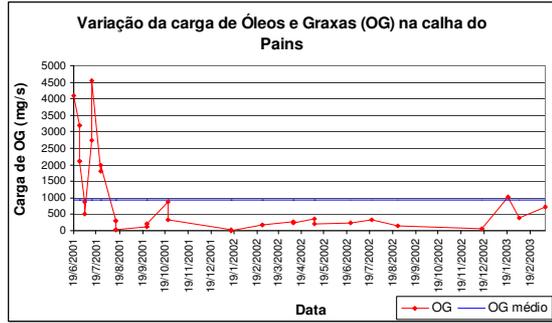
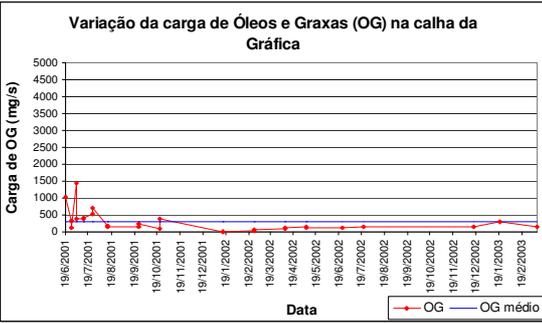
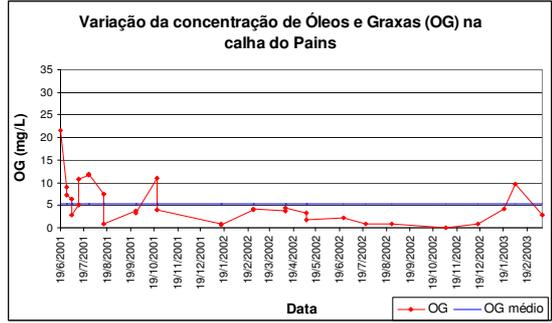
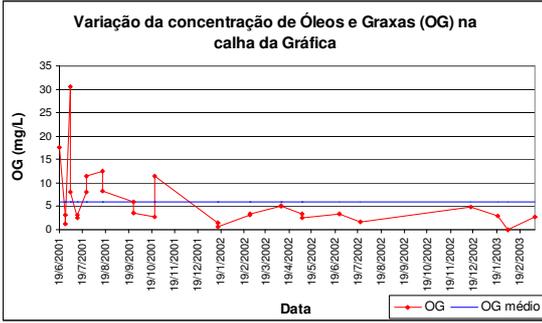






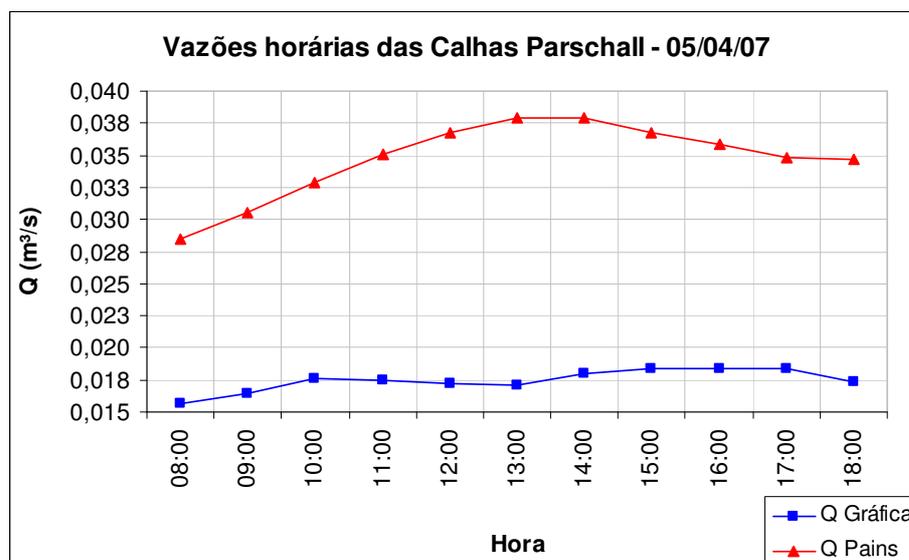
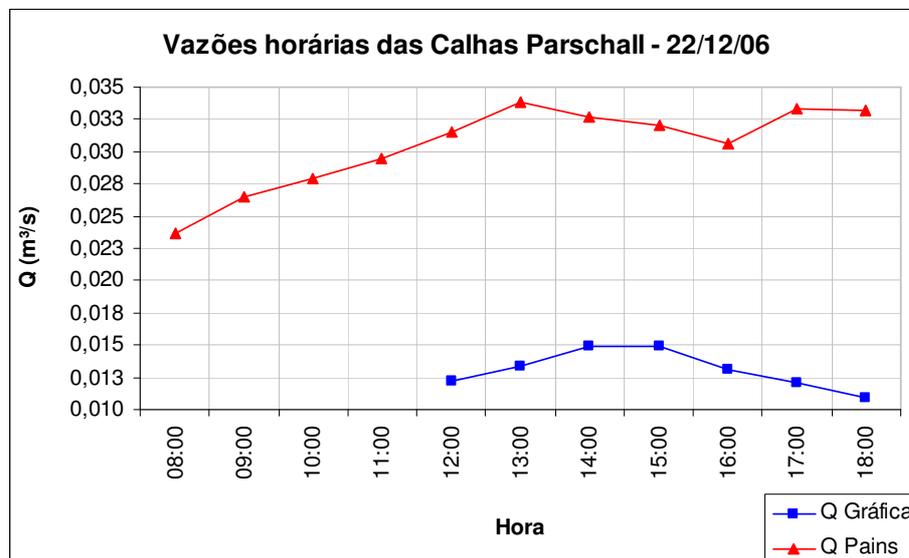
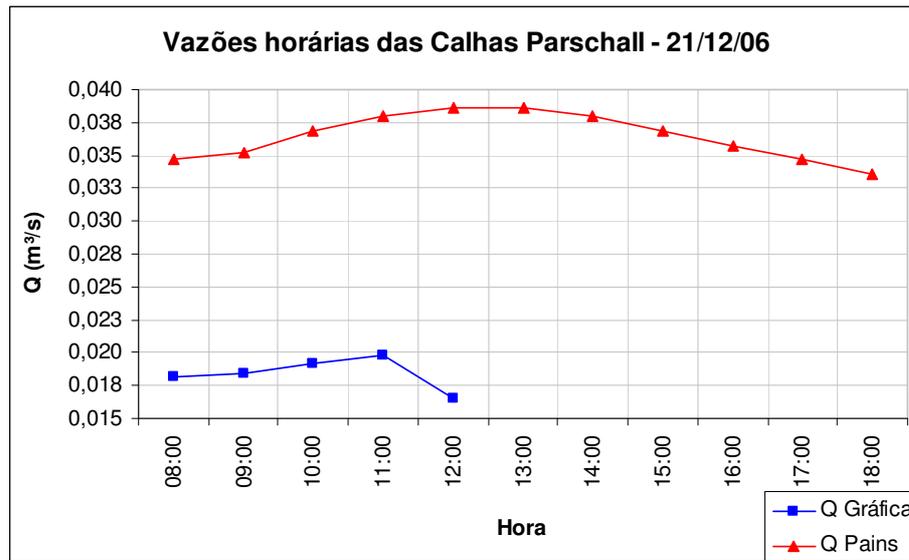


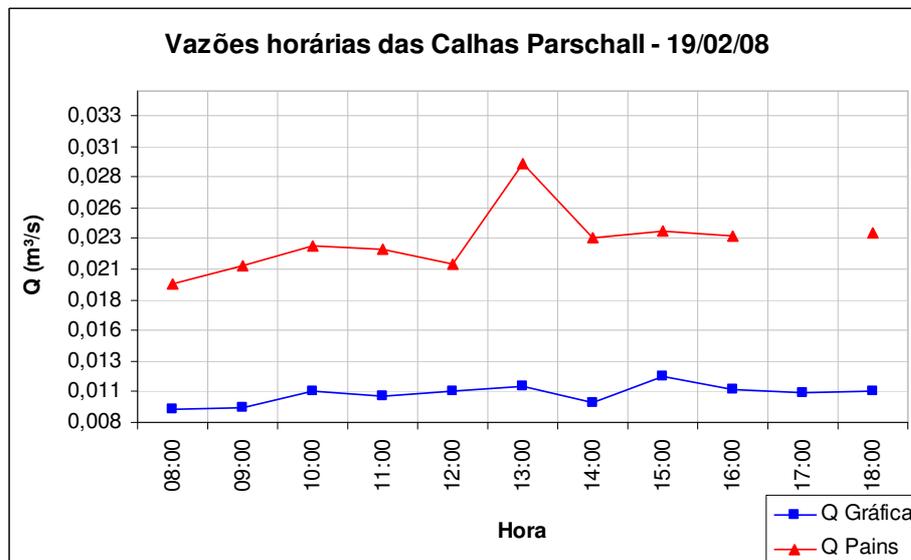
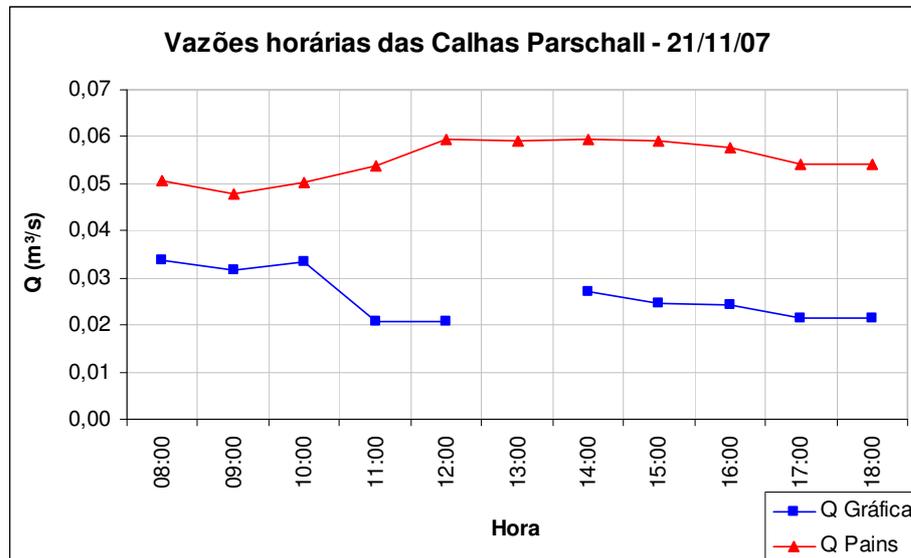
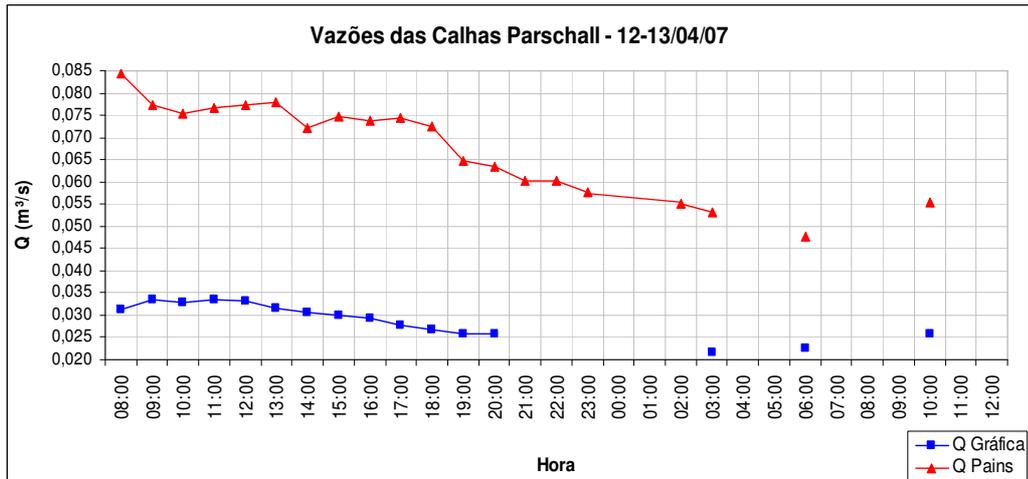




## **ANEXO 2**

**Variação horária da vazão nas calhas da Gráfica e Pains e suas respectivas vazões de permanência no tempo.**





**Tabela 10.1** – Permanência das vazões na bacia do Campus da UFSM, período 2001 – 2002.

<b>Permanências de vazões</b>	<b>Calha da Gráfica (L/s)</b>	<b>Calha do Pains (L/s)</b>
<b>Q<sub>50%</sub></b>	37,5	117,4
<b>Q<sub>55%</sub></b>	32,7	90,8
<b>Q<sub>60%</sub></b>	31,3	86,4
<b>Q<sub>65%</sub></b>	28,1	81,3
<b>Q<sub>70%</sub></b>	25,0	69,9
<b>Q<sub>75%</sub></b>	23,6	56,8
<b>Q<sub>80%</sub></b>	21,9	50,4
<b>Q<sub>85%</sub></b>	20,0	50,4
<b>Q<sub>90%</sub></b>	18,4	46,1
<b>Q<sub>95%</sub></b>	15,1	40,0

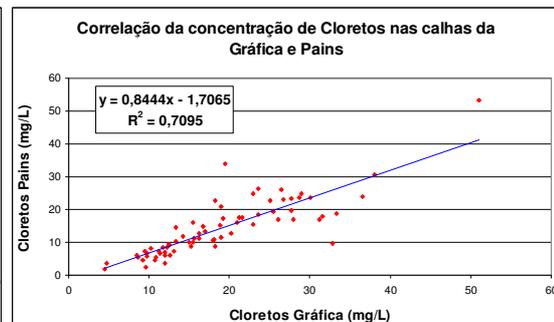
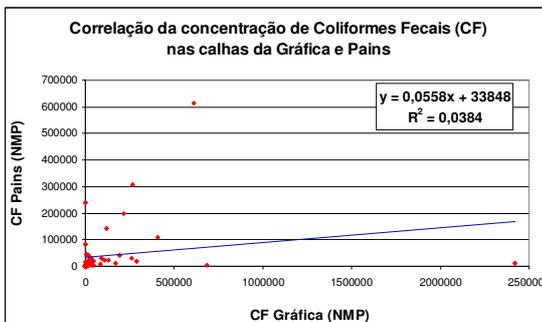
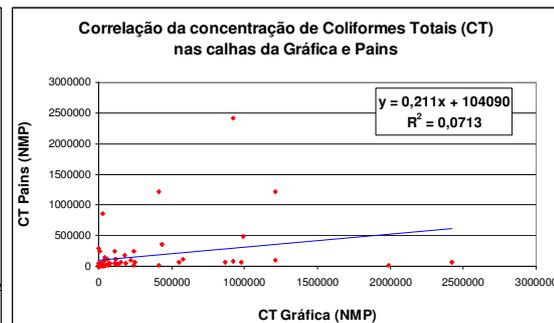
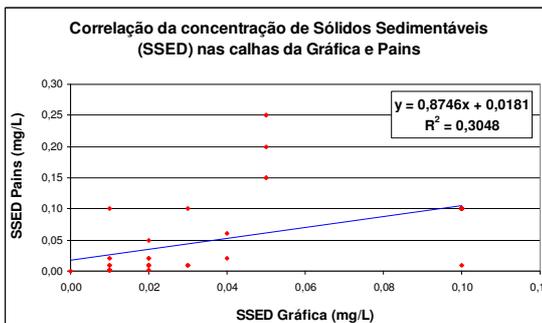
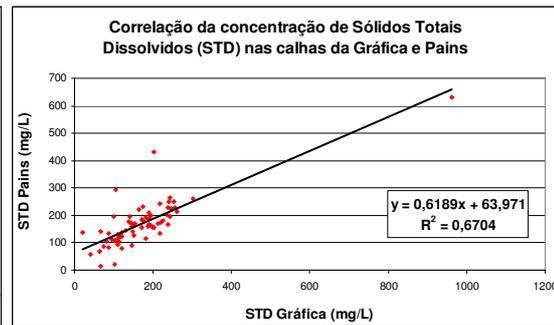
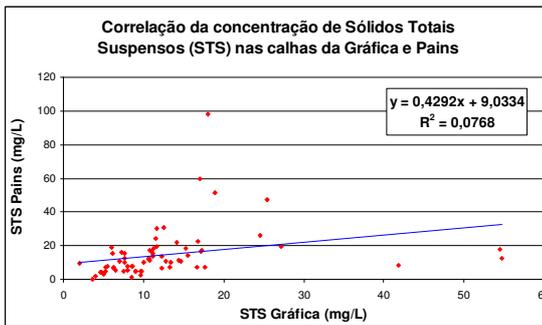
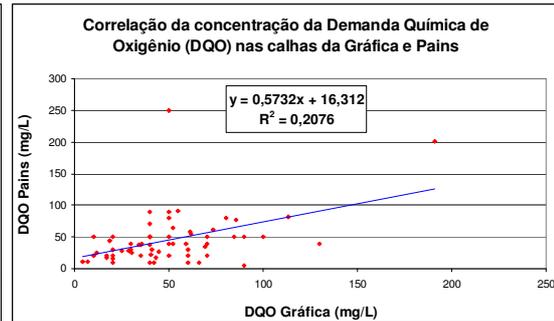
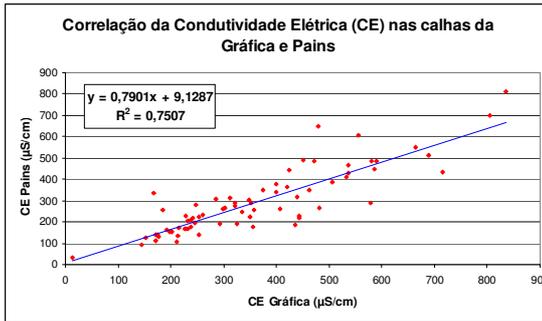
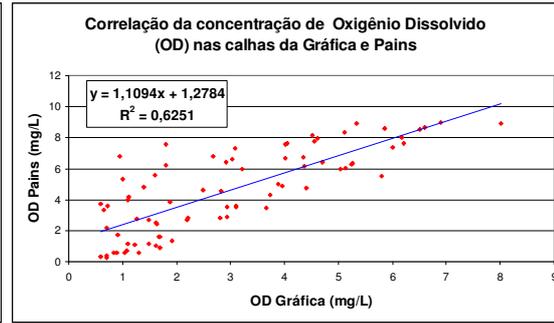
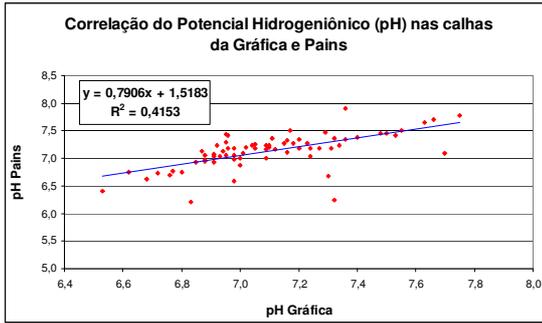
Fonte: Reetz (2002)

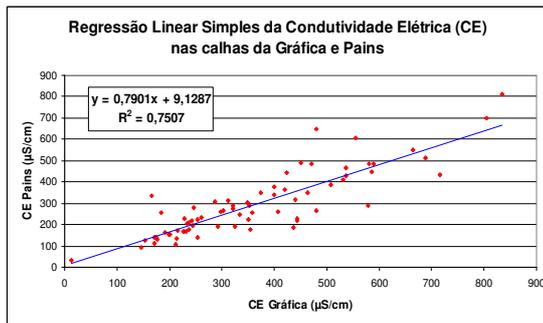
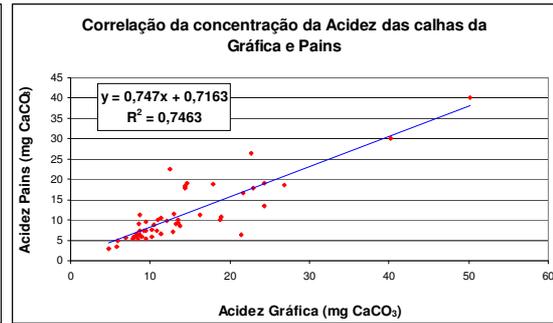
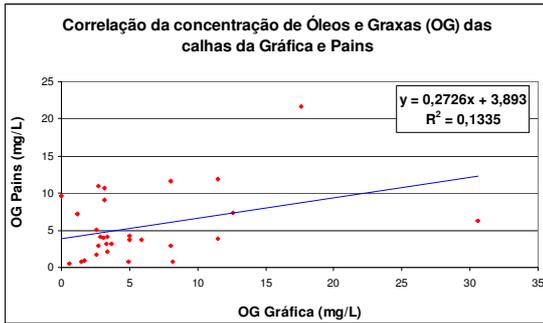
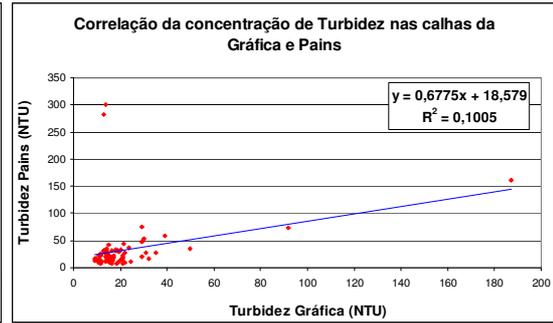
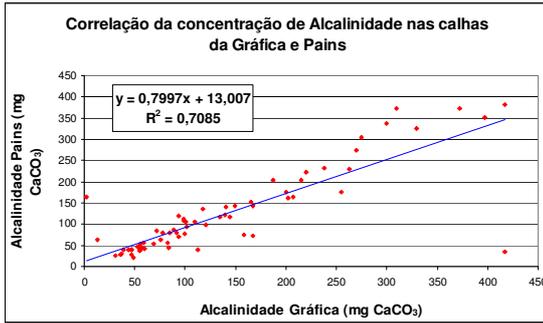
**Tabela 10.2** - Permanência das vazões da bacia do Campus da UFSM, período 2001- 2007.

<b>Permanências de vazões</b>	<b>Calha da Gráfica (L/s)</b>	<b>Calha do Pains (L/s)</b>
<b>Q<sub>50%</sub></b>	25,3	87,2
<b>Q<sub>55%</sub></b>	23,4	79,2
<b>Q<sub>60%</sub></b>	21,9	71,5
<b>Q<sub>65%</sub></b>	20,5	65,6
<b>Q<sub>70%</sub></b>	18,8	57,2
<b>Q<sub>75%</sub></b>	16,8	53,9
<b>Q<sub>80%</sub></b>	14,9	47,5
<b>Q<sub>85%</sub></b>	12,0	42,0
<b>Q<sub>90%</sub></b>	10,1	38,6
<b>Q<sub>95%</sub></b>	7,9	30,5

### **ANEXO 3**

**Correlação entre os parâmetros quali-quantitativos da água superficial do Campus da UFSM, para as calhas da Gráfica e Pains.**





## **ANEXO 4**

### **Dados das avaliações da água subterrânea do Campus da UFSM**

**Tabela 10.3** – Notas atribuídas ao Grau de confinamento hidráulico (G) e a Ocorrência de substrato litológico (O).

<b>Substrato</b>	<b>G</b>	<b>O</b>
Solo	1,0	0,4
Areia	1,0	0,65
Arenito c/ colorações diferentes	1,0	0,75
Silte	1,0	0,5
Siltito	1,0	0,59
Siltito arenoso rosa	1,0	0,575
Sedimento argiloso	0,2	0,5
Argilito	0,2	0,5
Argila	0,2	0,475
Folhelho	0,2	5,5
Sedimento argilo siltoso	0,2	0,5
Arenito silicificado	0,2	0,7
Arenito grosso	1,0	0,8
Arenito médio	1,0	0,8
Arenito fino à médio	1,0	0,8
Arenito fino	1,0	0,8
Arenito fino à muito fino	1,0	0,8

**Tabela 10.4** – Dados utilizados para a elaboração do mapa do nível estático da água subterrânea do Campus da UFSM.

<b>Poço</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>N.E. (m)</b>
<b>PB16</b>	237895,9556	6708950,4194	16,03
<b>PB4</b>	237170,6029	6709907,0569	49,57
<b>PB24</b>	236876,3881	6709793,9062	28,32
<b>PB8</b>	236743,9914	6709547,0320	24,29
<b>PB23</b>	237071,2444	6709058,5690	17,20
<b>PB17</b>	237511,2132	6709767,6187	18,62
<b>PB13</b>	236557,2280	6708705,2980	16,23
<b>P12</b>	236460,4374	6708486,0773	23,19
<b>PB21</b>	237238,4987	6708198,3675	22,45
<b>PB2</b>	237496	6709157	9,00
<b>PB3</b>	237123,0759	6709204,1512	22,00
<b>PB5</b>	237499,8972	6709955,0602	50,20
<b>PB6</b>	237021	6709657	17,54
<b>PB9</b>	236729,2807	6708229,2268	23,00
<b>PB19</b>	236843,5718	6709193,8648	9,60
<b>PB20</b>	237085,7333	6709556,1756	21,50
<b>PB22</b>	236947,6786	6708036,0706	22,80
<b>INPE S</b>	237178,5241	6709985,9196	27,30
<b>INPE N</b>	237086,8649	6710055,6387	55,25

N.E. = Nível Estático.

**Tabela 10.5** – Dados utilizados para a elaboração do mapa de vulnerabilidade a poluição da água subterrânea do Campus da UFSM.

Poço	Long	Lat	Nível Estático médio	GOD			Vulnerabilidade
				G	O	D	
PB2 - Ed. Adm. Central	237496	6709157	9,00	1,00	0,80	0,80	0,64
PB3 - Planetário	237123,0759	6709204,1512	22,00	0,20	0,69	0,70	0,10
PB5 - CCS	237499,8972	6709955,0602	50,20	0,20	0,61	0,60	0,07
PB6 - Almoxarifado	237021	6709657	17,54	0,20	0,54	0,80	0,09
PB8 - Est. Jardim Botânico	236743,9914	6709547,0320	24,29	0,20	0,59	0,70	0,08
PB9 - Laticínios	236729,2807	6708229,2268	23,00	0,20	0,55	0,70	0,08
PB19 - Torrão Paulista	236843,5718	6709193,8648	9,60	0,20	0,45	0,80	0,07
PB20 - Prédio 21	237085,7333	6709556,1756	21,50	1,00	0,60	0,70	0,42
PB21 - Hosp. Veterinário	237238,4987	6708198,3675	21,60	0,20	0,49	0,70	0,07
PB22 - Tambo	236947,6786	6708036,0706	22,80	0,20	0,54	0,70	0,08
PB24 - Transporte	236876,3881	6709793,9062	28,32	0,20	0,65	0,70	0,09
INPE Sul	237178,5241	6709985,9196	27,30	0,20	0,55	0,70	0,08
INPE Norte	237086,8649	6710055,6387	55,25	0,20	0,64	0,60	0,08

Nível Estático médio = metros

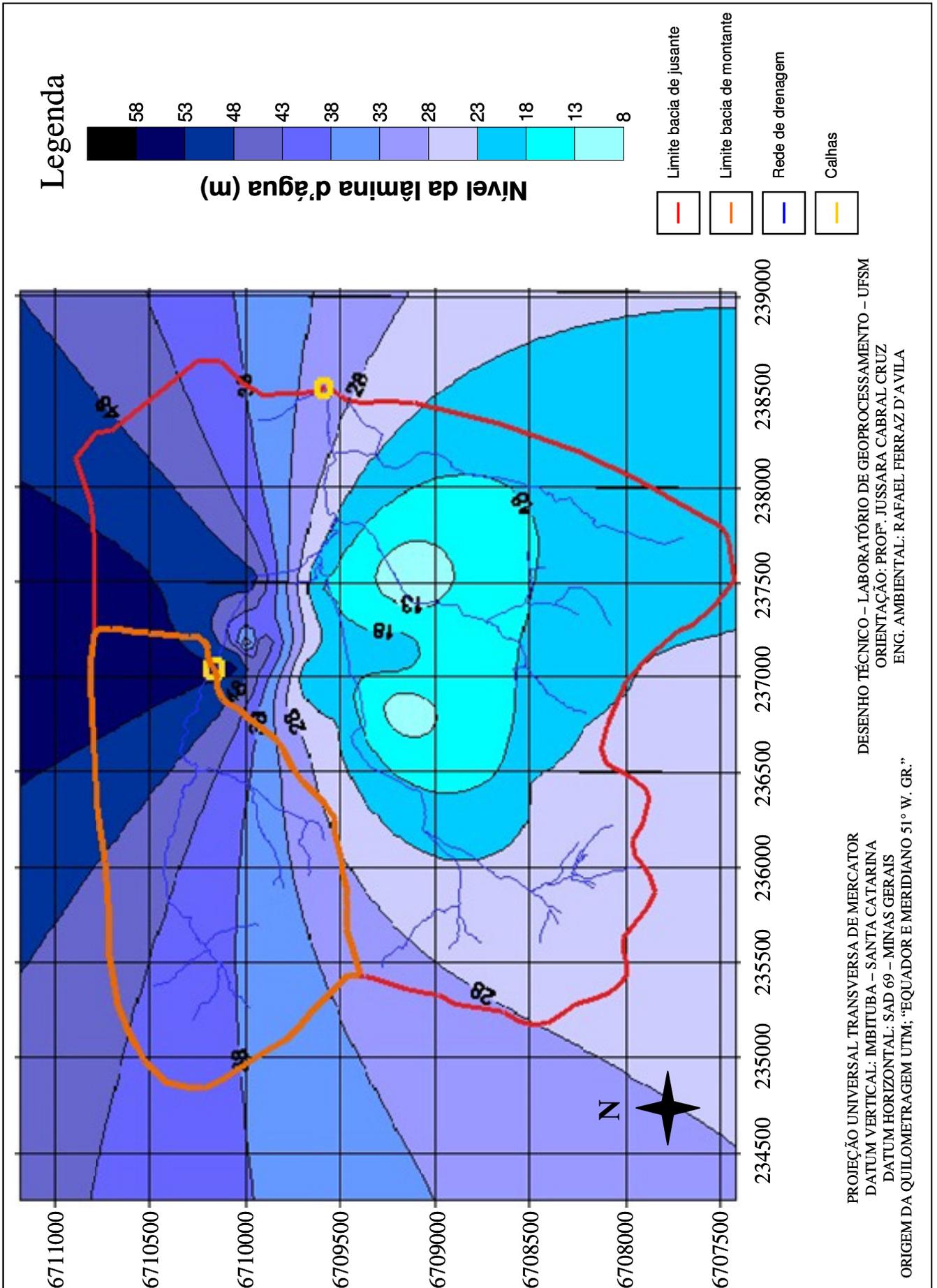
**Tabela 10.6** - Dados utilizados para a elaboração do mapa do nível dinâmico da água subterrânea do Campus da UFSM.

Poço	E	N	N.D. (m)
<b>PB16</b>	237895,9556	6708950,4194	50,67
<b>PB4</b>	237170,6029	6709907,0569	49,57
<b>PB24</b>	236876,3881	6709793,9062	40,28
<b>PB8</b>	236743,9914	6709547,0320	40,95
<b>PB23</b>	237071,2444	6709058,5690	39,09
<b>PB17</b>	237511,2132	6709767,6187	18,62
<b>PB13</b>	236557,2280	6708705,2980	16,23
<b>PB21</b>	237238,4987	6708198,3675	58,40
<b>PB3</b>	237123,0759	6709204,1512	42,11
<b>PB5</b>	237499,8972	6709955,0602	72,00
<b>PB9</b>	236729,2807	6708229,2268	25,50
<b>PB19</b>	236843,5718	6709193,8648	60,00
<b>INPE S</b>	237178,5241	6709985,9196	27,30
<b>INPE N</b>	237086,8649	6710055,6387	55,25
<b>PB15</b>	237678,6893	6709760,7610	63,68
<b>PB2</b>	237496	6709157	17,00

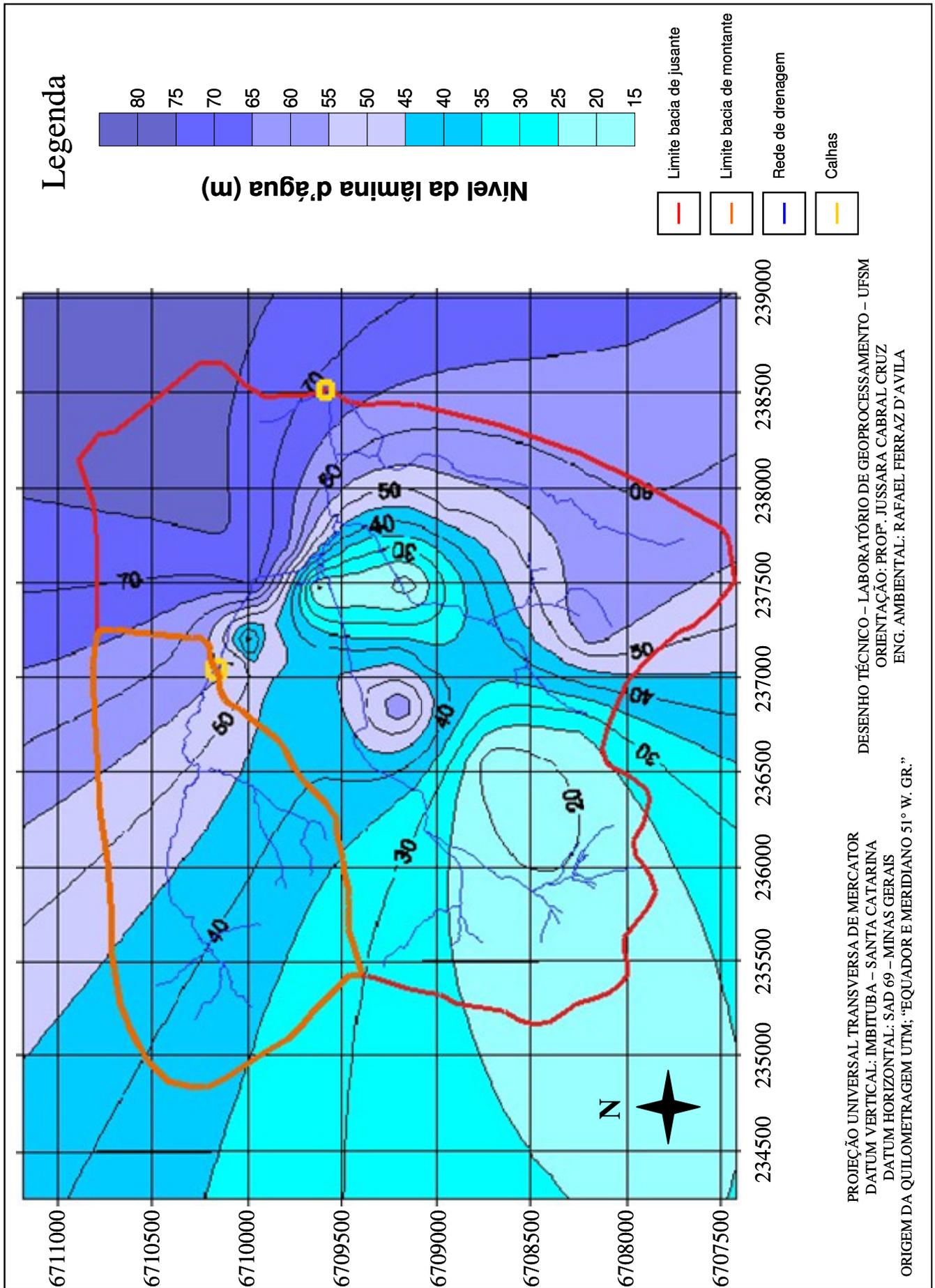
N.D. = Nível Dinâmico.

**Tabela 10.7** – Frequência de ocorrência dos níveis estático e dinâmico dos poços monitorados do Campus da UFSM.

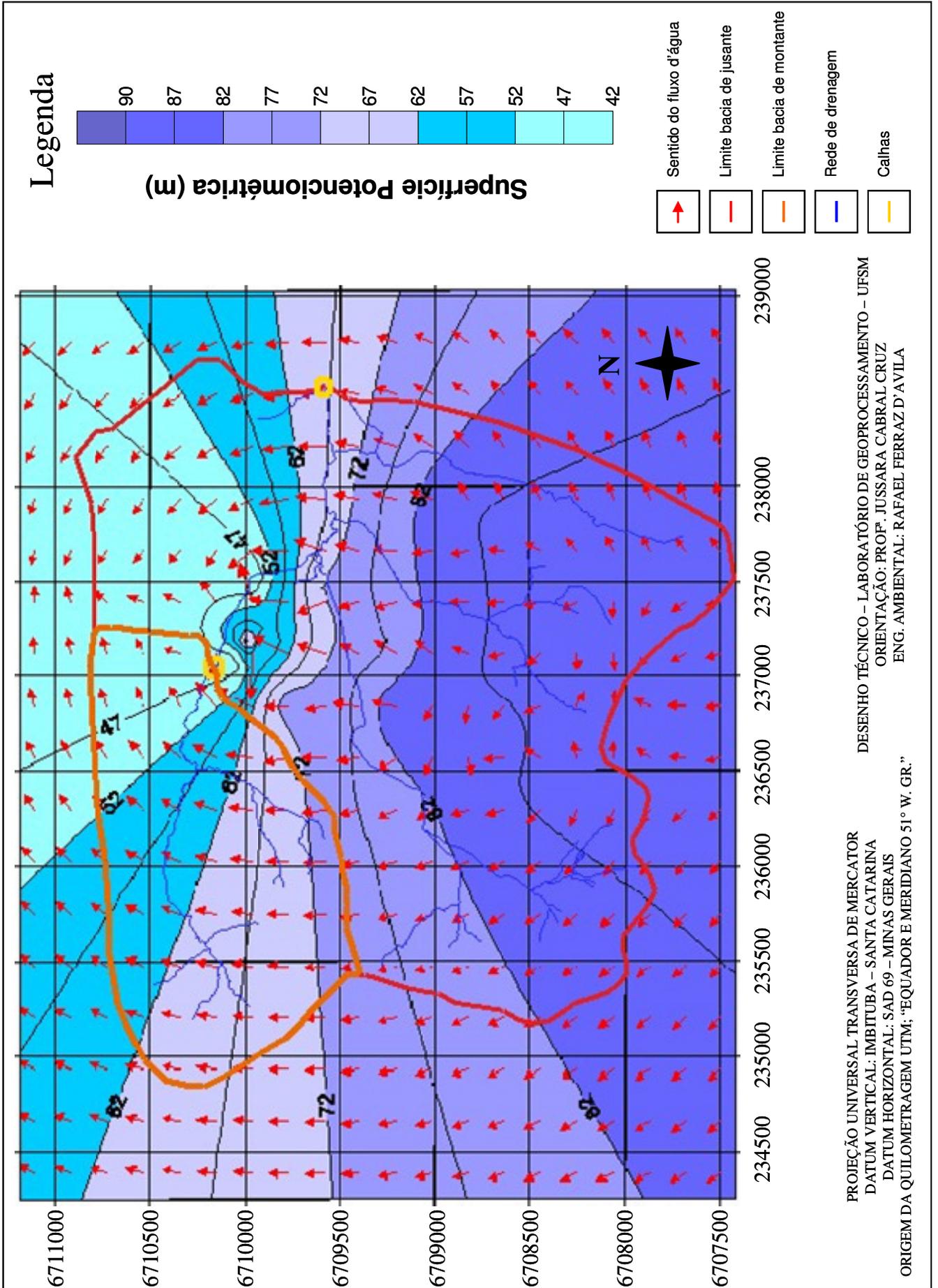
Poços	Quantidade de medições			Frequência de ocorrência	
	Estático	Dinâmico	Total	Estático (m)	Dinâmico (m)
<b>PB 16</b>	74	5	79	93,7	6,3
<b>PB 4</b>	78	0	78	100,0	0,0
<b>PB 24</b>	41	36	77	53,2	46,8
<b>PB 8</b>	5	31	36	13,9	86,1
<b>PB 23</b>	57	2	59	96,6	3,4
<b>PB 17</b>	36	0	36	100,0	0,0
<b>PB 20</b>	0	1	1	0,0	100,0
<b>PB 13</b>	2	0	2	100,0	0,0
<b>PB 15</b>	0	1	1	0,0	100,0
<b>PB 3</b>	0	1	1	0,0	100,0
<b>P 12</b>	1	0	1	100,0	0,0
<b>PB 21</b>	1	0	1	100,0	0,0



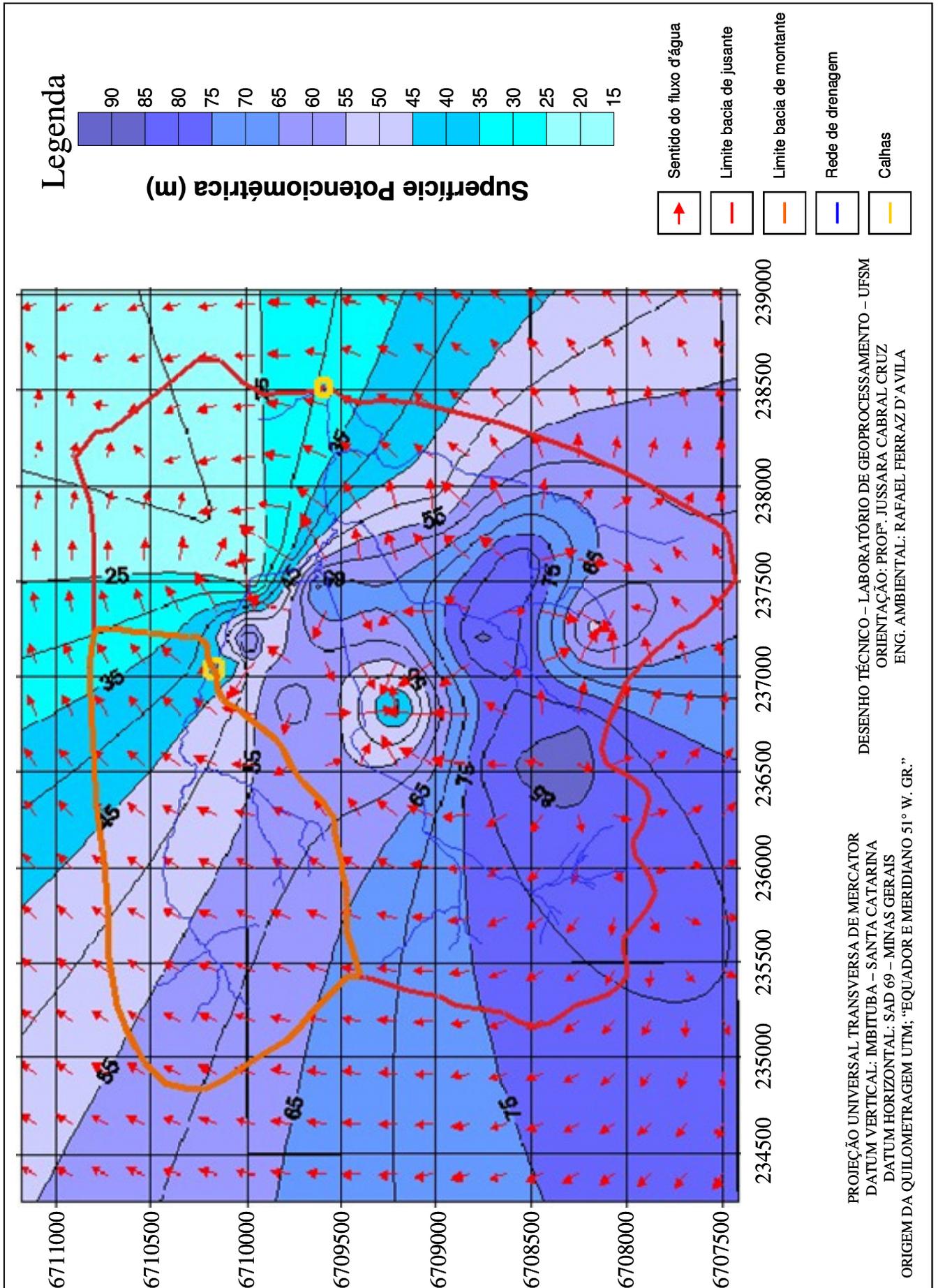
**Figura 10.1** – Mapa do nível estático da lâmina d'água subterrânea do campus da UFSM.  
Elaboração: D'AVILA, R.F.



**Figura 10.2** – Mapa do nível dinâmico da lâmina d’água subterrânea do campus da UFSM.  
 Elaboração: D’AVILA, R.F.



**Figura 10.3** – Mapa do sentido do fluxo estático da água subterrânea do campus da UFSC.  
 Elaboração: D'AVILA, R.F.



**Figura 10.4** – Mapa do sentido do fluxo dinâmico da lâmina d’água subterrânea do campus da UFSM.  
 Elaboração: D’AVILA, R.F.

## **ANEXO 5**

**Varição quali-quantitativa das principais fontes pontuais de poluição do  
Campus da UFSM.**

**Tabela 10.8** – Valores do monitoramento quali-quantitativo das principais fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos do Campus da UFSM, no dia 9/11/2007.

Local	Vazão (L/s)	Temp. (°C)	pH	Cond. (µS/cm)	Turb. (NTU)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Carga DBO (mg/s)	DQO (mg/L)	Carga DQO (mg/s)	Alcal.	Acidez	CT (NMP/100 mL)	CF (NMP/100 mL)
F.P. 3	0,89	22,6	6,5	117,7	7,6	4,11	6,7	5,9	158,9	140,7	57,8	15,2	114000	0
F.P. 8	0,51	22,0	7,2	349,0	10,4	2,04	0,2	0,1	74,8	37,9	120,8	15,2	610000	65000
F.P. 16	1,16	22,7	7,6	708,0	26,0	0,84	105,7	123,0	172,9	201,1	262,5	32,6	10205000	3243750
F.P. 31	2,22	24,7	6,8	1016,0	x	1,39	335,6	745,5	715,0	1588,4	252,0	56,4	16245625	8110000
F.P. 17	0,21	24,2	5,6	276,0	78,3	3,70	336,5	69,7	668,2	138,5	89,2	28,2	3244000	265000
F.P. 18	0,48	23,1	5,1	566,0	x	0,56	0,8	0,4	1598,1	760,5	204,8	266,9	8664350	67000

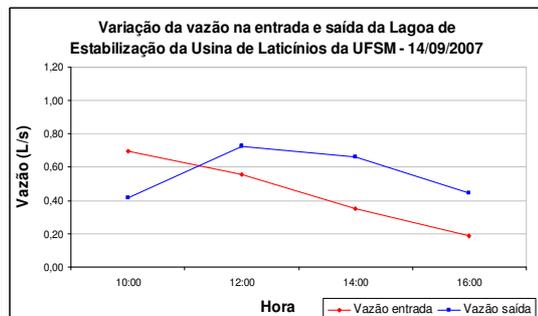
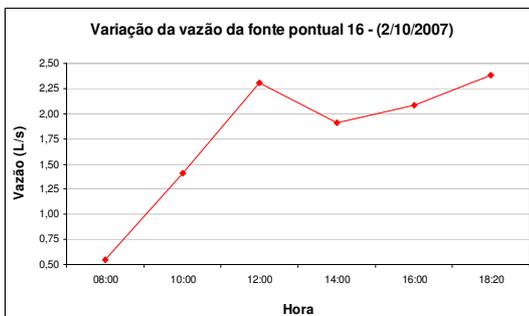
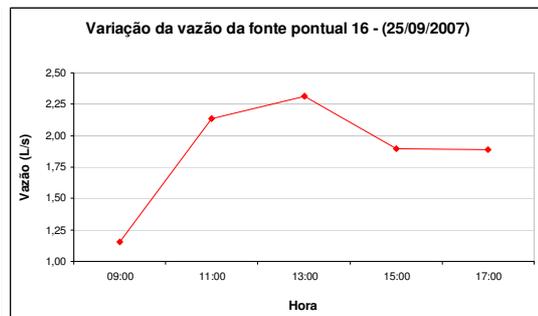
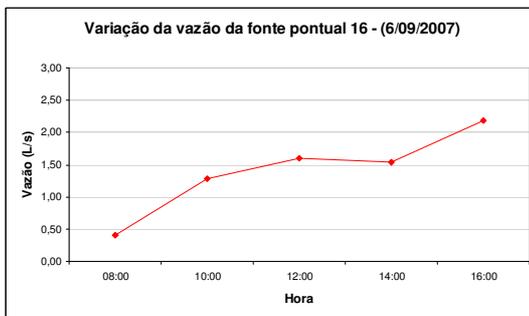
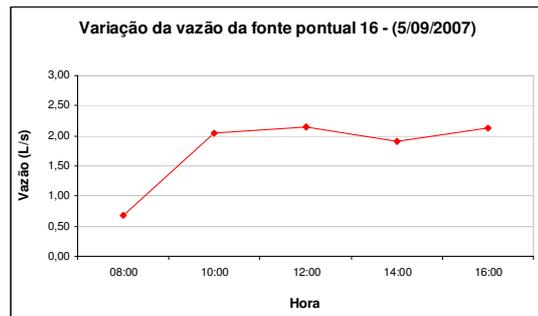
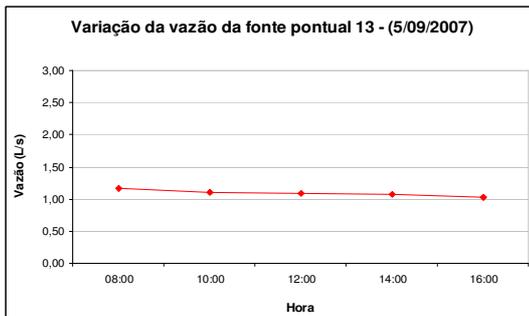
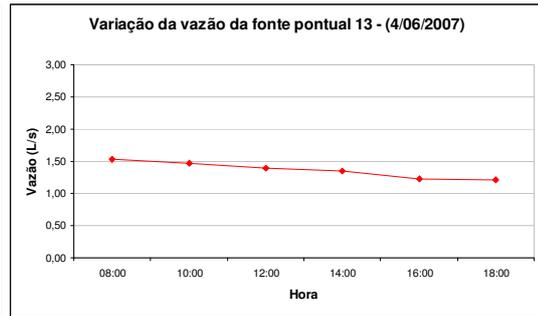
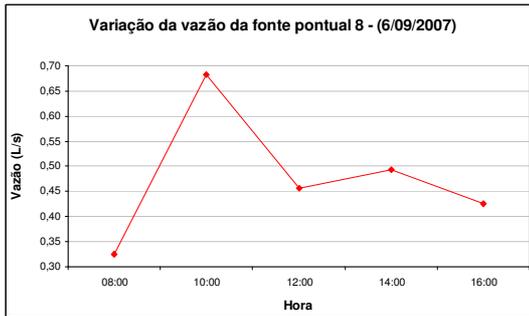
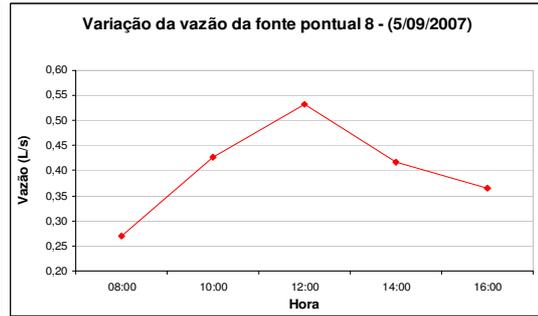
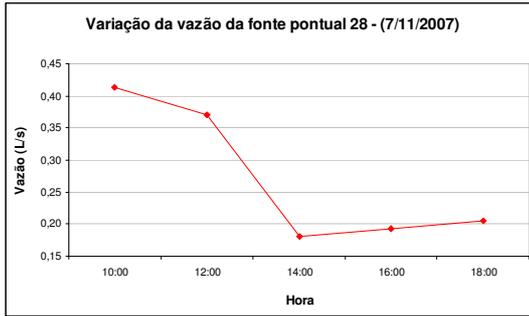
(x) = o Turbidímetro não conseguiu realizar a leitura, provavelmente devido à elevada turbidez do efluente líquido; (F.P.) = fonte pontual de lançamento de efluente líquido.

**Tabela 10.9** – Valores do monitoramento quali-quantitativo das principais fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos do Campus da UFSM, no dia 04/04/2008.

Local	Vazão (L/s)	Temp. efluente (°C)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Carga DBO (mg/s)	DQO (mg/L)	Carga DQO (mg/s)
F.P. 8	0,24	22,3	2,32	21,1	5,1	x	x
F.P. 16	1,69	24,0	1,60	98,3	166,1	x	x
F.P. 17	0,48	25,9	3,44	299,9	144,0	484,2	232,4
F.P. 18	0,70	25,3	0,51	>347	242,9 *	3940,8	2758,6
F.P. 28	0,13	22,0	3,32	20,0	2,6	x	x

**Tabela 10.10** – Valores do monitoramento quali-quantitativo das principais fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos do Campus da UFSM, no dia 15/04/2008.

Local	Vazão (L/s)	Temp. efluente (°C)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Carga DBO (mg/s)	DQO (mg/L)	Carga DQO (mg/s)
F.P. 8	0,60	18,4	2,88	11,3	6,8	57,1	34,3
F.P. 16	1,51	21,8	1,08	22,2	33,5	137,4	207,5
F.P. 17	0,19	23,4	2,90	178,0	33,8	521,2	99,0
F.P. 18	0,40	21,8	1,35	>1200	480,0 *	2065,3	826,1
F.P. 28	0,25	21,3	3,92	5,7	1,4	9,6	2,4
F.P. 31	1,24	22,5	2,08	214,4	265,9	817,0	1013,1



## **ANEXO 6**

**Fontes pontuais de emissão de efluentes líquidos na área do Campus da UFSM.**



Fonte pontual 1



Fonte pontual 2



Fonte pontual 3



Fonte pontual 4



Fonte pontual 5



Fonte pontual 6



Fonte pontual 7



Fonte pontual 8



Fonte pontual 9



Fonte pontual 10



Fonte pontual 12



Fonte pontual 13



Fonte Pontual 15



Fonte pontual 16



Fonte pontual 17



Fonte pontual 18



Fonte pontual 19



Fonte pontual 20



Fonte pontual 21



Fonte pontual 22



Fonte pontual 23



Fonte pontual 24



Fonte pontual 25



Fonte pontual 26



Fonte pontual 27



Fonte pontual 28



Fonte pontual 29



Fonte pontual 31



Fonte pontual 32



Fonte pontual 33



Fonte pontual 34 (esquerda)



Fonte pontual 35



Fonte pontual 36



Fonte Pontual 37



Fonte pontual 38



Fonte pontual 39



Fonte pontual 40



Fonte pontual 41 (direita)



Fonte pontual 42



Fonte pontual 43



Fonte pontual 44



Fonte pontual 45



Fonte pontual 46



Fonte pontual 47



Fonte pontual 48



Fonte pontual 49

**ANEXO 7**

**Questionário sanitário-ambiental**

**Questionário sanitário-ambiental da bacia hidrográfica do Campus da UFSM**

Entrevistador (a): \_\_\_\_\_ N° questionário \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Dados de identificação do estabelecimento

1) Rua: \_\_\_\_\_

2) N°: \_\_\_\_\_ Complemento: \_\_\_\_\_

Dados sócio-sanitário-ambiental do estabelecimento

3) Quantas pessoas residem no local? \_\_\_\_\_

4) O estabelecimento possui instalações sanitárias?

a) Banheiro      b) Patente      c) Nenhuma

5) O seu estabelecimento possui algum sistema de tratamento de esgoto sanitário?

a) Sim      b) Não

6) Em caso de sim, qual?

a) Sumidouro      b) Fossa-Séptica      c) Fossa - Filtro anaeróbio

7) O esgoto de seu estabelecimento vai para:

a) Rede Pluvial      b) Latrina      c) Sumidouro      d) Sanga      e) Vala      f) Solo

8) O abastecimento de água potável do seu estabelecimento é:

a) Rede-Geral da CORSAN      b) Poço tubular      c) Outros: \_\_\_\_\_