

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, EXTENSÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

**CRITÉRIOS PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE A PARTIR DA TRANSPOSIÇÃO DE VAZÕES E DA  
UTILIZAÇÃO DE COTAS TOPOGRÁFICAS: ESTUDO DE CASO EM  
ÁREA DE BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SAMPAIO.**

**Ana Cláudia Fischer**

Bióloga

Lajeado, abril de 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, EXTENSÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

**CRITÉRIOS PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE A PARTIR DA TRANSPOSIÇÃO DE VAZÕES E DA  
UTILIZAÇÃO DE COTAS TOPOGRÁFICAS: ESTUDO DE CASO EM  
ÁREA DE BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SAMPAIO.**

**Ana Cláudia Fischer**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, do Centro Universitário UNIVATES, para cumprimento dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Desenvolvimento, área de concentração: Espaço, Ambiente e Sociedade.

**Orientador:** Prof. Dr. Claus Haetinger

**Co-orientador:** Prof. Dr. Eduardo Périco

**Co-orientador:** Prof. Dr. Luiz Sílvio Scartazzini

Lajeado, abril de 2009

Ana Cláudia Fischer

**CRITÉRIOS PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE A PARTIR DA TRANSPOSIÇÃO DE VAZÕES E DA  
UTILIZAÇÃO DE COTAS TOPOGRÁFICAS: ESTUDO DE CASO EM  
ÁREA DE BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SAMPAIO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, do Centro Universitário UNIVATES, para cumprimento dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Desenvolvimento, área de concentração: Espaço, Ambiente e Sociedade.

Orientador: Prof. Dr. Claus Haetinger

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Eduardo Périco  
Centro Universitário Univates (UNIVATES)

---

Prof. Dr. Luiz Sílvio Scartazzini  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina (CEFET-SC)

---

Prof. Dr. Marciano Buffon  
Centro Universitário Univates (UNIVATES)

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE SIGLAS E NOTAÇÕES.....</b>	<b>XII</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XIV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XV</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 LEGISLAÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2 INSTALAÇÃO DE POSTO FLUVIOMÉTRICO.....</b>	<b>7</b>
<b>3.3 MEDIÇÕES DAS VAZÕES.....</b>	<b>8</b>

3.4	EQUAÇÃO DA CURVA CHAVE.....	11
3.5	CONFIABILIDADE DO PROCESSO.....	13
3.6	TRANSPOSIÇÃO DOS DADOS.....	14
3.7	REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA.....	15
3.8	BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SAMPAIO.....	15
4	METODOLOGIA.....	19
4.1	INSTALAÇÃO DO POSTO FLUVIOMÉTRICO.....	19
4.2	LEVANTAMENTO DA SEÇÃO TRANSVERSAL E BATIMETRIA.....	21
4.3	DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DA ÁGUA ATRAVÉS DE FLUTUADORES.....	21
4.4	MEDIÇÃO DA VAZÃO.....	22
4.5	EQUAÇÃO DA CURVA CHAVE.....	22
4.6	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO.....	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
5.1	TRANSPOSIÇÃO DAS VAZÕES.....	33
6	CONCLUSÕES.....	45
6.1	PROPOSTAS.....	46
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
8	ANEXOS.....	54

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Dr. Claus Haetinger pela oportunidade de realizar o trabalho sob sua orientação, pela sua extrema dedicação, principalmente ao se integrar na temática abordada no trabalho.

Agradeço em especial ao meu esposo Augusto, pelo amor, carinho e companheirismo, principalmente nos trabalhos de campo e por tudo de bom que aconteceu durante a realização deste trabalho, uma vez que se fossem citados, com certeza eu deixaria de relatar a maioria destes momentos, ou certamente os principais! Obrigada pelo apoio!

A todos os meus familiares, principalmente aos meus pais Enio e Dulce, à minha irmã Fernanda, à querida tia Lúcia (Cremilda), aos meus sogros, Tarcício e Mara, pois todos sempre demonstraram apoio incondicional.

Ao Prof. Dr. Sílvio Scartazzini, pela co-orientação, dedicação e presteza durante a realização do trabalho, que foi fundamental para o desenvolvimento da metodologia proposta. Obrigada por aquela sexta-feira que valeu por várias disciplinas! Aprendi muito!

Ao Prof. Dr. Eduardo Périco, que nunca deixou de me motivar, desde a graduação até a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de trabalho da Geoambiental, por respeitar os meus devaneios e acreditar que o meu método seria aceito. Cassiano, obrigada pela ajuda na confecção dos mapas.

A todos que de alguma forma, mesmo que compreendendo a minha ausência durante este período, foram decisivos durante o desenvolvimento deste trabalho.

Finalmente, mas não menos importantes, Átila, Dorinha, Bebel e Perna, por me salvarem do caos em vários momentos e por sempre me entenderem, através de seus modos caninos.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características do posto da ANA utilizado. ....	22
Tabela 2 – Valores obtidos na coleta de dados do posto fluviométrico instalado no arroio Sampaio. ....	24
Tabela 3 – Tratamento estatístico dos valores cota-vazão do posto fluviométrico instalado no arroio Sampaio. ....	24
Tabela 4 - Demonstrativo das vazões observadas e calculadas. ....	25
Tabela 5 – Vazões e cotas médias mensais calculadas do arroio Sampaio, no período compreendido entre janeiro de 2007 a março de 2008. ....	27
Tabela 6 – Médias das cotas e vazões para o período amostrado, no posto fluviométrico instalado. ....	27
Tabela 7 – Cotas das cheias máximas ocorridas na Estação 86510000, em Muçum/RS, e ajustadas. ....	32
Tabela 8 – Tratamento estatístico dos valores cota-vazão da Estação (Muçum). ....	33
Tabela 9 - Demonstrativo das vazões observadas e calculadas na Estação Muçum. ....	34
Tabela 10 – Vazões transpostas da Estação de Muçum para a área de estudo. ....	36

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da medição de vazão através do método do flutuador.....	10
Figura 2 - Processo batimétrico para determinar a área da secção transversal, a partir dos dados obtidos do posto fluviométrico instalado no arroio Sampaio.....	11
Figura 3 – Localização da rede hidrográfica da Bacia do arroio Sampaio e divisão política do Vale do Taquari em relação ao Estado do Rio Grande do Sul e Brasil....	17
Figura 4 – Rede hidrográfica da Bacia do arroio Sampaio, adaptada de Scartazzini e Ruschel (2000).....	18
Figura 5 – Régua limnimétrica instalada junto ao pilar da ponte do arroio Sampaio (Autora: Ana Cláudia Fischer, 2008). ....	21
Figura 6 – Vista do flutuador durante o emprego da metodologia para a determinação da velocidade (Autora: Ana Cláudia Fischer, 2008).....	22
Figura 7 – Trecho do arroio, a jusante da régua, utilizada pelo flutuador (Autora: Ana Cláudia Fischer, 2008). ....	23
Figura 8 – Comparação entre as vazões observadas e as vazões calculadas, na Estação Fluviométrica do arroio Sampaio, através do Excel, mostrando o ajuste, confirmado através do índice de confiabilidade de $R = 0,99$ ou $R^2 = 0,98$ . ....	29
Figura 9 – Comparação entre as vazões observadas e as vazões calculadas, na Estação Fluviométrica do arroio Sampaio, através do software Lab Fit, mostrando o ajuste, confirmado através do índice de confiabilidade de $R = 0,99$ ou $R^2 = 0,98$ .....	29

Figura 10 – Levantamento altimétrico da área, com a projeção da APP de 30 metros a partir da cota de 36,51 metros (Fonte: Ana Cláudia Fischer, 2009).....	32
Figura 11 – Levantamento altimétrico da área, com a projeção da APP de 30 metros a partir da barranca do arroio Sampaio (Fonte: Ana Cláudia Fischer, 2009). .....	33
Figura 12 – Levantamento altimétrico da área, com a projeção da APP conforme a aplicação da metodologia apresentada nesta dissertação (Fonte: Ana Cláudia Fischer, 2009). .....	34
Figura 13 - Correlação existente entre as variações dos níveis máximos mensais entre estes dois postos fluviométricos.....	37
Figura 14 – Correlação dos níveis para a estação de Muçum e para a Estação do arroio Sampaio, através do ordenamento conforme a estatística de Gumbel.....	38

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Janeiro/2007. ....	55
Anexo 2 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Fevereiro/2007. ....	56
Anexo 3 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Março/2007. ....	57
Anexo 4 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Abril/2007. ....	58
Anexo 5 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Maio/2007. ....	59
Anexo 6 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Junho/2007. ....	60
Anexo 7 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Julho/2007. ....	61
Anexo 8 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Agosto/2007. ....	62
Anexo 9 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Setembro/2007. ....	63
Anexo 10 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Outubro/2007. ....	64
Anexo 11 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Novembro/2007. ....	65
Anexo 12 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Dezembro/2007. ....	66
Anexo 13 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Janeiro/2008. ....	67
Anexo 14 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Fevereiro/2008. ....	68
Anexo 15 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Março/2008. ....	69
Anexo 16 - Tabela sumarizada das leituras mínimas, médias e máximas diárias do arroio Sampaio, medidas durante os meses de Janeiro/2007 a Março/2008. ....	70

Anexo 17 – Coordenadas, resíduos, precisão e tempo de ocupação. ....	71
Anexo 18 – Pontos de Apoio ( GPS ) – Base Ajustada. ....	72
Anexo 19 - Coordenadas Pontos GPS – Base Ajustada. ....	73
Anexo 20 - Coordenadas Expressa no Sistema de Referencia – SIRGAS 2000. ....	74
Anexo 21 – Proposta a partir de metodologia aplicada nesta dissertação, mas não aplicada em virtude da inconsistência dos dados da ANA. ....	75

## GLOSSÁRIO

**BATIMETRIA** - Medida de profundidade de uma massa de água. A batimetria é expressa cartograficamente por curvas batimétricas que são curvas que unem pontos de mesma profundidade com equidistâncias verticais, à semelhança das curvas de nível topográfico (Winge, 2001).

**CHEIA** – Elevação, geralmente rápida, do nível da água de um rio até um máximo, a partir do qual o nível desce mais lentamente (DNAEE, 1983).

**CORREDOR DE FLUXO GÊNICO** – Sinônimo de Corredor Ecológico, utilizado por alguns autores, significa a área florestal caracterizada como corredor ecológico, cuja configuração permite a troca de informações genéticas entre as espécies nela existentes, viabilizando a sucessão ecológica (Primack e Rodrigues, 2001).

**TOPOGRAFIA** – Representação da altitude e dos declives da superfície do solo (Guerra, 1989).

**GEOMORFOLOGIA** – Estudo das formas de relevo e das drenagens associadas com a definição de padrões morfológicos, buscando-se a interpretação da origem e evolução desses padrões principalmente face a controles lito-estruturais e climáticos (Winge, 2001).

**PLANTA ALTIMÉTRICA** – Planta que apresenta a medida de altura da superfície terrestre com relação a um determinado nível horizontal referencial ou *datum* (Winge, 2001).

## ÍNDICE DE SIGLAS E NOTAÇÕES

ANA	Agência Nacional das Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
Ap	Área de drenagem para a Estação Fluviométrica utilizada
Apd	Área no ponto desejado
APP	Área de Preservação Permanente
A	Área média das seções transversais do trecho, dada em m <sup>2</sup>
CFF	Código Florestal Federal
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler
h	Altura do nível da água no leito do rio, dada em metros
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
L	Comprimento medido entre duas seções transversais, dado em metros
n	Número de valores hidrométricos utilizados
Q	Vazão líquida, dada em m <sup>3</sup> /s
Qcalc	vazões calculadas através da equação da curva chave, em m <sup>3</sup> /s

Qobs	Vazões observadas nas datas das medições, em m <sup>3</sup> /s
Qpd	Vazão no ponto desejado, no local em estudo
Qp	Vazão da Estação Fluviométrica utilizada
SMAR	Estação de Santa Maria/RS, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
POAL	Estação de Porto Alegre/RS, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
R	Coeficiente de correlação
$S_{x_i}$	Desvio padrão de $X_i$
$S_{y_i}$	Desvio padrão de $Y_i$
t	Tempo de percurso do flutuador, dado em segundos
v	Velocidade superficial na área do talvegue, dada em m/s
$\overline{X_i}$	Média aritmética dos valores obtidos na logaritimização de h
$\overline{Y_i}$	Média aritmética dos valores obtidos na logaritimização de Q

## RESUMO

Diante das divergências no campo técnico, entre consultores e órgãos fiscalizadores, em decorrência da interpretação da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente n° 303 de 20 de março de 2002, a delimitação da Área de Preservação Permanente torna-se imprescindível para o planejamento, o ordenamento territorial, a fiscalização e a sua caracterização em mapas para a orientação das ações de campo, sejam em âmbito regional ou nacional. Neste estudo apresenta-se um método para definir a cota topográfica de início da Área de Preservação Permanente, considerando as cheias máximas anuais, em uma área destinada ao licenciamento ambiental para a atividade de extração mineral de argila, localizada no município de Cruzeiro do Sul/RS, possibilitando que este método possa ser utilizado em outras áreas de bacias hidrográficas semelhantes.

***Palavras-chaves:*** área de preservação permanente, cota topográfica, cheias.

## **ABSTRACT**

Considering the differences in the technical field, between counselors and supervisory bodies, due to the interpretation of the Resolution on the Environment National Council nº 303 from March 20, 2002, the delimitation of the Permanent Preservation Area becomes essential for the planning, the territorial ordainment, the inspection and its characterization in maps to guide the regional or national field actions. This study presents a method to define the topographic elevation of the begging of the Permanent Preservation Area, considering the maximum annual floods in an area reserved for the environmental licensing to the mining extraction activity of clay, in Cruzeiro do Sul/RS, enabling this method to be used in other areas of similar hydrographical basins.

***Key-words:*** permanent preservation area, topographic elevation, flood.

# 1 INTRODUÇÃO

A mineração é uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento econômico de um país, visto que grande parte das matérias-primas necessárias para os demais ramos de atividades industriais estão pautadas nos minérios. No aspecto social, gera consideráveis taxas de arrecadação de impostos, geração de empregos, possibilitando melhores condições de qualidade de vida para a população. Com relação ao aspecto ambiental, a mineração, caso seja desenvolvida de modo pouco planejado, pode ocasionar impactos ambientais irreparáveis (SILVESTRE, 2007).

Nem toda a atividade mineradora causa impactos ambientais significativos e irreparáveis, uma vez que, regida pelo licenciamento ambiental, ocorre a necessidade legal de recuperação da área degradada. Segundo Silvestre (2007), toda a atividade de mineração possui características próprias, desde o tamanho da área, localização, quantidade de rejeitos envolvidos, gerando a necessidade de estudos distintos, de acordo com os impactos envolvidos por cada atividade e relacionados à sua localização.

O licenciamento ambiental possui a função de prevenir e ordenar as atividades potencialmente poluidoras, tendo em vista que se antecipa aos impactos ambientais a serem causados por um determinado empreendimento, podendo gerar diferentes condicionantes para a instalação e operação de uma mesma atividade, dependendo dos fatores ambientais envolvidos em cada caso.

A localização dos minerais, recursos naturais que normalmente ocorrem em Área de Preservação Permanente (APP), está vinculada à situação de rigidez locacional, visto que é incontestável que somente seja possível explorá-los nos locais onde existam, diante de suas características naturais de formação, ou seja,

sua ocorrência geológica natural, sendo necessária a implantação da atividade mineradora em seus locais de ocorrência.

Para possibilitar o licenciamento ambiental da atividade, é necessária a delimitação da APP na área pretendida para a mineração.

A aplicação da delimitação da APP a partir do dispositivo da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 303 de 20 de março de 2002 (BRASIL, 2002), tem causado divergências no campo técnico entre consultores e órgãos fiscalizadores. Existe uma visível dificuldade em materializar, em termos de mapeamento, as APPs ao longo de cursos d'água que apresentam eventos de cheias, uma vez que a lei privilegia o reconhecimento em campo. Num país de dimensões continentais como o Brasil, torna-se imprescindível para o planejamento, o ordenamento territorial, a fiscalização e a caracterização dessas potenciais APPs em mapas para a orientação das ações de campo, sejam em âmbito regional ou nacional.

Para tanto, diante da necessidade de definir um método que associe as necessidades dos órgãos fiscalizadores, responsáveis legais pelo licenciamento ambiental das atividades envolvidas, com os interesses das empresas mineradoras, que não dispõem de tempo suficiente para aguardar a alteração da legislação que defina claramente o limite das APPs, é estabelecido o limite inferior para a APP utilizando o critério do nível fornecido pelas médias das cheias máximas, a partir do qual será possível respeitar uma faixa de proteção, de acordo com o estabelecido pelo Código Florestal Federal (CFF) (BRASIL, 1965), através da Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 e pela Resolução CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002 (BRASIL, 2002), possibilitando segurança à equipe técnica responsável pela liberação do licenciamento ambiental, bem como para a equipe técnica consultora, responsável pela execução das atividades exploratórias.

A Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965), estabelece área de preservação permanente como sendo:

*“toda a área protegida nos termos dos artigos 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das*

*populações humanas.”* (BRASIL, 1965, Art. 1º, § 2º, parágrafo II)

Em seu artigo 2º, a Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965) regulamenta estas APPs, com a seguinte redação:

*“Artigo 2º - Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:*

*a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:*

*1) De 30 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura;*

*2) De 50 metros para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura;*

*3) de 100 metros para os cursos d'água tenham de 50 a 200 metros de largura;*

*4) de 200 metros para os cursos d'água que tenham de 200 a 500 metros de largura;*

*5) de 500 metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros.”* (BRASIL, 1965)

Fischer (2009) *et al* referem que a redação da Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965), não estabelece um limite físico para o início da demarcação da linha marginal da APP, apesar de ser objetiva, dizendo que a delimitação é **“a partir do nível mais alto do rio em faixa marginal”** (artigo 2º). Entretanto, referem a interpretação de que o nível mais alto é também o nível alcançado pelo rio em sua maior cheia.

A Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002 (BRASIL, 2002), estabelece em seu artigo 1º os parâmetros para definição e limites referente às APPs e em seu artigo 2º, inciso 1º, as definições das APPs **“a partir do nível mais alto: nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente”**. A mesma Resolução apresenta a função da APP, com relação à função de proteção dos recursos hídricos, como:

*“Artigo 3º - Constitui Área de Preservação Permanente APP a área situada:*

*I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:*

*a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;*

*b) cinqüenta metros, para o curso d'água com dez a cinqüenta metros de largura;*

*c) cem metros, para o curso d'água com cinqüenta a duzentos metros de largura;*

*d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;*

*e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;*

*II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinqüenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;*

*III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:*

*a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;*

*b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinqüenta metros;"*

O critério apresentado no presente trabalho vale-se dos dados de Estações Fluviométricas existentes em bacias hidrográficas próximas e pertencentes à mesma região hidrológica, selecionando as vazões máximas anuais e transpondo-as para o local da bacia hidrográfica em estudo, a qual não apresenta dados de Estações Fluviométricas próprias. No caso em estudo, na bacia hidrográfica do arroio Sampaio, foi instalada uma Estação Fluviométrica para poder estabelecer a comparação entre as vazões observadas e as vazões transpostas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Apresentar um método para definir a cota topográfica de início da APP, considerando a transposição da cota das médias máximas de cheias anuais, em uma área destinada ao licenciamento ambiental para a atividade de extração mineral de argila, considerando a Resolução CONAMA n° 303, de 20 de março de 2002 (BRASIL, 2002).

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Mapear a faixa de preservação permanente do arroio Sampaio, na área de estudo, a partir da análise dos níveis máximos atingidos pelo recurso hídrico;
- Transpor para a área de estudo as vazões obtidas a partir da estação fluviométrica instalada e da estação da Agência Nacional das Águas (ANA), situada em Muçum;
- Analisar a correlação entre as cotas e vazões na área de estudo;
- Possibilitar que o método aplicado no presente trabalho possa ser utilizado em outras áreas de bacias hidrográficas.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 LEGISLAÇÃO**

O CFF, através da Lei n° 4.771 de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965), dispõe, em seu artigo 2°, sobre as APPs, como sendo as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal, cuja projeção mínima seja estabelecida de acordo com sua largura. Assim, o limite inferior da demarcação da APP inicia no nível mais alto do rio em faixa marginal.

A Resolução CONAMA n° 303 de 20 de março de 2002 (BRASIL, 2002), estabelece, complementarmente ao CFF, que a APP é a área situada “em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto”. A mesma Resolução define como nível mais alto, o nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente, permanecendo, portanto, a indefinição quanto ao período sazonal e o nível a demarcar o início da faixa marginal de proteção ao aquífero superficial.

O CFF exige que a definição da APP seja proporcional à largura da secção transversal do rio, definindo seu início como sendo a partir do nível mais alto do recurso hídrico. Entretanto, o termo nível mais alto, não deixa perfeitamente claro onde se inicia a linha da faixa marginal da APP, visto que o nível mais alto também pode ser interpretado como sendo alcançado em sua maior enchente, a qual varia anualmente.

Bruxel *et al* (2006), referem que apesar da legislação vigente, permanece a indefinição quanto ao período sazonal e o nível a ser utilizado para demarcar o início da faixa marginal da APP, em relação aos recursos hídricos.

Scartazzini *et al* (2008) apresentam uma proposta que estabelece os limites da APP, para efeitos de licenciamento para exploração mineral, como sendo

proporcional ao tempo de solicitação de uso da área, com base no comportamento hidrológico do local a ser explorado e na dinâmica do recurso hídrico envolvido.

A partir da publicação da Resolução CONAMA n° 369, de 28 de março de 2006 (BRASIL, 2006), são criados os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou de baixo impacto ambiental, que possibilitam a exploração dos recursos minerais nas APPs. Entretanto, a mesma Resolução define como sendo de utilidade pública as atividades de pesquisa e extração de substâncias minerais, outorgadas pela autoridade competente, exceto areia, argila, saibro e cascalho.

Desse modo, fica assegurada a faixa de preservação permanente, como forma de proteção da biodiversidade, permanecendo o licenciamento ambiental para as atividades anteriormente citadas, exceto nos casos de interesse social resguardados pela mesma Resolução, restritos para as áreas situadas fora de APP, que deverão ser definidas considerando a Resolução CONAMA n° 303 de 20 de março de 2002 (BRASIL, 2002).

Diante da necessidade do órgão ambiental do Estado do Rio Grande do Sul, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), apresentar uma solução alternativa para a definição legal do início da linha de projeção da APP, o que pode ser motivado pela diversidade de linhas de pesquisa e pelos entendimentos da equipe técnica desta, considerando-se ainda a multidisciplinariedade exigida pelo tema, o presente trabalho procura apresentar uma alternativa para facilitar a definição do início da APP, conciliando a rigidez locacional do bem mineral com a necessidade de respaldo legal do legislador e com a necessidade exploratória e econômica por parte do empreendedor.

### **3.2 INSTALAÇÃO DE POSTO FLUVIOMÉTRICO**

De acordo com ELETROBRÁS e DNAEE (1982) e conforme referido por Schreiner (2003), para a escolha de um local destinado à instalação de um posto fluviométrico, devem ser observados alguns critérios, que permitirão a obtenção de dados contínuos e confiáveis, tais como:

- Um local de fácil acesso;
- A ocorrência de um morador ribeirinho, disposto a fazer as anotações das leituras diárias, preferencialmente no mesmo horário, permitindo a confiabilidade das informações;
- Um local onde as margens à montante e à jusante sejam paralelas e retilíneas;

- A inexistência de represamentos à jusante;
- A velocidade de escoamento no leito deve ficar entre 0,30 e 2,5 m/s; local onde as margens sejam altas o suficiente para impedir o transbordamento do rio nas épocas de cheia.

Segundo Schreiner (2003), o melhor local para a instalação de um posto fluviométrico é o pilar de uma ponte, pois além de representar um excelente lugar para afixar as réguas, apresenta a maioria das características necessárias para a instalação do posto.

ELETROBRÁS e DNAEE (1982) sugerem que após a escolha do melhor local, sejam instaladas as réguas limnimétricas, que permitirão a leitura diária das cotas. Na posição onde se instala a régua, perpendicularmente às margens, determina-se a secção transversal para definir a área da corrente do fluxo, projetando-se os perfis para diferenciadas situações de níveis.

Em diferentes períodos fluviais deve ser realizada a determinação da vazão, que pode ser com o uso de flutuador ou com molinete hidrométrico. Conforme Schreiner (2003), no método do flutuador, é medida a velocidade superficial do escoamento e a direção do fluxo através do tempo que um objeto transportado pela água leva para percorrer uma distância pré-estabelecida. Já o molinete hidrométrico, é um aparelho que permite a determinação da velocidade do escoamento através da medição do tempo necessário para uma hélice dar certo número de rotações.

Através da obtenção da relação cota-descarga que pode ser estabelecida perfeitamente a partir de uma série de medições de descarga, devidamente espaçadas ao longo da oscilação normal do nível, é possível determinar a equação da curva chave, pela relação entre o nível da água e a vazão que escoam livremente no leito fluvial (ELETROBRÁS e DNAEE, 1982).

### **3.3 MEDIÇÕES DAS VAZÕES**

Segundo a ELETROBRAS e DNAEE (1982), entre os mais simples processos para a medição da vazão de um recurso hídrico, de modo expedito, estão aqueles realizados por meio de flutuadores ou através de vertedores.

Faz-se necessária a amostragem de um mínimo de cinco amostragens de vazões em campo, para possibilitar ainda o descarte de uma das amostras, caso esta apresentar falhas. As medições das vazões devem ser programadas em função do seu regime hidrológico, junto ao posto fluviométrico instalado, aproveitando as

variações no regime do recurso hídrico que, sazonalmente, apresenta seus níveis máximos e mínimos (SCHREINER, 2003).

As medições das descargas podem ser feitas pelo método do flutuador, utilizado para determinar as velocidades do talvegue do rio, as quais fornecem as vazões, associadas às áreas cheias nas secções transversais, mediante a equação estabelecida em ELETROBRAS e DNAEE (1982).

O método do flutuador é explicado por ELETROBRÁS e DNAEE (1982), como mostra a Figura 1, onde mede-se o comprimento (L), preferencialmente superior a 10 (dez) metros, do trecho a ser percorrido pelo flutuador. Através da medida do comprimento, deve ser marcado o início e o fim do percurso, o que pode ser feito com duas cordas amarradas em estacas afixadas nas margens e em posições perpendiculares ao eixo do recurso hídrico.

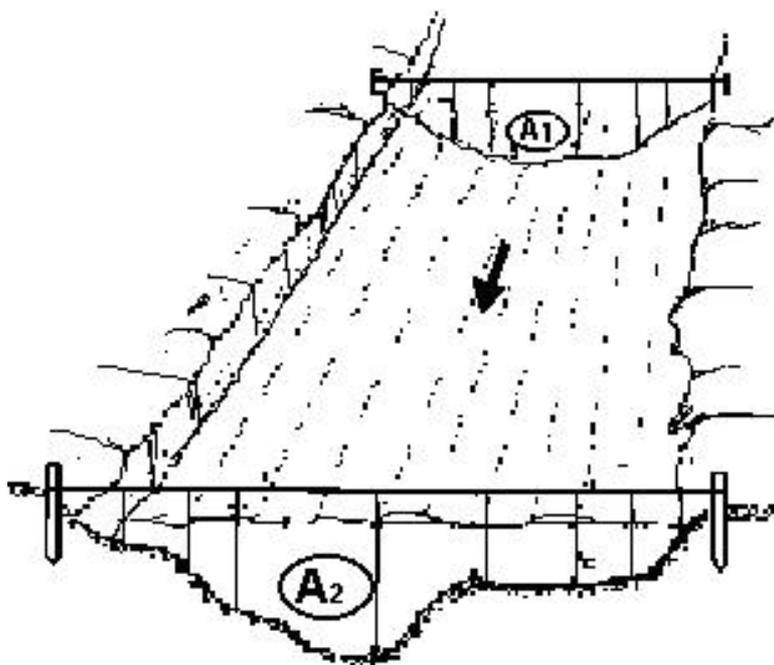


Figura 1 – Esquema da medição de vazão através do método do flutuador. Adaptado de ELETROBRÁS e DNAEE (1985), página 43.

O flutuador pode ser constituído por uma garrafa plástica com tampa, que deve estar fechada e composta por areia ou mineral existente nas proximidades do local de medição, em 1/3 de seu volume (ELETROBRÁS e DNAEE, 1982), permitindo que percorra o trecho estabelecido nas mesmas ou em condições muito semelhantes da velocidade da água.

Através da utilização de um cronômetro, determina-se o tempo, em segundos, que o flutuador gasta para percorrer o trecho escolhido para a medição da vazão (ELETROBRÁS e DNAEE, 1982).

Para determinar a velocidade do fluxo, utiliza-se a equação (01), com a medida da distância entre as duas seções (L) e o tempo (t) gasto pelo flutuador para percorrê-la, conforme sugerido por Schreiner (2003).

$$v = \frac{L}{t} \quad (m/s) \quad (01)$$

Segundo ELETROBRÁS e DNAEE (1982), as áreas das seções transversais limitadas pelo nível d'água e o fundo do recurso hídrico devem ser determinadas para os pontos inicial e final do trecho de medição. Caso o comprimento desse trecho seja longo, o mesmo autor sugere determinar as áreas de uma ou mais seções transversais intermediárias.

Para determinar a área da seção transversal do leito do recurso hídrico em questão, geralmente irregular, Schreiner (2003) sugere a subdivisão da área total em pequenas áreas empregando o método batimétrico, através de medidas de profundidade, utilizando cordas graduadas para a medida da seção transversal, adaptadas para a realização da medição da profundidade, como pode ser visto na Figura 2.

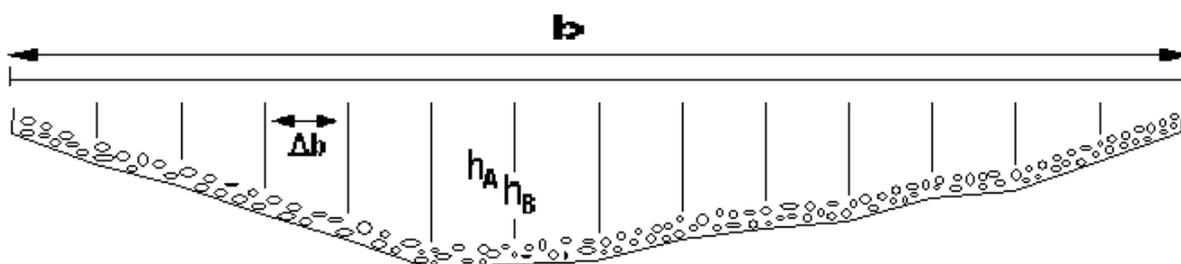


Figura 2 - Processo batimétrico para determinar a área da seção transversal, a partir dos dados obtidos do posto fluviométrico instalado no arroio Sampaio.

A vazão pode ser obtida através da equação (02), a partir da obtenção da área da seção transversal e da velocidade de fluxo:

$$Q = v \cdot A \quad \left( \frac{m^3}{s} \right), \quad (02)$$

onde:

$Q$  = vazão ( $m^3/s$ )

$v$  = velocidade ( $m/s$ )

$A$  = área ( $m^2$ )

Aplicando o método, verifica-se que o deslocamento do flutuador tende a ocorrer, geralmente, pelo centro do canal, onde a água tem maior velocidade do que as camadas próximas às margens e ao fundo do leito do rio. Diante disso, ELETROBRÁS e DNAEE (1982) sugerem a utilização de um coeficiente de correção de velocidade superficial, sendo uma constante igual a 0,8, para a velocidade média na seção medida, a fim de homogeneizar as diferentes velocidades existentes no fluxo do rio. A equação para determinação da vazão em rios, quando se emprega a metodologia do flutuador para determinar velocidades em rios, é expressa pela equação (03):

$$Q = 0,8 \cdot v \cdot A \quad (03)$$

### 3.4 EQUAÇÃO DA CURVA CHAVE

Para a determinação da equação da curva chave, faz-se necessária a presença de dados diários da altura do recurso hídrico envolvido, visto que ela relaciona a vazão ao nível da água.

O levantamento das informações necessárias envolve o método batimétrico, além da utilização de flutuadores, conforme apresentado anteriormente.

Segundo Schreiner (2003), aplicando-se o nível do recurso hídrico na equação abaixo, determina-se a vazão no mesmo instante. A referida equação (04), denominada curva chave, apresenta-se sob a seguinte forma:

$$Q = a \cdot h^b, \quad (04)$$

onde, a e b são constantes, dependentes das características do local de estudo, conforme referido por Jacon e Cudo (1989), e h é o nível medido no posto fluviométrico.

A equação da vazão no local onde está instalado o posto fluviométrico é definida a partir da análise das medições das vazões para os diferentes níveis do recurso hídrico, através da definição dos parâmetros a e b. A partir desta equação, é possível determinar a vazão do local, para qualquer dia do ano onde se tenha a leitura da cota.

Para a obtenção da curva chave são necessárias algumas medições de descarga, em épocas que contemplem períodos de cheia e vazante, sendo possível associar estatisticamente, e através da aplicação do método dos mínimos

quadrados, a relação das vazões com as cotas obtidas, definindo-se parâmetros para as constantes a e b (SCHREINER, 2003).

Schreiner (2003) apresenta de forma muito clara, e merece ser apresentado novamente, que a equação (04) está na forma exponencial, sendo que pode ser linearizada através da aplicação das propriedades dos logaritmos, obtendo-se a seguinte equação:

$$\ln(Q) = \ln(a) + b \cdot \ln(h) \quad (05)$$

Efetuada-se as mudanças de variável,  $\ln(Q) = Y$  e  $\ln(a) = A$ , sendo  $a = \text{anti } \ln(A)$  e  $\ln(h) = X$ , obtém-se:

$$Y = A + b \cdot X \quad (06)$$

A equação (05) é a forma linearizada da equação 04, que tem como variável independente h e variável dependente Q. Os coeficientes desta equação, no cálculo pelo método dos mínimos quadrados (MMQ), são definidos como:

$$A = \frac{\overline{X_i^2 \cdot Y_i} - \overline{X_i} \cdot \overline{X_i Y_i}}{\overline{X_i^2} - (\overline{X_i})^2} \quad (07)$$

$$b = \frac{\overline{X_i Y_i} - \overline{X_i} \cdot \overline{Y_i}}{\overline{X_i^2} - (\overline{X_i})^2}, \quad (08)$$

Onde  $\overline{X_i}$  e  $\overline{Y_i}$  representam a média aritmética dos pares de valores medidos, com i variando de 1 a n, sendo n o número total de pontos medidos, e  $\overline{X_i^2}$  é a média aritmética dos quadrados de  $X_i$ .

É possível obter a equação da curva chave do posto (equação 04), utilizando medidas de vazões observadas para que, apenas com a leitura diária do nível, seja possível identificar a vazão calculada diariamente (SCHREINER, 2003).

### 3.5 CONFIABILIDADE DO PROCESSO

De acordo com Schreiner (2003), todos os resultados obtidos devem ser submetidos a testes de confiança, onde serão eliminados os valores amostrais

tendenciosos, através de testes t de STUDENT, teste F, coeficiente de correlação R e análise de variância.

No presente trabalho, foi utilizado o coeficiente de correlação R (Coeficiente de Correlação de Pearson), que determina o grau de confiança do método utilizado sendo obtido pela confrontação entre os dados amostrais determinados a campo e os calculados através da equação da curva chave (CAUDURO e DORFFMAN, 1988 *apud* SCHREINER, 2003).

Obtém-se o mesmo utilizando a equação:

$$R = \frac{\sum_{i=1} \overline{X_i Y_i} - n \cdot \overline{X_i} \cdot \overline{Y_i}}{S_{x_i} \cdot S_{y_i} \cdot (n-1)} \quad (09)$$

Onde:

R = coeficiente de correlação

$S_{x_i}$  = desvio padrão dos níveis

$S_{y_i}$  = desvio padrão das vazões

n = número de pontos amostrados

O coeficiente de correlação R, entre os resultados das vazões observadas e as calculadas determina o grau de ajuste entre os valores obtidos na prática e os obtidos pela equação da curva chave. Os números obtidos dão origem às curvas das vazões observadas e das vazões calculadas, geralmente mostradas em gráfico comparativo, que permitem uma melhor visualização dos resultados, demonstrando o grau de confiabilidade do método.

Um *software* que permite a verificação do coeficiente de correlação de um modo muito eficaz e que será utilizado nesta dissertação é o LAB Fit <sup>1</sup>, desenvolvido para análise e tratamento de dados experimentais, possibilitando o ajuste de funções com a maior quantidade possível de informações sobre a função ajustada, e com a sua representação gráfica, dispondo ainda de um menu com cálculos relativos à estatística básica, além de um menu para cálculos de propagação de erros (SILVA *et al*, 2004).

A calibração dos parâmetros verificados deve ser avaliada até que os valores reproduzam os dados observados com boa precisão, sendo possível utilizar a

---

<sup>1</sup><http://www.labfit.net>, acesso em Fevereiro de 2009.

avaliação visual, em gráficos, verificando se as vazões calculadas e observadas apresentam valores próximos nos períodos de cheia. De acordo com Collischonn e Tucci (2001), a simulação hidrológica pode ser utilizada em diversas aplicações, como na previsão de vazão de curto e médio prazo, na análise da variabilidade hidrológica, nas conseqüências de mudanças no uso do solo e na estimativa de disponibilidade de recursos hídricos.

Collischonn (2001) utiliza a aplicação de um modelo hidrológico para a bacia do rio Taquari-Antas e desconsidera os picos das maiores enchentes, visto que poderia não descrever bem a geração do escoamento em condições de chuvas de alta intensidade, que também são consideradas pelo autor como fontes de incertezas, especialmente nas vazões máximas, assim como o intervalo de tempo diário pode ser inadequado para as cheias muito rápidas, características da região.

### 3.6 TRANSPOSIÇÃO DOS DADOS

Através da análise dos dados, pode ser estabelecida a correlação entre as vazões dos postos de Muçum e da área de estudo, empregando-se em seguida a transposição dos dados para área de estudo, através da equação sugerida por ELETROBRÁS e DNAEE (1982):

$$Q_{pd} = \frac{Q_p \cdot A_{pd}}{A_p} \quad (10)$$

Sendo que:

**Q<sub>pd</sub>** é a vazão no ponto desejado, no caso, o arroio Sampaio, no local em estudo;

**Q<sub>p</sub>** é a vazão da Estação Fluviométrica utilizada;

**A<sub>pd</sub>** é a área de drenagem no ponto desejado e

**A<sub>p</sub>** é a área de drenagem para a Estação Fluviométrica utilizada.

Assim, serão apresentadas as vazões máximas anuais geradas no local de estudo, através do processo de transposição das vazões a partir das máximas anuais, aplicando-se a equação (10).

### 3.7 REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA

A regionalização hidrológica é caracterizada por uma variedade de métodos que sintetizam dados de vazão a partir de informações regionais, convertendo-se

dados cronológicos regionais de locais próximos ou semelhantes. Para os casos com dados de vazão, o estabelecimento de séries cronológicas resulta na conversão do nível da água em vazão pelo emprego da curva chave. Caso o local a ser estudado não possua informações suficientes para a confiabilidade dos resultados, mas existam postos vizinhos com dados disponíveis, e se as características dos locais sejam semelhantes, os dados podem ser convertidos para formar uma série longa de vazões em função do tempo disponível, através da regionalização (PAIVA, 2003).

Silveira (1997) emprega alternativas que não necessitam de contínuo monitoramento durante o período de estudo, entre a regionalização da curva de permanência de vazões e a prática de medição expedita de uma vazão em período de estiagem no local de interesse, baseado em ELETROBRÁS e DNAEE (1982). A vazão obtida é empregada diretamente ou como referência no dimensionamento do pequeno aproveitamento, para a utilização em obras e estudos ambientais de pequenas centrais hidrelétricas.

Segundo Collischonn (2001), a abordagem da regionalização é uma forma de ligação entre os valores dos parâmetros e as características da bacia que podem ser medidas, minimizando a necessidade de ajuste estatístico e fortalecendo a base física do modelo.

### **3.8 BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SAMPAIO**

A bacia hidrográfica do arroio Sampaio está compreendida entre as coordenadas UTM 366.000 E a 406.000 N e 6.754.000 E a 7.730.000 N, na região do Vale do Taquari, ocupando uma superfície de 255,86 km<sup>2</sup>, densidade de drenagem de 1,236 km/km<sup>2</sup> e declividade de 0,00948m/m (SCARTAZZINI E RUSCHEL, 2000).

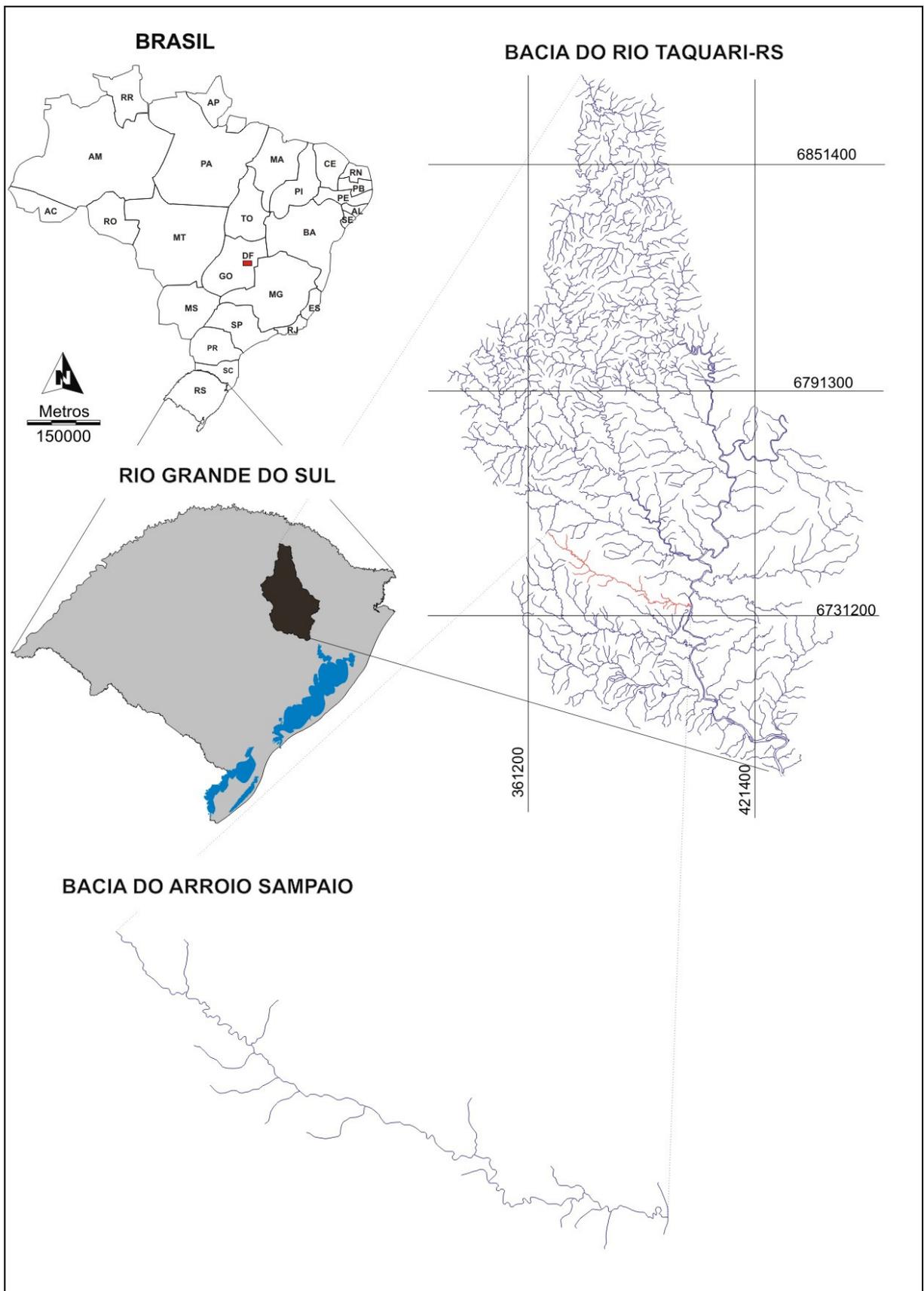


Figura 3 – Localização da rede hidrográfica da Bacia do arroio Sampaio e divisão política do Vale do Taquari em relação ao Estado do Rio Grande do Sul e ao Brasil.

Na Figura 4 é apresentada a rede hidrográfica desta bacia, indicando a área de estudo, conforme apresentado por Scartazzini e Ruschel (2000), utilizando as frações de quatro cartas do Exército Brasileiro, sendo: MI 2951/3 de Sério; MI 2951/4 de Marques de Sousa; MI 2968/2 de Venâncio Aires e; MI 2969 de Estrela.

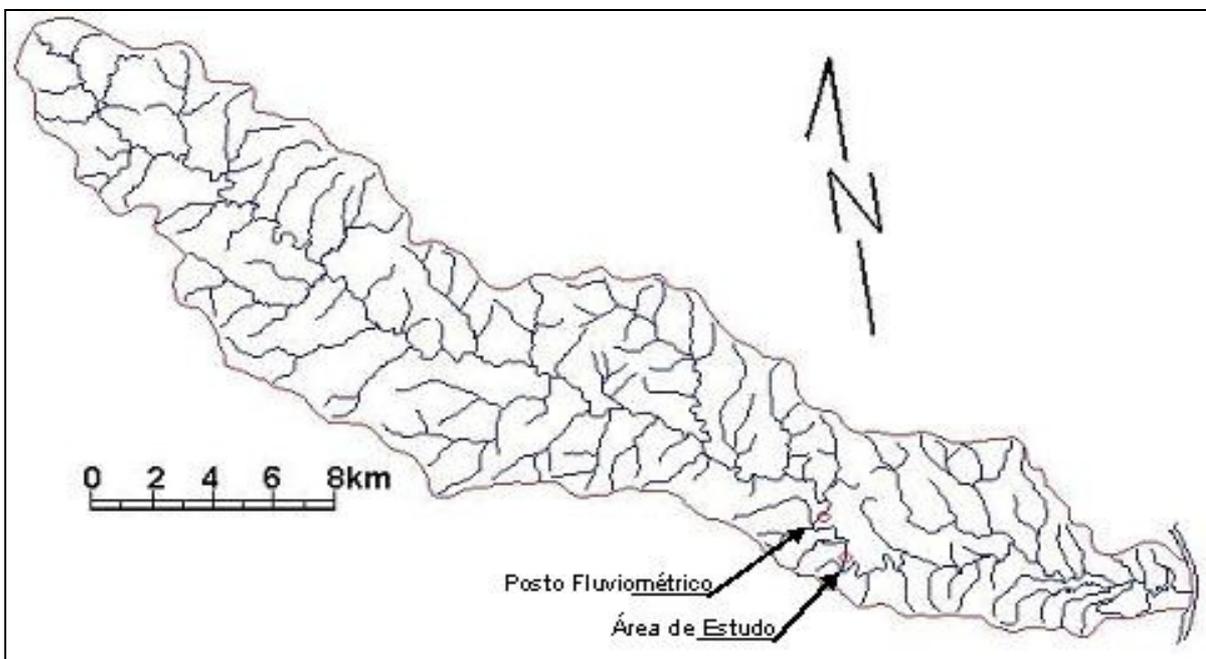


Figura 4 – Rede hidrográfica da Bacia do arroio Sampaio, adaptada de Scartazzini e Ruschel (2000).

A malha hidrográfica da bacia do arroio Sampaio foi hierarquizada segundo a metodologia de Strahler (1975) e apresentada por Scartazzini (1995). O resultado da hierarquização dos canais foi apresentado por Scartazzini e Ruschel (2000), conforme referido anteriormente.

Através da análise dos recursos hídricos disponíveis na bacia hidrográfica do arroio Sampaio, Scartazzini e Ruschel (2000) contabilizaram que a APP, considerando o CFF, deveria ser de 2.519.663 m<sup>2</sup> (251,9 ha).

Sob o ponto de vista geomorfológico, os limites da zona ripária, constituintes da porção de APP por legislação, não são facilmente delimitados, mas podem variar bastante em função de diferenças de clima, geologia e solos, destacando ainda o ponto de vista ecológico, através da função de corredor de fluxo gênico ao longo da paisagem, assim como visando atender às dimensões mínimas que garantem a sua sustentabilidade (LIMA e ZAKIA, 2000).

No presente trabalho define-se as APPs em planta altimétrica, para apresentação aos órgãos ambientais fiscalizadores, considerando a Resolução CONAMA n° 303, de 20 de março de 2002 (Brasil, 2002) e para atender à crescente complexidade dos problemas de planejamento e gestão de recursos hídricos,

principalmente durante situações de necessidade de definição das cotas máximas de cheias nas planícies de inundação de rios.

## **4 METODOLOGIA**

O local de estudo, onde atualmente ocorre mineração de argila, está situado à margem direita do arroio Sampaio, tendo como ponto referencial, no arroio, as coordenadas UTM 393.950 E e 6.733.934 N, na localidade de Linha Nova, no município de Cruzeiro do Sul/RS.

Esta área, correspondente a 3,00 hectares, é destinada à extração mineral de argila para emprego direto na fabricação de tijolos, detentora de Licença de Operação da FEPAM, de modo que neste estudo pretende-se identificar o início da cota topográfica da APP com base na Resolução CONAMA n° 303, de 20 de março de 2002 (CONAMA, 2002), por ser uma exigência deste órgão ambiental.

Devido à carência de dados da bacia hidrográfica do arroio Sampaio para a determinação da vazão deste recurso hídrico, determinou-se um ponto para a instalação de um posto fluviométrico a partir do qual fosse possível obter informações para o desenvolvimento desta dissertação.

### **4.1 INSTALAÇÃO DO POSTO FLUVIOMÉTRICO**

Para a seleção do local e para a instalação do posto fluviométrico, assim como os demais critérios hidrométricos aplicados, foram seguidos os critérios sugeridos por ELETROBRÁS e DNAEE (1982), descritos no capítulo anterior, permitindo a durabilidade da régua instalada, diminuindo sua vulnerabilidade à destruição acidental.

A seleção do local que melhor representasse as características sugeridas foi seguida de acordo com a identificação de um ponto de fácil acesso e com um morador próximo que se dispusesse a fazer as leituras diárias, sempre no mesmo horário, além de quase todas as outras características propícias à instalação do posto fluviométrico. Diante disso, o local escolhido foi o pilar da ponte do arroio

Sampaio, junto a um afloramento de rocha, na localidade de Linha Vinte e Cinco de Julho, no município de Cruzeiro do Sul/RS, situado à montante da área de mineração, nas coordenadas UTM 393.317 E e 6.734.784 N.

No local onde ocorre a exploração mineral de argila não foi possível instalar a estação fluviométrica, visto que a barranca não possui estabilidade geológica, nem altura suficiente para a leitura diária dos níveis, principalmente nos períodos de cheias, uma vez que se caracteriza por uma planície, além de apresentar a parcela leste minerada, de modo que os acessos ao local em períodos de precipitação pluviométrica não são favoráveis.

O procedimento adotado consistiu na instalação de régua graduada, conforme recomendado pelo ELETROBRÁS e DNAEE (1982), confeccionada em adesivo plástico, afixado sobre estrutura acrílica, de boa durabilidade, que foi presa a uma estrutura de madeira, sendo que este conjunto foi fixado no pilar da ponte, a partir da qual foram registrados os níveis de água diários.



Figura 5 – Régua limnimétrica instalada junto ao pilar da ponte do arroio Sampaio (Autora: Ana Cláudia Fischer, 2008).

Um morador próximo do local, funcionário da indústria cerâmica que utiliza a argila da área em estudo, foi disponibilizado para executar as medições diárias, no horário das 11 horas, durante 15 meses, entre o período de 01/01/2007 a 31/03/2008.

#### **4.2 LEVANTAMENTO DA SEÇÃO TRANSVERSAL E BATIMETRIA**

O levantamento da seção transversal do recurso hídrico foi obtido através da utilização de corda graduada, estendida entre as duas margens, em posição horizontal e perpendicular ao seu leito.

Durante a medição da largura realizada, foram medidas as profundidades do arroio, o que se denomina de batimetria, de metro em metro, através da utilização de régua graduada, sendo possível desenhar em escala a seção transversal do arroio Sampaio, conforme representado anteriormente na Figura 2.

Esta operação foi realizada cinco (05) vezes, permitindo maior exatidão aos valores apresentados.

Através deste processo, foi possível determinar as vazões do recurso hídrico, associando as medidas das seções transversais com a velocidade, determinada a partir dos flutuadores.

### 4.3 DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DA ÁGUA ATRAVÉS DE FLUTUADORES

Foram utilizadas garrafas plásticas com tampa, preenchidas por areia, até 1/3 de seu volume, sendo lançadas na água para percorrer uma distância conhecida, no caso, de 43 (quarenta e três) metros, definidos de acordo com a escolha do local que apresentasse as características mais adequadas em relação à ausência de obstáculos.

Este procedimento foi repetido durante 05 (cinco) medições, em períodos distintos, procurando explorar a variação de nível do regime do arroio.

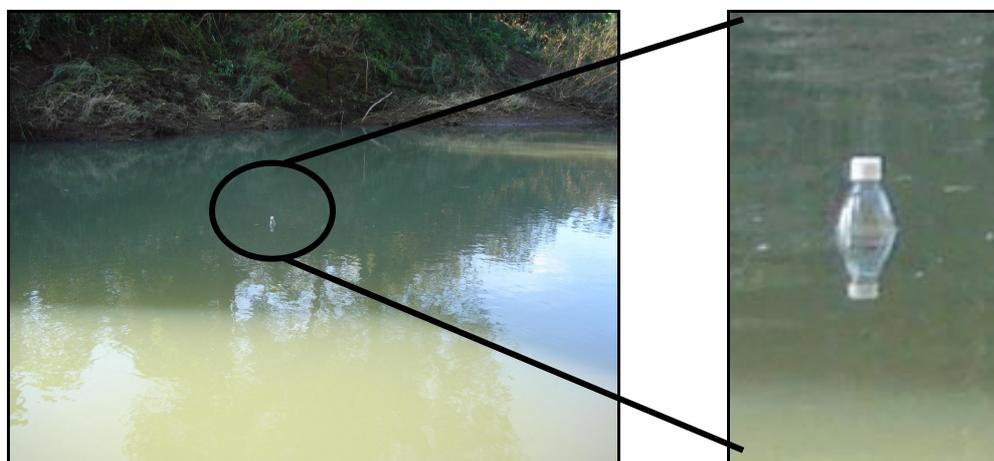


Figura 6 – Vista do flutuador durante o emprego da metodologia para a determinação da velocidade (Autora: Ana Cláudia Fischer, 2008).

Dentre as dificuldades encontradas para a escolha do local mais adequado para a realização do flutuador, destaca-se a ocorrência de cascalho depositado em forma de barra em pontal, o que nos períodos de estiagem pode ter sido causa de diminuição da velocidade das águas. Mesmo assim, este fato não prejudicou a coleta das informações necessárias, sendo apenas um registro a ser observado, visto que a escolha do local foi associada, principalmente, a um ponto que

permitisse segurança e confiabilidade para a leitura da régua instalada, sem que fosse prejudicada pela energia cinética das águas durante os períodos de cheias.



Figura 7 – Trecho do arroio, a jusante da régua, utilizada pelo flutuador (Autora: Ana Cláudia Fischer, 2008).

A partir da obtenção dos dados de distância e do tempo médio gasto pelo flutuador para percorrer o trecho determinado, utilizou-se a equação (01) vista anteriormente para determinar a velocidade do fluxo da água.

#### **4.4 MEDIÇÃO DA VAZÃO**

A partir dos valores da distância, da área e do tempo, foram calculadas as vazões dos dias em que foram realizadas as coletas de dados a partir das medições.

Como o leito do arroio apresentava velocidade maior em sua porção central, em relação às suas margens, para a determinação da vazão foi utilizada a equação (03), que apresenta o coeficiente de correção para a diferença das velocidades. A mesma equação foi utilizada para as 05 (cinco) medidas obtidas nos trabalhos de campo.

#### **4.5 EQUAÇÃO DA CURVA CHAVE**

De posse dos valores obtidos nas medições efetuadas junto ao posto fluviométrico, foi estabelecida a equação da curva chave para o local, através da definição dos parâmetros para a e b (equação 04). Para a determinação destes valores foi aplicada a modelagem estatística do método dos mínimos quadrados, descritas anteriormente.

O teste de confiança utilizado para correlacionar os dados obtidos foi o coeficiente de correlação R, através da aplicação da equação (08).

Após a definição da equação da curva chave, foram determinadas as vazões diárias do arroio Sampaio, no local de instalação do posto fluviométrico, determinadas para o período de 15 (quinze) meses em que as leituras diárias das cotas foram registradas.

#### 4.6 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Para o mapeamento foi necessária a realização de levantamento altimétrico da área de estudo, destinada à extração de argila, sendo utilizada a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2003). Em atendimento às exigências desta Norma, optou-se em utilizar como pontos de controle de primeira ordem, a Estação Santa Maria, identificada como SMAR, código Internacional nº 92013 e a Estação de Porto Alegre, identificada como POAL, código internacional nº 91850, homologadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), com base em trabalho realizado por Battisti *et al* (2008), que utilizaram as Estações de Santa Maria (SMAR) e de Curitiba (UFPR), Código Internacional nº 93970, também homologada pelo IBGE.

Para tanto, os equipamentos utilizados foram 01 (uma) Estação Total marca Leica Modelo 400, além de 01 (um) GPS (*Global Position System*) RTK GR3 TOPCON, com correção em tempo real.

Inicialmente, foi instalada a base da Estação Total no Posto Fluviométrico de Muçum, de código 86510000, estabelecido no município de Muçum/RS, junto ao rio Taquari, como é sugerido por ELETROBRÁS e DNAEE (1982) e por Tucci (2005) e adotado em trabalhos hidrológicos como Scartazzini e Livi (1999).

Posteriormente, partiu-se em direção ao posto fluviométrico instalado junto à ponte do arroio Sampaio, na Linha Vinte Cinco de Julho, no município de Cruzeiro do Sul/RS, cujos dados foram posteriormente associados aos dados disponibilizados pela ANA no Posto Fluviométrico de Muçum.

Tabela 1 – Características do posto da ANA utilizado.

Nome do Posto	Código ANEEL	Localização	Área de Drenagem
Muçum	86510000	UTM 415.634 E e 6.773.312N	15.826 km <sup>2</sup>

Fonte: Silveira, 2001. Página 105.

Na área de exploração de argila foi realizado levantamento altimétrico, a fim de definir a cota da média das cheias máximas ordinárias, utilizando os equipamentos anteriormente referidos.

A partir destas estações, ambas de monitoramento contínuo, foi efetivado o transporte de coordenadas para os pontos de estudo, para controle geodésico, objetivando apoio ao levantamento e rastreamento dos pontos, com base em Battisti *et al* (2008).

O tempo de duração do levantamento, entre a verificação da cota topográfica da estação de Muçum, da estação fluviométrica instalada e na área de estudo, foi de 5 horas, 44 minutos e 25 segundos, suficiente para a confiabilidade dos dados, segundo INCRA (2003).

Para o pós-processamento dos marcos de apoio, utilizam-se as coordenadas oficiais de SMAR e as coordenadas oficiais de POAL, com base nos dados da rede geodésica homologada, disponíveis no sítio do IBGE.

Os dados do levantamento altimétrico foram trabalhados através da utilização do *software* Topo EVN 6.0, desenvolvido para a realização de projetos topográficos, cálculos e desenhos, apresentando-se o relevo através das cotas topográficas espaçadas de metro em metro, a fim de facilitar a indicação da incidência da projeção da média das cheias máximas no local, após a análise integrada de todas as informações, além do georreferenciamento das áreas. O ajuste das cotas obtidas foi realizado conforme sugerido por Bruxel *et al* (2006), ao nível referencial da Carta do Exército, escala 1:50.000 (DL, 1980), com *datum* horizontal de Córrego Alegre.

Para avaliar as cotas de cheia no ponto desejado, que é a área em estudo, foram selecionadas as cotas e vazões máximas anuais do posto fluviométrico de Muçum, que segundo Collischonn (2001), possui índice de confiabilidade de  $R = 0,90$ , comparando as vazões calculadas e observadas no rio Taquari.

No presente caso, real da aplicação da metodologia da transposição de vazões para o local de estudo em questão, foram utilizadas as médias das cheias máximas para definir a cota representativa do início da APP. Buscou-se empregar a comparação dos dados observados no posto instalado, com os dados obtidos da Estação de Muçum, avaliando a confiabilidade no processo de transposição das vazões.

Com este critério de coleta de dados realizou-se a correlação entre as vazões e as respectivas cotas, definindo a melhor equação de correspondência para converter todas as vazões máximas de cheias do arroio Sampaio, em suas

respectivas cotas, definindo-se, em mapa, a cota que melhor expressa o início da APP na área em estudo.

Desse modo, pretende-se possibilitar que o método aplicado possa ser utilizado em outras áreas de bacias hidrográficas que apresentem características semelhantes às do arroio Sampaio, assim como em pontos da própria bacia, ou àquelas em que seja possível adaptá-lo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores obtidos na coleta de dados do posto fluviométrico instalado no arroio Sampaio, apresentados na Tabela 2 permitiram realizar o levantamento estatístico dos resultados, utilizando o método dos mínimos quadrados, a fim de encontrar o coeficiente “a” e o expoente “b” da equação da curva chave, definida para este posto fluviométrico.

Tabela 2 – Valores obtidos na coleta de dados do posto fluviométrico instalado no arroio Sampaio.

Data	Área (m <sup>2</sup> )	Tempo médio (s)	Velocidade (m/s)	Nível (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
26/01/08	14,2200	492,6700	0,0873	1,7500	0,9929
11/05/08	15,8600	324,3300	0,1326	1,9200	1,6822
24/08/08	21,7600	79,3300	0,5420	2,2400	9,4358
20/09/08	15,8600	395,6700	0,1087	1,8500	1,3789
07/09/08	24,7400	53,0000	0,8113	2,4300	16,0577

A equação da curva chave é exponencial e tem a forma mostrada na equação (04). Para determinar as constantes desta equação, a mesma precisou ser linearizada como foi mostrado na equação (05). A Tabela 3 mostra os valores utilizados no processo de linearização para se obter os coeficientes da equação pelo método dos mínimos quadrados.

Tabela 3 – Tratamento estatístico dos valores cota-vazão do posto fluviométrico instalado no arroio Sampaio.

Data	h (m) = X	Q (m <sup>3</sup> /s) = Y	ln h = X <sub>i</sub>	ln Q = Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>	X <sub>i</sub> .Y <sub>i</sub>
26/01/08	1,7500	0,9929	0,5596	-0,0071	0,3132	-0,0040
11/05/08	1,9200	1,6822	0,6523	0,5201	0,4255	0,3393
24/08/08	2,2400	9,4358	0,8065	2,2445	0,6504	1,8101
20/09/08	1,8500	1,3789	0,6152	0,3213	0,3785	0,1976
07/09/08	2,4300	16,0577	0,8879	2,7762	0,7884	2,4650
Somatório Σ			3,5215	5,8549	2,5559	4,8080
Média			0,7043	1,1710	0,5112	0,9616
Somatório quadrado Σ <sup>2</sup>			2,5559	13,1188	1,4669	9,5068
Desvio padrão S			0,1376	1,2513	0,2002	1,1049

Com os valores da Tabela 3 e o uso das equações (07) e (08) foi possível obter:

$$A = -5,1947$$

Sendo  $a = \text{anti ln } A$

$$a = 0,005546 \text{ e } b = 9,0383$$

Desta forma, a equação da curva chave, obtida para esta estação hidrométrica é:

$$Q = 0,005546 \cdot h^{9,0383} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (11)$$

Aplicando os dados da Tabela 3 na equação (09) obtém-se o valor de 0,9877, que representa o grau de confiança que se pode ter na equação (11). Este alto grau de confiabilidade conferido à equação da curva chave fornece a segurança necessária para utilizar esta equação nas medidas de alturas diárias lidas durante o período de 01/01/2007 a 31/03/2008.

Como a equação da curva chave associa a vazão do arroio Sampaio no posto fluviométrico instalado, com o nível de suas águas em um determinado instante, medido neste local, ao se inserir o valor do nível hidrométrico  $h$  medido na equação obtida  $Q = 0,005546 \cdot h^{9,0383}$ , obtém-se o valor da vazão calculada correspondente.

A recuperação dos dados das vazões diárias encontra-se listada no ANEXO I, calculados a partir da leitura diária do nível do arroio.

Outro teste realizado foi a comparação entre as vazões medidas e as vazões calculadas com esta equação, utilizando a mesma altura de nível ocorrida no dia da medição. A confiabilidade nos resultados calculados pela equação, é proporcional à precisão das medidas obtidas em campo.

A Tabela 4 apresenta os valores das vazões observadas e das vazões calculadas através da equação (11) da curva chave onde a cota  $h$  utilizada no cálculo teve a sua leitura efetuada no dia da determinação da vazão medida.

Tabela 4 - Demonstrativo das vazões observadas e calculadas.

Nível (m)	Vazão Observada (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Calculada (m <sup>3</sup> /s)
1,750	0,9929	0,8722
1,920	1,6822	2,0162
2,240	9,4358	8,1213
1,850	1,3789	1,4413
2,430	16,0577	16,9514

O ajuste entre as curvas das vazões observadas e das vazões calculadas é mostrado nos gráficos das Figuras 8 e 9, apresentando-se o índice de confiabilidade de  $R = 0,99$  ou  $R^2 = 0,98$ .

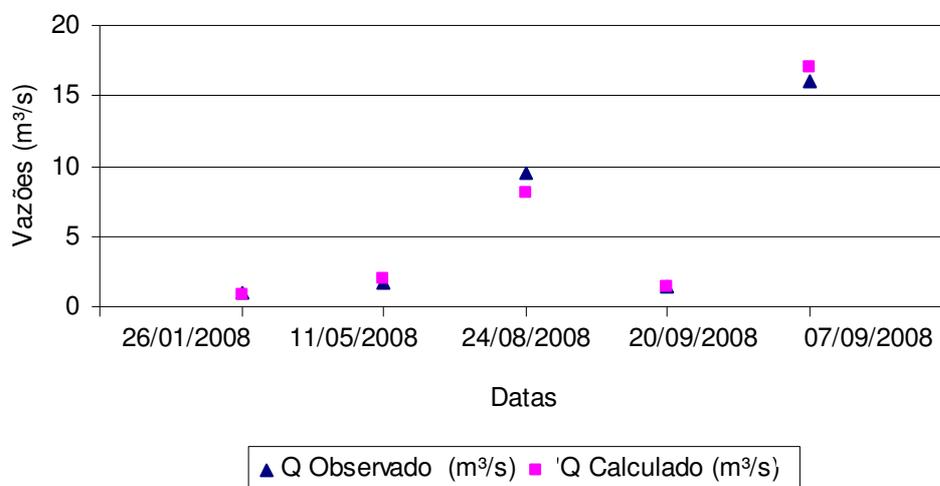


Figura 8 – Comparação entre as vazões observadas e as vazões calculadas, na Estação Fluviométrica do arroio Sampaio, através do *Excel*, mostrando o ajuste, confirmado através do índice de confiabilidade de  $R = 0,99$  ou  $R^2 = 0,98$ .

Na Figura 8 observa-se o gráfico gerado através do programa MS *Excel*, enquanto que na Figura 9 verifica-se a confirmação das informações a partir do *software Lab Fit*, obtendo-se uma curva suave.

$R=0,99$   $R^2=0,98$

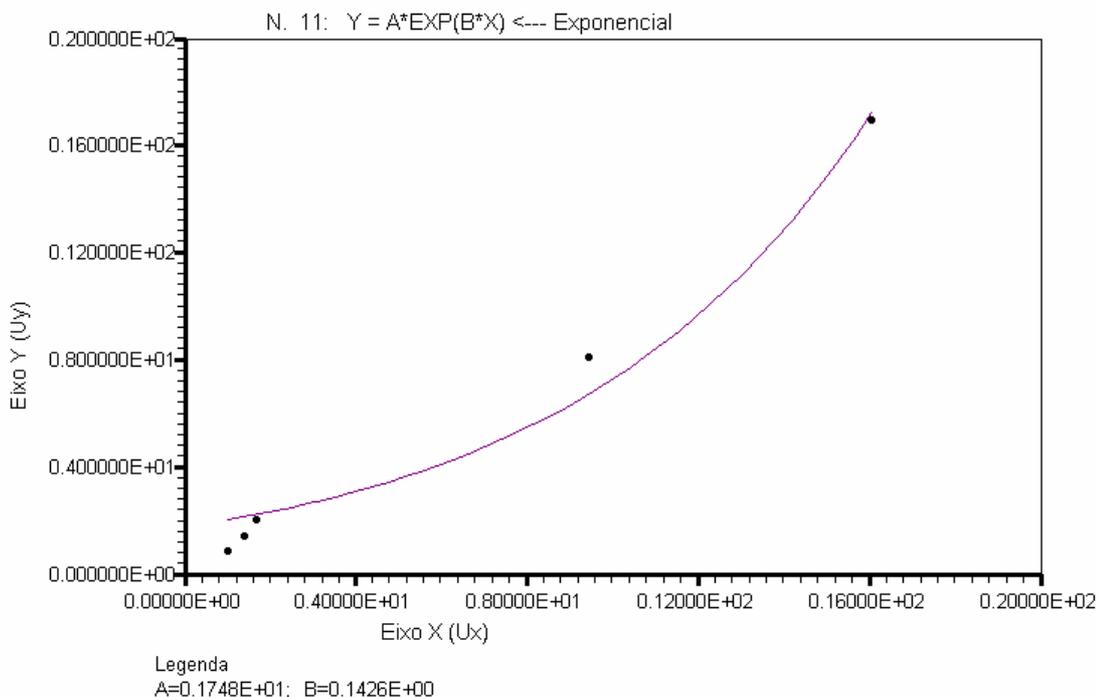


Figura 9 – Comparação entre as vazões observadas e as vazões calculadas, na Estação Fluviométrica do arroio Sampaio, através do *software Lab Fit*, mostrando o ajuste, confirmado através do índice de confiabilidade de  $R = 0,99$  ou  $R^2 = 0,98$ .

O bom ajuste entre as curvas das vazões calculadas e das vazões observadas acrescenta maior confiança nesta equação, permitindo a utilização da mesma para realizar a determinação da média das cheias máximas para o arroio Sampaio, com base nas medidas de altura realizadas diariamente na estação fluviométrica instalada.

A Tabela 5 apresenta as vazões médias mensais calculadas do arroio Sampaio entre os meses de Janeiro de 2007 a Março de 2008. Estes valores foram obtidos através do processamento das cotas diárias transformadas em vazões diárias, mostradas no ANEXO I, e apresentadas de modo sumarizado no ANEXO II, juntamente das médias das leituras mínimas e máximas registradas para o período.

Tabela 5 – Vazões e cotas médias das máximas mensais calculadas medidas do arroio Sampaio, no período compreendido entre janeiro de 2007 a março de 2008.

<b>Mês</b>	<b>Cota Máxima (m)</b>	<b>Q Calculado (m³/s)</b>
Janeiro/2007	1,9500	2,3195
Fevereiro/2007	3,7000	757,8051
Março/2007	2,6000	31,2344
Abril/2007	2,9500	97,8075
Mai/2007	3,0100	117,3296
Junho/2007	2,0700	3,9794
Julho/2007	<b>5,3100</b>	<b>19842,7415</b>
Agosto/2007	2,9200	89,1763
Setembro/2007	<b>5,9200</b>	<b>53021,8830</b>
Outubro/2007	2,0100	3,0504
Novembro/2007	3,3000	269,4415
Dezembro/2007	1,8500	1,4413
Janeiro/2008	1,8000	1,1251
Fevereiro/2008	1,7600	0,9183
Março/2008	1,8200	1,2433
<b>Média</b>	<b>2,8647</b>	<b>4949,4331</b>

Pela Tabela 5 pode-se observar o comportamento do arroio Sampaio, apresentando nível médio das cheias máximas correspondente a 2,86 metros. Foi possível observar que no período analisado o maior nível atingido foi durante os meses de julho e setembro, característicos dos períodos de maior precipitação regional.

Tabela 6 – Médias das cotas e vazões máximas para o período amostrado, no posto fluviométrico instalado.

<b>Leituras</b>	<b>Média - Cota (m)</b>	<b>Média - Q Calculado (m³/s)</b>
Médias	1,9375	217,7874
Mínimas	1,7600	0,9334
Máximas	2,8647	4949,4331

Comparando as informações com os valores apresentados na Tabela 6 com o nível mínimo de 1,76 metros e o nível médio de 1,94 metros, correspondentes ao período de 15 meses, através dos dados obtidos no posto fluviométrico instalado, é possível observar diferença significativa entre os dados médios e máximos, comparados à rápida resposta do arroio a precipitações de curta duração.

Assim, considerando a fonte de incertezas geradas, especialmente nas vazões máximas, como o intervalo de tempo diário, que pode ser pouco adequado para as cheias muito rápidas, frequentes na região, observa-se apropriada a utilização das leituras médias para determinar a cota do início da APP, uma vez que Collischonn (2001) desconsidera os picos das maiores enchentes, por não descreverem bem a geração do escoamento em condições de chuvas de alta intensidade.

Outro fator a ser considerado é que a média das cheias registradas no período não impede a extração de argila de modo ordenado no local de estudo, permitindo a utilização da área em acordo com a faixa de preservação compatível com a legislação, bem definida e localizada, evitando penalizar excessivamente o usuário.

Para definir o ponto inicial de projeção linha física da APP a partir da média das cheias máximas do arroio Sampaio, na área de extração de argila, é necessário relacionar a cota que representa o nível médio da água no posto fluviométrico instalado junto à ponte do arroio Sampaio, com a cota que representa o nível da água no local de estudo, no mesmo levantamento altimétrico.

Através da análise dos dados do posto fluviométrico instalado no arroio Sampaio, encontrou-se como média das alturas máximas mensais alcançadas pelo Arroio, o nível de 2,86 metros.

Considerando que a área de extração mineral está situada a jusante do posto fluviométrico, subtrai-se a declividade entre o nível d'água deste posto fluviométrico, que representa a cota de 45,74 metros do dia do levantamento, com relação à área de extração de argila, correspondente a 9,23 metros, quando atinge-se a cota de 36,51 metros na área de extração, a partir da qual foi projetada a faixa de proteção correspondente a 30 metros, conforme a largura média do arroio Sampaio, correspondente a 10 metros.

Caso a área de estudo estivesse situada a montante do posto fluviométrico de base das informações, a declividade em questão deveria ser acrescida à cota que representa o nível d'água do posto fluviométrico.

A partir da definição da cota do início da APP, definida pelo método das médias das cheias máximas do arroio Sampaio, no período de estudo, obteve-se a projeção apresentada na Figura 10.

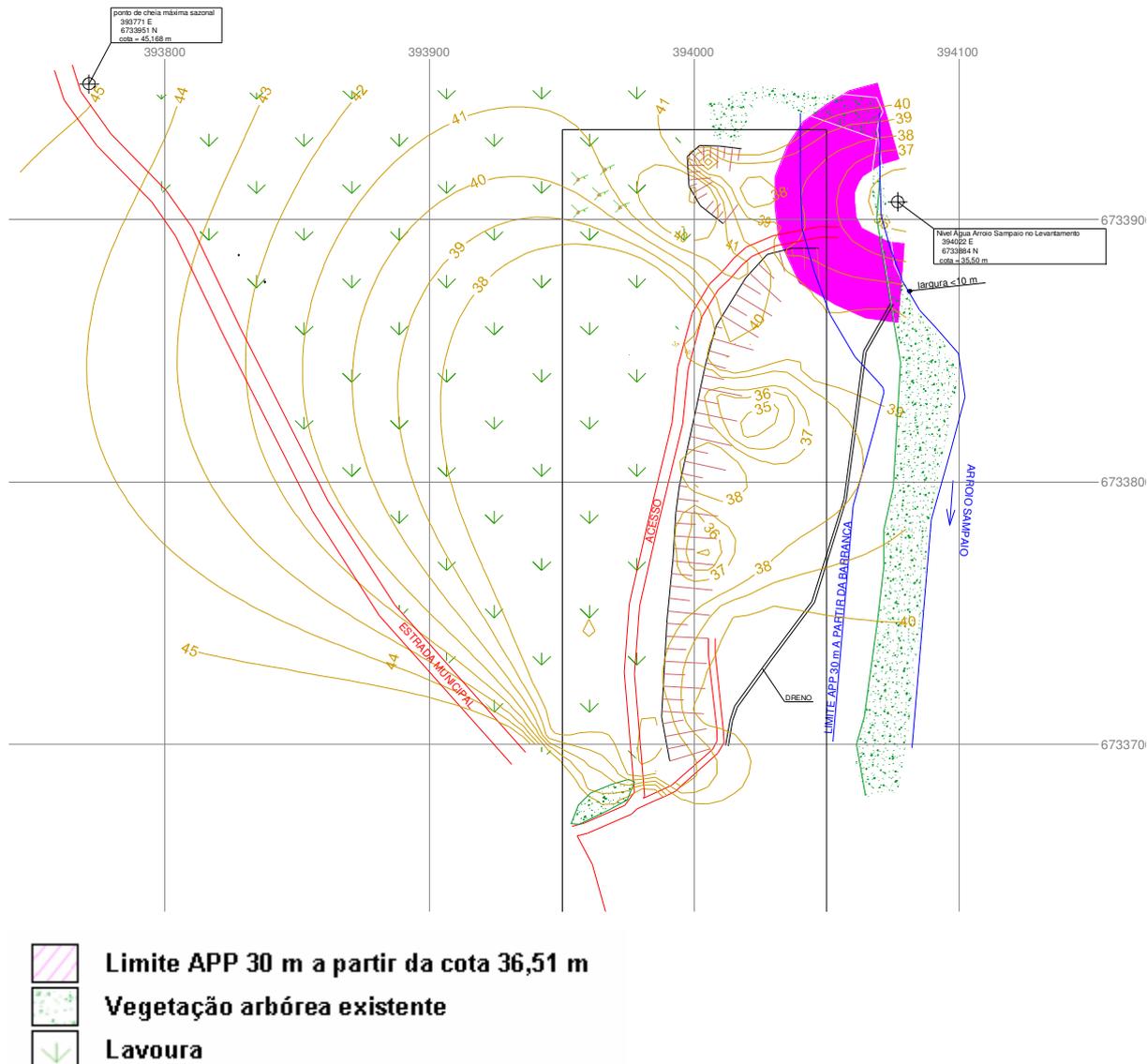


Figura 10 – Levantamento altimétrico da área, com a projeção da APP de 30 metros a partir da cota de 36,51 metros (Fonte: Ana Cláudia Fischer, 2009).

No caso da aplicação prática da Lei n° 4.771 de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965), obtém-se a APP de 30 metros a partir da barranca do arroio Sampaio, que no local estudado praticamente inexistente, assim como pode ser observado na Figura 11.

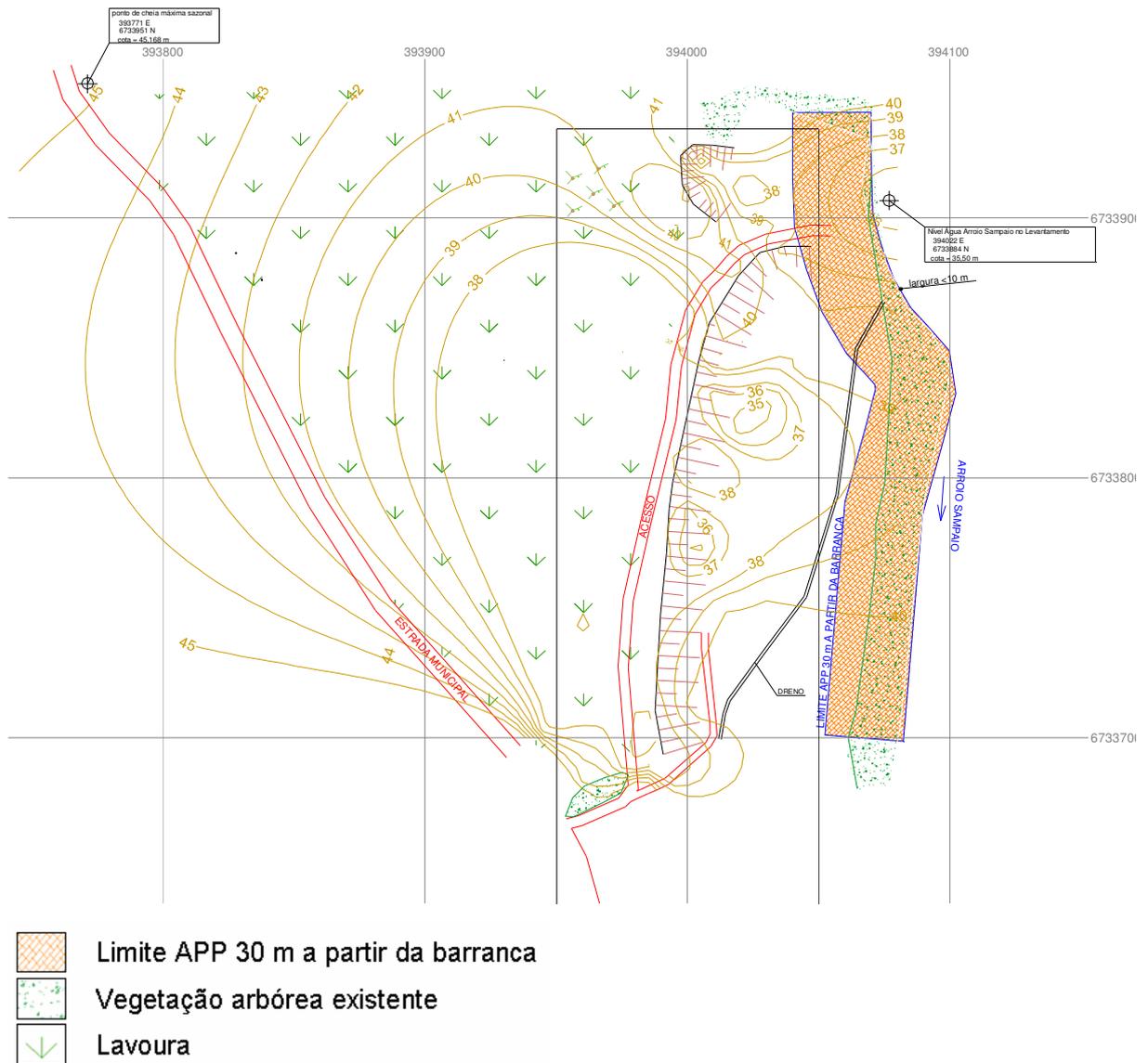


Figura 11 – Levantamento altimétrico da área, com a projeção da APP de 30 metros a partir da barranca do arroio Sampaio (Fonte: Ana Cláudia Fischer, 2009).

Associando as duas propostas sugeridas nas Figuras 10 e 11, observa-se a ausência da delimitação de um limite físico da APP adicional na porção sudeste da área, uma vez que a cota 36,51 metros não está localizada neste local. Por convenção, sugere-se a aplicação de faixa adicional de preservação, a partir do limite médio obtido em metros da projeção de 30 metros a partir da aplicação da Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965), e a projeção de 30 metros a partir da cota de 36,51 metros, obtendo-se a delimitação da faixa de preservação apresentada na Figura 12.

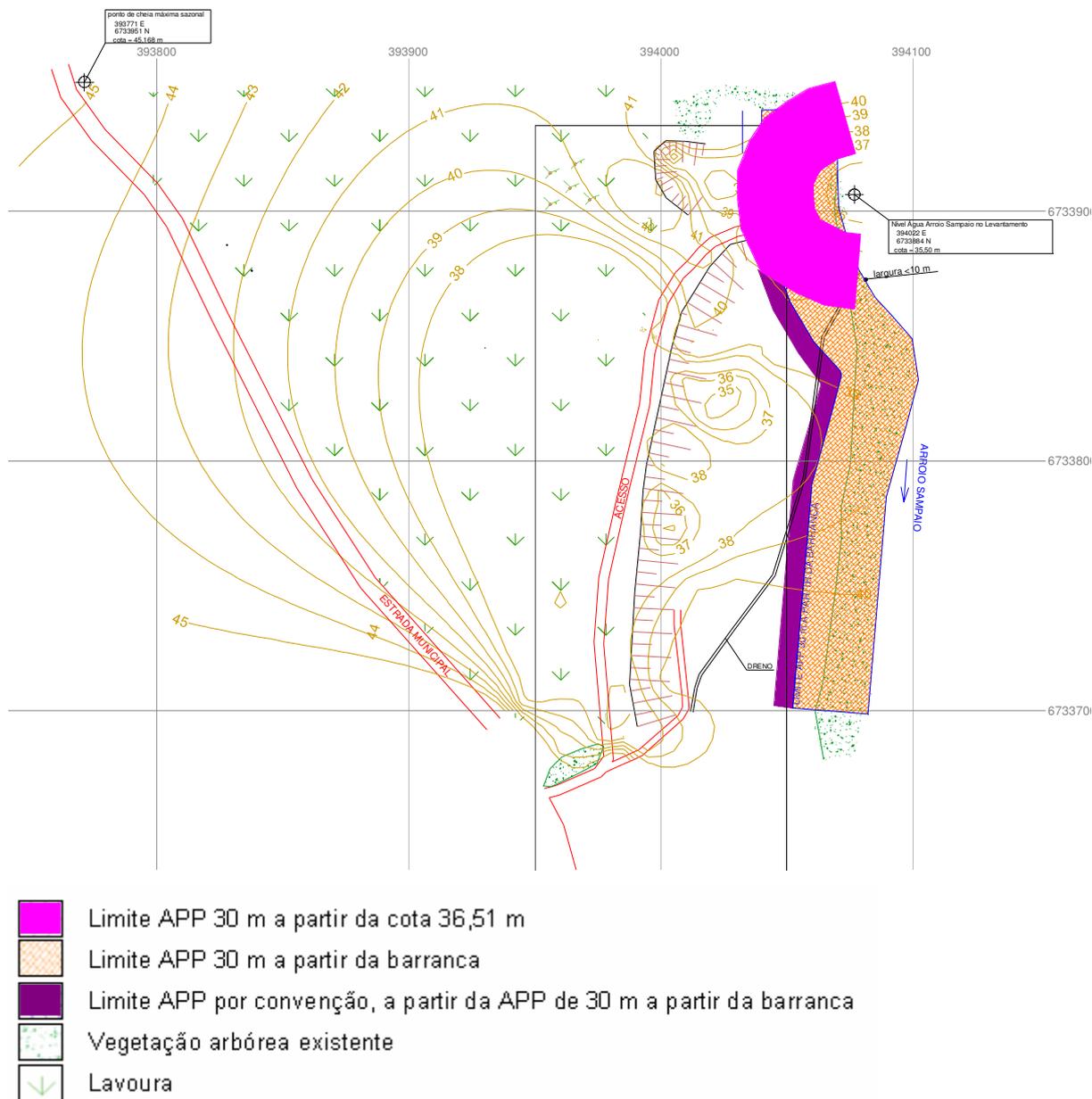


Figura 12 – Levantamento altimétrico da área, com a projeção da APP conforme a aplicação da metodologia apresentada nesta dissertação (Fonte: Ana Cláudia Fischer, 2009).

Diante desta proposta, verifica-se a necessidade de recuperação da área degradada por exploração mineral no passado, que poderá ser executada legalmente, promovendo benefícios ao ambiente da bacia hidrográfica envolvida.

## 5.1 TRANSPOSIÇÃO DAS VAZÕES

Utilizando-se a série histórica de dados da estação fluviométrica de código 86510000, Bruxel *et al* (2006) apresentam a sistematização e o preenchimento das falhas, através do processamento das cheias máximas anuais, para um período superior a 60 anos, apontando uma cota média de longo período igual a 40,41m.

Tabela 7 – Cotas das cheias máximas ocorridas na Estação 86510000, em Muçum/RS, e ajustadas.

<b>Ano</b>	<b>Cotas ocorridas (cm)</b>	<b>Cotas ajustadas (cm)</b>
1940	1512	4379
1941	1680	4547
1942	1185	4052
1943	600	3467
1944	1000	3867
1945	855	3722
1946	1796	4663
1947	680	3547
1948	999	3866
1949	880	3747
1950	1382	4249
1951	816	3683
1952	566	3433
1953	1159	4026
1954	1232	4099
1955	992	3859
1956	1762	4629
1957	1226	4093
1958	1108	3975
1959	1592	4459
1960	1215	4082
1961	1372	4239
1962	350	3217
1963	1250	4117
1964	926	3793
1965	1786	4653
1966	1182	4049
1967	1593	4460
1968	696	3563
1969	754	3621
1970	870	3737
1971	1004	3871
1972	1474	4341
1973	1227	4094
1974	808	3675
1975	1010	3877
1976	1395	4262
1977	1467	4334
1978	867	3734
1979	1068	3935
1980	1293	4160
1981	989	3856
1982	1432	4299
1983	1540	4407
1984	1180	4047
1985	1026	3893
1986	965	3832
1987	1140	4007
1988	1568	4435
1989	1820	4687
1991	1088	3955
1992	1035	3902
1993	1288	4155
1994	1014	3881

<b>Ano</b>	<b>Cotas ocorridas (cm)</b>	<b>Cotas ajustadas (cm)</b>
1995	769	3636
1996	718	3585
1997	1763	4630
1999	716	3583
2000	1481	4348
2001	1975	4842
2002	1432	4299
2003	1364	4231
2004	661	3528
2005	1526	4393
<b>Média</b>		<b>4041</b>

Fonte: BRUXEL *et al* (2006). Página 30.

Para utilizar as cotas de cheias do posto de Muçum, medidas no rio Taquari, como argumento para calcular as cotas de cheia no arroio Sampaio, foi realizada uma análise de consistência das variações dos níveis entre os dois postos fluviométricos. A Tabela 8 apresenta a data de ocorrência e o nível mensal mais alto observados nos postos fluviométricos de Muçum e do arroio Sampaio, para o período de janeiro de 2007 até março de 2008.

Tabela 8 – Ocorrência e nível mensal mais alto observados nos postos fluviométricos de Muçum e do arroio Sampaio, no período estudado.

<b>Período</b>	<b>Nível máximo Estação Muçum (cm)</b>	<b>Dia</b>	<b>Nível máximo Estação Sampaio (cm)</b>	<b>Dia</b>
Janeiro/07	280	14	195	16
Fevereiro/07	890	25	370	22
Março/07	520	18	260	3
Abril/07	396	5	295	13
Mai/07	720	17	301	17
Junho/07	240	29	207	26
Julho/07	1790	10	531	8
Agosto/07	Sem dados	-	292	3
Setembro/07	Sem dados	-	592	23
Outubro/07	Sem dados	-	201	12
Novembro/07	934	2	330	3
Dezembro/07	598	31	185	8
Janeiro/08	480	1	180	4
Fevereiro/08	212	5	176	28
Março/08	190	4	182	11

Fonte: Banco de dados da ANA (2009) e Tabela 5 gerada a partir dos Anexos 1 a 15.

A Figura 13 apresenta a correlação existente entre as variações dos níveis máximos mensais entre estes dois postos fluviométricos.

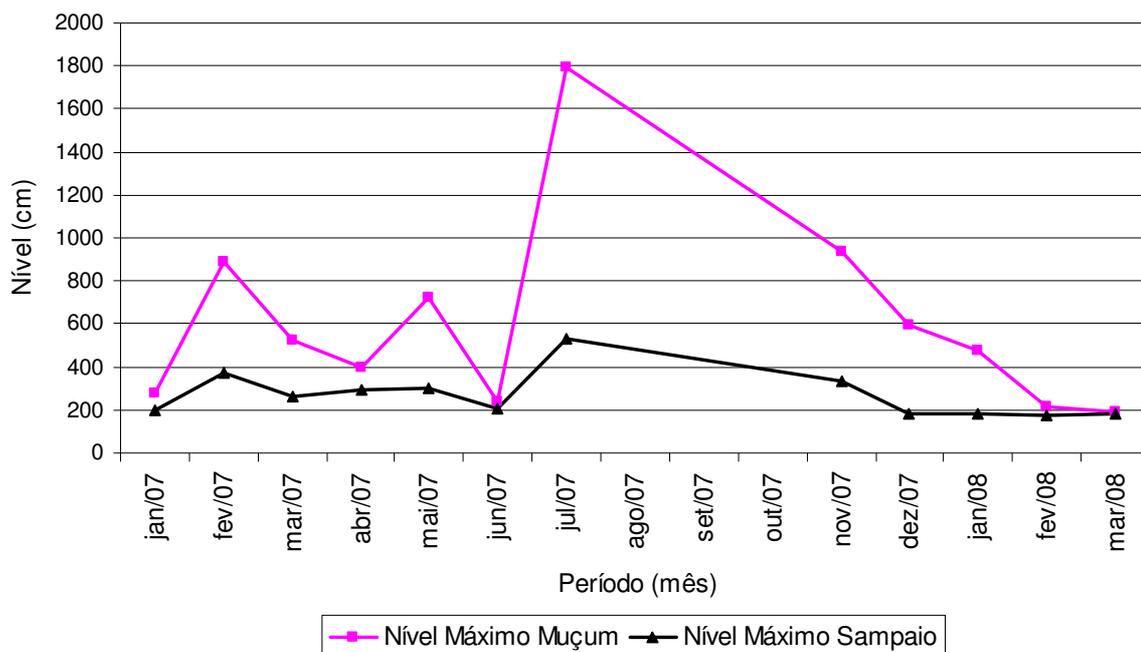


Figura 13 - Correlação existente entre as variações dos níveis máximos mensais entre estes dois postos fluviométricos.

A Figura 13 mostra que o comportamento da variação do nível da água nos dois postos é semelhante, havendo aumento e diminuição proporcional em cada período observado. A diferença entre as variações dos níveis se deve ao fato de que na Estação de Muçum ocorre uma drenagem em uma área de 15.826 Km<sup>2</sup> enquanto que a drenagem no posto do Sampaio é para uma área de 200,78 Km<sup>2</sup>.

Verificado que exista uma correlação de níveis entre estas duas estações, mesmo sendo em corpos líquidos diferentes, mas que pertencem à mesma região hidrológica conforme classificação dada por Tucci (2002), utiliza-se estes dados de níveis para determinar a equação de correlação existente entre os mesmos, empregando a estatística de Gumbel, própria para o tratamento de dados extremos do tipo III.

A Tabela 9 apresenta os dados dos níveis ordenados crescentemente, para ambas as estações.

Tabela 9 - Dados dos níveis ordenados crescentemente, para a estação de Muçum e para a Estação do arroio Sampaio.

Níveis Máximos da Estação de Muçum Ordenadas	Níveis Máximos da Estação de Sampaio Ordenadas
190	176
212	180
240	182
280	185
396	195
480	207

Níveis Máximos da Estação de Muçum Ordenadas	Níveis Máximos da Estação de Sampaio Ordenadas
520	260
598	295
720	301
890	330
934	370
1790	531

A Figura 14 apresenta o gráfico que correlaciona estes dados, assim como o resultado obtido através do tratamento estatístico que fornece a linha de tendência que mais se ajusta ao modelo.

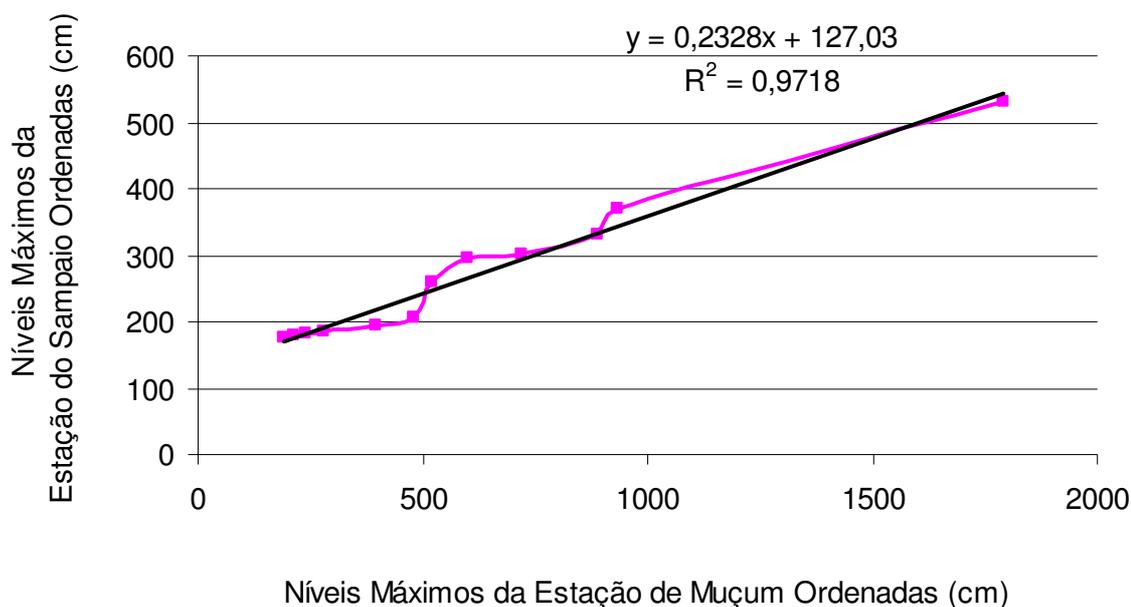


Figura 14 – Correlação dos níveis para a estação de Muçum e para a Estação do arroio Sampaio, através do ordenamento conforme a estatística de Gumbel.

Na Figura 14, a curva é a correlação entre as cotas e em preto, a linha de tendência que melhor se ajustou aos dados, fornecendo um grau de confiabilidade de  $R^2=0,97$  entre eles. A linha de tendência mostra uma correlação linear, assim como a equação apresentada, indicando um comportamento homogêneo entre as variações de níveis nos dois postos.

Mostrado este comportamento linear, pode-se, através da equação linear de correlação, estabelecer quais seriam os níveis alcançados na estação do Sampaio, medidos a partir dos níveis observados na Estação de Muçum. A Tabela 10 apresenta a relação das cotas nos dois postos fluviométricos e a coluna das cotas obtidas para o posto de Sampaio com o emprego da equação de correlação.

Tabela 10 - Relação das cotas nos dois postos fluviométricos e as cotas obtidas para o posto de Sampaio com o emprego da equação de correlação.

Nível medido em Muçum	Nível medido em Sampaio	Nível calculado em Sampaio
190	176	171,26
212	180	176,38
240	182	182,90
280	185	192,21
396	195	219,22
480	207	238,77
520	260	248,09
598	295	266,24
720	301	294,65
890	330	334,22
934	370	344,47
1790	531	543,74

A análise comparativa entre as colunas 2 e 3 mostra que existe uma boa resposta para o nível que ocorre em Sampaio, calculado através do nível observado em Muçum.

No entanto, para a realização desta demonstração, foi necessário implantar uma Estação Fluviométrica em Sampaio e realizar o acompanhamento diário de leituras de níveis durante 15 meses. A proposta oferecida neste trabalho é de utilizar o banco de dados da ANA, associado a algumas medidas de cota e vazão realizadas no local em estudo, ou em local próximo a este, que apresente condições próprias para a medição. Nesta proposta, é possível resgatar as cotas máximas de cheias de ocorrência no local de estudo desde o ano de início da implantação da Estação de Muçum, que está sendo utilizada como referência para este trabalho.

Com este escopo, buscaram-se as cotas máximas anuais que ocorreram na Estação de Muçum, já apresentadas na Tabela 7 e complementadas com as respectivas vazões de ocorrência. A Tabela 11 reproduz as cotas máximas, acrescentadas das respectivas vazões máximas anuais.

Tabela 11 - Cotas máximas, acrescentadas das respectivas vazões máximas anuais, na estação de Muçum.

Ano	Níveis medidos em Muçum (cm)	Níveis ajustados para cotas (cm)	Vazões máximas anuais de Muçum (m <sup>3</sup> /s)
1940	1512	4379	7729
1941	1680	4547	9187
1942	1185	4052	5290
1943	600	3467	1839
1944	1000	3867	3923
1945	855	3722	3240
1946	1796	4663	11593
1947	680	3547	2458
1948	999	3866	4397

<b>Ano</b>	<b>Níveis medidos em Muçum (cm)</b>	<b>Níveis ajustados para cotas (cm)</b>	<b>Vazões máximas anuais de Muçum (m<sup>3</sup>/s)</b>
1949	880	3747	3483
1950	1382	4249	8568
1951	816	3683	3134
1952	566	3433	909
1953	1159	4026	6340
1954	1232	4099	5806
1955	992	3859	4230
1956	1762	4629	11349
1957	1226	4093	3744
1958	1108	3975	6063
1959	1592	4459	9142
1960	1215	4082	6301
1961	1372	4239	6677
1962	350	3217	909
1963	1250	4117	5964
1964	926	3793	3594
1965	1786	4653	11349
1966	1182	4049	5182
1967	1593	4460	8831
1968	696	3563	2242
1969	754	3621	2588
1970	870	3737	3300
1971	1004	3871	4451
1972	1474	4341	7872
1973	1227	4094	5866
1974	808	3675	3193
1975	1010	3877	5047
1976	1395	4262	6812
1977	1467	4334	7847
1978	867	3734	3514
1979	1068	3935	4370
1980	1293	4160	7322
1981	989	3856	3988
1982	1432	4299	8394
1983	1540	4407	7965
1984	1180	4047	5147
1985	1026	3893	4092
1986	965	3832	3700
1987	1140	4007	4864
1988	1568	4435	8204
1989	1820	4687	5348
1991	1088	3955	4505

<b>Ano</b>	<b>Níveis medidos em Muçum (cm)</b>	<b>Níveis ajustados para cotas (cm)</b>	<b>Vazões máximas anuais de Muçum (m<sup>3</sup>/s)</b>
1992	1035	3902	8170
1993	1288	4155	5942
1994	1014	3881	4014
1995	769	3636	2550
1996	718	3585	2278
1997	1763	4630	9943
1999	716	3583	2426
2000	1481	4348	9106
2001	1975	4842	13247
2002	1432	4299	7746
2003	1364	4231	8307
2004	661	3528	2237
2005	1526	4393	8016
<b>Média</b>		<b>4041 cm</b>	<b>5716,3 m<sup>3</sup>/s</b>

Fonte: Adaptado de Bruxel *et al* (2006) e do banco de dados da ANA (2009).

Aplicando a Equação (10) de transposição das vazões, gera-se a Tabela 12, com as vazões máximas anuais de ocorrência na Estação de Sampaio, desde o ano 1940.

Tabela 12 – Transposição para as vazões máximas anuais de ocorrência na Estação de Sampaio, desde o ano 1940.

<b>Ano</b>	<b>Cotas ajustadas (cm)</b>	<b>Vazões máximas anuais de Muçum m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Vazões máximas anuais para Sampaio</b>
1940	4379	7729	98,06
1941	4547	9187	116,55
1942	4052	5290	67,11
1943	3467	1839	23,33
1944	3867	3923	49,77
1945	3722	3240	41,10
1946	4663	11593	147,08
1947	3547	2458	31,18
1948	3866	4397	55,78
1949	3747	3483	44,19
1950	4249	8568	108,70
1951	3683	3134	39,76
1952	3433	909	11,53
1953	4026	6340	80,43
1954	4099	5806	73,66
1955	3859	4230	53,66
1956	4629	11349	143,98
1957	4093	3744	47,50
1958	3975	6063	76,92
1959	4459	9142	115,98
1960	4082	6301	79,94
1961	4239	6677	84,71
1962	3217	909	11,53
1963	4117	5964	75,66

<b>Ano</b>	<b>Cotas ajustadas (cm)</b>	<b>Vazões máximas anuais de Muçum m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazões máximas anuais para Sampaio</b>
1964	3793	3594	45,60
1965	4653	11349	143,98
1966	4049	5182	65,74
1967	4460	8831	112,04
1968	3563	2242	28,44
1969	3621	2588	32,83
1970	3737	3300	41,87
1971	3871	4451	56,47
1972	4341	7872	99,87
1973	4094	5866	74,42
1974	3675	3193	40,51
1975	3877	5047	64,03
1976	4262	6812	86,42
1977	4334	7847	99,55
1978	3734	3514	44,58
1979	3935	4370	55,44
1980	4160	7322	92,89
1981	3856	3988	50,59
1982	4299	8394	106,49
1983	4407	7965	101,05
1984	4047	5147	65,30
1985	3893	4092	51,91
1986	3832	3700	46,94
1987	4007	4864	61,71
1988	4435	8204	104,08
1989	4687	5348	67,85
1991	3955	4505	57,15
1992	3902	8170	103,65
1993	4155	5942	75,38
1994	3881	4014	50,92
1995	3636	2550	32,35
1996	3585	2278	28,90
1997	4630	9943	126,14
1999	3583	2426	30,78
2000	4348	9106	115,53
2001	4842	13247	168,06
2002	4299	7746	98,27
2003	4231	8307	105,39
2004	3528	2237	28,38
2005	4393	8016	101,70
<b>Média</b>	<b>4041 cm</b>	<b>5716,3 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>72,52 m<sup>3</sup>/s</b>

Fonte: Adaptado de Bruxel *et al* (2006) e do banco de dados da ANA (2009).

Assim, a partir das vazões calculadas para o posto de Sampaio, determinam-se os níveis alcançados por ocasião destas vazões, tomando como referência as relações de nível-vazão medidos nesta estação e apresentados na Tabela 2. Através destas relações foi encontrada a equação da curva-chave que forneceu a Equação (10), onde:  $Q = 0,005546 \cdot h^{9,0383}$  (m<sup>3</sup>/s).

Para encontrar o nível de cheias na Estação de Sampaio, entra-se com o valor da vazão máxima anual para Sampaio, apresentada na Tabela 13 e encontra-se a altura do nível correspondente. A Tabela 13 apresenta o resultado da aplicação da Equação (10) para obter o valor do nível correspondente.

Tabela 13 - Vazões máximas e níveis correspondentes para o arroio Sampaio, através da transposição dos dados da estação de Muçum.

<b>Ano</b>	<b>Vazões máximas anuais para Sampaio (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Níveis correspondentes no Sampaio (m)</b>
1940	98,06	2,95
1941	116,55	3,01
1942	67,11	2,83
1943	23,33	2,52
1944	49,77	2,74
1945	41,10	2,68
1946	147,08	3,09
1947	31,18	2,60
1948	55,78	2,77
1949	44,19	2,70
1950	108,70	2,98
1951	39,76	2,67
1952	11,53	2,33
1953	80,43	2,89
1954	73,66	2,86
1955	53,66	2,76
1956	143,98	3,08
1957	47,50	2,72
1958	76,92	2,87
1959	115,98	3,01
1960	79,94	2,88
1961	84,71	2,90
1962	11,53	2,33
1963	75,66	2,87
1964	45,60	2,71
1965	143,98	3,08
1966	65,74	2,82
1967	112,04	2,99
1968	28,44	2,57
1969	32,83	2,61
1970	41,87	2,69
1971	56,47	2,78
1972	99,87	2,96
1973	74,42	2,86
1974	40,51	2,68
1975	64,03	2,81
1976	86,42	2,91
1977	99,55	2,96
1978	44,58	2,70
1979	55,44	2,77
1980	92,89	2,93
1981	50,59	2,74
1982	106,49	2,98
1983	101,05	2,96

<b>Ano</b>	<b>Vazões máximas anuais para Sampaio (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Níveis correspondentes no Sampaio (m)</b>
1984	65,30	2,82
1985	51,91	2,75
1986	46,94	2,72
1987	61,71	2,80
1988	104,08	2,97
1989	67,85	2,83
1991	57,15	2,78
1992	103,65	2,97
1993	75,38	2,87
1994	50,92	2,74
1995	32,35	2,61
1996	28,90	2,58
1997	126,14	3,03
1999	30,78	2,60
2000	115,53	3,00
2001	168,06	3,13
2002	98,27	2,95
2003	105,39	2,97
2004	28,38	2,57
2005	101,70	2,96
<b>Média</b>	<b>72,52</b>	<b>2,82</b>

A Tabela 13 indica que o nível médio alcançado pelas cheias máximas anuais na Estação do Arroio Sampaio, obtido através da transposição das vazões máximas anuais de longo período da Estação Fluviométrica de Muçum, forneceu o valor de 2,82 metros de altura. Comparando-se este resultado com o valor do nível médio das cheias, para a mesma Estação do arroio Sampaio, mostrado na Tabela 5, que apresenta um resultado de 2,86 metros de altura, pode-se concluir que as duas medidas obtidas através dos diferentes métodos, fornecem a mesma resposta.

No local da Estação Fluviométrica do arroio Sampaio o nível zero da régua corresponde a cota altimétrica de 42,88 metros. Portanto, a média das cheias máximas anuais alcançam a cota de 45,70 metros. Realizando a transposição de cotas para o local em estudo, considerando a existência de um desnível de 9,23 metros entre estes dois locais, a cota alcançada pelas médias das cheias de longo período no local em estudo é de 36,47 metros.

O resultado 2,86 metros apresentado na Tabela 5 foi obtido mediante a instalação de uma Estação Fluviométrica, com acompanhamento diário para leituras de níveis durante 15 meses e cinco medições de batimetria e velocidade do fluxo. Já o resultado de 2,82 metros, apresentado na Tabela 13, foi obtido através da utilização do banco de dados da ANA, que cobrem um período de 65 anos, e as cinco medidas de batimetria e velocidade de fluxo.

Assim, é possível observar que a diferença entre as cotas obtidas, de 36,51 metros, determinada a partir dos dados da estação fluviométrica instalada no arroio Sampaio, para a cota de 36,47 metros obtida a partir da transposição de dados, é insignificante.

O presente resultado mostra que os dois processos de obtenção do nível médio das cheias máximas fornecem o mesmo resultado, porém, o processo que utiliza a transposição de vazões apresenta as seguintes vantagens:

- Proporciona maior economia;
- Demanda menos tempo para obtenção dos resultados;
- Comprova que é desnecessário implantar uma estação fluviométrica no local de estudo;
- Não possibilita riscos de erros de leitura das réguas;
- Consiste de um longo período hidrológico;
- Permite maior confiabilidade, a partir da utilização dos dados da ANA.

## 6 CONCLUSÕES

A partir da análise dos dados e dos resultados obtidos, foi possível concluir que:

- O mapeamento da faixa de preservação permanente do arroio Sampaio, na área de estudo, a partir da análise dos níveis máximos atingidos pelo arroio Sampaio, considerando a aplicação da Resolução CONAMA n° 303 de 2002 apresenta maior projeção da faixa de preservação permanente quando se utiliza o critério da utilização da média dos níveis máximos mensais medidos no arroio Sampaio, considerando o fator histórico deste recurso hídrico, devido à altimetria apresentada pela área de estudo, atualmente utilizada pela atividade de extração de argila;
- A correlação entre as cotas e vazões na área de estudo é bastante significativa, com base nos resultados obtidos, sendo possível utilizar as informações obtidas para trabalhos futuros, envolvendo a bacia hidrográfica do arroio Sampaio;
- Apesar do comportamento hidrológico do arroio Sampaio possuir características distintas do rio Taquari, neste trabalho foi possível transpor as vazões obtidas a partir da estação fluviométrica instalada e da estação da Agência Nacional das Águas (ANA), situada em Muçum, e verificar que a partir da regionalização dos dados, as informações se ajustam, com  $R^2$  correspondente a 0,97, conforme a Figura 14, podendo-se aplicar a metodologia apresentada aos trabalhos de licenciamento ambiental que necessitam definir a cota do limite inferior da APP.

Através dos resultados deste trabalho, foi possível observar que quando houver alguma área de extração próxima de APP, sempre haverá um conflito de bens e de atividades de interesse comum, não devendo um interesse se sobrepor a

outro, respeitando o princípio da precaução, através da conciliação entre a preservação do ambiente natural, protegido por lei e o uso racional do bem mineral, necessário à condição da vida humana.

## **6.1 PROPOSTAS**

A partir da discussão dos resultados e das conclusões desta dissertação, sugere-se uma série de propostas, que podem aprimorar o método apresentado e trazer melhorias aos ambientes naturais de atividades que envolvam a exploração mineral próximo aos recursos hídricos, onde torna-se necessária a apresentação de estudos mais elaborados, permitindo a conciliação da exploração do bem mineral e, sobretudo, a preservação do ambiente natural.

Seguem as propostas para trabalhos futuros:

- Delimitar, fisicamente, além da faixa de início da APP, as áreas de riscos de inundações, diante da realidade de diversos municípios localizados em planícies de inundação, associando estudos com dados históricos disponíveis, através de sua relação com os sistemas de alerta de enchentes;
- Instalar uma estação pluviométrica na região de influência direta do arroio Sampaio, a fim de permitir a apresentação de dados pluviométricos pontuais do local estudado;
- Correlacionar as precipitações e as vazões, utilizando-se as séries históricas das Estações Pluviométricas da região;
- Manter e monitorar a estação fluviométrica do arroio Sampaio, através da continuidade das leituras diárias de níveis, para a correlação das vazões em um intervalo de tempo maior do que o estudado no presente trabalho;
- Comparar os resultados obtidos com o método empregado por Silveira (2001), que determina uma nova alternativa à estimativa de potencialidades hídricas fluviais de pequenas bacias hidrográficas sem dados fluviométricos, a partir da medição expedita de vazões num curto período de estiagem e sua simulação por um balanço hídrico diário;
- Criar um programa de recomposição da vegetação ciliar, através de convênio com os municípios que integram a bacia hidrográfica do arroio Sampaio;
- Aplicar a metodologia apresentada para a definição do nível médio das cheias máximas sazonais na bacia do rio Taquari, ou em parcelas desta,

de modo a permitir o planejamento de novas áreas de exploração mineral, principalmente a partir do processo de descentralização do licenciamento ambiental municipal para aquelas atividades, cujo impacto é estritamente local, que estão descritas no Anexo I da Resolução n° 102 de 24 maio de 2005 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), e nas atividades adicionadas na Resolução CONSEMA n° 110 de 21 de outubro de 2005 e na Resolução CONSEMA n° 111 de 21 de outubro de 2005, bem como nas adições relativas ao licenciamento de atividades de mineração descritas pela Resolução CONSEMA n° 168 de 19 de outubro de 2007;

- Realizar seminários de atualização, envolvendo os Conselhos Municipais de meio ambiente, universidades, entre outras entidades voltadas ao desenvolvimento regional, diante da necessidade de atualização de informação para as equipes técnicas responsáveis pelas liberações de novas áreas de extração mineral de argila e até mesmo outros minerais e atividades relacionadas, uma vez que se faz necessária a apresentação da interpretação da legislação ambiental de modo a permitir a viabilidade ou até mesmo a inviabilidade de novos empreendimentos;
- Apresentar propostas que estabeleçam os limites da APP, sendo proporcionais ao tempo de solicitação de uso da área e o período de retorno, conforme utilizado por Scartazzini *et al* (2007), em uma área de extração mineral de argila, situada na bacia hidrográfica do rio Caí;
- Aplicar a metodologia apresentada para a definição do nível médio das cheias máximas sazonais na bacia do rio Forqueta, uma vez que está envolvido com os processos de cheias na região do Vale do Taquari e é uma bacia com carência de dados históricos de vazões e precipitações;
- Analisar os dados da ANA, referentes ao período de estudo em questão, após a sua disponibilidade ao acesso público, comparando-os aos dados extra-oficiais, disponibilizados pela mesma, antes da aplicação de modelagem para a verificação da consistência destes dados pela ANA. Parte da metodologia da presente dissertação havia utilizado os dados extra-oficiais a fim de obter os valores utilizados pela ANA para a determinação da curva chave da Estação de Muçum, não tendo sido aplicada, uma vez que foi comprovada a inconsistência dos dados que fazem parte das informações fornecidas pelo órgão nacional.

Oportunamente, os dados estão à disposição para consulta no Anexo 21, para facilitar futuras comparações de dados.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Brasília. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 05 fev. 2009.

BATTISTI, S.M.; THUM, A.B.; VERONEZ, M. R. Coordenadas Levantadas com Estação Total e Receptores GPS/GLONASS em Vértices Localizados Próximo a Curso D'água com Vegetação não muito Densa. **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. UFSC. Florianópolis. 2008.

BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de Setembro de 1965. Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 set. 1965. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=311>>. Acesso em 05 fev. 2009.

BRASIL. Resolução do CONAMA nº 303 de 20 de Março de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 13 maio 2002. Seção 1, p. 68. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>>. Acesso em 05 fev. 2009.

BRASIL. Resolução do CONAMA nº 369 de 28 de Março de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, 29 mar. 2006. Seção 1, p. 150-151. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>>. Acesso em 05 fev. 2009.

BRUXEL, M., JASPER, A.; SCARTAZZINI, L. S. Utilização de Cotas de Médias de Cheias para a Definição de Limites Inferiores de Áreas de Preservação Permanente, Associadas a Cursos D'água. **Revista de Tecnologia e Tendências do Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas**, Novo Hamburgo, ano 5, v. 6, n. 2, p. 22-32. 2006.

CAUDURO, F. A.; DORFMAN, R. **Manual de Ensaio de Laboratório para Irrigação e Drenagem**. Ed. Palotti, Porto Alegre. 216 p. 1988.

COLLISCHON, W.; TUCCI, C. M. Simulação Hidrológica de Grandes Bacias. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 6, n. 01, p. 95-118. Jan./Mar. 2001.

COLLISCHON, W. **Simulação Hidrológica de Grandes Bacias**. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 270 f. 2001.

DNAEE. Divisão de Controle de Recursos Hídricos. **Glossário de Termos Hidrológicos**. Brasília, 291p. 1983.

ELETROBRÁS e DNAEE. **Manual de Microcentrais Hidroelétricas**. Publicação do Ministério de Minas e Energia, Brasília. 1985.

ELETROBRÁS e DNAEE. **Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Publicação do Ministério de Minas e Energia, Brasília. 1982.

FISCHER, A. C.; HAETINGER, C.; SCARTAZZINI, L. S.; PÉRICO, E.; POCOS, J. C.; RAMOS, R. Aplicação do Critério de Interpolação das Médias das Cheias Anuais para Definir o Limite Inferior da Área de Preservação Permanente para Extração Mineral de Argila em um Trecho do Rio Caí, RS. (*Submetido*)

GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 7ª ed. Rio de Janeiro, IBGE, 446p. 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.  
<[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc\\_est.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc_est.shtm)>.  
Acessado em: 05 fev. 2009.

INCRA. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Divisão de Ordenamento Territorial – SDTT Gerência de Cartografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto 1ª Edição. Novembro 2003. Disponível em: <<http://200.252.80.5/Cartografia/download/Norma%20T%C3%A9cnica.pdf>>, acessado em 05 fev. 2009.

JACCON, G.; CUDO, K. J. **Curva chave, Análise e Traçado**. Brasília, DNAEE, 273 p. 1989.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: R.R. Rodrigues, & H.F. Leitão Filho (orgs.). **Matas Ciliares Conservação e Recuperação**. São Paulo, EDUSP, p. 33-44. 2000.

PAIVA, J.B.D. e PAIVA, E.M.C. (org.). **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. Ed. ABRH, Porto Alegre. 628 p. 2003.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: E. Rodrigues, 327 p. 2001.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Resolução CONSEMA n° 102 de 24 maio de 2005. **Secretaria Estadual do Meio Ambiente**. Porto Alegre, 2005. Disponível em <[http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/consema\\_resolucao\\_lista.jsp](http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/consema_resolucao_lista.jsp)>. Acessado em 05 fev. 2009.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Resolução CONSEMA n° 110 de 21 de outubro de 2005. **Secretaria Estadual do Meio Ambiente**. Porto Alegre, 2005. Disponível em <[http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/consema\\_resolucao\\_lista.jsp](http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/consema_resolucao_lista.jsp)>. Acessado em 05 fev. 2009.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Resolução CONSEMA n° 111 de 21 de outubro de 2005. **Secretaria Estadual do Meio Ambiente**. Porto Alegre, 2005. Disponível em <[http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/consema\\_resolucao\\_lista.jsp](http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/consema_resolucao_lista.jsp)>. Acessado em 05 fev. 2009.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Resolução CONSEMA n° 168 de 19 de outubro de 2007. **Secretaria Estadual do Meio Ambiente**. Porto Alegre, 2007. Disponível em <[http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/consema\\_resolucao\\_lista.jsp](http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/consema_resolucao_lista.jsp)>. Acessado em 05 fev. 2009.

SCARTAZZINI, L. S. Potencial Hidroenergético da Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho - RS. UNISC, Santa Cruz do Sul, 133 p. 1995.

SCARTAZZINI, L. S.; LIVI, F. Potencial Hidroenergético do Alto Rio Pelotas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, out./dez. 1999.

SCARTAZZINI, L.S.; RUSCHEL, A. R. Avaliação Qualitativa e Quantitativa da Água do Arroio Sampaio. **Revista de Tecnologia da ULBRA**, Canoas. v. 1, n. 2, p. 59-80. 2000.

SCARTAZZINI, L. S. ; FISCHER, A. C. ; KAUTZMANN, R. M. . Critérios Para Delimitar Áreas de Preservação Permanente em Rios de Planície de Inundação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre. v. 13, n.3, p. 83-91. 2008.

SCARTAZZINI, L. S. ; SILVA, J. T. V. ; CONSUL, R. A. ; FISCHER, A. C. Critérios para Delimitar Áreas de Preservação Permanente, em Rios onde Ocorrem Cheias. **Caesura (ULBRA)**, 2007. *(to appear)*

SCHREINER, O. H. **Avaliação da disponibilidade de água na Bacia Hidrográfica do Rio Botucarai para atender à demanda do arroz irrigado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia: Energia, Ambiente e Materiais) - Universidade Luterana do Brasil. 2003.

SILVA, Wilton P.; SILVA, Cleide M. D. P. S. **LAB Fit Ajuste de Curvas (Regressão não-Linear e Tratamento de Dados)** V 7.2.14 c (2003-2004). Disponível em: <[http://www.zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/index\\_p.htm](http://www.zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/index_p.htm)>. Acessado em 25 fev. 2009.

SILVEIRA. G. L. **Quantificação de vazão em pequenas bacias hidrográfica com dados escassos**. Tese de Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 1997.

SILVESTRE, M. Mineração em área de preservação permanente: intervenção possível e necessária. 1 ed. Signus Editora, São Paulo. 153 p. 2007.

STRAHLER, A. A. **Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology**. Am. Geophys. Union Transaction 38, p. 913-920, 1975.

Topo EVN, *Software*. Versão 6.0. EVN Automação Topográfica Ltda. Registro n. 5618.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3 ed. Ed. da UFRGS/ABRH, Porto Alegre. 943 p. 2002.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. 2 ed. Ed. da UFRGS, Porto Alegre. 678 p. 2005.

WINGE, M. *et. al.* **Glossário Geológico Ilustrado**. Publicado na Internet: <<http://www.unb.br/ig/glossario/>>. Acessado em 02 fev 2009. 2001.

## **8 ANEXOS**

Anexo 1 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Janeiro/2007.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/01/07	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
02/01/07	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
03/01/07	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
04/01/07	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
05/01/07	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
06/01/07	1,8000	1,1251
07/01/07	1,8000	1,1251
08/01/07	1,7800	1,0171
09/01/07	1,7800	1,0171
10/01/07	1,7900	1,0699
11/01/07	1,8000	1,1251
12/01/07	1,8000	1,1251
13/01/07	1,8000	1,1251
14/01/07	1,7700	0,9666
15/01/07	1,7700	0,9666
16/01/07	1,7700	0,9666
17/01/07	1,7600	0,9183
18/01/07	1,7600	0,9183
19/01/07	1,7500	0,8722
20/01/07	1,7500	0,8722
21/01/07	1,7500	0,8722
22/01/07	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
23/01/07	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
24/01/07	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
25/01/07	1,9000	1,8342
26/01/07	<b>1,9500</b>	<b>2,3195</b>
27/01/07	1,8600	1,5133
28/01/07	1,8000	1,1251
29/01/07	1,7700	0,9666
30/01/07	1,7700	0,9666
31/01/07	1,7700	0,9666
<b>Média</b>	<b>1,7797</b>	<b>1,0452</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
<b>Máxima</b>	<b>1,9500</b>	<b>2,3195</b>

Anexo 2 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Fevereiro/2007.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m³/s)</b>
01/02/07	1,7500	0,8722
02/02/07	1,7500	0,8722
03/02/07	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
04/02/07	1,8500	1,4413
05/02/07	1,7800	1,0171
06/02/07	1,7700	0,9666
07/02/07	1,7700	0,9666
08/02/07	1,7600	0,9183
09/02/07	1,7600	0,9183
10/02/07	1,7600	0,9183
11/02/07	2,3000	10,3130
12/02/07	2,7000	43,9314
13/02/07	1,9000	1,8342
14/02/07	1,8600	1,5133
15/02/07	1,8000	1,1251
16/02/07	1,7700	0,9666
17/02/07	1,7700	0,9666
18/02/07	1,7700	0,9666
19/02/07	1,7500	0,8722
20/02/07	1,7500	0,8722
21/02/07	1,7500	0,8722
22/02/07	<b>3,7000</b>	<b>757,8051</b>
23/02/07	2,8000	61,0279
24/02/07	1,7800	1,0171
25/02/07	1,7800	1,0171
26/02/07	1,7600	0,9183
27/02/07	1,7600	0,9183
28/02/07	1,7500	0,8722
<b>Média</b>	<b>1,9336</b>	<b>32,0546</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
<b>Máxima</b>	<b>3,7000</b>	<b>757,8051</b>

Anexo 3 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Março/2007.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/03/07	1,7800	1,0171
02/03/07	2,5600	27,1503
03/03/07	2,6000	31,2344
04/03/07	2,0800	4,1565
05/03/07	1,9500	2,3195
06/03/07	1,9500	2,3195
07/03/07	1,8400	1,3724
08/03/07	1,8400	1,3724
09/03/07	2,2500	8,4550
10/03/07	2,2300	7,7994
11/03/07	1,9700	2,5436
12/03/07	1,9700	2,5436
13/03/07	1,9300	2,1132
14/03/07	1,9000	1,8342
15/03/07	2,0000	2,9159
16/03/07	2,1500	5,6061
17/03/07	2,1000	4,5320
18/03/07	2,0500	3,6451
19/03/07	1,9000	1,8342
20/03/07	1,8700	1,5884
21/03/07	1,8500	1,4413
22/03/07	1,8200	1,2433
23/03/07	1,9000	1,8342
24/03/07	1,9500	2,3195
25/03/07	1,8900	1,7487
26/03/07	1,8700	1,5884
27/03/07	1,8700	1,5884
28/03/07	1,8500	1,4413
29/03/07	1,8000	1,1251
30/03/07	1,7900	1,0699
31/03/07	0,0000	0,0000
<b>Média</b>	<b>1,9837</b>	<b>4,3918</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7800</b>	<b>1,0171</b>
<b>Máxima</b>	<b>2,6000</b>	<b>31,2344</b>

Anexo 4 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Abril/2007.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/04/07	2,1900	6,6224
02/04/07	2,1500	5,6061
03/04/07	2,1100	4,7309
04/04/07	1,9000	1,8342
05/04/07	1,8500	1,4413
06/04/07	1,8500	1,4413
07/04/07	2,3500	12,5257
08/04/07	2,1700	6,0954
09/04/07	2,1200	4,9374
10/04/07	2,0100	3,0504
11/04/07	2,0100	3,0504
12/04/07	2,8000	61,0279
13/04/07	2,9500	97,8075
14/04/07	2,9200	89,1763
15/04/07	2,2000	6,9008
16/04/07	2,0300	3,3360
17/04/07	1,9500	2,3195
18/04/07	1,9300	2,1132
19/04/07	1,9300	2,1132
20/04/07	1,9200	2,0162
21/04/07	1,9200	2,0162
22/04/07	1,9200	2,0162
23/04/07	1,9000	1,8342
24/04/07	1,9000	1,8342
25/04/07	1,9100	1,9233
26/04/07	1,9100	1,9233
27/04/07	1,9000	1,8342
28/04/07	1,8800	1,6669
29/04/07	1,8800	1,6669
30/04/07	1,8800	1,6669
<b>Média</b>	<b>2,0780</b>	<b>11,2176</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,8500</b>	<b>1,4413</b>
<b>Máxima</b>	<b>2,9500</b>	<b>97,8075</b>

Anexo 5 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Maio/2007.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/05/07	1,8800	1,6669
02/05/07	1,9600	2,4293
03/05/07	1,9600	2,4293
04/05/07	1,9400	2,2142
05/05/07	1,9400	2,2142
06/05/07	1,8500	1,4413
07/05/07	1,8300	1,3064
08/05/07	1,8300	1,3064
09/05/07	1,8000	1,1251
10/05/07	1,8000	1,1251
11/05/07	<b>1,7900</b>	<b>1,0699</b>
12/05/07	<b>1,7900</b>	<b>1,0699</b>
13/05/07	1,8700	1,5884
14/05/07	1,9500	2,3195
15/05/07	2,0200	3,1903
16/05/07	2,5000	21,9120
17/05/07	<b>3,0100</b>	<b>117,3296</b>
18/05/07	2,9100	86,4538
19/05/07	2,0400	3,4875
20/05/07	1,9800	2,6627
21/05/07	1,9000	1,8342
22/05/07	1,8700	1,5884
23/05/07	2,0900	4,3407
24/05/07	1,9200	2,0162
25/05/07	1,8500	1,4413
26/05/07	1,8500	1,4413
27/05/07	1,8400	1,3724
28/05/07	1,8400	1,3724
29/05/07	1,8300	1,3064
30/05/07	1,8300	1,3064
31/05/07	1,8000	1,1251
<b>Média</b>	<b>1,9765</b>	<b>8,9512</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7900</b>	<b>1,0699</b>
<b>Máxima</b>	<b>3,0100</b>	<b>117,3296</b>

Anexo 6 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Junho/2007.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/06/07	1,7900	1,0699
02/06/07	1,7900	1,0699
03/06/07	1,7900	1,0699
04/06/07	1,7800	1,0171
05/06/07	1,7800	1,0171
06/06/07	<b>1,7600</b>	<b>0,9183</b>
07/06/07	1,7900	1,0699
08/06/07	1,8500	1,4413
09/06/07	1,8500	1,4413
10/06/07	1,8200	1,2433
11/06/07	1,8000	1,1251
12/06/07	1,7800	1,0171
13/06/07	1,7700	0,9666
14/06/07	1,7700	0,9666
15/06/07	1,8400	1,3724
16/06/07	1,9000	1,8342
17/06/07	1,8700	1,5884
18/06/07	1,8700	1,5884
19/06/07	1,8600	1,5133
20/06/07	1,8400	1,3724
21/06/07	1,8400	1,3724
22/06/07	1,8500	1,4413
23/06/07	1,8500	1,4413
24/06/07	1,8400	1,3724
25/06/07	1,9900	2,7868
26/06/07	<b>2,0700</b>	<b>3,9794</b>
27/06/07	2,0300	3,3360
28/06/07	2,0300	3,3360
29/06/07	2,0200	3,1903
30/06/07	2,0000	2,9159
<b>Média</b>	<b>1,8607</b>	<b>1,6625</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7600</b>	<b>0,9183</b>
<b>Máxima</b>	<b>2,0700</b>	<b>3,9794</b>

Anexo 7 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Julho/2007.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/07/07	1,9800	2,6627
02/07/07	1,9600	2,4293
03/07/07	1,9000	1,8342
04/07/07	1,8700	1,5884
05/07/07	1,8500	1,4413
06/07/07	1,8400	1,3724
07/07/07	2,4500	18,2549
08/07/07	<b>5,3100</b>	<b>19842,7415</b>
09/07/07	5,2200	17002,0454
10/07/07	4,0500	1715,3020
11/07/07	4,0000	1533,1290
12/07/07	2,8000	61,0279
13/07/07	2,7000	43,9314
14/07/07	3,9000	1219,5486
15/07/07	2,8500	71,6150
16/07/07	2,4000	15,1511
17/07/07	2,2300	7,7994
18/07/07	1,9800	2,6627
19/07/07	<b>1,7900</b>	<b>1,0699</b>
20/07/07	1,8500	1,4413
21/07/07	1,8500	1,4413
22/07/07	3,3000	269,4415
23/07/07	2,0500	3,6451
24/07/07	2,0000	2,9159
25/07/07	2,0000	2,9159
26/07/07	1,9800	2,6627
27/07/07	1,9800	2,6627
28/07/07	1,9700	2,5436
29/07/07	1,9700	2,5436
30/07/07	1,9700	2,5436
31/07/07	0,0000	0,0000
<b>Média</b>	<b>2,5333</b>	<b>1394,6788</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7900</b>	<b>1,0699</b>
<b>Máxima</b>	<b>5,3100</b>	<b>19842,7415</b>

Anexo 8 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Agosto/2007.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/08/07	2,6500	37,1025
02/08/07	2,6900	42,4825
03/08/07	<b>2,9200</b>	<b>89,1763</b>
04/08/07	2,5200	23,5482
05/08/07	2,4500	18,2549
06/08/07	2,2200	7,4890
07/08/07	2,6800	41,0762
08/08/07	2,0100	3,0504
09/08/07	1,9600	2,4293
10/08/07	1,9000	1,8342
11/08/07	1,9000	1,8342
12/08/07	1,8900	1,7487
13/08/07	1,8800	1,6669
14/08/07	1,8800	1,6669
15/08/07	1,8600	1,5133
16/08/07	1,8600	1,5133
17/08/07	1,8500	1,4413
18/08/07	2,1000	4,5320
19/08/07	2,0800	4,1565
20/08/07	2,0200	3,1903
21/08/07	1,9500	2,3195
22/08/07	1,9300	2,1132
23/08/07	1,8900	1,7487
24/08/07	1,8600	1,5133
25/08/07	1,8400	1,3724
26/08/07	1,9800	2,6627
27/08/07	2,2000	6,9008
28/08/07	2,0300	3,3360
29/08/07	1,9100	1,9233
30/08/07	<b>1,8000</b>	<b>1,1251</b>
31/08/07	<b>1,8000</b>	<b>1,1251</b>
<b>Média</b>	<b>2,0810</b>	<b>10,1886</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,8000</b>	<b>1,1251</b>
<b>Máxima</b>	<b>2,9200</b>	<b>89,1763</b>

Anexo 9 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Setembro/2007.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/09/07	1,8000	1,1251
02/09/07	1,7900	1,0699
03/09/07	1,7900	1,0699
04/09/07	1,8200	1,2433
05/09/07	1,8200	1,2433
06/09/07	1,8000	1,1251
07/09/07	1,8000	1,1251
08/09/07	1,7900	1,0699
09/09/07	1,7900	1,0699
10/09/07	1,7800	1,0171
11/09/07	1,7800	1,0171
12/09/07	1,7700	0,9666
13/09/07	1,7700	0,9666
14/09/07	1,7700	0,9666
15/09/07	<b>1,7600</b>	<b>0,9183</b>
16/09/07	<b>1,7600</b>	<b>0,9183</b>
17/09/07	<b>1,7600</b>	<b>0,9183</b>
18/09/07	1,8000	1,1251
19/09/07	1,9000	1,8342
20/09/07	2,1000	4,5320
21/09/07	2,0300	3,3360
22/09/07	3,4000	352,8952
23/09/07	<b>5,9200</b>	<b>53021,8830</b>
24/09/07	3,1500	176,9539
25/09/07	2,1200	4,9374
26/09/07	2,1000	4,5320
27/09/07	2,0100	3,0504
28/09/07	2,0000	2,9159
29/09/07	1,9200	2,0162
30/09/07	1,8800	1,6669
<b>Média</b>	<b>2,0893</b>	<b>1786,6503</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7600</b>	<b>0,9183</b>
<b>Máxima</b>	<b>5,9200</b>	<b>53021,8830</b>

Anexo 10 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Outubro/2007.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/10/07	1,8400	1,3724
02/10/07	1,8100	1,1829
03/10/07	1,8000	1,1251
04/10/07	1,7900	1,0699
05/10/07	1,7900	1,0699
06/10/07	1,7900	1,0699
07/10/07	1,7800	1,0171
08/10/07	1,7800	1,0171
09/10/07	<b>1,7700</b>	<b>0,9666</b>
10/10/07	<b>1,7700</b>	<b>0,9666</b>
11/10/07	1,8900	1,7487
12/10/07	<b>2,0100</b>	<b>3,0504</b>
13/10/07	1,9500	2,3195
14/10/07	1,8900	1,7487
15/10/07	1,8900	1,7487
16/10/07	1,8200	1,2433
17/10/07	1,9000	1,8342
18/10/07	1,9000	1,8342
19/10/07	1,8800	1,6669
20/10/07	1,8800	1,6669
21/10/07	1,8700	1,5884
22/10/07	1,8600	1,5133
23/10/07	1,8600	1,5133
24/10/07	1,8600	1,5133
25/10/07	1,8200	1,2433
26/10/07	1,8100	1,1829
27/10/07	1,8100	1,1829
28/10/07	1,8000	1,1251
29/10/07	1,9000	1,8342
30/10/07	1,8500	1,4413
31/10/07	1,8600	1,5133
<b>Média</b>	<b>1,8461</b>	<b>1,4636</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7700</b>	<b>0,9666</b>
<b>Máxima</b>	<b>2,0100</b>	<b>3,0504</b>

**Anexo 11** - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Novembro/2007.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/11/07	1,8600	1,5133
02/11/07	1,9200	2,0162
03/11/07	<b>3,3000</b>	<b>269,4415</b>
04/11/07	2,5200	23,5482
05/11/07	1,9800	2,6627
06/11/07	1,8500	1,4413
07/11/07	1,8300	1,3064
08/11/07	1,8300	1,3064
09/11/07	1,8100	1,1829
10/11/07	1,8000	1,1251
11/11/07	1,8000	1,1251
12/11/07	1,7900	1,0699
13/11/07	1,7900	1,0699
14/11/07	1,7900	1,0699
15/11/07	1,7800	1,0171
16/11/07	1,7800	1,0171
17/11/07	1,7800	1,0171
18/11/07	1,7800	1,0171
19/11/07	1,7700	0,9666
20/11/07	1,7700	0,9666
21/11/07	1,7600	0,9183
22/11/07	1,7600	0,9183
23/11/07	1,7600	0,9183
24/11/07	1,7500	0,8722
25/11/07	1,7500	0,8722
26/11/07	1,7500	0,8722
27/11/07	1,7500	0,8722
28/11/07	1,7500	0,8722
29/11/07	1,7500	0,8722
30/11/07	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
<b>Média</b>	<b>1,8683</b>	<b>10,8232</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7400</b>	<b>0,8282</b>
<b>Máxima</b>	<b>3,3000</b>	<b>269,4415</b>

Anexo 12 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Dezembro/2007.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/12/07	1,7400	0,8282
02/12/07	1,7400	0,8282
03/12/07	1,7300	0,7862
04/12/07	1,7300	0,7862
05/12/07	<b>1,7200</b>	<b>0,7460</b>
06/12/07	<b>1,7200</b>	<b>0,7460</b>
07/12/07	1,8500	1,4413
08/12/07	<b>1,8500</b>	<b>1,4413</b>
09/12/07	1,8300	1,3064
10/12/07	1,8300	1,3064
11/12/07	1,8200	1,2433
12/12/07	1,8200	1,2433
13/12/07	1,8200	1,2433
14/12/07	1,8200	1,2433
15/12/07	1,8100	1,1829
16/12/07	1,8100	1,1829
17/12/07	1,8100	1,1829
18/12/07	1,8100	1,1829
19/12/07	1,8000	1,1251
20/12/07	1,7800	1,0171
21/12/07	1,7800	1,0171
22/12/07	1,7700	0,9666
23/12/07	1,7700	0,9666
24/12/07	1,7700	0,9666
25/12/07	1,7700	0,9666
26/12/07	1,7600	0,9183
27/12/07	1,7600	0,9183
28/12/07	1,7600	0,9183
29/12/07	1,7500	0,8722
30/12/07	1,7500	0,8722
31/12/07	1,7500	0,8722
<b>Média</b>	<b>1,7816</b>	<b>1,0425</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7200</b>	<b>0,7460</b>
<b>Máxima</b>	<b>1,8500</b>	<b>1,4413</b>

Anexo 13 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Janeiro/2008.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/01/08	1,7900	1,0699
02/01/08	1,7800	1,0171
03/01/08	<b>1,8000</b>	<b>1,1251</b>
04/01/08	<b>1,8000</b>	<b>1,1251</b>
05/01/08	1,7900	1,0699
06/01/08	1,7900	1,0699
07/01/08	1,7800	1,0171
08/01/08	1,7800	1,0171
09/01/08	1,7700	0,9666
10/01/08	1,7700	0,9666
11/01/08	1,7600	0,9183
12/01/08	1,7900	1,0699
13/01/08	1,7900	1,0699
14/01/08	1,7900	1,0699
15/01/08	1,7800	1,0171
16/01/08	1,7800	1,0171
17/01/08	1,7800	1,0171
18/01/08	1,7700	0,9666
19/01/08	1,7700	0,9666
20/01/08	1,7700	0,9666
21/01/08	1,7600	0,9183
22/01/08	1,7600	0,9183
23/01/08	1,7500	0,8722
24/01/08	1,7500	0,8722
25/01/08	1,7400	0,8282
26/01/08	1,7400	0,8282
27/01/08	1,7400	0,8282
28/01/08	1,7400	0,8282
29/01/08	1,7300	0,7862
30/01/08	<b>1,7300</b>	<b>0,7862</b>
31/01/08	1,7800	1,0171
<b>Média</b>	<b>1,7694</b>	<b>0,9680</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7300</b>	<b>0,7862</b>
<b>Máxima</b>	<b>1,8000</b>	<b>1,1251</b>

Anexo 14 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Fevereiro/2008.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/02/08	1,7500	0,8722
02/02/08	1,7500	0,8722
03/02/08	1,7500	0,8722
04/02/08	1,7400	0,8282
05/02/08	1,7400	0,8282
06/02/08	1,7400	0,8282
07/02/08	1,7400	0,8282
08/02/08	1,7300	0,7862
09/02/08	1,7300	0,7862
10/02/08	1,7300	0,7862
11/02/08	1,7300	0,7862
12/02/08	1,7300	0,7862
13/02/08	1,7300	0,7862
14/02/08	1,7200	0,7460
15/02/08	1,7200	0,7460
16/02/08	1,7200	0,7460
17/02/08	1,7200	0,7460
18/02/08	1,7100	0,7077
19/02/08	1,7100	0,7077
20/02/08	1,7100	0,7077
21/02/08	1,7100	0,7077
22/02/08	1,7100	0,7077
23/02/08	<b>1,7000</b>	<b>0,6712</b>
24/02/08	<b>1,7000</b>	<b>0,6712</b>
25/02/08	<b>1,7000</b>	<b>0,6712</b>
26/02/08	<b>1,7000</b>	<b>0,6712</b>
27/02/08	<b>1,7000</b>	<b>0,6712</b>
28/02/08	<b>1,7600</b>	<b>0,9183</b>
29/02/08	1,7400	0,8282
<b>Média</b>	<b>1,7248</b>	<b>0,7680</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7000</b>	<b>0,6712</b>
<b>Máxima</b>	<b>1,7600</b>	<b>0,9183</b>

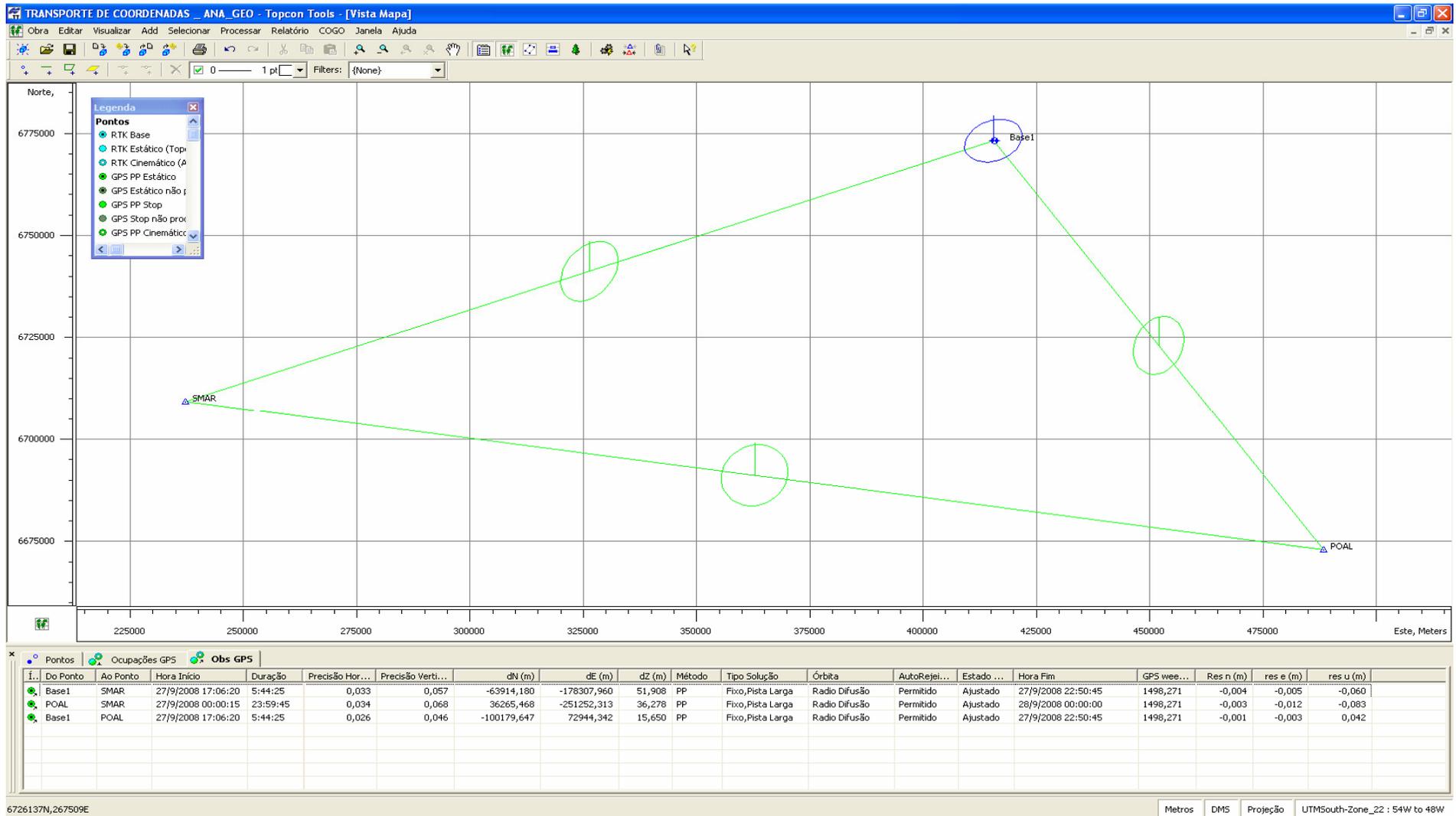
Anexo 15 - Leituras diárias do arroio Sampaio, medidas durante Março/2008.

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
01/03/08	1,7400	0,8282
02/03/08	1,7300	0,7862
03/03/08	1,7600	0,9183
04/03/08	1,7700	0,9666
05/03/08	1,7500	0,8722
06/03/08	1,7500	0,8722
07/03/08	1,7500	0,8722
08/03/08	1,7400	0,8282
09/03/08	1,7400	0,8282
10/03/08	<b>1,7300</b>	<b>0,7862</b>
11/03/08	<b>1,8200</b>	<b>1,2433</b>
12/03/08	1,8000	1,1251
13/03/08	1,8000	1,1251
14/03/08	1,7800	1,0171
15/03/08	1,7800	1,0171
16/03/08	1,7700	0,9666
17/03/08	1,7700	0,9666
18/03/08	1,7600	0,9183
19/03/08	1,7600	0,9183
20/03/08	1,7600	0,9183
21/03/08	1,7500	0,8722
22/03/08	1,7500	0,8722
23/03/08	1,7500	0,8722
24/03/08	1,7500	0,8722
25/03/08	1,7400	0,8282
26/03/08	1,7400	0,8282
27/03/08	1,7400	0,8282
28/03/08	1,7400	0,8282
29/03/08	1,7400	0,8282
30/03/08	1,7400	0,8282
31/03/08	1,7400	0,8282
<b>Média</b>	<b>1,7561</b>	<b>0,9052</b>
<b>Mínima</b>	<b>1,7300</b>	<b>0,7862</b>
<b>Máxima</b>	<b>1,8200</b>	<b>1,2433</b>

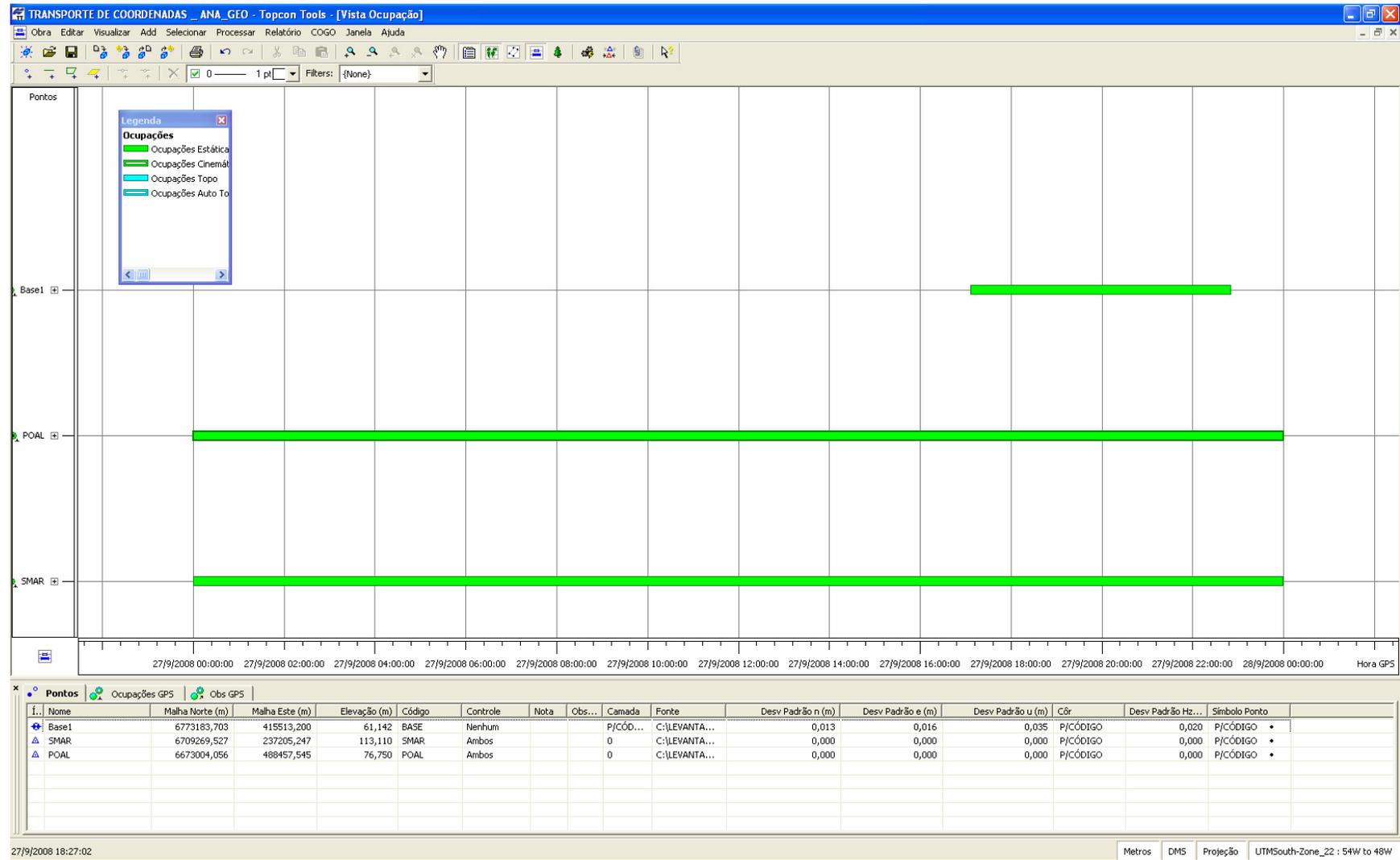
Anexo 16 - Tabela sumarizada das leituras mínimas, médias e máximas diárias do arroio Sampaio, medidas durante os meses de Janeiro/2007 a Março/2008.

<b>Leituras</b>	<b>Média - Cota (m)</b>	<b>Média - Q Calculado (m<sup>3</sup>/s)</b>
Mínimas	1,7600	0,9334
Médias	1,9375	217,7874
Máximas	2,8647	4949,4331

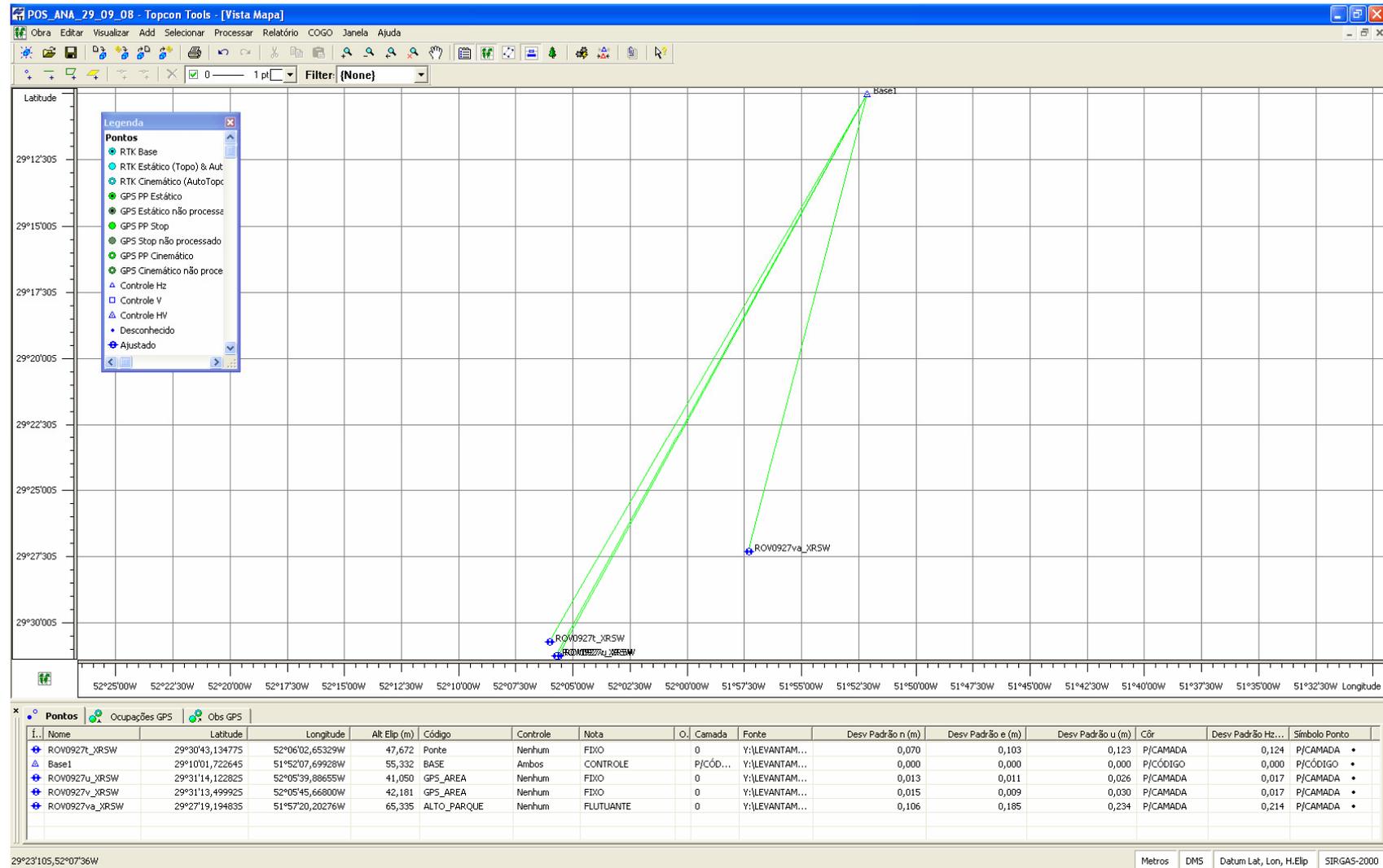
Anexo 17 – Coordenadas, resíduos, precisão e tempo de ocupação.



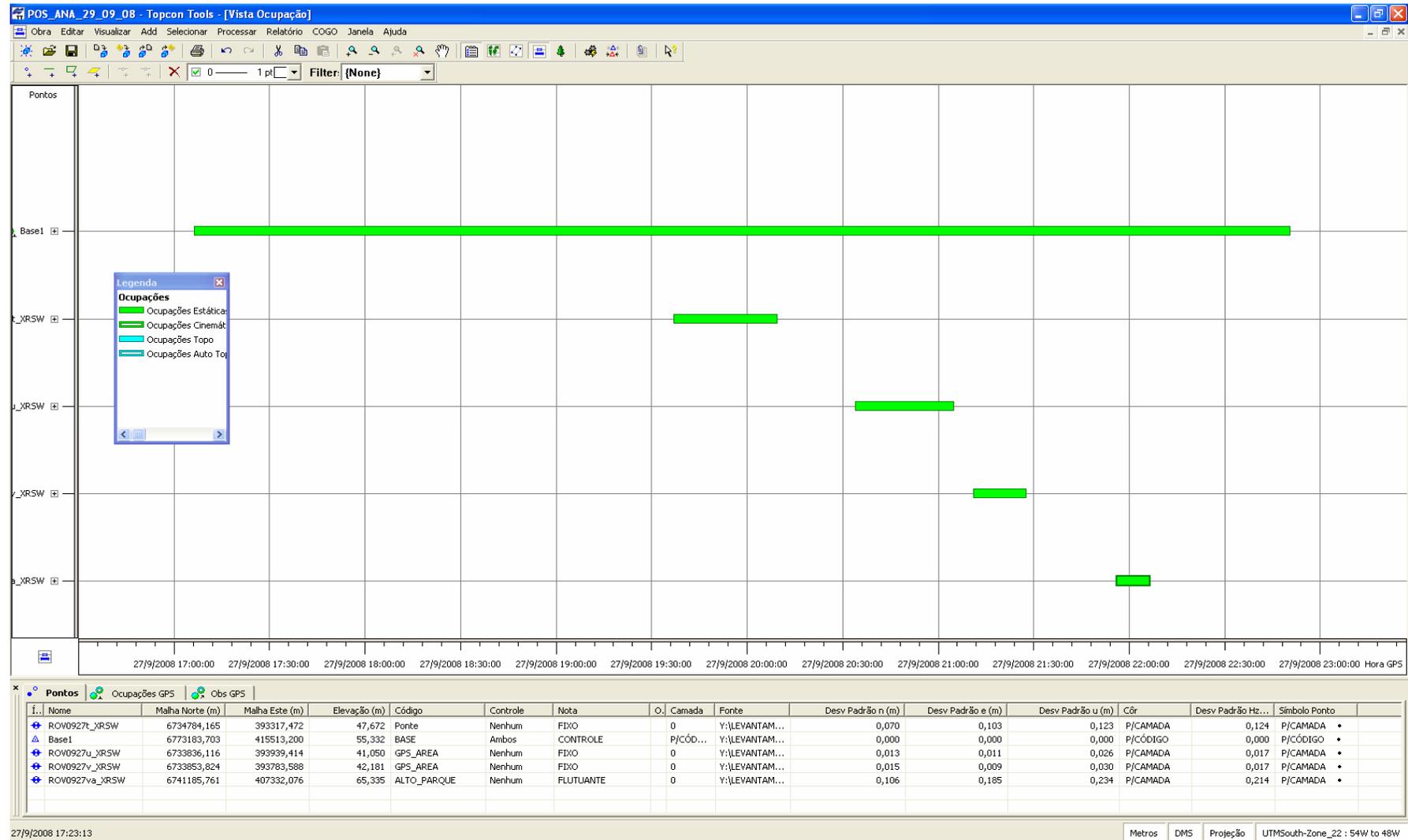
## Anexo 18 – Pontos de Apoio ( GPS ) – Base Ajustada.



## Anexo 19 - Coordenadas Pontos GPS – Base Ajustada.



## Anexo 20 - Coordenadas Expressa no Sistema de Referência – SIRGAS 2000.



Anexo 21 – Proposta a partir de metodologia aplicada nesta dissertação, mas não aplicada em virtude da inconsistência dos dados da ANA.

A fim de obter os valores utilizados pela ANA para a determinação da curva chave da Estação de Muçum, apresentam-se os dados que permitiram realizar o levantamento estatístico dos resultados, utilizando o método dos mínimos quadrados, para encontrar o coeficiente “a” e o expoente “b” da equação da curva chave, definida para a estação 86510000, conforme a Tabela 8.

Tabela 8 – Tratamento estatístico dos valores cota-vazão da Estação (Muçum).

Data	$h \text{ (cm)} = X$	$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = Y$	$\ln h = X_i$	$\ln Q = Y_i$	$X_i^2$	$X_i \cdot Y_i$
13/04/86	225	323	5,4161	5,7777	29,3341	31,2923
24/07/86	266	456	5,5835	6,1225	31,1754	34,1849
23/10/86	197	248	5,2832	5,5134	27,9122	29,1286
25/04/87	195	280	5,2730	5,6348	27,8045	29,7122
23/07/87	269	556	5,5947	6,3208	31,3008	35,3629
23/11/87	158	175	5,0626	5,1648	25,6299	26,1472
17/03/88	81	48,9	4,3944	3,8898	19,3112	17,0934
16/06/88	297	577	5,6937	6,3578	32,4186	36,1999
10/08/88	111	89,9	4,7095	4,4987	22,1797	21,1868
21/03/89	526	1655	6,2653	7,4116	39,2540	46,4356
20/06/89	104	71	4,6444	4,2627	21,5704	19,7976
21/09/89	283	497	5,6454	6,2086	31,8711	35,0503
01/12/92	129	88,5	4,8598	4,4830	23,6178	21,7866
15/06/93	192	220	5,2575	5,3936	27,6413	28,3570
27/03/94	168	167	5,1240	5,1180	26,2550	26,2244
14/06/95	195	229	5,2730	5,4337	27,8045	28,6520
05/09/95	147	119	4,9904	4,7791	24,9044	23,8499
06/12/95	84	32,9	4,4308	3,4935	19,6321	15,4789
26/04/96	131	73,1	4,8752	4,2918	23,7675	20,9235
08/11/96	302	460	5,7104	6,1312	32,6090	35,0119
28/05/97	90	43,5	4,4998	3,7728	20,2483	16,9767
28/08/97	284	521	5,6490	6,2558	31,9109	35,3386
04/12/97	236	386	5,4638	5,9558	29,8535	32,5417
05/03/98	280	534	5,6348	6,2804	31,7509	35,3887
27/05/98	278	544	5,6276	6,2989	31,6701	35,4481
02/09/98	231	422	5,4424	6,0450	29,6199	32,8994
28/11/98	108	61,7	4,6821	4,1223	21,9224	19,3011
24/02/99	102	55,4	4,6250	4,0146	21,3904	18,5673
26/05/99	109	66	4,6913	4,1897	22,0087	19,6551
31/08/99	201	248	5,3033	5,5134	28,1250	29,2394
19/11/99	139	105	4,9345	4,6540	24,3490	22,9648
24/02/00	132	104	4,8828	4,6444	23,8418	22,6776
29/05/00	153	139	5,0304	4,9345	25,3053	24,8226
30/08/00	304	595,41	5,7170	6,3893	32,6844	36,5275
27/11/00	177	187	5,1761	5,2311	26,7925	27,0770
21/05/01	226	384,77	5,4205	5,9526	29,3822	32,2665
22/08/01	163	133	5,0938	4,8903	25,9463	24,9102
19/11/01	172	155	5,1475	5,0434	26,4967	25,9610
06/02/02	158	109	5,0626	4,6913	25,6299	23,7504
27/05/02	260	393	5,5607	5,9738	30,9212	33,2185
27/05/02	260	393	5,5607	5,9738	30,9212	33,2185
27/08/02	398	919	5,9865	6,8233	35,8376	40,8473
27/08/02	398	919	5,9865	6,8233	35,8376	40,8473
21/11/02	345	606	5,8435	6,4069	34,1470	37,4389
21/11/02	345	606	5,8435	6,4069	34,1470	37,4389
07/03/03	260	326	5,5607	5,7869	30,9212	32,1791
14/07/03	273	416,7	5,6095	6,0324	31,4662	33,8384
03/11/03	331	643	5,8021	6,4661	33,6646	37,5173

Data	h (cm) = X	Q (m <sup>3</sup> /s) = Y	ln h = X <sub>i</sub>	ln Q = Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> <sup>2</sup>	X <sub>i</sub> ·Y <sub>i</sub>
17/08/04	142	95,301	4,9558	4,5570	24,5602	22,5839
18/11/04	259	378,72	5,5568	5,9368	30,8783	32,9898
20/06/05	456,5	1007	6,1236	6,9147	37,4983	42,3430
20/09/05	557	1569	6,3226	7,3582	39,9748	46,5227
01/08/06	346	637	5,8464	6,4568	34,1808	37,7491
01/12/06	282	474	5,6419	6,1612	31,8311	34,7610
13/06/07	172	170	5,1475	5,1358	26,4967	26,4365
Somatório Σ			293,5198	304,3806	1578,2056	1648,1196
Média			5,3367	5,5342	28,6946	29,9658
Somatório quadrado Σ <sup>2</sup>			1578,2056	1733,4362	46618,7931	52494,9957
Desvio padrão s			0,4669	0,9520	4,9679	7,5862

A partir dos dados da Tabela 8, é possível demonstrar as vazões observadas e calculadas para a Estação Fluviométrica de Muçum, junto ao rio Taquari, assim como está apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Demonstrativo das vazões observadas e calculadas na Estação Muçum.

Data	Nível (cm)	Vazão Observada (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Calculada (m <sup>3</sup> /s) Q = 0,005397·h <sup>2,0155</sup>
13/04/86	225	323	297,15
24/07/86	266	456	416,39
23/10/86	197	248	227,33
25/04/87	195	280	222,70
23/07/87	269	556	425,91
23/11/87	158	175	145,73
17/03/88	81	48,9	37,91
16/06/88	297	577	519,99
10/08/88	111	89,9	71,53
21/03/89	526	1655	1645,50
20/06/89	104	71	62,73
21/09/89	283	497	471,77
01/12/92	129	88,5	96,84
15/06/93	192	220	215,85
27/03/94	168	167	164,92
14/06/95	195	229	222,70
05/09/95	147	119	126,00
06/12/95	84	32,9	40,79
26/04/96	131	73,1	99,89
08/11/96	302	460	537,78
28/05/97	90	43,5	46,87
28/08/97	284	521	475,13
04/12/97	236	386	327,16
05/03/98	280	534	461,74
27/05/98	278	544	455,12
02/09/98	231	422	313,34
28/11/98	108	61,7	67,69
24/02/99	102	55,4	60,32
26/05/99	109	66	68,96
31/08/99	201	248	236,72
19/11/99	139	105	112,56
24/02/00	132	104	101,43
29/05/00	153	139	136,58
30/08/00	304	595,41	544,98
27/11/00	177	187	183,21
21/05/01	226	384,77	299,82
22/08/01	163	133	155,17
19/11/01	172	155	172,93
06/02/02	158	109	145,73
27/05/02	260	393	397,68

Data	Nível (cm)	Vazão Observada (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Calculada (m <sup>3</sup> /s) $Q = 0,005397 \cdot h^{2,0155}$
27/05/02	260	393	397,68
27/08/02	398	919	938,03
27/08/02	398	919	938,03
21/11/02	345	606	703,28
21/11/02	345	606	703,28
07/03/03	260	326	397,68
14/07/03	273	416,7	438,77
03/11/03	331	643	646,94
17/08/04	142	95,301	117,51
18/11/04	259	378,72	394,60
20/06/05	456,5	1007	1236,67
20/09/05	557	1569	1846,82
01/08/06	346	637	707,39
01/12/06	282	474	468,41
13/06/07	172	170	172,93

Diante da relação entre a vazão observada e a vazão calculada para o rio Taquari na Estação Fluviométrica de Muçum, observa-se um ajuste através de um índice de confiabilidade de  $R = 0,99$  ou  $R^2 = 0,98$ .

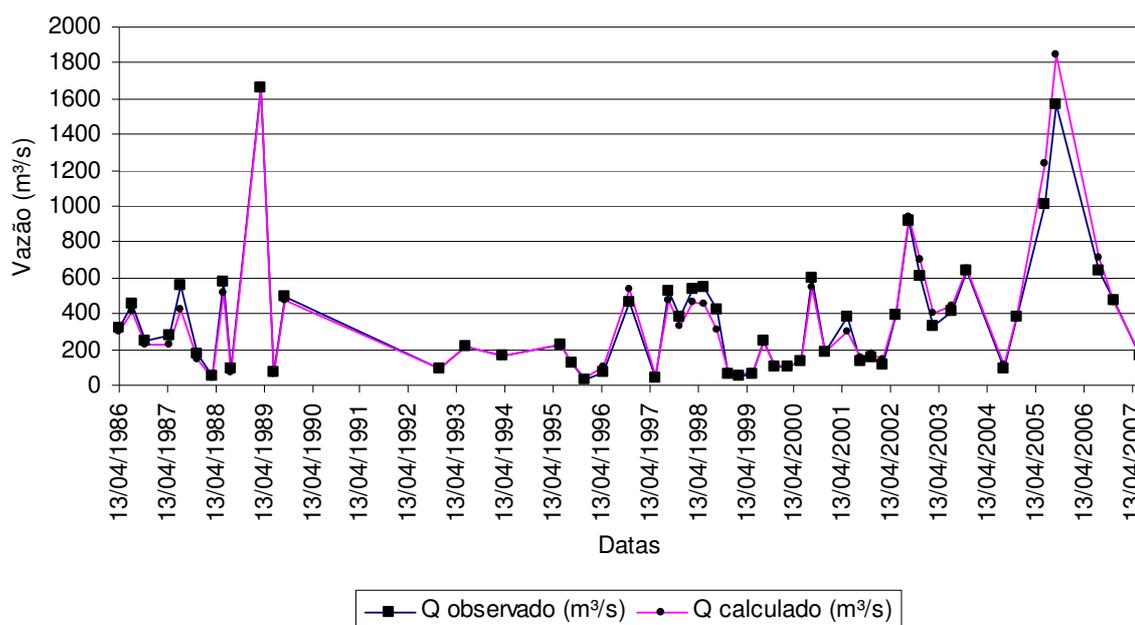


Figura 13 – Gráfico comparativo entre as vazões observadas e as vazões calculadas, na Estação Muçum, mostrando o ajuste, confirmado através do índice de confiabilidade de  $R = 0,99$  ou  $R^2 = 0,98$ .

Através da análise dos dados, foi estabelecida a correlação entre as vazões dos postos de Muçum e da área de estudo, empregando-se a transposição dos dados para área de estudo, conforme sugerido por ELETROBRÁS e DNAEE (1982), aplicando-se a equação (10).

A Tabela 10 apresenta as vazões máximas anuais geradas no local de estudo, através do processo de transposição das vazões a partir das máximas anuais da Estação Muçum, aplicando-se a equação (04), sendo  $Q = 0,005397 \cdot h^{2,0155}$ .

Tabela 10 – Vazões transpostas da Estação de Muçum para a área de estudo.

Data	Cota Máxima (cm) Estação Muçum	$Q_{\text{Calc Taquari}} = a \cdot h^b$ ( $Q = 0,005397 \cdot h^{2,0155}$ ) (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{\text{Obs Sampaio}}$ (m <sup>3</sup> /s)	Q Transposta
				$Q_{pd} = \frac{Q_p \cdot A_{pd}}{A_p}$ (m <sup>3</sup> /s)
14/01/2007	280	461,7421	0,9666	5,8580
25/02/2007	890	4749,5009	1,0171	60,2556
18/03/2007	520	1607,8930	3,6451	20,3989
05/04/2007	396	928,5538	1,4413	11,7803
17/05/2007	720	3098,1759	117,3296	39,3057
29/06/2007	240	338,4295	3,1903	4,2936
10/07/2007	1790	19421,2734	1715,3020	246,3922
02/11/2007	934	5234,6367	2,0162	66,4104
31/12/2007	598	2131,0501	0,8722	27,0360
01/01/2008	480	1368,3403	1,0699	17,3597
05/02/2008	212	263,5617	0,8282	3,3437
04/03/2008	190	211,3393	0,9666	2,6812

Para o cálculo da transposição, foram utilizados os dados de  $A_{pd} = 200,78$  km<sup>2</sup> e  $A_p = 15.826$  km<sup>2</sup>.

A metodologia empregada buscou considerar a regionalização da curva de permanência para o local de estudo, conforme empregado por Silveira (2001), que determina uma nova alternativa à estimativa de potencialidades hídricas fluviais de pequenas bacias hidrográficas sem dados fluviométricos, a partir da medição expedita de vazões num curto período de estiagem e sua simulação por um balanço hídrico diário. Entretanto, o método é empregado para determinar vazões pequenas e médias, cujo conhecimento é indispensável para projetos de Engenharia com demanda hídrica, visto que o trabalho em questão utiliza dados de cheias.

Através da análise dos dados apresentados na Tabela 10, verifica-se que as vazões transpostas se ajustam aos valores das vazões medidas no local, de modo que o grau de confiabilidade  $R^2$  corresponde a 0,90, através da utilização do *software* Lab Fit.

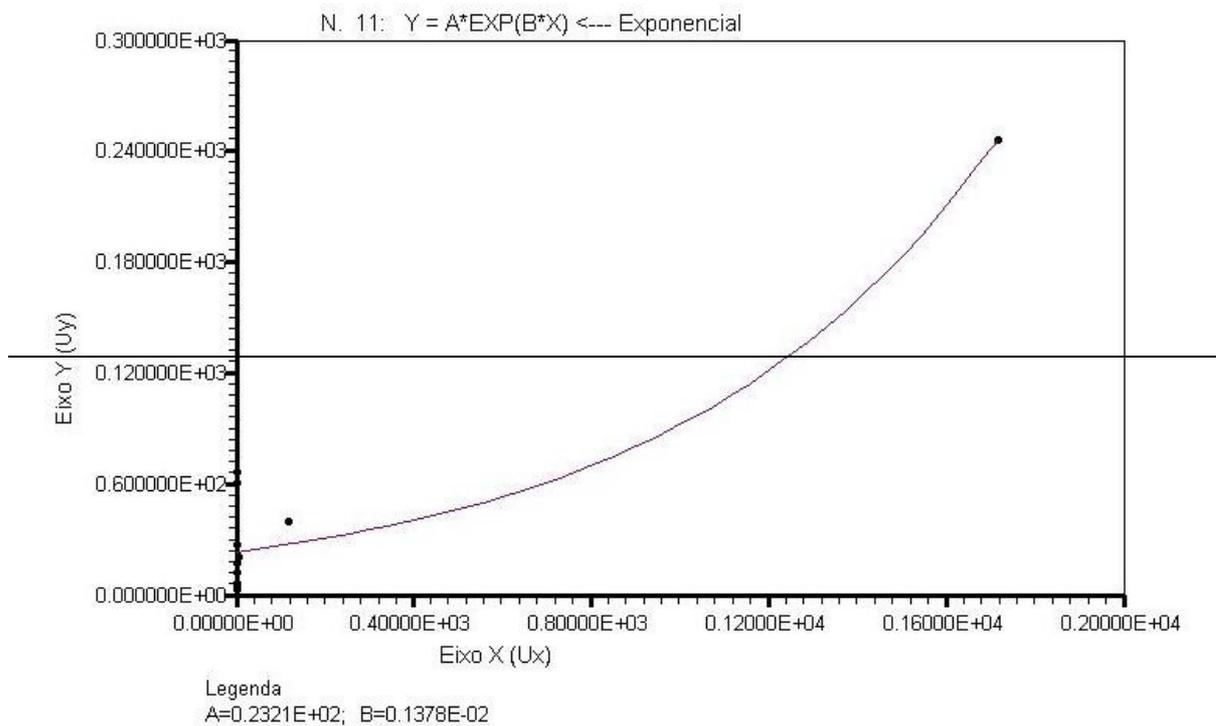


Figura 14 – Gráfico gerado entre a relação das vazões observadas e das vazões transpostas da estação Fluviométrica de Muçum para a Estação do arroio Sampaio, através do *software* Lab Fit, mostrando o ajuste, confirmado através do índice de confiabilidade de  $R = 0,95$  ou  $R^2 = 0,90$ .

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)