

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOMÁTICA**

**BATIMETRIA DE PEQUENOS RESERVATÓRIOS
ATRAVÉS DE METODOLOGIA CONVENCIONAL E
ALTERNATIVA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Wagner Danton de Bittencourt Bilhalva

**Santa Maria, RS, Brasil
2013**

BATIMETRIA DE PEQUENOS RESERVATÓRIOS ATRAVÉS DE METODOLOGIA CONVENCIONAL E ALTERNATIVA

por

Wagner Danton de Bittencourt Bilhalva

Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Geomática, Área de Concentração Tecnologia da Geoinformação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geomática.**

Orientador: Prof. Adroaldo Dias Robaina

**Santa Maria, RS, Brasil
2013**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Geomática**

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

**BATIMETRIA DE PEQUENOS RESERVATÓRIOS ATRAVÉS DE
METODOLOGIA CONVENCIONAL E ALTERNATIVA**

elaborada por
Wagner Danton de Bittencourt Bilhalva

como requisito parcial para a obtenção de grau de
Mestre em Geomática

COMISSÃO EXAMINADORA:

Adroaldo Dias Robaina, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Galileo Adeli Buriol, Dr. (UNIFRA)

Rudiney Soares Pereira, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 19 de fevereiro de 2013.

A minha companheira Evanise dos Santos Costa, pela compreensão de diversos momentos de minha ausência e força nos momentos de dificuldades. A minha família e em especial ao meu irmão Matyello.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria, mais especificamente ao Programa de Pós-Graduação em Geomática (PPGG), pela oportunidade oferecida.

Ao Prof. Adroaldo Dias Robaina, pela compreensão nos momentos de minhas dificuldades, pelos ensinamentos acadêmicos e palavras sinceras que fizeram a diferença no desfecho final deste estudo, meus mais sinceros agradecimentos, MEU RESPEITO E ADMIRAÇÃO!

Aos amigos Renato de Sá, Leandro de Mello Pinto, Luciane Chami, pelo apoio e diversas vezes me auxiliaram.

Aos colegas Rafael Ferraz, Angélica e Gessiana, a esses o meu abraço de agradecimento pela ajuda disponibilizada sempre de bom grado e convivência harmoniosa e de mais colegas e amigos do laboratório de Engenharia de Irrigação.

A família Carvalho, Oscar Luiz M. de Carvalho e Luiz Felipe Díaz de Carvalho, que me proporcionaram uma atividade profissional a qual sou muito realizado e sempre me ajudaram a crescer como ser humano.

Ao amigo e parceiro de trabalho Otélio Busanello e família.

Aos membros da Comissão Examinadora, que com excelência, dedicação auxiliaram na qualidade deste trabalho.

Ao Centro Universitário Franciscano, UNIFRA, por onde comecei minha vida acadêmica, e ao quadro de professores do curso de Geografia.

A família Costa, Enio, Eva, Elisângela, Isadora, Elisamar, Olmiro e Eveline pelo apoio e amizade, exemplo de uma família unida, admiro muito essa característica.

A todos os meus amigos, que me deram força para vencer esta etapa.

A minha família que me apóia em todas as minhas decisões.

A Deus, que ilumina os meus caminhos, e que tenho certeza, está comigo em todos os momentos.

Muito obrigado!

*"Problemas não são obstáculos,
mas oportunidades ímpares de
superação e evolução."*

(Maurício Rodrigues de Morais)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geomática
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

BATIMETRIA DE PEQUENOS RESERVATÓRIOS ATRAVÉS DE METODOLOGIA CONVENCIONAL E ALTERNATIVA

Autor: WAGNER DANTON DE BITTENCOURT BILHALVA

Orientador: ADROALDO DIAS ROBAINA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 19 de fevereiro de 2013.

Para o uso legal da água de reservatórios artificiais, é necessário realizar junto ao órgão competente o pedido de outorga do uso da água, do qual esse pedido requer inúmeras informações sobre o objeto a ser outorgado. Quando o objeto de outorga é um reservatório, uma das informações solicitadas é o volume de massa d'água armazenado. Para quantificar o valor de profundidade e posteriormente obter o volume hídrico de reservatórios já construídos, as metodologias atuais utilizam instrumentos como taquímetro eletrônico (estação total), ecobatímetro de mono e multifeixe, sensoriamento remoto e trena que possibilitam obter informações qualitativas hídricas, o que encarece a prática da batimetria. Sendo assim o objetivo deste estudo foi desenvolver uma metodologia mais prática e de menor custo, com a utilização de um aparelho alternativo, para levantamentos batimétricos em reservatórios de pequeno porte. Para tanto, comparou-se medidas de profundidades obtidas através do método convencional conhecido e consolidado, que usa trena de levantamentos topográficos com medidas obtidas com o aparelho sonar *Garmin Fishfinder 90*, desenvolvido para pesca. Os valores de profundidade obtidos com ambos os métodos foram comparados estatisticamente, para avaliar a o grau de correlação e significância entre ambas as metodologias (trena e sonar). Foi criado um modelo de correção para a estimativa de profundidade observada com o sonar. Conclui-se que é possível utilizar o sonar, para batimetria em pequenos reservatórios, tornando possível a execução de levantamentos batimétricos mais ágeis a custos bem mais reduzidos quando comparado com o uso de ecobatímetro profissional.

Palavras-Chave: medir profundidades, *Garmin Fishfinder 90*, outorga.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Graduate Program in Geomatics
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

BATHYMETRY SMALL RESERVOIRS BY CONVENTIONAL AND ALTERNATIVE METHODS

Author: WAGNER DANTON DE BITTENCOURT BILHALVA
Advisor: ADROALDO DIAS ROBAINA
Santa Maria, 19th february, 2013.

For legal use of artificial water reservatories, it is necessary liberation of competent authorities granting the request for water use. The application requires extensive information about the object to be measured. When the object of the measure is a reservatory, the information required is the volume of water mass stored. To quantify the depth value and then get the volume of water reservatory already constructed, the current methodologies using tools like electronic tachometer (season total), multibeam echo sounder and mono and remote sensing. This methods give informations about water quantity and quality, which increases practice bathymetry. Therefore the goal of this study is to develop a more practical and less expensive method of measure, using an alternative apparatus for bathymetric surveys in small reservatories. Therefore, we compared depths measures obtained by the conventional known and consolidated method tape using topographical surveys. This method obtains measurements with the sonar device Garmin Fishfinder 90, developed for fishing. The depth values obtained with both method sare compared statistically to evaluate the significance and degree of correlation between both methods (tape and sonar). We propose a model to estimate the correct depth with sonar observed. With this model it is possible to use sonar bathymetry for small reservatories, making it possible to execute bathymetric measure with less expensive cost. It is concluded that it is possible to use sonar bathymetry for small reservoirs, making it possible to execute more agile bathymetric much lower cost when compared with the use of echo sounder professional.

Keywords: measure depth - Garmin Fishfinder 90 - liberation

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Exemplo de bacia hidrográfica delimitada na carta topográfica.	16
Figura 2.2 - Distribuição de demanda do uso da água segundo diversos usos.	17
Figura 2.3 - Planta e perfil transversal de uma barragem, a isolinha de 0m corresponde a barragem.	18
Figura 2.4 - Estrutura organizacional da SEMA - RS.	24
Figura 2.5 - Estrutura dos setores a que deve-se tramitar o pedido de outorga na SEMA - RS.	25
Figura 2.6 - Esquema as documentação requerida para o pedido de regularização de reservatório. Fonte: Frantz (2009). Adaptado pelo autor.	26
Figura 2.7 - Batimetria derivada de imagens de satélite através de informações altimétricas da superfície terrestre.	29
Figura 2.8 - Planta da bacia hidráulica de um açude	30
Figura 2.9 - Diferenciação de abertura do cone (feixe) de leitura de profundidades do SONAR.	33
Figura 2.10 - Representação gráfica do pulso sonoro e das imagens no visor do SONAR	34
Figura 3.1- Recortes de imagens de satélite dos reservatórios Santa Maria (R1) e Restinga Seca (R2) - RS, São Sepé (R3) e São Vicente do Sul (R4) e (R5) - RS, ilustrando suas respectivas bacias de acumulação.	38
Figura 3.2 - Receptor GPS de dupla frequência, utilizado para georreferenciar os espelhos d'águas dos corpos hídricos.	39
Figura 3.3 - Receptor Garmin modelo 12XL, para georreferenciar e marcar os pontos amostrais.	40
Figura 3.4 - Trena de (<i>fiber glass</i>). 10 m, utilizada no levantamento para obtenção dos valores de profundidade estimada (trena).	41
Figura 3.5 - Trena de 10 m (<i>fiber glass</i>) com lastro pesando 3kg, utilizada no levantamento para obtenção dos valores de profundidade estimada (trena).	42
Figura 3.6 - Sensor de profundidade do Sonar - transdutor - (a) e Tela do Sonar (Garmin <i>Fishfinder 90</i>) (b), instrumento do qual obtiveram-se as medidas observadas.	43
Figura 3.7 - Equipamentos envolvidos na coleta de dados nos diferentes reservatórios.	43
Figura 3.8 - Ilustração da realização da leitura na lâmina d'água (A - medida da trena - <i>Estimada</i>) e do nível do transdutor (B - medida do sonar - <i>Observadas</i>)	44
Figura 4.1 - Distribuição espacial dos pontos do espelho d'água nos reservatórios R1, R2, R3, R4 e R5	50
Figura 4.2: Gráficos de correlação linear dos cinco reservatórios.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Coeficiente de escoamento superficial em função das características físicas da bacia hidrográfica.....	15
Tabela 3.1 - Classificação de reservatórios de acordo com a área do espelho d'água e volume de água.....	37
Tabela 3.2 - Critério de interpretação dos valores do índice de desempenho e as respectivas classes de desempenho.....	48
Tabela 4.1 - Valores máximos, mínimos, médios, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) obtidos com as profundidades medidas com trena e com o sonar nos diferentes reservatórios (Res).	53
Tabela 4.2 - Valores máximos, mínimos, médios, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) da diferença entre os valores de profundidade medida com trena e os valores medidos com o sonar nos diferentes reservatórios.....	53
Tabela 4.3 - Valores médios, variância e pesos da diferença entre os valores de profundidade medida com trena e os valores medidos com o sonar nos diferentes reservatórios.....	54
Tabela 4.4 - Valores do coeficiente a' , do coeficiente b' , do coeficiente de determinação r^2 , do teste t calculado para os coeficientes a' , b' , tabelado e grau de significância (GS) relativos aos coeficientes a' e b'	56
Tabela 4.5 - Valores do coeficiente de determinação (r^2), do teste t calculado para o coeficiente r , tabelado e grau de significância (GS) nos diferentes reservatórios (Res).	57
Tabela 4.6 - Valores do índice desempenho e as respectivas classes de desempenho nos cinco reservatórios.....	58
Tabela 4.7 - Valores da profundidade máxima, das áreas (trena e sonar), volumes (trena e sonar) e diferença percentual entre volumes de água (trena e sonar).....	59

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A - Termo de Referência para Regularização de Barragem.....	67
APÊNDICE B - Ficha cadastral de águas superficiais.	70

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Recursos Hídricos.....	15
2.2 Barragens agrícolas.....	17
2.3 Reservatórios artificiais.....	19
2.4 Legislação dos Recursos Hídricos	19
2.4.1 Código das Águas	19
2.4.2 Constituição Nacional do Brasil e a Lei Federal nº 9.433.....	20
2.4.3 Constituição Estadual do RS e a Lei Estadual nº 10.350	22
2.5 Outorga da água na agricultura	23
2.6 Procedimentos para outorga na agricultura	24
2.7 Outorga para reservatórios existentes e sem licenciamento.....	25
2.8 Batimetria.....	27
2.8.1 Batimetria de grandes massas de água.	27
2.8.2 Batimetria de pequenas massas de água	29
2.9 Métodos de levantamento batimétricos	30
2.9.1 Levantamento estático	31
2.9.2 Levantamento cinemático.....	31
2.9.3 Fórmula de Schoklitsch	32
2.10 Ecobatímetro	32
2.11 Sistema de Posicionamento Global.....	35
3 MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 Localizações dos experimentos	37
3.2 Levantamento no campo	39
3.2.1 Levantamento do contorno dos reservatórios	39
3.2.2 Levantamento das coordenada X, Y dos pontos amostrais nos reservatórios.	40
3.2.4 Profundidade da água com trena	41
3.2.5 Profundidade da água com sonar	42
3.3 Atividades de laboratório	45
3.3.1 Coordenadas do perímetro dos reservatórios	45
3.3.2 Coordenadas dos pontos nos reservatórios	45
3.3.3 Profundidade dos pontos do espelho d'água	46
3.4 Análise estatística dos dados	46
3.4.1 Análise dos valores de medida estimados e observados.....	46
3.4.2 Aplicação do modelo de profundidade	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1 Distribuição espacial dos pontos do espelho d'água nos reservatórios	50
4.2 Valores estatísticos das medidas de profundidade	52
4.3 Modelo de estimativa da profundidade a partir das medidas realizadas com sonar	54
4.4 Análise estatística dos dados	55
4.4.1 Análise das observações simuladas	55
4.4.2 Análise da precisão	57
4.4.2 Avaliação do desempenho do modelo	58
4.5 Estimativa da profundidade	59
4.6 Correlação dos dados.....	59

5 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS.....	62
APÊNDICES	66

INTRODUÇÃO

No Brasil, onde praticamente todos os reservatórios têm menos de um século de construção, as políticas atuais consideram relevante a informação do volume útil dos reservatórios. É simples verificar que estas informações podem partir de dados incorretos, pois os reservatórios perdem volume continuamente pela deposição de sedimentos, ou ganham volume pela elevação do maciço do reservatório, que muitas vezes não são projetados e nem alterados com procedimentos de engenharia.

Em inúmeras situações de pesquisas como planejamento rural e urbano, investimentos na geração de energia hidrelétrica, fornecimento de água, para o consumo humano, irrigação e controle de cheias, necessita-se saber o volume dos reservatórios já construídos, aqueles que não tiveram projeto e planejamento na execução de suas obras, sendo hoje objetos de mensuração de seus volumes.

Para o uso legal da água de reservatórios artificiais, é necessário realizar junto ao órgão competente o pedido de outorga do uso da água, do qual esse pedido requer inúmeras informações sobre o objeto a ser outorgado. Quando o objeto de outorga é um reservatório artificial, uma das informações solicitadas é o volume de massa d'água armazenado. Para quantificar o valor de profundidade e posteriormente obter o volume hídrico de reservatórios já construídos, as metodologias atuais utilizam instrumentos como taquímetro eletrônico (estação total), ecobatímetro de mono e multifeixe, sensoriamento remoto e trenas que possibilitam obter informações quali-quantitativas hídricas.

Para quantificar o valor do volume hídrico de reservatórios já construídos ou o modelamento de superfície submersas, as atuais técnicas de levantamento batimétrico e suas técnicas consolidadas para levantamentos são onerosos ou demanda maior tempo na execução do levantamento, o que eleva o valor do orçamento. Tem-se o exemplo, o custo do ecobatímetro, aparelho específico para levantamento batimétrico.

Diante disso, se faz necessário buscar novos métodos que possam tornar o levantamento batimétrico mais prático e com menor custo, considerando que os valores dos equipamentos que permitem realizar batimetria, possuem diferenças discrepantes em seu custo comercial, podendo chegar a 75% do sonar para trena e

500% do sonar para um ecobatímetro profissional. Neste estudo se utilizou o aparelho sonar Garmin *Fishfinder 90*, que é um recurso inicialmente desenvolvido para pesca, e não recomendado pelo fabricante para fins de agrimensura ou medidas físicas precisas. Sendo assim, o objetivo principal foi testar as medidas fornecidas pelo sonar, visando avaliar o grau de correlação e significância com as medidas com trena e através disso oferecer um método alternativo para os levantamentos batimétricos, mais prático e de menor custo, que possa atender usuários tanto do meio acadêmico como profissional. Tendo como objetivos específicos avaliar a precisão das leituras do sonar, comparar volumes de água dos reservatórios que foram calculados pelo método tradicional topográfico clássico que utiliza trena de *fiber glass*, com o método proposto nesse estudo, verificar a possibilidade do uso da metodologia para levantamentos batimétricos em pequenos reservatórios artificiais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados os principais tópicos que fundamentaram este trabalho, por meio dos quais, foi possível conhecer as formas com que os elementos utilizados nesta pesquisa vêm sendo conduzidos.

2.1 Recursos Hídricos

Os recursos hídricos, segundo Faustino (1996 apud SOUZA *et al.* 2012, p. 281), são as águas superficiais e subterrâneas disponíveis para qualquer tipo de uso numa determinada região ou bacia hidrográfica.

De acordo com Robaina (2007), dentre os principais elementos de uma bacia hidrográfica, que é a área delimitada por divisores de água, existem as nascentes em altitudes mais elevadas e o exutório, situado em altitudes mais baixas e onde passa todo o escoamento superficial da bacia. Na Tabela 2.1, apresenta-se um exemplo que ilustra a variação do escoamento superficial de acordo com a declividade do terreno, o tipo de solo e a forma de ocupação da bacia hidrográfica.

Tabela 2.1 - Coeficiente de escoamento superficial em função das características físicas da bacia hidrográfica.

Declividade (%)	Cobertura	Arenoso	Solo Franco	Argiloso
0-5	Floresta	0,10	0,30	0,40
5-10	Floresta	0,25	0,35	0,50
10-30	Floresta	0,30	0,50	0,60
0-5	Pastagem	0,10	0,30	0,40
5-10	Pastagem	0,15	0,35	0,55
10-30	Pastagem	0,20	0,40	0,60
0-5	Cultivos	0,30	0,50	0,60
5-10	Cultivos	0,40	0,60	0,70
10-30	Cultivos	0,50	0,70	0,80

Fonte: Robaina (2007).

De acordo com os valores do coeficiente de escoamento superficial, que constam na Tabela 2.1, pode-se destacar a importância da cobertura vegetal sobre o escoamento das águas, fato que pode ser observado pelos problemas atuais causados pelo desmatamento.

Na Figura 2.1 mostra-se a delimitação da área de uma bacia hidrográfica escolhida aleatoriamente visando exemplificar as características principais de limites topográficos como divisor d'água; físicos, tais como nascentes e exutório do reservatório.



Figura 2.1 - Exemplo de bacia hidrográfica delimitada na carta topográfica.

Fonte: Diretoria de Serviço Geográfico - DSG. Recorte de carta topográfica em escala reduzida.

Dentre os usos da água, proporcionados pelos reservatórios, pode-se destacar o abastecimento doméstico, o abastecimento industrial, a geração de energia, o controle de enchentes, a recreação e a irrigação (CIGB, 2007).

Na Figura 2.2 mostra-se a distribuição da demanda do uso da água dentre os diversos usos, onde pode-se ver a magnitude da água utilizada em irrigação. Devido ao maior uso hídrico para irrigação, compreende cuidados de ordem legal, técnica e ambiental sobre o uso racional desse recurso natural e não renovável.

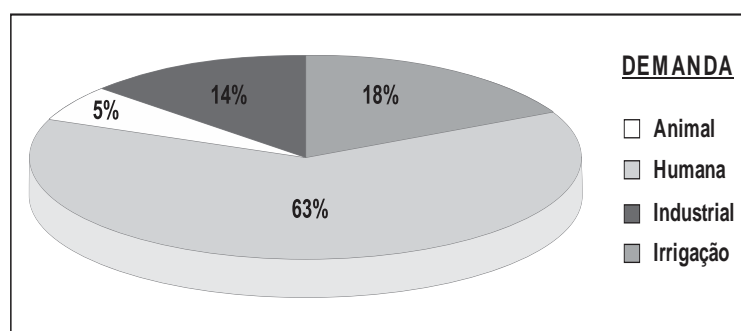


Figura 2.2 - Distribuição de demanda do uso da água segundo diversos usos.

Fonte: Robaina (2007).

2.2 Barragens agrícolas

Na Figura 2.3 ilustra os principais elementos que compõem a formação de um reservatório no qual é feito a partir da construção de barragens, que podem ser definidas como toda obra construída transversalmente ao escoamento de um curso de água (perene ou intermitente). Essas estruturas são construídas em vales com o objetivo de fechá-las transversalmente proporcionando uma elevação do nível da água (UFSM, 2008).

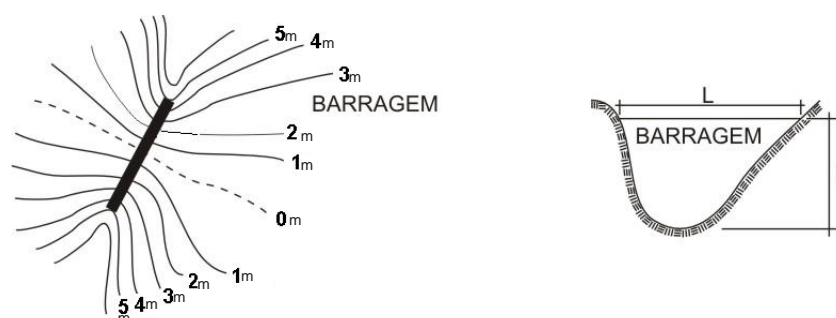


Figura 2.3 - Planta e perfil transversal de uma barragem, a isolinha de 0m corresponde a barragem.

Fonte: Robaina (2007).

A Agência Nacional das Águas (ANA), na Resolução nº 91 de 02/04/2012 (BRASIL, 2012), artigo 2º, define barragem como "qualquer obstrução em um curso permanente ou temporário de água, ou talvegue, para fins de retenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas".

A Comissão Internacional de Grandes Barragens (CIGB) considera grande a barragem com altura de 10 a 15 m e que armazena mais de 3.000.000 m³ em seu reservatório (CIGB, 2007).

Ainda, segundo Robaina (2007), as barragens de terra podem ser classificadas segundo diversos critérios, tais como ao material de construção (concreto simples ou concreto armado, alvenaria de pedras, madeira, aço e de terra), ao comportamento estático da estrutura (barragens em arco, em contrafortes e em perfil de gravidade ou de peso, caso das barragens de terra), à submersão (submersíveis e não submersíveis), à posição da sua crista em relação ao nível do solo (barragens de superfície e subterrâneas) e quanto à finalidade. As barragens são construídas com a finalidade de acumulação (reservação) ou derivação da água para uma determinada aplicação (geração de energia, irrigação), sendo neste trabalho a principal aplicação a irrigação de culturas agrícolas.

2.3 Reservatórios artificiais

Segundo Daker (1987), os reservatórios podem ser classificados como represas ou açudes. Os reservatórios são represas quando a barragem é construída num rio perene e são açudes quando o barramento é feito em rio de regime intermitente ou efêmero (captação da água da chuva), o que representa a grande maioria dos casos nas propriedades rurais.

Conforme Robaina (2007), os reservatórios são construídos com a finalidade de acumulação quando a demanda for maior que a oferta de água proporcionada pelo manancial (rio, arroio, nascente) e são construídas com a finalidade de derivação quando a demanda pode ser suprida pelo manancial, mas necessita de elevação do nível da água para alimentar um canal (canal de derivação) que conduz a água para atender um determinado tipo de aproveitamento (irrigação).

Segundo Hradilek et al. (2002), a dimensão de um reservatório está relacionado com o uso previsto. O mesmo autor classifica reservatórios de acordo com tamanho em: 1) pequenos, com volume variando entre 10.000 e 100.000 m³ e profundidade entre 3 e 5 m; 2) médios, de 100.000 a 500.000 m³, com profundidades entre 5 m e 10 m e; 3) grandes, com capacidade suficiente para secas severas.

2.4 Legislação dos Recursos Hídricos

A importância vital e econômica dos recursos hídricos fez com que inúmeras leis e órgãos reguladores fossem criados, com o intuito de reduzir, controlar e categorizar os usos dados à água. No Brasil, os recursos hídricos têm amparo legal para proteção e conservação de longa data.

2.4.1 Código das Águas

O Código das Águas, instituído pelo Decreto 24.643/1934, foi o instrumento legal precursor no controle do uso dos recursos hídricos. Este estabeleceu regras que submetem os recursos hídricos ao controle da autoridade pública federal, ao interesse da saúde pública e da segurança e à utilização múltipla, visando, sobretudo, a produção de energia elétrica. No entanto, o seu artigo 8º, considerava privadas as nascentes e todas as águas situadas em propriedades particulares.

2.4.2 Constituição Nacional do Brasil e a Lei Federal nº 9.433

No final da década de 80, por meio da Constituição Federal do Brasil, o poder público muda este cenário e estabelece que a água é um bem de domínio público.

Com o advento da lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1994), ficou instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos e criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), estabelecendo-se os fundamentos ou princípios para a gestão das águas no território nacional.

De acordo com o artigo 1º e incisos, os seis princípios ou fundamentos para a gestão das águas são: I - a água é um bem de domínio público; II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Assim, de acordo com o primeiro princípio de gestão, a água passa a ser de domínio da União (art. 20, III) e Estados (art. 26, I) enfatizando em seus preâmbulos que se trata de um bem passível de danos ambientais e que, quanto ao uso e disponibilidade, esta possui valor econômico passível de cobrança para o uso.

No artigo 2º, da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), podem ser encontrados os três objetivos à qual se destina, sendo eles: I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade

adequados aos respectivos usos; II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Para uma gestão eficiente dos recursos hídricos, a mesma lei traz em seu artigo 5º os seguintes instrumentos de apoio: I - os Planos de Recursos Hídricos; II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos; V - a compensação a municípios; VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

O artigo 11º desta mesma lei aborda a outorga de direitos de uso de recursos hídricos, com o objetivo de controle quantitativo e qualitativo e assegurar o direito de acesso à água.

Em seu artigo 19º, reconhece a água como bem econômico e dá ao usuário uma indicação de seu real valor; II - incentiva a racionalização do uso da água; III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos, dando assim a característica de bem quantificável financeiramente.

A partir daí, surgiram outras normas infraconstitucionais mais específicas para a gestão dos recursos hídricos, que buscaram instituir um conjunto de instrumentos para conduzir e incentivar a utilização racional e integrada desses recursos em solo brasileiro. Entre esses instrumentos, tem-se a Outorga de Direito de Usos da Água bruta, que consiste de uma autorização para a sua utilização em atividades econômicas.

Para Machado (2010), é importante que a gestão dos recursos hídricos seja feita de forma descentralizada. Sendo assim, descentralizar quer dizer atribuir a gestão e administração das águas a outras entidades, neste caso, à Agência Nacional de Águas (ANA) e aos Comitês de Bacia Hidrográfica.

A lei 9.984/2000 instituiu a Agência Nacional das Águas (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, cujo objetivo é regular o acesso à água, para estabelecer regras de atuação do SNGRH, sua estrutura administrativa e suas fontes de recursos (BRASIL, 2000). Com isso, o SNGRH passa a contar com mais uma força no gerenciamento das águas no território nacional. Embora a gestão da água seja descentralizada, os órgãos da

administração pública que compõem o SNGRH estão ligados por um laço de hierarquia e cooperação (MACHADO, 2010).

A ANA é a entidade operacional do sistema com responsabilidade pela implantação da política nacional de recursos hídricos e que detém o poder outorgante de fiscalização e de cobrança pelo uso da água (PORTO e PORTO, 2008).

2.4.3 Constituição Estadual do RS e a Lei Estadual nº 10.350

O artigo 171 da Constituição Estadual (RIO GRANDE DO SUL, 1989), estabelece que fica instituído o sistema estadual de recursos hídricos, integrado ao sistema nacional de gerenciamento desses recursos, adotando as bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento e gestão, observados os aspectos de uso e ocupação do solo, com vista a promover: I - a melhoria de qualidade dos recursos hídricos do Estado; II - o regular abastecimento de água às populações urbanas e rurais, às indústrias e aos estabelecimentos agrícolas.

O sistema de que trata este artigo compreende critérios de outorga de uso, o respectivo acompanhamento, fiscalização e tarifação, de modo a proteger e controlar as águas superficiais e subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, assim como racionalizar e compatibilizar os usos, inclusive quanto à construção de reservatórios, barragens e usinas hidrelétricas.

O Rio Grande do Sul, através da Lei Estadual nº 10.350/ 1994 (RIO GRANDE DO SUL, 1994), implantou a Política Estadual de Recursos Hídricos e foi pioneiro ao estabelecer a outorga de uso da água como instrumento de gestão desses recursos. A necessidade de outorga de direito de uso de recursos hídricos no Rio Grande do Sul, entretanto, só foi regulamentada em 1996, pelo Decreto nº 37.033; em seu art.2º. Este define como uso "[...] qualquer utilização, serviço ou obra em Recurso Hídrico, independente de haver ou não retirada de água, barramento ou lançamento de efluentes, que alterem seu regime ou alterem suas condições qualitativas ou quantitativas" (RIO GRANDE DO SUL, 1996).

2.5 Outorga da água na agricultura

A Instrução Normativa nº4/ 2000 (BRASIL, 2000), do Ministério do Meio Ambiente, definiu outorga como sendo: "o direito de uso dos recursos hídricos como ato administrativo, de autorização, mediante o qual o Poder Público outorgante faculta ao outorgado o direito de uso do recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e condições expressas no respectivo ato".

É por meio da Outorga de Direito de Uso da Água que o Poder Público promove a harmonização entre os múltiplos usos, garantindo a todos os usuários o acesso aos recursos hídricos, conforme a disponibilidade em cada bacia hidrográfica. Também é mediante esse instrumento de gestão que a Política Estadual de Recursos Hídricos assegura que as atividades humanas se processem em um contexto de desenvolvimento socioeconômico sustentado, assegurando a disponibilidade dos recursos hídricos aos seus usuários atuais e às gerações futuras, em padrões adequados de qualidade e quantidade, inclusive à manutenção da vida.

No Rio Grande do Sul, a Lei Estadual nº 10.350/94 (RIO GRANDE DO SUL, 1994) conceitua outorga de direito de uso da água como sendo "o instrumento de gestão dos recursos hídricos que o Poder Público dispõe para autorizar, conceder ou permitir aos usuários a utilização desse bem público". A outorga do uso da água no Estado do Rio Grande do Sul é concedida pelo Departamento de Recursos Hídricos (DRH), vinculado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA - (RIO GRANDE DO SUL, 2010). Juntamente à SEMA atuam o Conselho de Recursos Hídricos (CRH), a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e Fundação Zoobotânica (FZB). O CRH, órgão deliberativo que atua em problemas/conflitos decorrentes sobre recursos hídricos, é formado por um colegiado de secretários de estado, representantes de comitês de bacias hidrográficas e representantes do meio ambiente. Juntos, esses órgãos públicos formam uma estrutura de multisserviços, regida por um secretário (diretor) responsável por tudo que a SEMA representa, contando com apoio jurídico, de comunicação, uma assessoria técnica e de programas ambientais, sociais e técnicos. O Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) é órgão superior e regulador das políticas a serem implantadas em todos os departamentos que estão vinculados à SEMA e tem representantes da

sociedade civil, governo, organizações não-governamentais, federação de trabalhadores, do setor produtivo e universidades (RIO GRANDE DO SUL, 2012) e está estruturado com a conformação, que pode ser vista na figura 2.4.

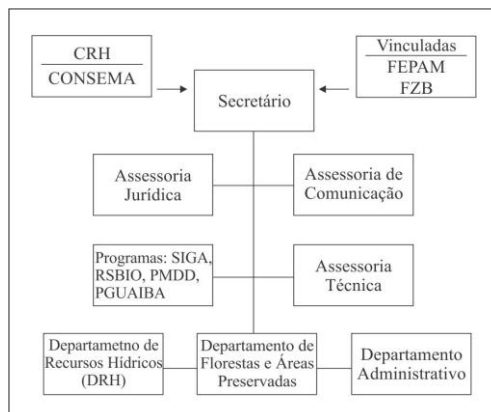


Figura 2.4 - Estrutura organizacional da SEMA - RS.

Fonte: Frantz, 2009. Adaptado pelo autor.

2.6 Procedimentos para outorga na agricultura

O encaminhamento do processo de pedido de outorga faz diferentes caminhos no Departamento de Recursos hídricos (DRH) da SEMA-RSDRH, dentre os quais: o registro do pedido, o enquadramento no tipo de solicitação, a análise da solicitação e a resposta à solicitação de outorga. A análise do processo é realizada levando em consideração a solicitação do requerente e, uma vez concluída a análise, o técnico elabora um documento declarando seu parecer quanto aos dados apresentados no processo. Em algumas situações, pode ocorrer a solicitação de novas informações ao requerente, em virtude de algumas informações estarem ausentes, incorretas ou incompletas no processo (FRANTZ, 2009).

Após a fase de análise dos documentos, a resposta à solicitação de outorga de uso da água pode ser deferida (outorga), ou indeferida (não outorga).

Na Figura 2.5, pode ser visto dois tipos de águas: as superficiais e as subterrâneas. Dentre as solicitações de outorgas que referem as águas superficiais,

podem-se encontrar: I - as barragens e reservatórios a serem construídos e II - as barragens e reservatórios existentes e não licenciados e nem outorgados.

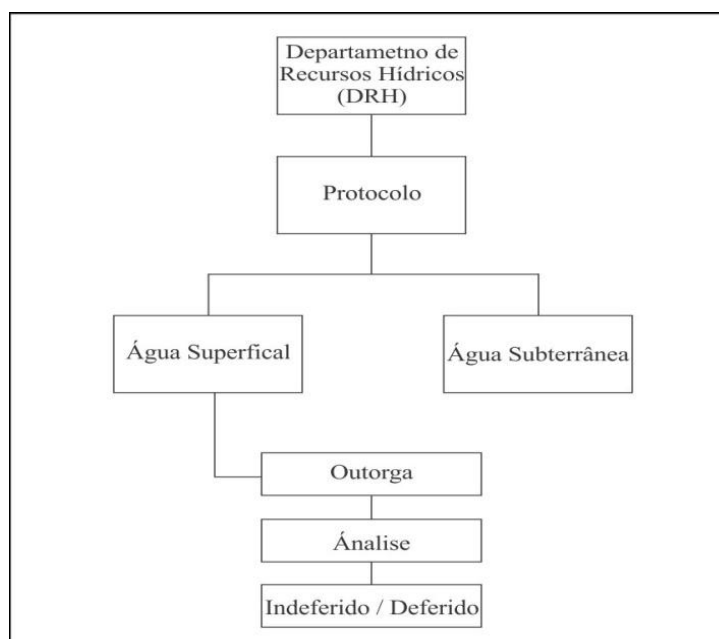


Figura 2.5 - Estrutura dos setores a que deve-se tramitar o pedido de outorga na SEMA - RS.

Fonte: Frantz (2009). Adaptado pelo autor.

2.7 Outorga para reservatórios existentes e sem licenciamento

Nesse contexto para a elaboração da documentação e peças técnicas de outorga do uso da água, o responsável pelo encaminhamento do processo de pedido de outorga deve acessar o sítio virtual da SEMA pelo endereço <http://www.sema.rs.gov.br/>, por meio do *link*: *Outorga de Direito de Uso da Água*. Nessa página, há opções para diferentes tipos de pedido de outorga, entre eles, o modelo para regularização de barragens já construídas. Para tanto, deve-se acessar a seguinte sequência de *links*:

- a) Água Superficial;
- b) Regularização:
- c) Termo de Referência para Regularização de Barragem (Anexo A).

O requerimento de outorga para barragens a serem regularizadas, é o documento com as orientações para preenchimento do requerimento de outorga, responsabilidade do proprietário, seguido de observações ao responsável técnico de como elaborar a documentação e peças técnicas. No mesmo *link* (Outorga de Direito de Uso da Água), e obedecendo a mesma ordem do modelo para regularização de barragens já construídas, encontra-se a *Ficha Cadastral de Água Superficiais* (Apêndice B).

Essa ficha é o documento em que são registrados os dados do responsável pela outorga, do proprietário ou empreendedor que esta requerendo a outorga, bem como dados quantitativos, qualitativos, coordenadas geográficas, valor de vazão, volume entre outros.

A Figura 2.6 apresenta um esquema da documentação requerida pelo DRH da SEMA-RS para o encaminhamento do pedido de outorga de regularização de reservatório.

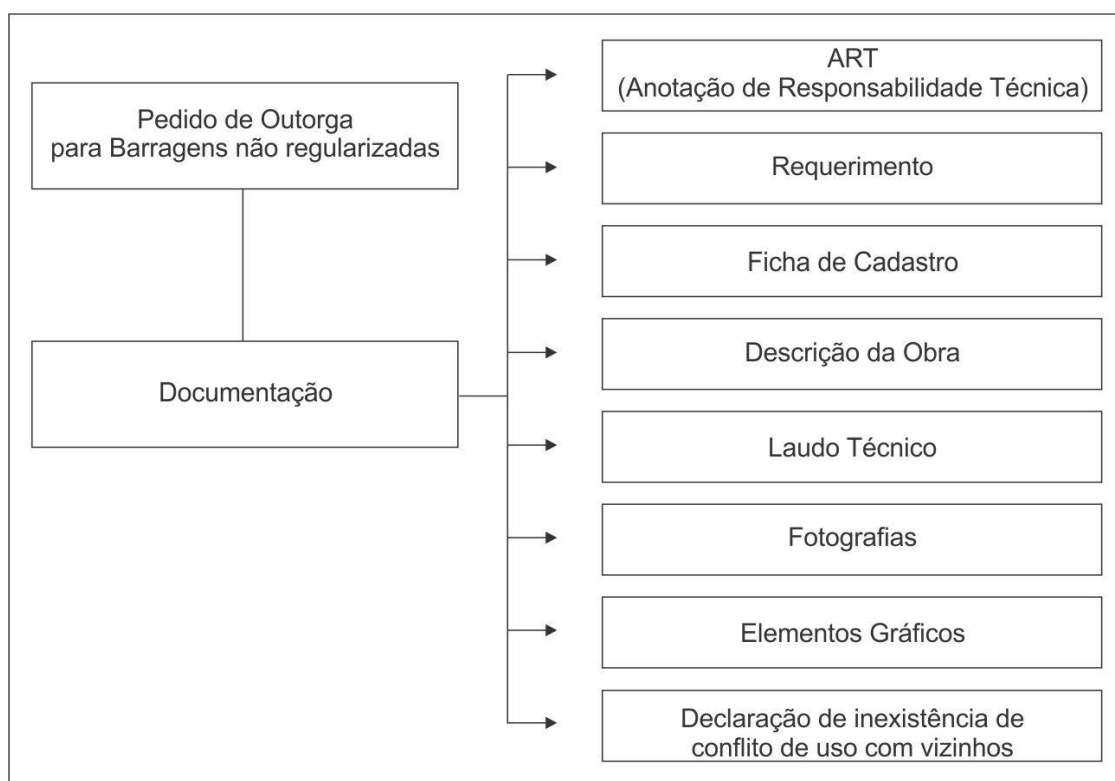


Figura 2.6 - Esquema da documentação requerida para o pedido de regularização de reservatório. Fonte: Frantz (2009). Adaptado pelo autor.

Conforme pode ser visto no requerimento do Termo de Referencia para Regularização de Barragem (Anexo A), o referido requerimento em questão destinasse à regularização e a autorização de uso de água superficial uma determinada finalidade (irrigação, neste estudo), fundamentado nas informações do cadastramento do usuário em anexo.

O requerente (Pessoa Física ou Jurídica) requer do Departamento de Recursos Hídricos, a regularização de acordo com a Lei 2.434/54 e outorga de uso da água, conforme a Lei Estadual nº. 10.350/94, para uma barragem com capacidade de armazenamento de um determinado volume de água (m³).

De acordo com este último parágrafo, para proceder a solicitação do pedido de outorga para informar o volume de água do reservatório, existe a necessidade de determinação da sua capacidade de armazenamento através de métodos que permitam a sua cubagem.

2.8 Batimetria

Segundo Pereira e Baracuhy (2008), o significado de batimetria origina-se da língua inglesa *Bathmeter* (*batho* + *meter*) que significa medida de profundidade. O levantamento batimétrico é a obtenção dos valores topográficos de posicionamento (X, Y e Z) de lugares submersos, a fim de representar o relevo e determinar o volume hídrico quando isso for possível ou necessário.

A batimetria tem diferentes escalas de levantamento, em razão das diversas finalidades dos recursos hídricos, e que cada situação exige uma metodologia ou técnica na execução.

2.8.1 Batimetria de grandes massas de água.

Os levantamentos batimétricos têm uma normativa internacional, a qual os categoriza em padrões de qualidade e precisão dos levantamentos, especialmente para aqueles realizados em recursos hidrográficos oceânicos e mares, auxiliando

nos resultados obtidos, pois estabelece critérios de controle de qualidade e incertezas para os levantamentos batimétricos. O *Internacional Hydrographic Organization* (IHO) tem parceria técnica com diversos países, na qual o Brasil também participa através da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil e faz uso das especificações técnicas dos levantamentos hidrográficos da IHO (IHO, 2008).

A Marinha do Brasil, por meio do Departamento de Levantamentos Hidrográficos, é o órgão responsável pelos levantamentos batimétricos de grandes corpos hídricos, como rios, lagos e mares. Atualmente, a metodologia oficial de levantamento hidrográfico ou batimétrico usada pela Marinha do Brasil é com ecobatímetro multifeixe (SOUZA e KRUEGER 2009).

De acordo com as Normas da Autoridade Marítima (NORMAM-25), regulamentada pela portaria nº15/MB, de 17 de janeiro de 2011, levantamento hidrográfico é toda a pesquisa em áreas marítimas, fluviais, lacustres e em canais naturais ou artificiais navegáveis, que tenha como propósito a obtenção de dados de interesse à navegação aquaviária. Esses dados podem ser constituídos por informações de batimetria, da natureza e configuração do fundo marinho, de direção e força das correntes, da altura e frequência da maré ou do nível das águas, e da localização de feições topográficas e objetos fixos que sirvam em auxílio à navegação (NORMAM-25, 2011).

Segundo Krug e Noernberg (2005), imagens de satélites que apresentam informações da elevação da superfície terrestre fornecem, a baixos custos, mapas batimétricos de áreas difíceis de mapear por meios de levantamentos hidrográficos tradicionais, devido à sua extensão ou ao seu relevo submerso complexo (Figura 2.7).

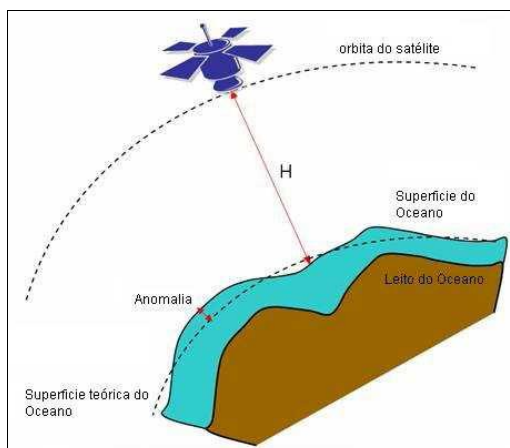


Figura 2.7 - Batimetria derivada de imagens de satélite através de informações altimétricas da superfície terrestre.

Fonte: International Hydrographic Organization - HIO (2010).

Outra técnica de realizar batimetria é através de sensoriamento remoto com o sistema aerotrasportado LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), nomeado por LIDAR (*Light Detection And Ranging*), é utilizado para medição da profundidade em corpos hídricos (HIO, 2010).

No entanto, esse método não tem boas respostas quantitativas para reservatórios de pequeno porte, pois o número de informações é insuficiente nos atributos de cada *pixel*.

2.8.2 Batimetria de pequenas massas de água

Há várias situações em que é preciso medir ou estimar a profundidade e volume dos reservatórios hídricos, tais como: planejamento agrícola voltado à irrigação; ato da outorga do uso d'água; quantificação e qualificação do reservatório para fins de avaliação financeira dos bens de benfeitorias.

A finalidade de um levantamento batimétrico é conhecer em cada ponto a sua posição (x, y) e a respectiva profundidade da água (-z), de modo que se possa

modelar o fundo de um reservatório e confeccionar a planta da bacia hidráulica de um açude, conforme o exemplo a Figura 2.8.

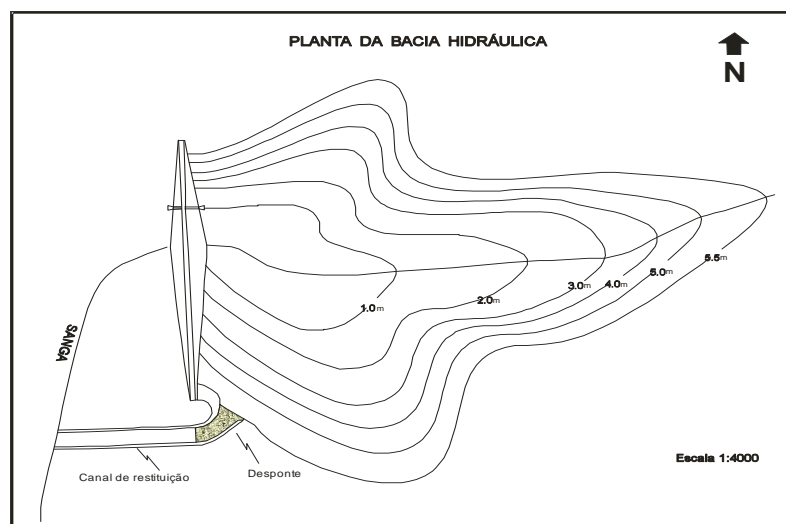


Figura 2.8 - Planta da bacia hidráulica de um açude

Fonte: Robaina (2007).

Conhecendo-se as coordenadas de pontos no espelho da água e a sua respectiva profundidade, pode-se reconstituir a planta da bacia de um açude e determinar o volume de água nele contido, procedimento popularmente conhecido como "cubagem" do reservatório.

Existem diversos métodos para levantamentos batimétricos que podem ser utilizados para a obtenção da planta da bacia hidráulica de um reservatório, seja um açude ou uma represa.

2.9 Métodos de levantamento batimétricos

Os métodos de levantamento batimétrico envolvem um sistema de determinação de coordenadas horizontais (X, Y) e instrumento de determinação da coordenada (Z), que nos levantamentos desse tipo é a profundidade da água.

Para os levantamentos batimétricos de reservatórios hídricos de pequeno porte, é necessária a utilização de uma embarcação, que pode estar em movimento ou parada no momento de tomar a leitura da sua posição e da profundidade da água. Dessa maneira, tem-se os levantamentos batimétricos estáticos ou cinemáticos.

2.9.1 Levantamento estático

Nesse tipo de levantamento a determinação da coordenada é feita com permanência estática, suficiente para obter a leitura da posição X, Y, Z com auxílio de estação total e prisma, e também a determinação da profundidade (Z) da água pode ser obtida com uso de trena.

Além disso, também há integrações de métodos com a inserção de outras formas de determinação da posição (x, y), por exemplo, o GPS, caracterizando novas formas de executar um levantamento batimétrico (ELIAS, 2008).

A determinação da profundidade pode ser feita, com o uso de sonares (eco-sondas ou ecobatímetros), de forma absoluta, ou seja, usando somente esses recursos ou alternativa. Sendo que para todos os exemplos supracitados, tem que haver a permanência estática ponto a ponto no levantamento.

2.9.2 Levantamento cinemático

Nessa variante de levantamento, a determinação da posição da embarcação é realizada em movimento (cinemático) com o uso de receptor GPS para determinar as posições espaciais e a determinação da profundidade pode ser feita alternativamente com o uso de sonares (eco-sondas ou ecobatímetros). Esse tipo de levantamento, que consiste numa integração ecobatímetro e GPS, é considerado como de última geração, sendo a sua principal vantagem a rapidez na execução dos levantamentos e como principal desvantagem o custo elevado.

2.9.3 Fórmula de Schoklitsch

A determinação do volume é pouco frequente porque o método direto (batimetria) caracteriza-se por ser oneroso, além de exigir mão-de-obra especializada e tempo disponível.

Esse tipo de levantamento envolve a determinação da área do espelho d'água, a determinação da profundidade máxima da água no reservatório e o uso de um fator de ponderação η . É um levantamento simplificado, que pode ser usado para a determinação expedita do volume de reservatórios no meio rural.

Robaina *et al.* (2009), descreveram esse modelamento matemático como uma alternativa para estimar volume de água de reservatórios em quatro municípios da região da Campanha do Rio Grande do Sul.

Foi feita a análise do parâmetro η a partir dos dados fornecidos de 210 reservatórios com finalidade de irrigação. Os resultados evidenciaram que o valor do coeficiente de Schoklitsch (η) variou entre 0,47 e 0,53, apresentando um valor médio de 0,50 e desvio padrão de 0,05, quando se considerou os dados dos quatro municípios em conjunto. Os coeficientes de determinação encontrados para as regiões de estudo foram superiores a 0,99%.

A relação entre o volume estimado e o volume observado em reservatórios demonstra o alto grau de correlação entre os valores testados e permite a recomendação do uso do modelo de Schoklitsch para a determinação do volume de água armazenado em reservatórios de irrigação nas localidades em estudo.

Segundo os autores, a metodologia desenvolvida nesta pesquisa apresentou resultados promissores, sendo proposta como mais uma ferramenta a ser explorada para subsidiar o gerenciamento dos reservatórios para fins de planejamento de áreas irrigadas e outorga do uso da água.

2.10 Ecobatímetro

O Sonar (*SOund NAvigation and Ranging* - Navegação e Medição de Distância pelo Som) é um aparelho utilizado para medir a profundidade de corpos

hídricos (batimetria), também chamado de eco-sonda, ou ecobatímetro que possibilitam outras informações em suas medições sobre o recurso hídricos, quando necessário (ELIAS, 2008).

Segundo Pereira e Baracuhy (2008), o ecobatímetro é um instrumento que mede a profundidade, via emissão de pulsos acústicos no fundo do corpo d'água, e mensura o tempo de deslocamento do sinal acústico pela conversão do intervalo de tempo da distância percorrida da onda entre o transdutor e o fundo do reservatório.

Este funciona com a emissão e recepção de ondas de som em diferentes frequências, em torno de 200 KHz a 50 KHz.

O envio e a recepção de pulsos acústicos são feitos via transdutor e a recepção destes pulsos é o que determina a profundidade. Os tipos principais de sistemas em SONAR são: feixe único, múltiplo feixes e varredura lateral (NOAA CSC, 2006 apud JENSEN).

Segundo Garmim (2006), o SONAR *Fishfinder 90* pode transmitir tanto em feixe estreito com em feixe largo.

O feixe estreito produz uma imagem nítida do fundo e detalhe das estruturas, mas a área de cobertura é limitada; assim, a uma profundidade de 30' pés (9,14m), o feixe estreito cobre um círculo com 90" polegadas (2,286m) de diâmetro que corresponde a uma superfície de 4,10 m² (Figura 2.9).

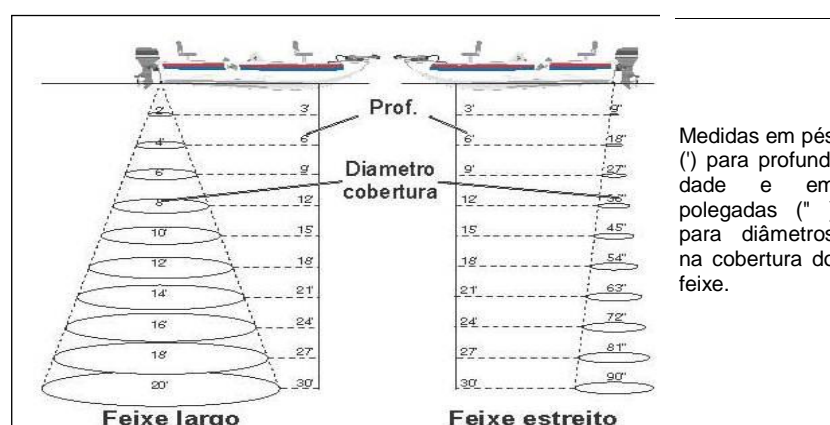


Figura 2.9 - Diferenciação de abertura do cone (feixe) de leitura de profundidades do SONAR.

Fonte: Manual Garmim (2006).

O SONAR de feixe único emite um único pulso de energia acústica em uma estreita abrangência superficial, a onda sonora que retorna ao transdutor representa no visor as feições dos elementos, aos quais estão no momento em que a onda foi emitida, tais como: vegetação, peixes e o próprio relevo submerso, bem como a distância de profundidade. As imagens são representadas em duas dimensões (2D), conforme a Figura 2.10:

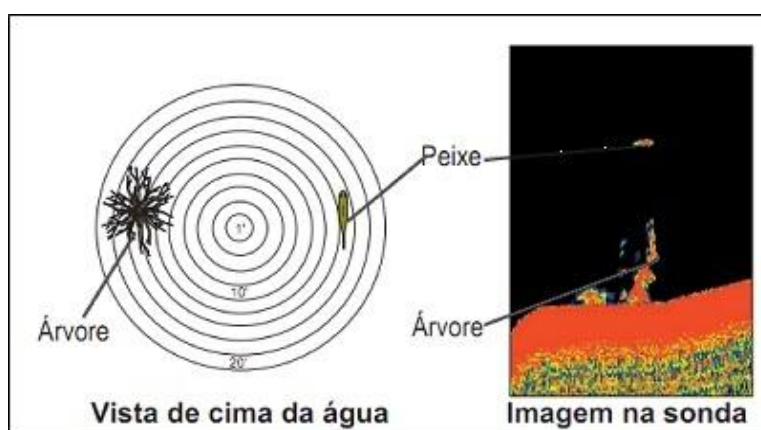


Figura 2.10 - Representação gráfica do pulso sonoro e das imagens no visor do SONAR

Fonte: Manual Garmin (2006).

Segundo Garmin (2006), o SONAR modelo *Fishfinder 90* fabricado pela Garmin Corporation, que pode transmitir tanto em feixe estreito com em feixe largo, é voltado para o uso de pesca, pois esse instrumento tem a capacidade de identificar peixes, obstáculos submersos como vegetação subaquática, relevo e entre outros elementos de massa que o pulso sonoro consegue identificar.

2.11 Sistema de Posicionamento Global

O Sistema de Posicionamento Global (*Navigation Satellite with Time and Ranging* - NAVSTAR-GPS) conhecido popularmente pelo acrônimo GPS (*Global Positioning System*), concebido inicialmente pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos - DoD (*Department of Defense*), para auxiliar a navegação das forças armadas norte-americanas em especial marinha e força aérea, extrapolou as fronteiras militares e chegou ao uso civil devido às aplicações desse sistema de posicionamento.

O uso das informações por parte da sociedade é denominado como segmento usuário, auxiliando em diversas atividades, por exemplo, em controle de frotas, navegação, posicionamento, agricultura de precisão, levantamentos georreferenciados entre outras situações de ocupar um ou vários pontos na superfície terrestre em quaisquer condições climáticas (MONICO, 1998).

Assim como em diversas áreas do conhecimento tecnológico onde há apenas um detentor de determinado produto, houve um avanço por parte de outras nações na área de posicionamento espacial, a Rússia com o GLONASS (*Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*), a União Européia com o sistema Galileo e a China com o Compass, os quais possuem o mesmo princípio do sistema pioneiro de posicionamento espacial.

O desenvolvimento desses outros programas espaciais trouxe mais segurança aos usuários, pois a integração desses sistemas melhorou a precisão no posicionamento dos pontos devido à maior disponibilidade de satélites utilizados no cálculo das coordenadas.

Cada uso do sistema tem uma característica nos resultados de posicionamento conforme o método adotado, podendo ser classificados como:

- Posicionamento por Ponto Preciso (PPP): O resultado obtido através da técnica PPP, requer informações de efemérides precisas e correções para os relógios dos satélites, resultando pontos com ótima precisão. No Brasil o IBGE utiliza o serviço de PPP para o pós-processamento de produtos GNSS, conforme (IBGE 2007).
- Posicionamento Relativo Diferencial: Esse tipo de posicionamento requer dois ou mais receptores GNSS onde um é

posicionado em um ponto (base) de coordenadas conhecidas e o outro(s) receptor(es) (*rover*), em pontos a serem determinados, com um tempo de latência acima de 20 minutos, para a coleta de épocas (informação de posição) e o número de quatro ou mais satélites na ocupação do ponto. Através do pós-processamento dos dados é possível corrigir os erros de geometria das observações obtidas, permitindo uma precisão satisfatória em posicionamento e precisão (MONICO, 2008).

- Posicionamento Relativo Estático Rápido: Esse método de levantamento assemelha-se ao posterior, diferenciado pelo tempo de latência (menos que 20 minutos) na ocupação do ponto, sendo menor em número de informações coletadas (épocas) (MONICO, 2008).

- Posicionamento Relativo Semicinemático (*Stop and Go*): Esse procedimento de levantamento é o ato de ter o receptor GPS ligado constantemente e ocupar os pontos de interesse com paradas em um curto espaço de tempo o suficiente para resolver as ambiguidades do vetor e obter a posição do ponto, assim para esse e para os demais procedimentos de levantamento deve-se ter outro receptor GPS ligado simultaneamente atuando como estação base com coordenadas conhecidas para haver o pós-processamento alterando a geometria dos satélites e permitindo a solução das ambiguidades (MONICO, 2008).

- Posicionamento absoluto: Esse método de posicionamento requer apenas um receptor GPS, onde a solução das ambiguidades é realizada no próprio receptor, tendo assim a posição do ponto instantaneamente, É o método mais usado no meio civil, pois está presente nos receptores denominados de navegação e também aparecem nos celulares, relógios, dispositivos de carro com recurso GPS para navegação e localização instantânea.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Localizações dos experimentos

Este trabalho foi realizado em cinco reservatórios, localizados na zona rural de diferentes municípios do Rio Grande do Sul: um no município de Santa Maria, um no município de Restinga Sêca, um no município de São Sepé e dois no município de São Vicente do Sul.

Para referência de distâncias entre um reservatório e outro, tomou-se como parâmetro a Estação Santa Maria (SMAR), integrante da Rede Brasileira Monitoramento Contínuo (RBMC), que está nas dependências do campus da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. O reservatório de Santa Maria está a uma distância, em linha reta até a sua borda oeste, 830 m aproximadamente; o reservatório de Restinga Seca está distante, em linha reta até sua borda oeste 52,65 Km aproximadamente; o de São Sepé está distante em linha reta até sua borda noroeste 52 Km aproximadamente, e os reservatórios de São Vicente do Sul estão distante em linha reta 103,60 Km e 105,50 Km, ambas distâncias referidas a borda leste dos reservatórios.

Todos os reservatórios utilizados nessa pesquisa são classificados como muito pequeno, segundo a classificação feita por Straskraba e Tundisi, (2000), que os enquadraram em categorias de tamanho que relacionam área do espelho d' água e o volume de água. (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Classificação de reservatórios de acordo com a área do espelho d'água e volume de água.

Categoria	Área (Km²)	Volume (m³)
Grande	$10^4 - 10^6$	$10^{10} - 10^{11}$
Médio	$10^2 - 10^4$	$10^8 - 10^{10}$
Pequeno	$1 - 10^2$	$10^6 - 10^8$
Muito pequeno	< 1	$< 10^6$

Fonte: adaptado de Straskraba e Tundisi (2000).

Os reservatórios observados apresentaram áreas superficiais que variaram entre 4,93 ha e 70,00 ha referentes aos seus espelhos d'água. Os reservatórios foram nomeados com algarismos alfanuméricos de um a cinco, da seguinte forma: (R1) reservatório localizado em Santa Maria com 4,93 ha de espelho d'água; (R2) em Restinga Sêca, com 9,09 ha de espelho d'água; (R3) em São Sepé com 63,40 ha de espelho d'água; (R4) e (R5) em São Vicente do Sul respectivamente, com 23 ha e 70 ha de espelho d'água. Uma visão dos cinco reservatórios pode ser encontrada na Figura 3.1.

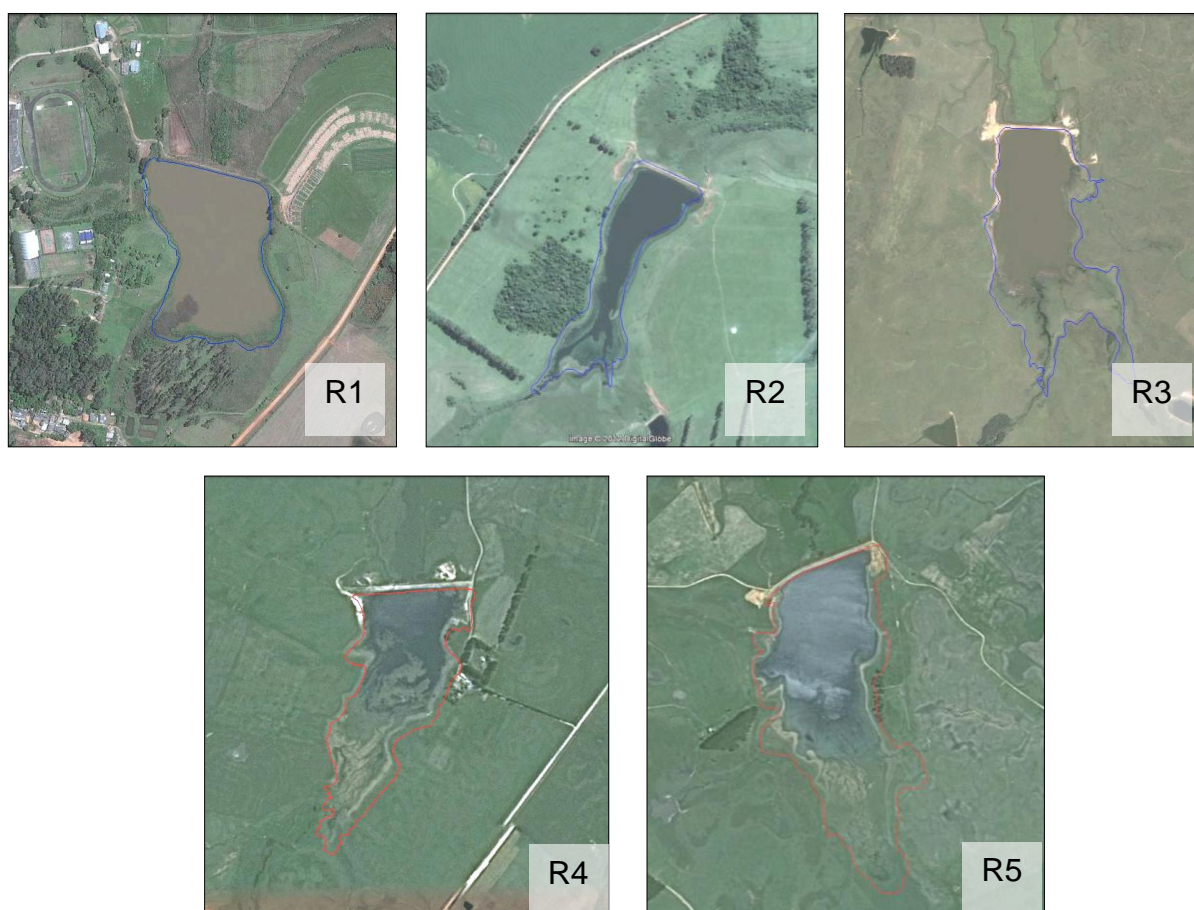


Figura 3.1- Recortes de imagens de satélite dos reservatórios Santa Maria (R1) e Restinga Seca (R2) - RS, São Sepé (R3) e São Vicente do Sul (R4) e (R5) - RS, ilustrando suas respectivas bacias de acumulação.

Fonte Google Earth *Free*. Acessado em 15 jun. 2012.

3.2 Levantamento no campo

O trabalho envolveu levantamentos de campo, onde numa primeira ação, foi realizada a determinação do contorno do espelho d'água de cada reservatório.

3.2.1 Levantamento do contorno dos reservatórios

O método de Relativo Semicinemático (*Stop and Go*) foi o utilizado para registrar (georreferenciar) os espelhos d'águas dos corpos hídricos envolvidos nessa pesquisa, método este que necessita de pós-processamento dos dados, para obter o valor das coordenadas com maior precisão.

Para o trabalho de levantamento do perímetro de cada reservatório foi utilizado um receptor GPS de dupla frequência (Topcon Hiper Plus), conforme Figura 3.2.



Figura 3.2 - Receptor GPS de dupla frequência, utilizado para georreferenciar os espelhos d'águas dos corpos hídricos.

Tendo com base de referência para a correção dos dados a antena SMAR (Santa Maria-RS) da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), sendo o receptor de coleta de observações de posição geoespacial, configurado para uma taxa de coleta a cada 15s e realizando o caminharmento perimetral dos espelhos d'água de cada reservatório.

3.2.2 Levantamento das coordenada X, Y dos pontos amostrais nos reservatórios.

Nessa fase do trabalho de campo foi realizada a determinação da posição e a respectiva medida de profundidade da água em vários locais da superfície de cada reservatório.

A determinação das coordenadas de cada posição foi feita com receptor GPS de navegação portátil (Garmin modelo 12XL), que pode ser visto na Figura 3.5. O registro das coordenadas de cada ponto foi feita no modo de armazenamento do tipo *Waypoints* e obedeceu a seqüência de identificação iniciando em 01, em cada reservatório.



Figura 3.3 - Receptor Garmin modelo 12XL, para georreferenciar e marcar os pontos amostrais.

3.2.3 Levantamento da profundidade da água nos pontos nos reservatórios

A cada ponto escolhido para coleta e registro de profundidade, foram realizadas, concomitantemente, as seguintes seqüências de procedimentos:

- a) Com a trena com o lastro - (a_1) submersão da trena; (a_2) obtenção da medida na lâmina d'água e registro da profundidade do ponto na tabela da prancheta.

- b) Com o sonar a seqüência de procedimento foi: (b_1) leitura da profundidade do ponto na tela do sonar; (b_2) registro do valor profundidade acusada pelo sonar na tabela da prancheta.

3.2.4 Profundidade da água com trena

As medidas obtidas com a trena foram consideradas reais ou seja exata (precisa), sendo as mesma consideradas como parâmetros de comparação com medidas obtidas com a sonda (Garmin *Fishfinder 90*). As medidas de profundidade da água naquela posição foram feitas com uma trena (*fiber glass*) de 10 m de comprimento, que pode ser vista na Figura 3.6.



Figura 3.4 - Trena de (*fiber glass*).10 m, utilizada no levantamento para obtenção dos valores de profundidade estimada (trena).

Fonte: o autor.

Foi feita uma adaptação na trena, que ser observado na Figura 3.7, com o objetivo de facilitar sua submersão com rapidez na água e manter a sua verticalização. A adaptação constou da colocação de um peso de 3 kg na ponta que compreende o início da numeração 0 m, de maneira que o espaço ocupado pelo peso não comprometesse a distância de 0 a 10 m, medida original da trena. Essa distância foi aferida com o auxílio de outra trena com as mesmas características.



Figura 3.5 - Trena de 10 m (*fiber glass*) com lastro pesando 3kg, utilizada no levantamento para obtenção dos valores de profundidade estimada (trena).

Fonte: o autor.

3.2.5 Profundidade da água com sonar

A medida de profundidade foi feita também com o Sonar (Garmin *Fishfinder 90*), que é composto de três elementos básicos: a tela de visão ou visor (*display*, ecrã), o transdutor (sensor de profundidade da água) e bateria para alimentação, sendo que todos esses elementos se comunicam via cabo de dados e de energia.

O sensor de profundidade (transdutor) do sonar é acoplado na popa do barco, de forma a ficar submerso durante todo o período do levantamento das profundidades, conforme indicado no manual de procedimentos do instrumento. Conforme é observado na figura 3.8 (a). Ainda na figura 3.8 (b), pode-se observar a tela (*display*) de comunicação visual das informações obtidas através do transdutor, informações essas que são: temperatura da água, relevo submerso e a profundidade no ponto, informação essa objeto desse estudo.

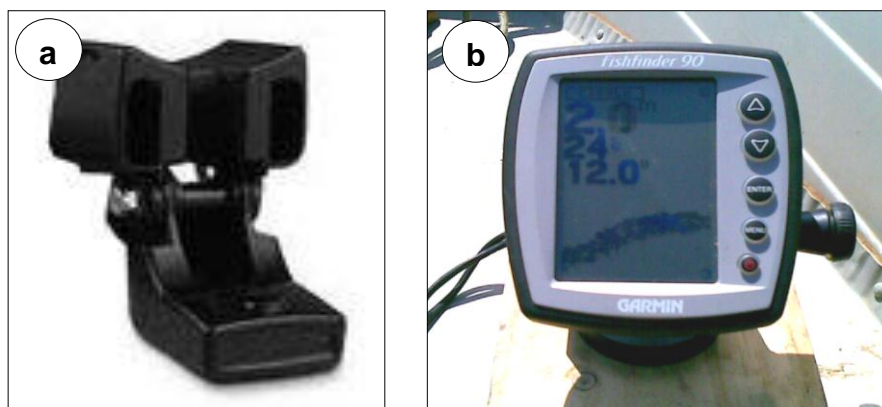


Figura 3.6 - Sensor de profundidade do Sonar - transdutor - (a) e Tela do Sonar (Garmin *Fishfinder 90*) (b), instrumento do qual obtiveram-se as medidas observadas.

Fonte: o autor.

A embarcação utilizada com estrutura de alumínio foi um barco (marca Levforte, modelo lambari 430), com 3 m de comprimento e 0,70 m de altura, 72kg, aproximadamente, comportando até quatro tripulantes e impulsionado por um motor de 5HP, pesando aproximadamente 25kg, (marca Briggs & Stratton).

A figura 3.9 representa a disposição dos equipamentos envolvidos, na determinação das coordenadas de cada ponto nos diferentes reservatórios e as respectivas medidas de profundidade (terna e sonar).

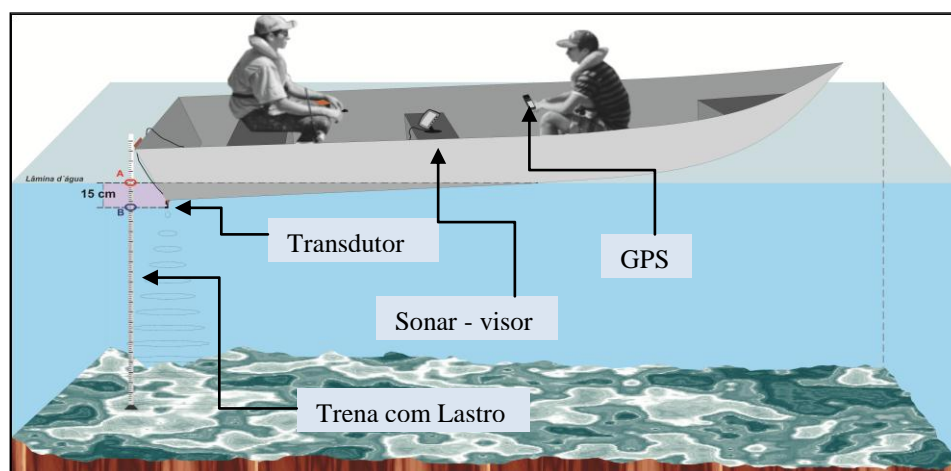


Figura 3.7 - Equipamentos envolvidos na coleta de dados nos diferentes reservatórios.

Fonte: o autor.

Nos levantamentos dos reservatórios foram adotados procedimento padrão na coleta de dados no campo, sendo executada entre 06:00 h e 09:00 h ou ao final da tarde após 16 h. A adoção desses horários se deu em função de que a condição meteorológica é mais favorável para manter uma maior estabilidade do barco na água devido a baixa velocidade do vento (ou até a sua ausência), não há impedimento para execução do levantamento nos demais horários do dia, desde que as condições favoráveis a estabilidade da embarcação sejam preservadas.

O peso dos dois tripulantes, cerca de 160 kg somados ao peso do motor, fez com que o barco ficasse 15 cm submerso em relação à lâmina d'água na altura do sensor. Essa medida foi anotada para ser subtraída dos valores obtidos pela trena, pois a leitura feita com a trena é no nível do espelho d'água (A) e a leitura de profundidade obtida pelo sensor foi a 15 cm de diferença (B), o que pode se melhor perceber observando na Figura 3.10.

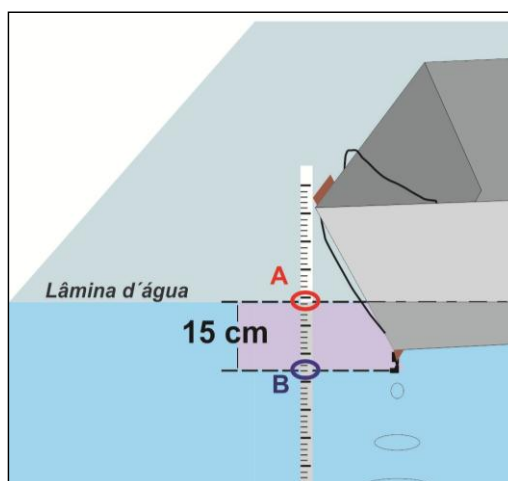


Figura 3.8 - Ilustração da realização da leitura na lâmina d'água (A - medida da trena - *Estimada*) e do nível do transdutor (B - medida do sonar - *Observadas*)

Fonte: o autor.

3.3 Atividades de laboratório

3.3.1 Coordenadas do perímetro dos reservatórios

As observações coletados no levantamento para delimitação das poligonais dos espelhos d'água foram descarregados em computador pelo programa computacional PCCDU. Esses dados foram pós-processados no programa computacional Topcon Tools (versão 7.1).

O projeto de pós-processamento do perímetro foi configurado para coordenadas planas (sistema de projeção UTM) referidas ao Datum SIRGAS2000. A estação de referência utilizada para a correção diferencial foi a Estação de Santa Maria (SMAR), código internacional número 92013, localizada nas dependências da Universidade Federal de Santa Maria - RS, cujas coordenadas planas são E 237.205,247 m; N 6.709.269,527 m e Altura Elipsoidal 113,11 m, referidas ao Datum SIRGAS2000. As coordenadas dos pontos georreferenciados dos perímetros de cada reservatório foram exportados no formato dxf, para serem manipulados em programas computacionais de desenho assistido ou de sistema de informação geográfica, onde os pontos foram ligados por segmentos de reta, permitindo obter o fechamento da poligonal dos espelhos d'água.

3.3.2 Coordenadas dos pontos nos reservatórios

As coordenadas da posição dos pontos no interior dos reservatórios foram descarregados do receptor GPS 12XL da Garmin para um computador através do programa computacional Trackmaker, deste, foram formatados em arquivo de planilha Excel do Microsoft Office (versão 2007), onde gerou cinco planilhas correspondentes aos reservatórios. Para a espacialização dos pontos (coordenadas) com suas respectivas profundidades, foi utilizado o programa computacional ArcGIS®, por meio da função "inserir tabela", situada na tela principal em "*Tools*" e,

após em "*Add XY Data*". O procedimento foi repetido para cada reservatório usado neste trabalho.

3.3.3 Profundidade dos pontos do espelho d'água

Na planilha do Microsoft Excel onde foram registradas as coordenadas dos pontos foram adicionadas, em cada ponto correspondente, a medida da profundidade obtida com trena e as medidas da profundidade obtidas na tela do sonar.

A ordem das colunas nas planilhas do Excel foi a seguinte: número do ponto, coordenada E, coordenada N, profundidade estimada com a Trena, profundidade do observada com o Sonar.

Essas informações foram anotadas em uma prancheta no momento em que se registrava o número do ponto no receptor GPS; o que permitiu o mapeamento de cada posição (E, N e Z).

3.4 Análise estatística dos dados

3.4.1 Análise dos valores de medida estimados e observados.

Os valores das medidas observadas (sonar) foram comparados com os valores das medidas estimadas (trena) para verificar o desempenho do modelo em prever comportamento do sistema.

Foi feita a regressão linear $Y = a + b \cdot X$, entre os valores estimados, trena (X) e os valores obtidos com sonar (Y), com a finalidade de se obter o coeficiente de correlação r , o coeficiente linear e o coeficiente angular. O valor de $a = 0$ significa que a reta de regressão passa pela origem e o valor de $b = 1$ significa que a reta de regressão tem uma inclinação de 45° em relação ao eixo das abscissas, que contém

os valores da variável a ser testada (Y) sonar, que no presente estudo, são os valores fornecidos pelo modelo matemático.

Após a obtenção dos valores dos coeficientes (a, b) da regressão linear, foi feito o teste t de Student, ao nível de confiança de 95%, do coeficiente linear que indicará se $a = 0$ e o teste t do coeficiente angular (b) que indicará se $b = 1$. Se o valor do teste t calculado com os dados experimentais for menor que o valor de t fornecido por uma tabela da distribuição de Student, indicará que as hipóteses testadas ($a = 0$ e $b = 1$) são verdadeiras.

Desse modo pode-se afirmar que não existe, com um nível de confiança de 95% ou com uma probabilidade de erro de 5%, diferença significativa entre os procedimentos que foram comparados.

Com o mesmo conjunto de dados foi determinado o índice de concordância de Willmott (I_w) (WILLMOTT, 1981):

$$I_w = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n \left(\left| E_i - \bar{E} \right| + \left| O_i - \bar{O} \right| \right)^2} \right], \quad (3.1)$$

em que E_i é o valor da observação estimada (trena), O_i é o valor da observação medida (sonar), \bar{E} é a média dos valores da observação estimada (trena) e \bar{O} é a média da observação medida (sonar).

O coeficiente de correlação (r) permite quantificar o grau de associação entre as duas variáveis envolvidas na análise (SCHNEIDER, 1998), pode ser estimado por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - E)(O_i - O)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (E_i - E)^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (O_i - O)^2 \right]}} \quad (3.2)$$

O campo de variação do coeficiente de correlação é de -1 a 1 e quanto maior o seu valor absoluto maior o grau de associação.

A avaliação do modelo foi feita pelo índice de desempenho (I_d), proposto por Camargo & Sentelhas (1997) cujo valor é o produto do coeficiente de correlação e o índice de concordância ($I_d = r \cdot I_W$).

O critério de interpretação do índice de desempenho e das respectivas classes de desempenho utilizadas neste trabalho foi feito de acordo com Costa (2004), pode ser visto pela Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Critério de interpretação dos valores do índice de desempenho e as respectivas classes de desempenho.

Critério de interpretação do índice de desempenho - I_d		Classes de desempenho	
		> 0,85	Ótimo
de	0,76	a	Muito Bom
de	0,66	a	Bom
de	0,61	a	Mediano
de	0,51	a	Ruim
de	0,41	a	Muito Ruim
		< 0,41	Péssimo

Fonte: adaptado de Camargo e Sentelhas (1997).

3.4.2 Aplicação do modelo de profundidade

O modelo de estimativa da profundidade da água proposto neste trabalho foi utilizado para simular as profundidades nos cinco açudes estudados a fim de ser calculados os seus respectivos volumes armazenados.

O modelo linear $Y = a + bX$, no qual os valores de X correspondem as medidas de profundidade obtidas com o uso do trena, Y corresponde aos valores de profundidade medidas com sonar. Que pode ser estimado por:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^5 X_i \cdot W_i + \sum_{i=1}^5 X_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^5 W_i + \sum_{i=1}^5 N_i} \quad (3.3)$$

na qual X_i é o valor médio das diferenças das medidas da trena e do sonar, W_i e N_i são os respectivos pesos e o número de medidas realizadas em cada reservatório.

O modelo para a estimativa da profundidade da água (Y) a partir das medidas de profundidade fornecidas no visor do sonar (X), uma vez conhecidos o coeficiente linear "a" e o coeficiente angular "b", X é o valor dado no visor do sonar, com o valor obtido através do modelo de correção Y é a medida obtida direta do sonar com a adição do modelo de correção.

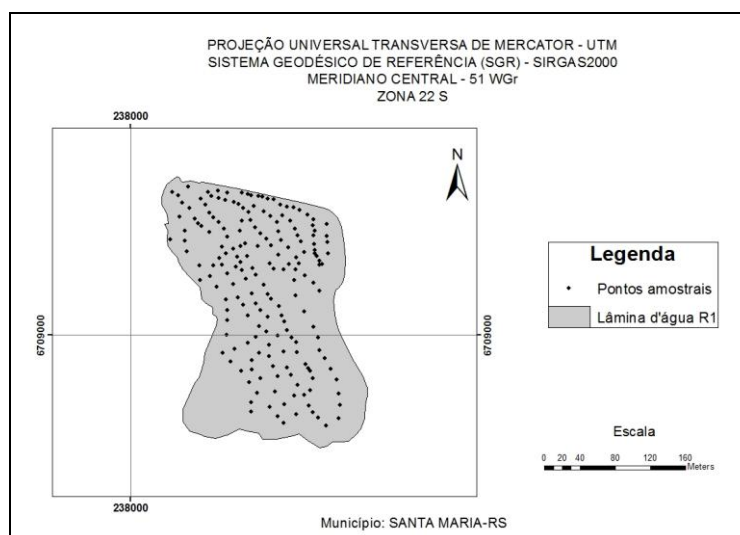
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

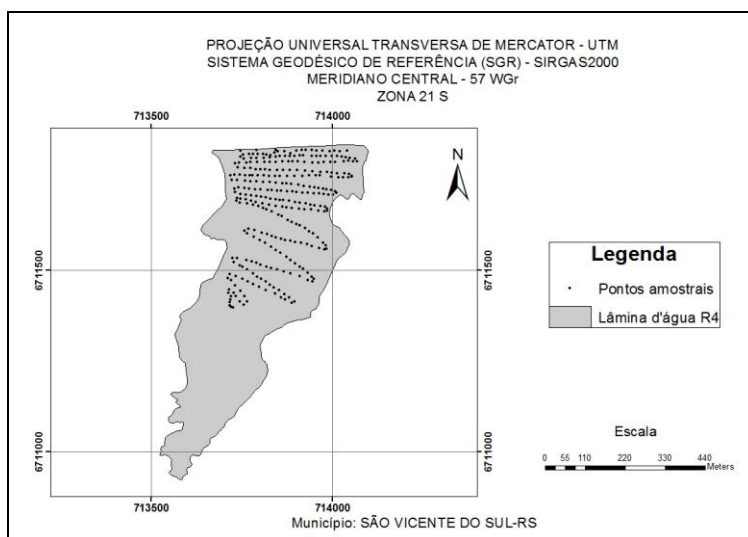
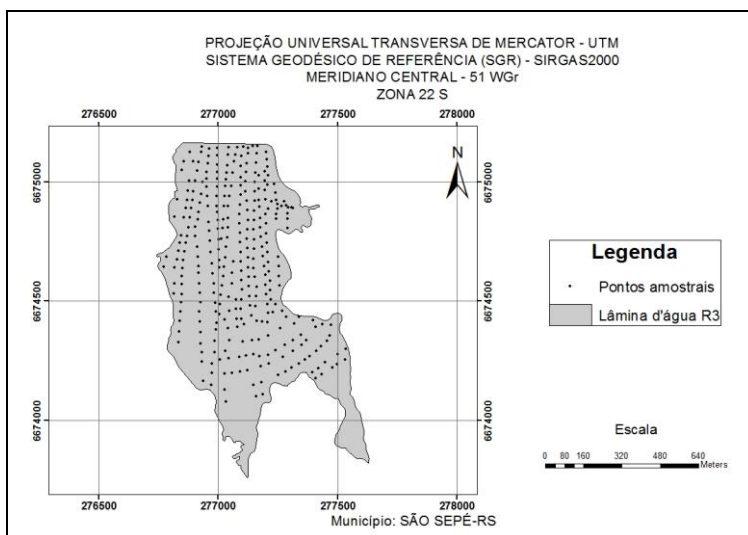
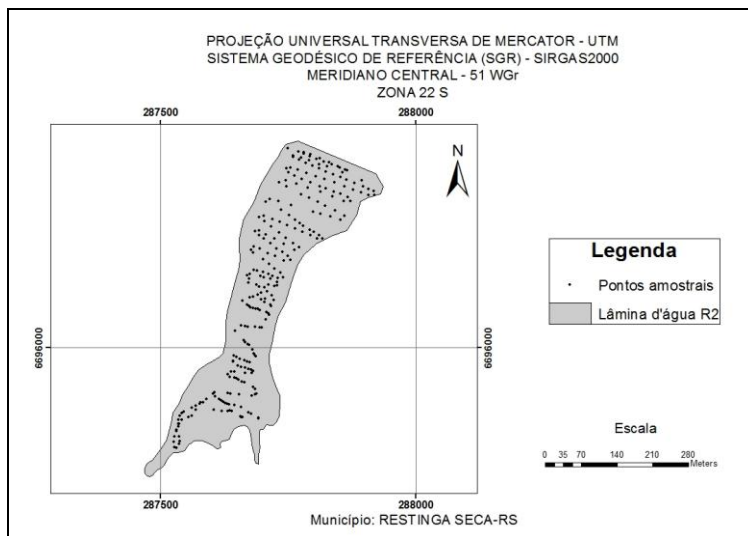
A seguir, são apresentados os resultados do contorno dos reservatórios, do mapeamento dos pontos do espelho d'água do reservatório, das profundidades obtidas com os dois sistemas de medição adotados neste trabalho (trena e sonar).

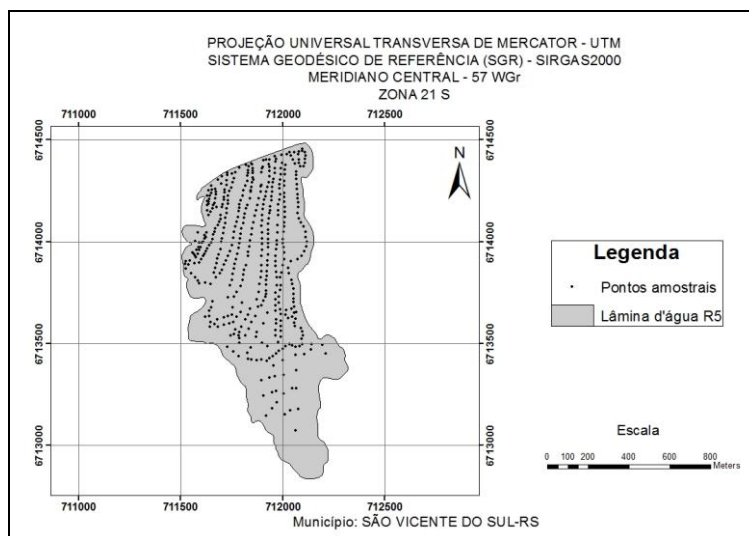
4.1 Distribuição espacial dos pontos do espelho d'água nos reservatórios

O resultado da espacialização dos pontos para os quais foram determinadas as coordenadas planas horizontais (E, N) e sua respectiva coordenada vertical Z (profundidade da água) pode ser vista na Figura 4.1, que corresponde ao reservatório de Santa Maria - R1 (a) e ao Reservatório de Restinga Seca - R2 (b), ao reservatório de São Sepé - R3 (c), ao reservatório de São Vicente do Sul - R4 (d) e ao reservatório de São Vicente do Sul - R5 (e). Ainda na mesma Figura 4.1 pode-se observar a delimitação do contorno de cada um dos reservatórios.

Figura 4.1 - Distribuição espacial dos pontos do espelho d'água nos reservatórios R1, R2, R3, R4 e R5







A análise visual das Figuras 4.1 e permitem observar que houve em 4 reservatórios uma distribuição uniforme dos pontos amostrados e uma total abrangência em relação a superfície do espelho d'água, com exceção da distribuição observada no reservatório R4 de São Vicente do Sul (Figura 4.2 d), o que aconteceu devido ao baixo acúmulo de água na época em que foi realizado o trabalho. Neste caso, foi adotada a hipótese que esse fato não prejudica a análise comparativa proposta neste estudo uma vez que este reservatório representa menos de 20% do total de pontos.

4.2 Valores estatísticos das medidas de profundidade

A quantidade de pontos amostrados a fim de determinar a profundidade da água foi igual a 187 no reservatório R1, 271 no reservatório R2, 311 no reservatório R3, 302 no reservatório R4, 461 no reservatório R5, totalizando 1532 observações de profundidade com trena e o mesmo número com o sonar.

A tabela 4.1 representa as profundidades máximas, mínimas e médias do leito dos reservatórios, desvio padrão e coeficiente de determinação dos dados medidos com o sonar e trena.

Tabela 4.1 - Valores máximos, mínimos, médios, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) obtidos com as profundidades medidas com trena e com o sonar nos diferentes reservatórios (Res).

R.	P.	Trena (m)					Sonar (m)				
		Máx.	Mín.	Méd.	DP	CV(%)	Máx.	Mín.	Méd.	DP	CV(%)
R1	187	3,41	0,48	2,09	0,68	32,4	3,00	0,10	1,75	0,68	38,7
R2	271	8,52	1,43	4,77	1,58	33,1	8,20	1,10	4,45	1,58	35,6
R3	311	5,15	0,71	2,51	0,80	32,0	4,80	0,40	2,17	0,81	37,3
R4	302	5,20	0,40	2,71	0,98	36,3	4,89	0,07	2,38	0,99	41,5
R5	461	6,21	1,30	3,23	1,25	38,6	5,90	1,00	2,91	1,25	42,9

R.: Reservatórios, P.: Pontos, Máx. Máximos (m), Mín. Mínimo (m), DP: Desvio Padrão (m), CV: Coeficiente de Variação.

Os valores do coeficiente de variação dos dados obtidos nas determinações com a trena variaram entre 32,0 a 38,6 os valores do coeficiente de variação do sonar variaram entre 35,6 a 42,9. Não apresentando variação expressiva entre os coeficientes de variação (CV). Os valores de profundidades não ultrapassaram de 45 cm em diferença entre as máximas profundidades e 11 cm entre as mínimas profundidades.

Na Tabela 4.2 apresentam-se as diferenças de medidas entre Trena e Sonar nos cinco reservatórios, com seus respectivos valores estatísticos:

Tabela 4.2 - Valores máximos, mínimos, médios, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) da diferença entre os valores de profundidade medida com trena e os valores medidos com o sonar nos diferentes reservatórios.

Res.	Pontos	Diferença de medidas de profundidade com Trena e Sonar				
		Máximo (m)	Mínimo (m)	Médio (m)	DP (m)	CV (%)
R1	187	0,41	0,15	0,35	0,05	14,3
R2	271	0,40	0,28	0,32	0,02	6,2
R3	311	0,45	0,21	0,34	0,03	8,8
R4	302	0,40	0,20	0,33	0,03	9,1
R5	461	0,39	0,11	0,32	0,04	12,5

Res.: Reservatórios

DP: Desvio Padrão

CV: Coeficiente de Variação

Todos os reservatórios apresentaram o coeficiente de variação baixo não ultrapassando o valor de 15%, demonstrando que os valores são homogêneos e que é muito próxima a média correspondente a cada "R" (reservatório).

4.3 Modelo de estimativa da profundidade a partir das medidas realizadas com sonar

No trabalho, foi adotada a hipótese que o parâmetro "b (coeficiente angular) pode ser considerado unitário, isto é, $b = 1$. A partir dessa suposição, então, houve a necessidade de determinar o parâmetro "a" (coeficiente linear)

Na Tabela 4.3 são apresentados os resultados das diferenças entre as medidas de profundidade obtidas com a trena e com o sonar em relação aos diferentes reservatórios.

Tabela 4.3 - Valores médios, variância e pesos da diferença entre os valores de profundidade medida com trena e os valores medidos com o sonar nos diferentes reservatórios.

Res.	Diferenças entre medidas de profundidade com Trena e Sonar				
	Médio (m)	Variância	Pontos	Pesos	Valor de "a"
R1	0,35	0,0025	187	400	
R2	0,32	0,0004	271	2500	
R3	0,34	0,0009	311	1111	0,3283
R4	0,33	0,0009	302	1111	
R5	0,32	0,0016	461	625	

Tem-se na segunda coluna os valores médios da diferença entre os valores de profundidade obtidos com trena e sonar; na terceira pode ser visto os valores da variâncias (desvio padrão ao quadrado) das diferenças entre as duas formas de medir; a terceira coluna representa o número de medidas realizadas, a quarta coluna é fator de ponderação das médias, este calculado pelo inverso da variância.

O valor do parâmetro "a" do modelo linear obtido neste trabalho é o valor que pode ser encontrado na última coluna da Tabela 4.3.

$$Y = 0,3283 + X, \quad (4.2)$$

Após a obtenção do modelo matemático há necessidade de testá-lo quanto ao seu desempenho estatístico na previsão de valores de profundidade considerados como real (medidas de profundidade com trena), uma vez que o objetivo principal deste trabalho é a substituição da forma de medida de profundidade com trena pela medida realizada com o sonar.

4.4 Análise estatística dos dados

O teste do modelo obtido foi feito com os valores de profundidade medidos com trena no experimento de campo nos reservatórios R1, R2, R3, R4 e R5 e os valores de profundidade calculados com o modelo matemático, sendo neste estudo denominadas de observações simuladas.

4.4.1 Análise das observações simuladas

Os valores das observações simuladas foram comparados com os valores das observações medidas para verificar o desempenho do modelo em prever o comportamento do sistema (sonar).

Foi feita a regressão linear $T = a' + b'.Y$, entre os valores simulados (Y) e os valores obtidos no campo (T), com a finalidade de se obter o coeficiente de correlação r , o coeficiente linear e o coeficiente angular.

Ao analisar a Tabela 4.4 pode-se ver que os valores do coeficiente a' e b' foram bem próximos de zero e de um respectivamente.

O valor de $a' = 0$ significa que a reta de regressão passa pela origem e o valor de $b' = 1$ significa que a reta de regressão tem uma inclinação de 45° em relação ao

eixo das abscissas, que contém os valores da variável a ser testada (X), que no presente estudo, são os fornecidos pelo modelo matemático.

Tabela 4.4 - Valores do coeficiente a' , do coeficiente b' , do coeficiente de determinação r^2 , do teste t calculado para os coeficientes a' , b' , tabelado e grau de significância (GS) relativos aos coeficientes a' e b' .

Res	a'	b'	r^2	Teste t			GS	
				a'	b'	5%	a'	b'
R1	0,0183	1,0009	0,9948	1,58	0,18	1,96	NS	NS
R2	0,0024	0,9976	0,9998	0,40	2,21	1,96	NS	S
R3	0,0105	1,0037	0,9996	2,76	2,45	1,96	S	S
R4	0,0130	0,9954	0,9985	1,36	1,64	1,96	NS	NS
R5	0,0847	0,9792	0,9956	3,89	4,36	1,96	S	S

Res. Reservatório

Na mesma Tabela 4.4 pode-se ver que os valores calculados com os dados experimentais, do teste t referente ao coeficiente a' foram em dois casos (R3 e R5) maiores que o valor do teste t fornecido por uma tabela da distribuição de Student (COSTA NETO, 1977).

Ainda na mesma Tabela 4.4 pode-se ver que os valores, calculados com os dados experimentais, do teste t referente ao coeficiente b' foram em três casos (R2, R3 e R5) maiores que o valor do teste t fornecido pela mesma tabela estatística anteriormente citada.

Quando o valor do teste t calculado com os dados experimentais é menor que o valor de t da tabela de distribuição de Student, indicará que as hipóteses testadas ($a' = 0$ e $b' = 1$) são verdadeiras, ou seja, os valores verdadeiros ou considerados verdadeiros (medidas de profundidade com a trena) e os valores calculados (medidas de profundidade calculadas a partir das medidas com o sonar) são iguais sob o ponto de vista estatístico a um determinado nível de confiança, que nesse estudo foi adotado em 5%.

Quando as condições anteriormente descritas ocorrem, pode-se afirmar que não existe, com um nível de confiança de 95% ou com uma probabilidade de erro de 5%, que não existe diferença significativa (NS) entre os procedimentos que foram comparados (medidas com trena e sonar).

Ainda na Tabela 4.4 pode-se ver que em função dos valores do teste t, para o coeficiente a', serem menores que o teste t (tabela de Student) conduziram a diferenças não significativas nos reservatórios (R1, R2 e R4) e conduziram a diferenças significativas para os reservatórios (R3 e R5). No que se refere ao coeficiente b', conduziram a diferenças não significativas nos reservatórios (R1 e R4) e conduziram a diferenças significativas para os reservatórios (R2, R3 e R5).

Na quarta coluna da Tabela 4.4 podem ser encontrados, também, os valores do coeficiente de determinação r^2 que denota a parcela da variação que pode ser explicada pela regressão em relação a variação total e também, indiretamente através do coeficiente de correlação r (raiz quadrado do r^2) o grau de associação entre as variáveis. Os resultados mostram que em todos os casos a parcela dos dados explicada pela regressão são superiores a 99%.

4.4.2 Análise da precisão

Na Tabela 4.5 são apresentados os valores do coeficiente de determinação (r^2), do coeficiente de correlação (r), do teste t calculado e o grau de significância (GS) da correlação entre os valores de profundidade medidas com a trena e com as obtidas com o sonar para os cinco reservatórios estudados, bem como os mesmos valores para as medidas de profundidade realizadas em todos os reservatórios em conjunto.

Tabela 4.5 - Valores do coeficiente de determinação (r^2), do teste t calculado para o coeficiente r, tabelado e grau de significância (GS) nos diferentes reservatórios (Res).

Res.	N*	r^2	r	Teste t		GS
				r	5%	
R1	187	0,9948	0,9974	188,25	1,96	S
R2	271	0,9998	0,9999	1159,65	1,96	S
R3	311	0,9996	0,9995	555,67	1,96	S
R4	302	0,9985	0,9986	326,98	1,96	S
R5	461	0,9956	0,9954	222,59	1,96	S
Todos	1532	0,9994	0,9972	407,13	1,96	S

N*.: número de pontos amostrais

Os valores do teste t em relação ao coeficiente de correlação r mostraram a existência de uma forte correlação entre as variáveis em questão (profundidades de diferentes modos), o que permite concluir que a hipótese de não existência de correlação foi refutada e pode-se afirmar que existe uma correlação positiva entre as duas variáveis, com um grau de confiança de 95%.

4.4.2 Avaliação do desempenho do modelo

Com o mesmo conjunto de dados foi determinado o índice de concordância de Willmott (I_w) (WILLMOTT, 1981). Os valores do índice de desempenho e das respectivas classes de desempenho encontrados neste trabalho para os diferentes reservatórios podem ser vistos na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Valores do índice desempenho e as respectivas classes de desempenho nos cinco reservatórios.

Reservatórios	r	I_w	I_d	Classes de desempenho
R1	0,9974	0,9985	0,9959	Ótimo
R2	0,9999	0,9999	0,9998	Ótimo
R3	0,9995	0,9997	0,9991	Ótimo
R4	0,9986	0,9999	0,9996	Ótimo
R5	0,9954	0,9999	0,9993	Ótimo
Todos	0,9972	0,9999	0,9972	Ótimo

Conforme pode-se observar na tabela 4.6, ao comparar os valores estimados com os observados nos reservatórios, obteve-se ótimo desempenho em para todos os reservatórios pesquisados.

Destaca-se ainda a alta correlação obtida para ambos os reservatórios, em média 0, 9972. Ambos os resultados reforçam qualidade das estimativas realizadas com a sonar em comparação com a régua.

4.5 Estimativa da profundidade

Na Tabela 4.7 mostram-se as profundidades atingidas nos reservatórios estudados. A máxima profundidade encontrada foi de 8,4 m, assim os resultados utilizados nas determinações estatísticas neste trabalho compreendem até essa cota. A pequena diferença dos volumes entre as medidas com trena e sonar encontradas nos cinco reservatórios é uma resposta positiva da precisão do levantamento realizado com o aparelho alternativo (sonar), objeto dessa pesquisa. A precisão obtida com dados de profundidades de até 8,4 m de induz a certeza que resultados semelhantes se obterão também para valores de maiores profundidades.

Tabela 4.7 - Valores da profundidade máxima, das áreas (trena e sonar), volumes (trena e sonar) e diferença percentual entre volumes de água (trena e sonar).

Res	Profundidade	Área (m ²)		Volume (m ³)		Δ Volume
	m	Trena	Sonar	Trena	Sonar	%
R1	3,40	39.767,24	40.404,68	54.754,68	57.808,43	-5,58
R2	8,40	80.111,39	80.105,10	61.219,40	61.165,50	0,09
R3	5,00	501.591,64	501.762,82	807.488,32	802.208,65	0,65
R4	5,00	133.377,52	133.040,70	255.457,30	251.733,63	1,46
R5	6,00	481.661,37	473.066,16	819.443,09	794.149,31	3,09

Res: Reservatório

As diferenças de área por cota entre trena e sonar não demonstra discrepância relevantes entre elas, sendo valores que justificam a pequena diferença dos os volumes quando comparados entre si, ou seja, o volume do levantamento da trena com o volume do sonar para cada reservatório.

4.6 Correlação dos dados.

Pela análise dos dados da Figura 4.3, denota-se a elevada correlação existente entre dos dados medidos com a trena e estimados com o sonar nos cinco reservatórios.

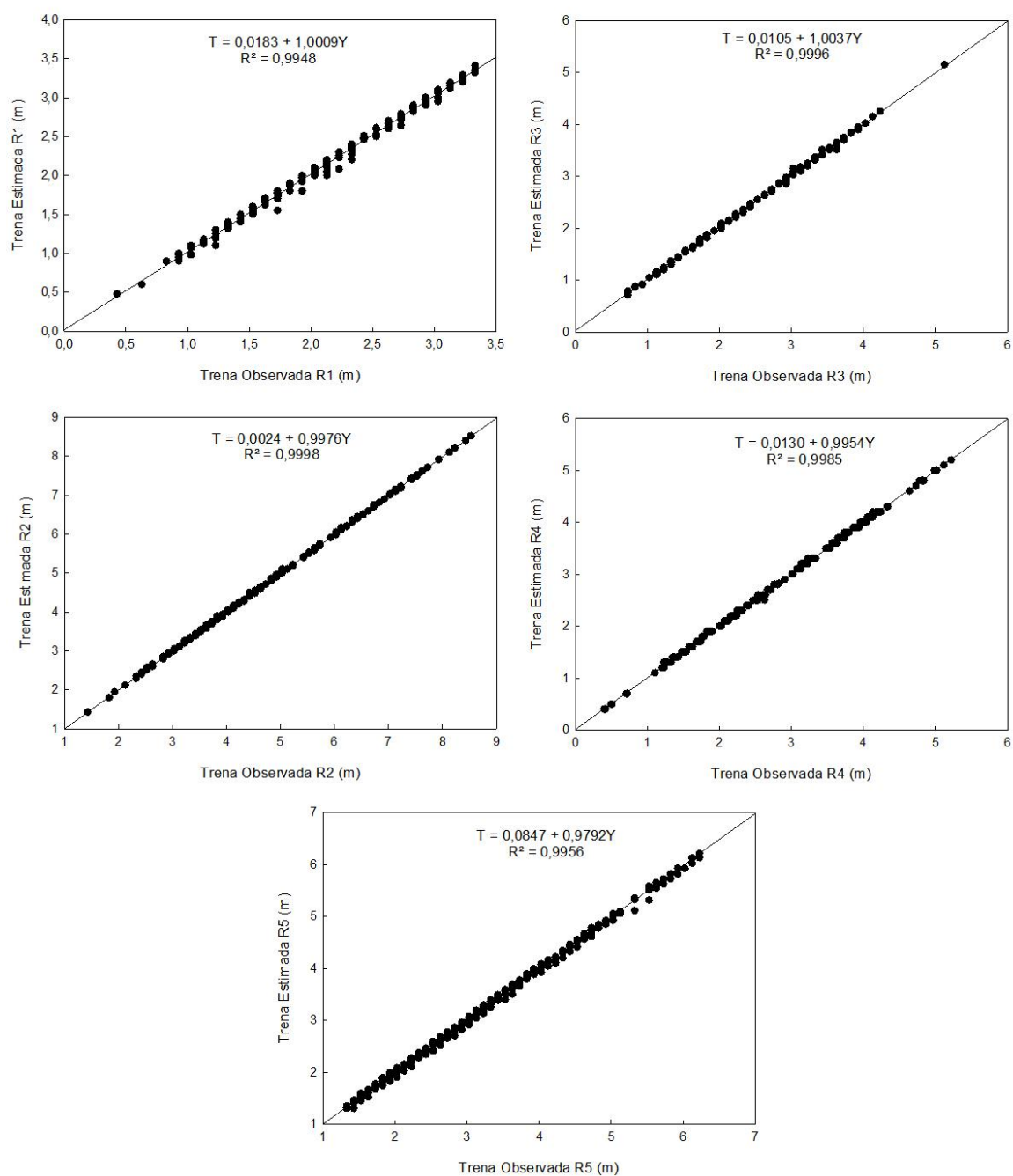


Figura 4.2: Gráficos de correlação linear dos cinco reservatórios.

Diagrama de dispersão dos dados medidos com a trena e estimados para o sonar e respectivas equações de regressão e coeficiente de correlação entre eles.

5 CONCLUSÃO

Foram realizadas comparações com modelamentos matemáticos entre as profundidades reais e as estimadas, onde a resposta estatística foi que a relação entre o volume estimado e o volume observado em reservatórios demonstra o alto grau de correlação entre os valores testados, demonstrados pelo resultados de análise de precisão (r) e teste de correlação através do coeficiente de determinação (r^2).

Os volumes dos reservatórios não tiveram diferenças significativas entre Trena e Sonar, ou seja, valores de observações medidas e valores de observações estimadas resultaram estatisticamente a correlação com resposta acima de 0,99%.

Após os testes matemáticos e estatísticos realizados, conclui-se que os resultados do método utilizado neste estudo é confiável e pode ser utilizados para levantamentos batimétricos em pequenos reservatórios, substituindo assim o levantamento tradicional. A determinação do volume de água armazenado nos reservatórios foi satisfatória e atingiu o objetivo, que é a substituição da forma de medir profundidades com trena para medir com sonar.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Código das águas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, RJ, 10 jul. 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 26 jun. 2012.

_____. Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 26 jun. 2012.

_____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 26 jun. 2012.

_____. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional das Águas (ANA). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 jul. 2000. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9984.htm >. Acesso em 28 jun.2012.

_____. Instrução Normativa SRH/MMA nº 004, de 21 de junho de 2000. Aprova os procedimentos administrativos para a emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos, em corpos d'água de domínio da União. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 jun. 2000. Disponível em: < >. Acesso em 28 jun.2012.

BRASIL. Marinha do Brasil. Normas da autoridade marítima para levantamentos hidrográficos, NORMAM-25, 2011. Disponível em:

_____. Resolução nº 91, de 11 de abril de 2012. Agência Nacional das Águas (ANA). Estabelece a periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento...**Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 abr. 2012. Disponível em: < <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2012/91-2012.pdf>>. Acesso em 01 jul. 2012.

CAMARGO, Â. P.; SENTELHAS, P.C. **Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

COMISSÃO INTERNACIONAL DE GRANDES BARRAGENS (CIGB). **As grandes barragens e a água no mundo**. Paris: CGIB, 2007.

COSTA, S.V. **Desenvolvimento e calibração de um minitanque evaporimétrico**. 2004. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, RS.

CRUZ, R. C. da; TAVARES, I. S. Bacia hidrográfica: aspectos conceituais e práticos. In: RIGHES, A. A.; BURIOL, G. A. B.; BOER, N. (orgs). **Água e Educação: princípios e estratégias de uso e conservação**. Santa Maria: Centro Universitário Franciscano, 2009.

DAKER, A. **A água na agricultura**. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos. 1987, 7a ed. v.2, 408.

GARMIN, Fishfinder 90/140. **Manual de operação**. Garmin (Europe) Ltd.2006.

HRADILEK, P.J et al. **Avaliação de pequenas barragens**. Brasília: Bureau of reclamation, 2002, 74 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/informacoes_importante.shtml>. Acessado em: 05 jul. 2012.

JENSEN, J. R., **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador)... [et al.]. São José dos Campos, SP : Ed. Parêntese, 2009.

ELIAS, A. R. **Assoreamento de represas: estimativa por meio da integração batimetria - GPS**. Cascavel: Edunioeste, 2003. 75 p.

INTERNACIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION (IHO). **Especificação da IHO para levantamentos hidrográficos**. Niterói: Diretoria de hidrografia e navegação, n. 44, fev. 2008. Publicação Especial.

INTERNACIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION (IHO). **Manual de Hidrografia**. Niterói: Versão traduzida para português publicada pelo instituto hidrográfico - Portugal, Publicação C- 13. 1 ed. mai. 2005.Correção 2010.

KRUG, L. A; NOERNBERG, M. A. Extração de batimetria por sensoriamento remoto de áreas rasas dos sistemas estuarinos do Estado do Paraná - Brasil. In: XII

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005, v.1, 3077p -3084p.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações.** São Paulo: Ed. UNESP, 1998.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS - Descrição, Fundamentos E Aplicações,** 2ª ed, 2008, p. 480

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro.** Revista, atualizada e ampliada. 18º ed.. São Paulo: Editora Malheiros. 2010. Xxx

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 308p.

PEREIRA, J. P. G., BARACUHY, J. G. de V. **Ecobatimetria - Teoria e Prática.** Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008. 84p. il.

PORTO, M.F.A.; PORTO, R.L.L. Gestão de bacias hidrográficas. Revista **Estudos Avançados,** São Paulo, n 63, vol.22, p 43-60. 2008.

RIO GRANDE DO SUL. Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, de 3 de outubro de 1989. **Diário Oficial [do] Estado do Rio Grande do Sul,** Porto Alegre, RS, 3 de out. 1989. Disponível em: < <http://www.al.rs.gov.br/>> 26 jun. 2012.

ROBAINA, A. D. **Hidráulica Agrícola A - Parte I.** Apostila de aula. 98 p. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Centro de Ciências Rurais. Santa Maria, RS. 2007.

ROBAINA, A. D., PEITER, M. X., PARIZI, A. R. C., SOARES, F. C., GOMES, A. C. **S. Modelagem do volume de reservatórios de irrigação para fins de outorga e planejamento agrícola.** Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.9, p.2482-2487, dez, 2009.

_____. Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial [do] Estado do Rio Grande do Sul,** Porto Alegre, RS, 30 Dez. 1994. Disponível em: < <http://www.al.rs.gov.br/>>. Acesso em: 26 jun. 2012.

_____. Decreto nº 37.033, de 21 de novembro de 1996. Regulamenta a outorga do direito de uso da água no estado do RS, prevista nos artigos 29, 30 e 31 da lei estadual nº 10.350.

Diário Oficial [do] Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 21 nov. 1996. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/>>. Acesso em: 26 jun. 2012.

_____. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Manual de outorga de direito do uso da água**. Porto Alegre: SEMA, 2010. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/upload/Manual%20de%20Outorga%20de%20%C3%81gua.pdf>. Acessado em: 15 jul. 2012.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. **Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais**. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 15-20. 2000.

SOUZA, A. V. de; KRUEGER, C. P. Avaliação **da qualidade das profundidades coletadas por meio de ecobatímetro multifeixe**. In. Revista anual da diretoria de hidrografia e navegação, 2009. Rio de Janeiro. *Anais eletrônicos...*Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2009. T. 66 Disponível em: < <http://www.mar.mil.br/dhn/dhn/>>. Acessado em: 02 jul. 2012.

SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal**. 2. ed. Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1998. 236 p.

STRASKRABA, M. e TUNDISI, J. G. Gerenciamento da qualidade da água de represas. In: TUNDISI, J. G.(org.). **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. São Carlos, SP: ILEC/IEE. v.9, 280p. 2000.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R. & TAIOLI, F. (Org.). - **Decifrando a terra**. 2º ed. São Paulo, SP: Companhia editora nacional, 2009. 623 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Ed. da UFRGS, Porto Alegre: ABRH, RS: 2001.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. *Physical Geography*, v.2, p.184-194, 1981.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Termo de Referência para Regularização de Barragem

Requerimento

Ao Diretor

Departamento de Recursos Hídricos/SEMA

Rua Carlos Chagas, nº 55 / 11º andar / sala: 1109

CEP: 90030-020 Porto Alegre - RS

Fone: 51 3288-8144

(*Nome do Requerente*), CPF ou CNPJ nº (CPF - Pessoa Física ou CNPJ - Pessoa Jurídica), vem pelo presente requerer deste Departamento regularização de acordo com a Lei 2.434/54 e outorga de uso da água, conforme a Lei Estadual nº. 10.350/94, para interveniência no (*rio, arroio, laguna, etc...*), através de uma barragem com capacidade de armazenamento de m³ de água, localizada no(a) (*fazenda, sítio, etc...*) distrito, município.

O requerimento em questão destina-se à regularização e a autorização de uso de água superficial com a finalidade de, fundamentado nas informações do cadastramento do usuário em anexo.

Nestes termos pede deferimento.

(*Local*), de de 20.....

Assinatura do Requerente

Nome

Endereço completo para correspondência

Fone/Fax/E-mail

Observações:

- O requerimento deverá ser formulado pelo proprietário da terra onde se localiza a barragem, conforme a Lei nº 10.350/94. Caso a barragem esteja sendo regularizada por arrendatários, deverá constar uma procuração do proprietário da terra, para encaminhamento e assinatura da documentação;

- Incluir os seguintes dados e documentações:

1. Requerimento de Check-list;
2. Cópia do Cartão do CNPJ (pessoa jurídica) ou CPF (pessoa física) do proprietário da terra onde se localiza a intervenção no recurso hídrico, ou do arrendatário com procuração do proprietário (mesmo da assinatura do requerimento);
3. Ficha de cadastro do usuário, devidamente preenchida;
4. Localização do empreendimento, em carta do exército 1:50.000;
5. Croqui de acesso, explicando como localizar o empreendimento, contendo referências, estabelecimentos, distâncias, que possam servir de ajuda para chegar ao local da obra;
6. Planta de Localização/Situação, em escala, destacando a barragem, o curso de água, os limites da propriedade, os lindeiros e, se for o caso, estradas, obras de infra-estrutura e construções passíveis de danos em caso do colapso da obra em estudo, outras barragens existentes à jusante do projeto (cursos de água próximos, poços num raio mínimo de 500 m, outros empreendimentos que se relacionem com a captação de água ou lançamento de efluentes, duas vias);
7. ART(s) do(s) responsável (is) pelo Laudo e levantamentos;
8. Declaração da inexistência de conflito de uso da água com lindeiros, pode ser feita pelo(s) proprietário(s) ou pelo(s) lindeiro(s).
9. Informar a situação do empreendimento junto ao órgão ambiental e anexar licença vigente, se for o caso;
10. Endereço completo do(s) proprietário(s) da terra, da barragem e do(s) responsável(is) pelo Laudo;
11. **Laudo Técnico** elaborado por profissional habilitado, informando a data de execução da obra e as condições de estabilidade, segurança, manutenção e funcionamento da mesma (três vias):
12. **Descrição da Obra contendo as seguintes informações (três vias):**
 - a) Dados do Vertedouro (tipo de seção, largura, altura, e vazão máxima);
 - b) Dados do Canal de Fuga (largura, altura, comprimento do canal e declividades dos taludes);
 - c) Largura da Crista;
 - d) Orla de Segurança;
 - e) Altura da Barragem;
 - f) Desenvolvimento da Barragem;
 - g) Inclinação dos Taludes;
 - h) Características da Tomada de Água e Passarela (quando for o caso);
 - i) Existência ou não de Filtro;
 - j) Tipo de proteção do talude à montante (enrocamento ou outros);
 - k) Características do Maciço e do Reservatório (*Volume estimado de água a reservar*);

k) Fotografias:

- Vista lateral do Maciço identificando a Largura da Crista;
- α Vista do Maciço de jusante para montante;
- β Vista do Maciço de montante para jusante;
- χ Vertedouro;

13. **Elementos Gráficos:** elaborados em escala apropriada, contendo dimensões e cotas, constando no selo, o nome e a assinatura do(s) proprietário(s) e do(s) técnico(s) responsável(is) pelo projeto existente ou levantamento a ser efetuado e ainda que se trata de uma regularização (três vias):

- 1) Planta Baixa do Maciço;
- 1) Planta da Bacia de Acumulação;
- 1) Perfil Longitudinal da Barragem;
- 1) Seção Transversal do Maciço (parte mais alta);
- 1) Detalhes do Vertedouro (seção transversal e longitudinal);
- 1) Detalhes do Canal de Fuga (seção transversal e longitudinal).

14. Informar se a barragem capta águas pluviais ou interrompe algum curso de água

Obs: Caso a barragem possua altura do nível normal da água inferior ou igual a 1,50m e o volume de água armazenado for igual ou inferior a 500.000m³ será dispensado os itens 12 e 13. O laudo deverá ser acompanhado de fotos conforme letra I do item 12.

APÊNDICE B - Ficha cadastral de águas superficiais



Ficha Cadastral de Usuários de Águas Superficiais

Processo nº

A apresentação desta Ficha Cadastral não dispensa os demais itens dos Termos de Referência.

1 - IDENTIFICAÇÃO

1.1 - Identificação do Usuário

- Proprietário da barragem e da terra
 Proprietário da barragem
 Proprietário da terra
 Arrendatário
 Parceiro
 Outro. Qual?

Nome/Razão Social:
 CPF/CNPJ: Município:
 Telefone(s): E-mail:
 Endereço para Correspondência:

1.2 - Identificação dos Responsáveis Técnicos

Nome: CREA:
 Formação: ART:
 E-mail: Telefone(s):
 Endereço para Correspondência:
 SANTA MARIA RS

Nome: CREA:
 Formação: ART:
 E-mail: Telefone(s):
 Endereço para Correspondência:

2 - OBJETO

- Reserva de Disponibilidade Hídrica
 Renovação de Outorga
 Transferência / Cessão de outorga
 Outorga
 Alteração de Outorga

3 - MODALIDADE

- Barramento / Açude com captação ou derivação
 Barramento / Açude sem captação ou derivação
 Derivação ou captação direta em rio ou lago / Reservatório
 Dique
 Canalização ou Retificação de curso d'água
 Obra de remoção de material do leito de curso d'água
 Travessia / Ponte ou alteração da várzea de inundação
 Obra de proteção do leito de curso d'água
 Vertedor / Extravassor
 Eclusa
 Outra. Descrever:

4 - FINALIDADE DE USO/ATIVIDADE

- Abastecimento Industrial
 Desassoreamento do Rio
 Regularização de Nível para Navegação
 Abastecimento Público
 Dessedentação Animal
 Piscicultura
 Aquicultura
 Irrigação
 Extração Mineral
 Geração de Energia Hidrelétrica
 Proteção contra Cheias
 Outra. Descrever:

5 - INFORMAÇÕES GERAIS

5.1 - Localização/Endereço do Empreendimento

Município: Distrito:
 Localidade:
 Endereço:

Cota do nível d'água da cheia, antes da execução da obra: m Vazão de cheia: m³/s
 Cota do nível d'água da cheia, depois da execução da obra: m Extensão da obra: m
 Material de Construção. Especificar:

6.7 - Travessia / Pontes / Diques / Outras Alterações da Várzea de Inundação

Tipo da Obra: Espigões Ponte Alteração / Edificação na Várzea
 Diques Longitudinais Travessia Aérea Travessia Sub-Aquática Outro. Qual:

Período de execução: dias: de / / a / /
 Vazão de Cheia: m³/s Período de retorno adotado para a cheia: anos
 Cota do nível d'água da cheia, antes da execução da obra: m
 Cota do nível d'água da cheia, depois da execução da obra: m
 Tipo de proteção contra a erosão:

Campos adicionais referentes à travessias sub-aquáticas

Profundidade máxima (entre geratriz superior da travessia e fundo do curso d'água): m
 Volume de material escavado: m³ Material empregado:

Campos adicionais referentes à diques

Extensão da Obra: m Altura Máxima do Dique: m
 Inclinação dos taludes: 1(V) (H)

6.8 - Vertedor / Extravassor

Período de execução: dias: de / / a / /
 Vazão de Cheia: m³/s Período de retorno adotado para a cheia: anos
 Lâmina d'água máxima: m Extensão da soleira do vertedor: m
 Cota do nível d'água da cheia, antes da execução da obra: m
 Cota do nível d'água da cheia, depois da execução da obra: m
 Tipo de proteção contra a erosão:

7 - INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS DO USO/ATIVIDADE (referente ao Item 4 desta Ficha Cadastral)

7.1 - Irrigação

Cultivo(s) irrigado(s):
 Área total do empreendimento: ha Área total irrigada: ha
 Período do Ano: Método de irrigação:
 Vazão específica média requerida no período de irrigação: m³/h/ha
 Vazão média requerida no período de irrigação: m³/s
 Frequência: dias/semana Tempo: horas/dia

Campos adicionais referentes à irrigação de arroz por inundação superficial

Período	Vazão derivada	Duração	Tempo de Bombeamento
Enchimento das quadras :	<input type="text"/> m ³ /s	<input type="text"/> dias	<input type="text"/> h/dias
Manutenção dos níveis :	<input type="text"/> m ³ /s	<input type="text"/> dias	<input type="text"/> h/dias
Volume médio requerido no período de irrigação:			<input type="text"/> m ³ /ha Duração: <input type="text"/> dias

7.2 - Abastecimento Público

Pop. atual: hab. Vazão média atual: m³/s Vazão média futura: m³/s
 Condição de utilização: Frequência: dias/semana Tempo: horas/dia
 Período do ano: Horizonte do projeto: anos
 Coeficientes de maior consumo: no ano: no dia:

7.3 - Abastecimento Industrial

Tipologia industrial: Têxtil Alimentícia Metal-Mecânica Outra. Qual? _____

Vazão média derivada (m³/s):

Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro

Tempo: _____ horas/dia

Frequência da derivação: _____ dias/semana

Vazão máxima derivada: _____ m³/s

Período do ano (com vazão máx.): _____

Breve descrição da utilização da água na atividade:

7.4 - Dessedentação Animal

Tipo do rebanho: _____

Nº de cabeças: _____

Consumo médio por animal por ano: _____

L/cap/ano

7.5 - Piscicultura e/ou Aqüicultura

Vazão derivada: _____ m³/s

Frequência: _____ dias/semana

Tempo: _____ horas/dia

Área total da lâmina d'água: _____ ha

Volume total: _____ m³

Período do ano: _____

7.6 - Geração de Energia

Vazão máxima turbinada: _____ m³/s

Potência instalada: _____

MW

Vazão média do vertedor: _____ m³/s

Vazão ecológica: _____

m³/s

Vazão remanescente à jusante: _____ m³/s

7.7 - Mineração e/ou Desassoreamento do Rio

Tipo de minério: _____

Volume a ser removido: _____ m³

Profundidade média da escavação: _____ m

Extensão do trecho: _____ m

8 - DESTINO DAS ÁGUAS DE RETORNO

Corpo de água receptor: Curso de Água. Nome: _____

Outro. Qual? _____ SANGA _____

Proprietário do terreno: _____

Período do Ano: _____

Vazão méd. de ret.: _____ m³/s

Frequência: _____ dias/semana

Tempo: _____ horas/dia

Bacia Hidrográfica: Nome: _____

Código: _____

9 - OBSERVAÇÕES ADICIONAIS

_____, de _____ de _____.

Nome do Responsável Técnico

Assinatura do Responsável Técnico