

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA
IRRIGADA COM BAIXO CUSTO EM PEQUENAS PROPRIEDADES COM ÁREAS
ACIDENTADAS

LUIZ SÍLVIO SCARTAZZINI

*Tese submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Recursos
Hídricos e Saneamento Ambiental da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul como requisito parcial para a
obtenção do título de Doutor em
Engenharia*

Porto Alegre, dezembro de 1998

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob orientação do Prof. Antonio Eduardo Lanna da Universidade do Rio Grande do Sul.

A realização plena dos objetivos propostos só foram alcançados graças a colaboração e incentivo de algumas instituições e pessoas, às quais é dever prestar agradecimentos:

- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e ao Programa de Incentivo à Capacitação de docentes - PICD da CAPES, pela assistência financeira e pela concessão da bolsa de pesquisa.
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul - FAPERGS, pela concessão das bolsas de pesquisa para Iniciação Científica - BIC.
- À Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul, gestão 1992 a 1996, pela valiosa contribuição com informações e transporte.
- Ao Professor orientador, Antonio Eduardo Lanna, pelo direcionamento das atividades propostas.
- Ao Professor José Germano Stammel, pelas preciosas informações sobre solos.
- Ao pessoal do Centro de Pesquisa em Sensoriamento Remoto, em especial ao Funcionário Laurindo e ao colega Márcio, pela disposição em prestar auxílio nas atividades.

- A todos os Professores e Funcionários do Instituto de Pesquisas Hidráulicas com os quais se estabeleceu o convívio durante estes anos, resultando, ao término, numa dolorosa sensação de saudades.

- À minha esposa Sarita, a meus filhos Cristiano e Renata, pelo carinho, apoio e compreensão dispensados, sabendo sempre que nada compensaria o tempo de ausência, a não ser a satisfação da meta realizada.

A todos, o agradecimento será eterno.

RESUMO

É apresentado um desenvolvimento metodológico para o ordenamento territorial, com baixo custo, aplicável em municípios ou regiões cujos relevos são acidentados.

O uso do Sistema Geográfico de Informações e o Sensoriamento Remoto, alimentados com informações pedológicas, hidrológicas, agrônômicas e econômicas, permitiram identificar e classificar áreas aptas para utilizar técnicas de irrigação com gravidade, na Região da Encosta da Serra, ocupada por inúmeras economias minifundiárias.

O modelo foi aplicado no Município de Santa Cruz do Sul, através da sobreposição de mapas temáticos de potencial de solos, recursos hídricos, topografia e cobertura florestal. Como resultado obteve-se, para uma área total de 759 Km² correspondente ao município, 512,45 Km² de área apta para desenvolver atividades com irrigação por gravidade, sendo que 9% desta área apresenta projetos economicamente atrativos com baixo custo de investimentos.

Foram realizados dois testes experimentais em campo, em áreas distintas, para obtenção dos dados de custos e benefícios na produção de feijão, utilizados para formação do mapa da viabilidade econômica.

ABSTRACT

This study deals with a set of methods for classifying land with regard to potential use in crop irrigation with low operational and investment cost applicable in regions with irregular relief.

The use of a Geographical Information System and Remote Sensing techniques together with soil data and classification, hydrological, agricultural and economical informations allowed to identify and classify areas suitable for irrigation techniques based on gravity flow at the scarp of the Rio Grande do Sul Plateau, occupied by a large number of small agricultural holdings.

The model has been applied to the Santa Cruz do Sul, region in Rio Grande do Sul, Brazil, where thematic maps concerning water recourse, soil productive potentials, relief and native forest cover were superposed. In this area of 759 km², comprising the município of Santa Cruz do Sul, an area totaling 512,45 km², suitable for the use of irrigation techniques based on gravity flow, was identified, 9% of this area present conditions for economically feasible irrigation projects at low investment levels.

In two experimental tests were applied concerning a production cost and benefit analysis, elements collected, permitted to determine areas in which crop irrigation is economically feasible.

3.2.2 - Água	31
3.2.2.1 Estimativa de necessidades hídricas	
das plantas	33
3.2.2.2 - Métodos de irrigação	34
3.2.2.3 - Qualidade de água para irrigação	37
3.2.2.3.1 - Salinidade	38
3.2.2.3.2 - Permeabilidade do solo	40
3.2.2.3.3 - Concentração de elementos tóxicos	40
3.2.2.3.4 - Concentração de bicarbonatos	41
3.2.2.3.5 - Aspectos sanitários	41
3.2.2.4 - Regularização de vazões em reservatórios.....	41
3.2.3 - Culturas avaliadas na proposta de irrigação por gravidade	43
3.2.3.1 - Feijão	44
3.2.3.2 - Milho	46
3.2.4 - Geoprocessamento	47
3.2.4.1 - O Sistema Geográfico de Informações - SGI	48
3.2.4.2 - O programa Idrisi	51
3.2.5 - Unidades demonstrativas	51
4 - METODOLOGIA - CARTILHA APLICADA	53
4.1 - Caso em estudo - Município de Santa Cruz do Sul	53
4.2 - Levantamentos experimentais de campo	58
4.2.1 - Safra de 1994/95	58
4.2.2 - Safra 1995/96	63
4.3 - Aplicativos do geoprocessamento	66

4.3.1 - O Sistema Geográfico de Informações - SGI	66
4.3.2 - O programa Idrisi	66
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
5.1 - Resultados experimentais de campo	69
5.1.1 - Resultados experimentais da safra de feijão 94/95	69
5.1.1.1 - Regularização de reservatório e projeto	69
5.1.1.2 - Execução	73
5.1.1.3 - Do plantio e da colheita	76
5.1.1.4 - Dos resultados	77
5.1.2 - Resultados experimentais da safra de feijão 1995/96	79
5.1.2.1 - A capacidade de acumulação do açude	79
5.1.2.2 - Análise da água	81
5.1.2.3 - Análise do solo	82
5.1.2.4 - Infiltração da água no solo	84
5.1.2.5 - Colheita	89
5.1.2.6 - Avaliação econômica e financeira do projeto	92
5.1.2.6.1 - Custos variáveis específicos e gerais	95
5.1.2.6.2 - Custos fixos específicos e gerais	97
5.2 - Resultados do geoprocessamento	102
5.2.1 - Solos do Município de Santa Cruz do Sul - PI SOLOS	102
5.2.2 - Rios do Município de Santa Cruz do Sul - PI RIOS	106
5.2.3 - Cobertura florestal no Município de Santa Cruz do Sul - PI VEGETAÇÃO	110
5.2.4 - Topografia do Município de Santa Cruz do Sul -	

PI DECLIVIDADES e PI MNT	112
5.2.5 - Sobreposição dos PIs	113
5.2.6 - Determinação das distâncias e cálculo de custos	116
6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	120
6.1 - Parte experimental de campo	120
6.2 - Parte do geoprocessamento	123
6.3 - Planejamento integrado	124
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128

LISTA DE TABELAS

3.1 - Escala internacional de classificação das frações granulométricas do solo	20
3.2 - Disponibilidade hídrica global	32
3.3 - Coeficiente de cultura/estágio da planta	33
3.4 - Tolerância à salinidade e perda de produtividade de algumas culturas	40
4.1 - Áreas correspondentes para cada Distrito	56
4.2 - Variação da área do Município de Santa Cruz do Sul	57
4.3 - Estimativa da população do Município de Santa Cruz do Sul	57
4.4 - Valores médios mensais das evapotranspirações potenciais da região do planalto Riograndense	61
4.5 - Coeficiente de cultura (K_c) do milho e do feijão	62
4.6 - Evapotranspiração das culturas de feijão e milho para a região do planalto gaúcho	62
5.1 - Determinação do volume de água disponível no reservatório	71
5.2 - Custos de equipamentos	73
5.3 - Resultado da contagem nas áreas amostrais	77
5.4 - Resultados das amostras selecionadas e coletadas	78
5.5 - Determinação do volume de água disponível no reservatório	80
5.6 - Resultados obtidos da colheita nas áreas selecionadas	90
5.7 - Produtividade obtida com base na coleta das áreas amostrais	91

5.8 - Precipitações mensais de agosto a dezembro dos anos 1984 a 1998	93
5.9 - Produção e produtividade do feijão em Santa Cruz do Sul	94
5.10 - Custos variáveis gerais	96
5.11 - Custos variáveis específicos	97
5.12 - Custos fixos gerais	98
5.13 - Custos fixos específicos do projeto de irrigação	98
5.14 - Renda obtida por hectare, sem e com irrigação	99
5.15 - Resumo do fluxo de caixa sob o ponto de vista do agricultor	100
5.16 - Resumo do fluxo de caixa sob o ponto de vista da sociedade	101
5.17 - Área de cada tipo de solo do Município de Santa Cruz do Sul	104
5.18 - Classificação dos solos na ordem decrescente de aptidão para irrigação por gravidade	105
5.19 - Hierarquização dos canais do Município de Santa Cruz do Sul	108
5.20 - Reserva florestal ciliar mínima no Município de Santa Cruz do Sul	110
5.21 - Áreas dos solos aptos para irrigação por gravidade no Município de Santa Cruz do Sul	115

LISTA DE FIGURAS E ANEXOS

3.1 - Representação volumétrica dos principais componentes do solo	18
4.1 - Mapa de Santa Cruz do Sul com seus Distritos	55
5.1 - Levantamento batimétrico do reservatório	70
5.2 - Projeto proposto ao agricultor	72
5.3 - Sulco com água	75
5.4 - Monitores contabilizando as amostras	76
5.5 - Levantamento batimétrico do reservatório na área do experimento	80
5.6 - Anéis concêntricos instalados e parcialmente preenchidos com água	85
5.7 - Monitoramento da velocidade de infiltração usando os cilindros concêntricos	86
5.8 - Mapa dos solos do Município de Santa Cruz do Sul	102
5.9 - Distribuição percentual dos tipos de solos do Município de Santa Cruz do Sul ...	103
5.10 - Tipos de solos do Município de Santa Cruz do Sul, ordenados de forma decrecente por interesse para irrigação por gravidade	106
5.11 - Mapa dos rios do Município de Santa Cruz do Sul	107
5.12 - Fração da imagem de satélite onde se localiza o Município de Santa Cruz do Sul	111
5.13 - Localização da cobertura florestal do município	111
5.14 - Altimetria do município	113
5.15 - Mapa das declividades de Santa Cruz do Sul	113

5.16 - Mapa das áreas aptas para desenvolver projetos de irrigação por gravidade no Município de Santa Cruz do Sul	114
5.17 - Mapa da hidrografia do município contendo a informação das cotas	116
5.18 - Mapa dos solos aptos para irrigação por gravidade associado à respectiva cota	117
5.19 - Cenários possíveis para posição e distância da captação de água do exemplo proposto	119
 ANEXO A - Laudos da análise da água do açude e do solo da área experimental da safra 94/95	 135
ANEXO B - Laudo da análise da água do açude da área experimental da safra 95/96	138
ANEXO C - Laudos das análises das seis amostras de solo da área experimental da safra 95/96	140
ANEXO D - Características dos solos do Município de Santa Cruz do Sul	143
ANEXO E - Fluxograma das atividades desenvolvidas nas Unidades Demonstrativas para plantio com irrigação por gravidade	160

1 - INTRODUÇÃO

Analisando-se a produção agrícola, em especial na pequena propriedade, evidencia-se a sub-utilização das terras e a má gestão das lavouras desde o preparo do solo até a colheita. Isto onera, não somente o fator "terra", como transfere o custo inestimável da perda de qualidade dos solos para aqueles que dela dependerão nas próximas gerações.

Outro fator de perdas na agricultura, especialmente com as culturas de primavera-verão, deve-se a má distribuição de chuvas, sendo reduzida nos períodos críticos de floração e granação e excessiva no período de colheita.

Para ocorrer uma alteração que modifique consideravelmente a situação atual da agricultura nas pequenas propriedades, é necessária a pesquisa, divulgação e difusão das novas tecnologias.

É evidente que, para promover um desenvolvimento de novas tecnologias no setor rural minifundiário, deverá haver alterações na sistemática de atividades da propriedade rural, mudando métodos de uso de solos, técnicas de preparo, plantio e mudanças nos conceitos de propriedade-empresa.

Para isso é necessário contar, principalmente, com a disposição do proprietário em realizar e aceitar novas idéias. Como este item é de extrema delicadeza porque, geralmente, obriga o produtor a modificar conceitos e a alterar métodos tradicionais, é necessário que se difundam unidades demonstrativas - UD's, onde sejam facultadas as

visitas e demonstrações aos agricultores interessados, nas quais se desenvolvam propostas de trabalho com utilização de técnicas novas e dados laboratoriais, como o plantio direto na palhada, rotação de culturas, irrigação (sulcos e aspersão), adubação e calagem.

Torna-se imperioso, pois, aliar-se a necessidade do aumento da renda da família rural à prevenção contra as deficiências hídricas, o que se pode obter através da aplicação e difusão de novas tecnologias.

Por outro lado, a administração municipal tem papel importantíssimo na seleção das culturas mais adequadas à capacidade do solo local, visto que pode dispor de uma visão macro do potencial da região e tem poder de orientar na evolução da política agrícola junto aos pequenos produtores rurais. Neste sentido, o planejamento global da agricultura nas pequenas propriedades deve vir através das Secretarias de Agriculturas Estaduais e Municipais, bem como pelas Cooperativas Agrícolas locais, após o devido conhecimento do potencial de uso dos solos agrícolas existentes na gleba.

Os elementos básicos para o planejamento municipal agrícola estão disponíveis nos mapas de potencialidades de solos e recursos naturais, existentes em bibliotecas de Instituições de Ensino Superior, distribuídos, de forma minguada, pelo projeto RADAM-BRASIL.

Estas informações básicas a sociedade tem obrigação de encontrar uma forma de transferir aos novos utilizadores e inovadores na forma de uso do solo das pequenas propriedades, sob pena de estarmos condenando à falência e ao desaparecimento, uma atividade de sobrevivência praticada por 50% das famílias rurais do Estado.

2 - OBJETIVOS

A presente pesquisa tem como objetivo geral o desenvolvimento de métodos que possibilitem o ordenamento territorial racional de uma região, tendo por base a utilização de seus recursos naturais de água, solo e clima. Utilizou-se como caso a região da encosta sul do planalto que é caracterizada pela sua topografia acidentada, tipos variados de potenciais de solos, abundância de pequenos cursos de água, estações climáticas diferenciadas e uma ocupação territorial minifundiária.

Estas condições estabelecem a agricultura irrigada nestas propriedades como a principal alternativa de viabilização econômica, em bases sustentáveis, da ocupação do solo regional. A condição financeira dos proprietários rurais e a pequena área disponível, elegem a irrigação por gravidade como modelo adequado para esta região, distribuindo a água através de sulcos em todas as culturas que são desenvolvidas em linha no período das estiagens.

Para desenvolvimento da metodologia, dentre dessas condições de contorno, foi necessário realizar:

- um modelo de irrigação que se utilize de dados técnicos laboratoriais, servindo de referencial para a reestruturação sócio-econômica e tecnológica da pequena propriedade rural, possibilitando a introdução de novas tecnologias e alternativas de produção, promovendo um aumento de produtividade e uma melhoria de qualidade de vida;

- uma modelagem para identificação de áreas apropriadas para o desenvolvimento de irrigação por sulcos, utilizando a gravidade como meio de transferência da água;

- subsídios que possam contribuir com o programa rural integrado que está sendo desenvolvido pela Administração Municipal nas propriedades rurais do Município de Santa Cruz do Sul, oferecendo informações geoprocessadas que venham servir de referencial de pesquisa para o planejamento de uso e atividades que envolvam água e do solo.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A humanidade do início da última década do século XX e do segundo milênio da era cristã já atingiu a cifra de 5,5 bilhões de pessoas, que se apropriam anualmente de cerca de 40% da matéria orgânica fixada pela fotossíntese terrestre, consomem o equivalente energético a duas toneladas de carvão "per capita" e produzem 150 quilogramas de aço para cada homem, mulher ou criança existentes na Terra. Contudo, a distribuição e utilização dessas riquezas varia enormemente entre os diversos povos. Num extremo estão os 15% mais ricos, que consomem mais de um terço de todos os fertilizantes utilizados no Planeta e mais da metade da energia. No outro extremo situa-se cerca de um quarto da população do globo que passa fome, pelo menos, em alguma estação do ano. (UICN, 1991).

Nunca antes a população mundial esteve tão consciente de seus direitos de cidadãos e dos riscos a que o atual sistema de consumo condena o Planeta Terra.

Administrar a vida na Terra significa responder a duas indagações: que tipo de planeta se deseja para as futuras gerações e como se pode concretizar este "desideratum". O primeiro passo já foi dado, pois a humanidade tem consciência da total interdependência entre o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente.(UICN, 1991)

Os recursos naturais existentes na Terra podem ser divididos em recursos materiais e energéticos. A energia pode existir sem a presença da matéria, mas a

matéria é inimaginável sem a presença da energia. No entanto, somente quando a energia está associada à matéria é que ela adquire valor utilitário para o homem. A poluição nada mais é do que a matéria colocada em lugar não apropriado para a sustentação da vida e isto só acontece se uma ou mais formas de energia tiver atuado ou ainda estiver atuando.

Visto sob uma ótica global, a quantidade de matéria que constitui a terra é praticamente constante, pois quantidades ínfimas de matéria saem da terra ou aportam a sua superfície. Todas as mudanças e transformações que ocorrem na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera decorrem de fenômenos naturais e de ações do homem, provocando continuamente a movimentação da matéria, induzindo transformações físicas e químicas na mesma, causando, em última instância, a sua degradação, desordem e disseminação. Uma eventual reordenação só ocorrerá através da utilização (degradação) de uma ou mais formas de energia.

Por outro lado, a terra está continuamente sendo abastecida por energia, principalmente aquela proveniente do sol que chega a sua superfície todos os dias e também está continuamente reemitindo energia para o espaço sideral. A energia ao interagir com a matéria também sofre um processo de degradação (diminuição da frequência ou aumento do comprimento de onda da radiação eletromagnética), mas ao contrário da matéria, ela não permanece na terra. A exceção é feita aos combustíveis fósseis e nucleares e ao calor do interior do planeta, que constituem "aprisionamentos" temporários da energia.

Afirma o cientista político americano Preston Cloud (1970)(apud BRISTOTI, 1993): - "Os recursos naturais constituem uma herança incalculável de todos os homens e povos, incluindo aqueles que ainda não nasceram - seu desperdício não pode jamais

ser tolerado".

A Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED) coordenada pela ex-primeira Ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland, caracteriza o desenvolvimento sustentável, "como um conjunto de progressos sociais, econômicos e políticos que permitam compatibilizar as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazer as suas próprias necessidades.

Quando se projeta o futuro, é encorajador constatar que o crescimento da população do globo está em declínio, mesmo assim é bastante provável que a geração que viverá na metade do próximo século veja uma população com o dobro da atual e que estará tentando viver melhor do que a de hoje. Esse aumento se concentrará principalmente nos países atualmente mais pobres. De acordo com as previsões da WCED, um aumento de cinco vezes nas atividades econômicas nos próximos 50 anos será necessário para satisfazer as necessidades básicas da futura população.

Ao se confirmar estas previsões, é imperativo que a humanidade saiba administrar seus recursos naturais direcionados para um desenvolvimento sustentado; no contexto regional é preciso que os Municípios saibam planejar seu desenvolvimento com base no ordenamento territorial buscando o melhor aproveitamento de seus recursos naturais; os proprietários rurais, com pequenas ou grandes áreas, deverão gerir suas propriedades dentro do princípio de sustentabilidade.

3.1 Planejamento Municipal Integrado

Desde os primórdios da existência do homem na terra, a sua vida tem sido mantida através da utilização dos recursos naturais: flora, fauna, solo, água, etc..

Porém, ao contrário das outras espécies, ele tem consciência da abundância ou da escassez desses recursos. A sua criatividade vem se aprimorando nos conhecimentos e nas tecnologias que permitem uma utilização mais racional dos recursos naturais. (BRISTOTI, 1993).

À arte de viver do consumo e da produção unicamente daquilo que a natureza tem condições de repor e absorver, mantendo o fluxo da demanda e da oferta sempre equilibrado, chama-se de **desenvolvimento sustentado**. Dentro desta óptica, os recursos naturais renováveis deverão substituir as fontes energéticas não-renováveis.

As fontes renováveis de energia (solar direta, hidráulica, eólica e biomassa) são as únicas intrinsecamente limpas e que podem, num futuro próximo, substituir os combustíveis fósseis.

Para se atingir um desenvolvimento sustentável, três objetivos básicos deverão ser buscados: (BRISTOTI, 1993).

i- disseminar os conhecimentos e os meios para se controlar o crescimento populacional;

ii- permitir um crescimento econômico dentro de uma justa distribuição dos benefícios necessários para satisfazer as necessidades da população atual e das gerações futuras;

iii- estruturar o desenvolvimento de tal forma que os seus desdobramentos ambientais sejam mantidos dentro de limites aceitáveis, cujos contornos ainda estão para ser determinados.

Nesse sentido, sem entrar na descrição das grandes disparidades existentes entre as várias regiões do Brasil, tanto em população como na distribuição dos recursos naturais, mas concentrando-nos na situação do Rio Grande do Sul, algumas

constatações necessitam ser detalhadas, tais como:

1- Tanto a população do Estado como as respectivas taxas de crescimento estão dentro de limites bastantes aceitáveis para uma proposta de desenvolvimento sustentável.

2- A existência de uma grande variedade de solos e micro-climas, apesar de exigirem um planejamento muito detalhado quanto a sua utilização, oferecem, contudo, uma enorme gama de possibilidades de cultivos: um grande potencial para a diversificação agropecuária.

3- Os recursos minerais, tanto energéticos (carvão mineral, xistos betuminosos e turfas) como os não-energéticos, tais como pedras semi-preciosas, águas subterrâneas, calcário, areias, basaltos, etc., são abundantes, porém necessitam de um planejamento e ordenamento de sua utilização, principalmente no que concerne à contaminação ambiental.

Para o Estado do Rio Grande do Sul, o balanço energético apresenta o seguinte resultado:

- 53% derivados do petróleo
- 30% biomassa (lenha 25%, álcool e outros 5%)
- 12% eletricidade
- 5% carvão mineral

Conclui-se, através destes dados, que nosso Estado necessitaria substituir 58% de sua matriz energética por alternativas renováveis!

O panorama das fontes renováveis de energia, na década dos noventa, permite dividi-las em três categorias: (BRISTOTI, 1993).

i- Fontes Renováveis Tradicionais:

- Hidráulica

- Biomassa

Nestes casos a contribuição destas fontes na matriz energética de cada país só depende das suas disponibilidades atuais e dos potenciais para usos futuros. Neste último aspecto as descobertas de novas tecnologias e políticas adequadas controlarão o aumento das suas participações na matriz energética de cada país, Estado ou região.

ii- Fontes Renováveis Alternativas:

- Eólica;

- Solar Direta.

Estes constituem alternativas principalmente para a produção de eletricidade que nos dias de hoje tem como fontes primárias os combustíveis fósseis (carvão mineral, gás natural, etc.), os combustíveis nucleares e a energia hidráulica. A produção de eletricidade a partir da energia dos ventos (eólica) em algumas regiões do mundo já é significativa (exemplos: Califórnia nos Estados Unidos, Suécia, Dinamarca, Alemanha, etc.)

Também a produção de eletricidade usando a energia do sol nas chamadas usinas helioelétricas, já atinge potências individuais de 300MW (exemplo: Estados Unidos e Israel). A produção da eletricidade usando painéis fotovoltaicos (convertem a energia solar diretamente em elétrica) está sendo disseminada em vários países do mundo para atender populações rurais de baixa densidade demográfica.

iii- Fontes Renováveis Exóticas:

- Maré motriz;

- Geotérmicas;

- Outras.

Os usos destas fontes só ocorreram em sítios muito particulares e as tecnologias de conversões em vários casos se encontram ainda em etapas de pesquisas. (BRISTOTI, 1993).

Para o Estado do RS as fontes renováveis de energia são somente as seguintes: biomassa, hidráulica, eólica e solar direta.

Porém, acima de qualquer preocupação referente às energias para transporte e qualidade de vida, encontra-se a produção da energia alimentar. O espaço deste produto concorre com o espaço que poderá ser destinado à produção dos energéticos renováveis. O planejamento deste cenário deverá estar embasado em conhecimentos climatológicos, econômicos e de potencialidades do solo.

3.1.1 Experiência estrangeira em planejamento do uso dos Solos

No continente americano, os Estados Unidos da América do Norte e o Canadá despertaram mais cedo para o problema de avaliar o potencial agrícola do solo e difundir este conhecimento entre os usuários deste recurso natural, conforme é descrito em Buol et al. (BUOL ET AL, 1973). Intensificaram as pesquisas, estudando o impacto da agricultura sobre o meio ambiente. A ciência do solo e a meteorologia tiveram grandes progressos nestes países desde o início do século, permitindo estabelecer as principais regras de orientação para o uso adequado do solo agrícola, diminuindo assim gradativamente à níveis toleráveis os impactos ambientais. Também foi nestes países que foram estabelecidas legislações ambientais severas. O sistema de classificação dos solos estabelecido pelo Departamento de Agricultura (SOIL SURVEY STAFF, 1951) e o planejamento do uso da terra (KLINGEBIEL, 1961) foram e continuam sendo aperfeiçoados, além da ampliação e da efetividade dos serviços de extensão rural,

conforme é apresentado pela University of Wisconsin (UNIVERSITY OF WISCONSIN-EXTENSION, 1988).

Um exemplo concreto nos EUA foi a criação e organização, em 1933, da instituição Tennessee Valley Authority (TVA) com sede em Muscle Shoals no estado de Alabama. Esta instituição tinha como prioridade reintegrar, econômica e socialmente, a bacia do Rio Tennessee, completamente degradada por agricultores ignorantes, no que concerne à aptidão de uso dos solos locais e de práticas agrícolas adequadas para uma região, ambientalmente frágil. A região foi totalmente recuperada através de um eficiente serviço de extensão amparada por uma rede de pesquisa agrícola objetiva. As principais linhas de investigação foram: determinação do potencial agrícola; planejamento do uso da terra; florestas e reflorestamento; controle da qualidade da água e do ar; controle das enchentes; manejo dos resíduos agrícolas e industriais; desenvolvimento racional da mineração e controle da malária (AGRICULTURAL DEVELOPMENT MANAGEMENT, 1987).

Na América Central e Sul, os estudos destes problemas receberam a atenção devida somente na segunda metade deste século, assim mesmo dentro dos limites bem característicos dos países em desenvolvimento com falta de recursos materiais e humanos.

3.1.2 Características do Planejamento Municipal

Torna-se evidente que, para o pequeno agricultor, é impossível obter e dominar informações de natureza olística. Estes conceitos, mesmo tendo influência direta em sua atividade, devem ser tratados por equipes de profissionais que envolvem desde as Universidades, passando pelas Administrações Municipais até a EMATER, que tem

difundido e disseminado com grande habilidade as novas tecnologias agrícolas.

No entanto, é no Município, a menor unidade administrativa do Estado, onde deve ser reunido todo o material informativo sobre as potencialidades locais e, a equipe Administrativa, apoiada nos dados obtidos das Universidades, realizar um planejamento com uma visão mais macroscópica da gleba municipal.

O planejamento, quer de situações do cotidiano ou de ações que visem a alguma mudança social, é um processo que tem início na pesquisa, estudo e conhecimento do que se planeja, qual o alvo a ser atingido, que mudanças poderão vir a acontecer na realidade a ser analisada. (MÜLLER, 1997).

Todo o planejamento apresenta três etapas: a pesquisa, a ação e a análise crítica dos dados. No entanto, estas etapas não necessariamente devem ser realizadas de forma ordenada e seqüencial. Na prática, estas são realizadas concomitantemente, o que não vem a interferir no processo. Estudos e pesquisas durante a fase das ações e mesmo uma análise crítica de um resultado pode reorientar o planejamento, impedindo ao planejador de ter uma visão linear do processo. (MÜLLER, 1997).

O programa PLAMUDES (Planejamento Municipal para o Desenvolvimento Sustentável), criado na UFRGS, tem como um dos objetivos a criação do Banco de Dados para os Municípios no qual estes se municiariam de informações necessárias para promover o planejamento municipal integrado pois, a opção do projeto PLAMUDES é considerar cada propriedade rural como um universo contínuo, fazendo parte de um todo, dentro de um contexto econômico social integrado. Esta é a idéia do planejamento sistêmico, no qual é impossível planejar uma propriedade isolada, visto que existe a inter-relação de continuidade fornecida pelo fluxo dos rios, pelo relevo de sua topografia e pela distribuição das características de seus solos.(PIEROBON, 1998).

Esta relação de interdependência entre as propriedades impõe que, apenas um planejamento integrado pode oferecer perspectivas de sucesso. E quem tem a possibilidade macroscópica de planejar atividades, especialmente na perspectiva de alterações no cenário agrícola, é o setor Administrativo Municipal, acessorado nos conhecimentos das Universidades locais e na experiência de seus técnicos e da EMATER.

A falta de profissionais especializados em gerenciamento e utilização racional dos recursos naturais, considerando-se a não existência de cursos superiores que preparem especialistas para enfrentar o trinômio Energia-Ecologia-Economia de forma consorciada, contribui para aumentar a preocupação dos executivos municipais, na época em que o Governo Federal e Estadual iniciam o processo de descentralização da energia.

Este fato é o principal motivo que originou este trabalho, o qual pretende sugerir uma metodologia que possa auxiliar ao grupo de planejadores municipais, formados pelos profissionais das Secretarias de Agricultura e pelos Técnicos da EMATER, apresentando em forma de "cartilha", um texto que faz ou deva fazer parte de um conceito comum entre os integrantes do grupo de planejadores.

Nesta cartilha é discutida a interação entre solo-água-plantas, associados aos métodos de irrigação existentes, dando-se ênfase ao modelo de irrigação por gravidade através de sulcos com vistas ao incentivo desta técnica na pequena propriedade rural que trabalha com culturas plantadas em linha.

Os dados básicos para o planejamento consistem na reunião das informações contidas nas cartas do Exército com a área municipal, na série dos dados de precipitação local, nas cartas dos recursos naturais do Projeto Radam-Brasil produzido

pelo IBGE em 1986 e em imagens de satélite adquiridas no INPE.

Na sequência do trabalho é apresentado o caso em estudo, o Município de Santa Cruz do Sul, no qual se aplicou a metodologia ora apresentada, gerando os dados necessários para que os planejadores possam idealizar o ordenamento territorial voltado para o melhor aproveitamento dos solos, maior produtividade, diminuição de riscos na agricultura e aumento de qualidade de vida nos minifúndios.

3.2 - A cartilha do planejador

A necessidade de se oferecer novas metodologias para desenvolvimento de setor rural, que aumentem a sua produtividade ao mesmo tempo em que se faça uma melhor utilização do solo, diminuindo seu desgaste, é uma realidade crucial para a sobrevivência dos minifúndios.

Segundo DUTRA (1998), "as propriedades com menos de 50 hectares no Estado do Rio Grande do Sul abrigam 1,5 milhões de pessoas, representando 85% do pessoal ocupado no campo, explorando uma área equivalente a 25% do território deste Estado." Ainda de acordo com a opinião do mesmo autor, estas pessoas são responsáveis pela produção de 88% das aves, 84% do feijão, 78% do milho, 71% dos suínos, 54 % do leite, 41% do soja e 38 % do trigo.

Contudo, a produtividade destas culturas sempre sofreu com os períodos de estiagem, visto que o agricultor gaúcho não tem tradição em utilizar a irrigação, com exceção feita para o setor orizícola.

O setor orizícola desenvolveu tecnologias da irrigação apropriadas para áreas

planas e de grande extensão, no Estado do Rio Grande do Sul, com investimentos próprios, a princípio e públicos quando a associação dos empresários e arrendatários passou a ter força decisória, sendo criado pelo Governo o Instituto Rio-grandense do Arroz (IRGA). (EMBRAPA-PRONI, 1988)

Apesar deste Estado ter sido o primeiro a investir na tecnologia de irrigação, esta não foi utilizada em outras culturas devido ao clima deste Estado, cujas precipitações atendiam razoavelmente a demanda dos cultivos, na maioria das estações do ano. (GANEM, 1987).

No entanto, os desmatamentos intensivos, as queimadas e outras atividades humanas provocaram alterações no ecossistema que modificaram a relação solo-água-planta. (PEREIRA, 1994)

Os municípios de Sobradinho e Santa Cruz do Sul, situados no Vale do Rio Pardo, assim como a maioria dos Municípios que se situam nesta Região, tem sua economia agrícola calcada na produção de feijão, milho e fumo, representando um exemplo de área de risco agrícola, onde, em 7 de cada 10 anos, estas culturas têm sua produtividade diminuída em função das estiagens de outubro e novembro, que ocorrem exatamente nos períodos de floração e maturação destas espécies. São raros os anos em que não ocorre quebra de produção devido à seca. (IBGE, 1998)

Desilusões relativas à produtividade obtida nas pequenas propriedades rurais e, principalmente, a realidade do mercado que estabelece preços dispares para o custo dos insumos e o valor do produto, fazem com que a juventude rural esteja abandonando o campo. Nele, só persistem aqueles que não tem outra opção e aqueles que tiverem o conhecimento fundamental para barganhar com o solo, a água e os comerciantes, uma vida decente sobre sua pequena gleba de terra.

Dos conhecimentos básicos necessários, é o solo e seu potencial agrícola um dos primeiros conceitos que o agricultor deve ter domínio integral, para que possa realizar uma simbiose perfeita, usufruindo maiores benefícios em produção e causando os mínimos riscos de desgaste em retribuição. O outro conceito que deve fazer parte do conhecimento do usuário da terra, para que seus riscos sejam diminuídos, é o do ciclo das águas, precipitações e necessidades hídricas das culturas, para que, no devido tempo, estas necessidades possam ser supridas.

Pelo que a realidade mostra, só sobreviverão nas pequenas propriedades, de forma digna, os profissionais da agricultura que fizerem uso do conhecimento do potencial de seu solo, de técnicas de controle da água e dominarem as intrincadas lógicas do mercado financeiro no que se refere ao comércio agrícola.

Os conhecimentos básicos sobre o solo, água e cultivos que fazem o pano de fundo para o desenvolvimento metodológico sugerido, são apresentados em seqüência. Eles podem se considerados com parte desta cartilha que é dirigida aos técnicos municipais com atribuições de replicar este trabalho em seus municípios e se constituem de conceitos e técnicas de domínio da equipe técnica que pretende propor o planejamento integrado nas propriedades agrícolas.

3.2.1 Solo

3.2.1.1 Constituição do solo

O solo, representado por um elemento volumétrico que possui dimensão e profundidade, constitui-se num sistema composto de uma fase sólida, de uma fase líquida e de uma fase gasosa, as quais coexistem em condições de íntima

interdependência, estimulando interações que possibilitam variadas condições para o desenvolvimento das plantas.

A fase sólida pode ser mineral ou orgânica. A porção mineral é constituída de partículas com dimensões, formas e composições químicas variadas. A distribuição relativa dessas partículas por tamanho é o que define a textura do solo. A porção orgânica, denominada de matéria orgânica, é constituída por resíduos animais e vegetais em diferentes estágios de decomposição e síntese, fruto do trabalho contínuo de microorganismos do solo.

A fase líquida corresponde a água do solo, a qual se encontra preenchendo, parcial ou totalmente, os espaços existentes entre as partículas sólidas do solo.

A fase gasosa do solo é constituída pelo ar ou vapores existentes no solo, ocupando os espaços vazios entre as partículas, os quais não foram preenchidos pela água.

Na FIGURA 3.1 estão representadas, em percentual, as partes que compõem a estrutura do solo. (MARCANTONIO, 1992).

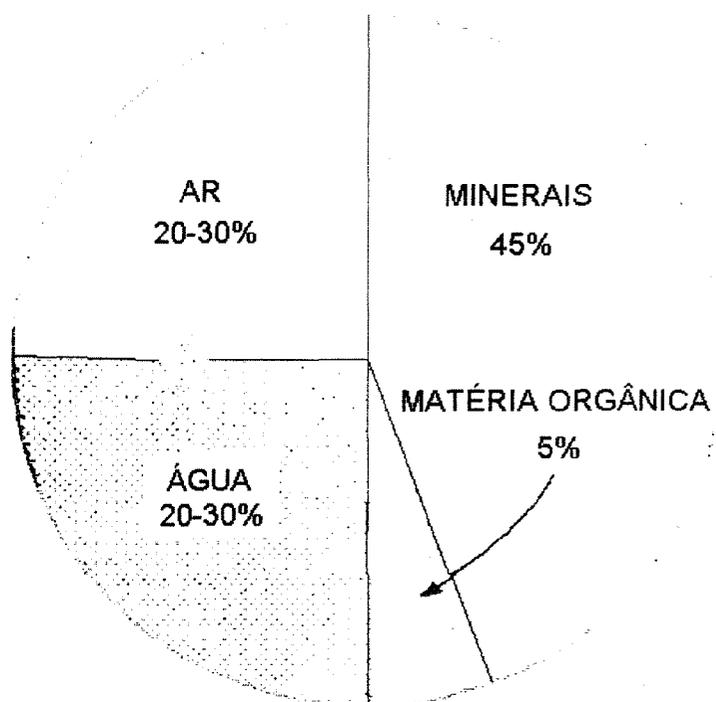


FIGURA 3.1 - Representação volumétrica dos principais componentes do solo

3.2.1.2 Conceito de solo

O solo é a parte superficial intemperizada da crosta terrestre, não consolidada, contendo matéria orgânica e seres vivos. Nele se desenvolvem os vegetais, obtendo, através das raízes, a água e os nutrientes.

O solo apresenta-se em horizontes, chamados de O, A, B e C. Ao conjunto de horizontes denomina-se perfil do solo.

O horizonte O ocorre em apenas alguns solos. Consiste em uma camada delgada de restos orgânicos, tais como: folhas, galhos e restos vegetais em decomposição. A parte inferior do horizonte O, constituída dos detritos mais antigos e semi-decompostos, é conhecida como terra vegetal, que é de grande interesse para o cultivo de plantas ornamentais em vasos. O horizonte O só ocorre em florestas e é comumente conhecida como "terra de mato".

O horizonte A do solo é a camada mineral próxima da superfície. Apresenta um acúmulo de matéria orgânica, em grande parte já humificada e, por esta razão, apresenta-se com cor escurecida. Em muitos casos apresenta um empobrecimento relativo por perda de materiais sólidos, translocados para o horizonte B.

O horizonte B situa-se abaixo do horizonte A. Apresenta-se com cores mais claras devido à menores teores de matéria orgânica, com um máximo desenvolvimento da estrutura e, freqüentemente, com acúmulo de materiais provindos de outros horizontes.

O horizonte C situa-se abaixo do horizonte B, sendo uma camada pouco influenciada pela ação dos seres vivos e com características mais próximas do material que provavelmente deu origem ao solo.

Abaixo do horizonte C encontra-se a rocha que, em muitos casos, é similar àquela que deu origem ao solo. (RAIJ, 1981).

3.2.1.3 Granulometria

O solo pode ser considerado como um aglomerado de partículas unitárias de vários tamanhos, de natureza orgânica e inorgânica (ou mineral).

Quando os teores de matéria orgânica são elevados, superiores a 20%, os solos são classificados como orgânicos e não há uma preocupação em detalhar a granulometria das partículas minerais.

Na maioria dos solos cultivados, os teores de matéria orgânica dificilmente atingem 5%. Nesses casos, faz-se a separação e a determinação de partículas de diferentes tamanhos, estabelecendo-se a granulometria dos solos.

As partículas são classificadas pelos seus diâmetros como pode ser verificado na TABELA 3.1, na seqüência.

TABELA 3. 1 - Escala internacional de classificação das frações granulométricas do solo.

fração	diâmetro das partículas (mm)
pedras	> 20
cascalho	20 - 2
areia grossa	2 - 0,2
areia fina	0,2 - 0,02
silte ou limo	0,02 - 0,002
argila	< 0,002

Fonte: Raij, 1981

3.2.1.4 Porosidade e agregação

A porosidade do solo refere-se ao volume de vazios existentes no mesmo, que podem ser ocupados com volumes variáveis de água, mas sempre complementares aos espaços ocupados com ar. A simples existência de uma mistura de partículas de diversos tamanhos já seria suficiente para permitir a existência de espaços ou poros entre as partículas.

Na maioria dos solos ocorre a formação de agregados, o que permite a ocorrência de uma porosidade maior que a que existiria sem agregação. Os agregados (torrões), são aglomerados de partículas unitárias que se formam por causa de atrações físicas entre partículas, ou através de cimentantes, como óxidos de ferro e matéria orgânica.

Podem ser reconhecidos dois tipos de poros nos solos: os macro-poros, que são os de maior diâmetro, através dos quais a água drena e o ar se move livremente e os micro-poros, responsáveis por retenção de água por capilaridade. (RAIJ, 1981).

3.2.1.5 Retenção de água no solo

A água ocupa uma parte dos poros do solo, sendo o espaço restante ocupado pelo ar. A quantidade de água existente em um determinado momento, é resultante das adições pela chuva ou irrigação e das remoções do solo por drenagem e evapotranspiração (evaporação do solo e transpiração pelas plantas).

Em condições de drenagem livre, existe um máximo de água que o solo pode reter e que corresponde ao teor existente no solo saturado após remoção do excesso de água quando o movimento de drenagem praticamente cessa; este é o ponto chamado de capacidade de campo do solo. Um limite inferior importante corresponde ao teor de

água no solo em que as plantas murcham de forma permanente, por não conseguirem absorver a água ainda existente; este é o ponto de murchamento do solo. (RAIJ, 1981).

A matéria orgânica pode reter 20 vezes o seu peso em água, sendo que a mesma e principalmente o húmus aumentam o armazenamento e a infiltração da água no solo e o número de macro-poros. (MARCANTONIO, 1992).

A utilização de resíduos orgânicos em cobertura, protege o solo dos impactos da água das chuvas, diminui as perdas de solo por erosão, diminui a intensidade da radiação solar e controla a temperatura do solo. (MARCANTONIO, 1992).

3.2.1.6 Aeração

A composição do ar existente nos poros dos solos difere da do ar atmosférico. A dificuldade das trocas gasosas através dos poros permite que ocorra uma maior concentração de gás carbônico (CO_2) produzido pela respiração das raízes das plantas e microorganismos. Enquanto que na atmosfera os teores de CO_2 são da ordem de 0,03%, no ar do solo eles podem atingir valores acima de 1%. O gás oxigênio (O_2), que na atmosfera ocorre em teores da ordem de 21%, no ar do solo pode cair a menos de 20%.

As concentrações maiores de CO_2 no ar do solo devem-se à respiração de organismos, na qual o O_2 é consumido e o CO_2 é liberado. A respiração das raízes das plantas depende em grande parte do O_2 do ar do solo, e é essencial para o fornecimento de energia a vários processos metabólicos, inclusive absorção de íons. (RAIJ, 1981).

O O_2 exigido no solo varia segundo a planta e o clima. Quanto maior a temperatura, menos O_2 se dissolve na água do solo e tanto maior deve ser a taxa do ar no solo para poder satisfazer as exigências vegetais.

A falta de O₂ ocorre quando:

- o solo for compacto ou adensado, com seus macro-poros reduzidos, permitindo circulação deficiente de água;
- o solo estiver sofrendo um maior aquecimento sob insolação direta;
- os micro-organismos tiverem sua atividade incentivada por uma decomposição de matéria orgânica verde ou de palha com nitrogênio adicionado ou se um solo seco for reumidecido. (PRIMAVESI, 1981).

3.2.1.7 Fração mineral do solo

A fração mineral ou inorgânica representa a maior parte da fase sólida dos solos, bem drenados que não apresentam acúmulo anormal de matéria orgânica. Ela é constituída de diversos minerais, que são compostos formados, em geral, por processos inorgânicos e que ocorrem naturalmente na crosta terrestre.

Os minerais do solo costumam ser separados em minerais primários e secundários. Os minerais primários são aqueles que existem normalmente em rochas ígneas e podem persistir até no solo. Os minerais secundários são formados pela decomposição dos minerais primários, por processos químicos e recombinação em novos minerais. Os minerais secundários podem formar-se no próprio solo ou, o que é mais comum, durante processos gerais de intemperismo e translocação de elementos químicos que dão origem a formação de rochas sedimentares e metamórficas. (RAIJ, 1981).

As areias são constituídas basicamente por minerais primários, como o quartzo, feldspato e mica. Quimicamente são as partículas mais inertes que existem no solo. Os elementos nutritivos que contêm, são praticamente insolúveis, o que as tornam sem

importância como fonte de nutrientes para as plantas.

O silte apresenta uma composição mineralógica semelhante à fração areia, porém, com uma sensível participação de minerais que fazem parte da fração argila. Quanto à disponibilidade de nutrientes, a fração silte possui potencialidade para liberar potássio num ritmo suficientemente rápido para suprir, em parte, as necessidades das plantas.

A argila apresenta a mais variada composição mineralógica das partículas do solo. Apresenta como importância fundamental para o comportamento dos solos, propriedades coloidais expressas pela altíssima superfície específica e elevada densidade de carga elétrica. A superfície específica imprime ao solo propriedades de plasticidade, coesão, dilatação, contração, dispersão e floculação, sendo que a densidade de carga elétrica determina ao solo a capacidade de troca iônica.

3.2.1.8 Fração orgânica do solo

Entre os constituintes do solo, a matéria orgânica assume um papel preponderante, pois a sua fertilidade pode ser definida como uma complexa integração entre os atributos físicos, químicos e a matéria orgânica do solo.

A matéria orgânica compreende os resíduos vegetais (raízes e parte aérea) e animais (incluindo os excrementos) em estados de decomposição diversos, que ocorrem no solo, em íntima relação com os constituintes minerais. As plantas representam as fontes mais importantes da matéria orgânica, uma vez que o carbono, hidrogênio e oxigênio constituem mais de 90% do total de seus tecidos.

A evolução da matéria orgânica no solo compõe-se de duas fases principais: a decomposição ou biodegradação e uma fase de estabilização, que é a humificação.

(MARCANTONIO, 1992).

A matéria orgânica atua na agregação de partículas, conferindo ao solo condições favoráveis de arejamento e friabilidade. Além disso, ela aumenta a retenção de água em solos e é responsável em grande parte pela capacidade de troca de cátions. (RAIJ, 1981).

3.2.1.9 Potencial agrícola do solo

O potencial agrícola de uma gleba, de terra é indicado pelo **número de alternativas** agrícolas compatíveis com os **recursos naturais** (solo e clima) disponíveis nesta gleba. Quanto maior o número de alternativas viáveis, maior o potencial agrícola. Para o Estado do Rio Grande do Sul, o trabalho mais recente realizado para determinar o potencial agrícola dos solos é datado de 1985, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sob o título de Projeto RADAM-BRASIL. (BRASIL, 1986).

Neste trabalho foram realizados os levantamentos exploratórios dos solos e mapeados através do radar.

Levantamentos exploratórios - são executados usualmente onde há necessidade de informações de natureza qualitativa, com a finalidade de indicar áreas de maior ou menor potencial de desenvolvimento em antecipação à levantamentos em escala maior. Por se tratar de levantamentos de natureza genérica, o Serviço Nacional de Levantamentos para Conservação dos Solos (SNLCS), considera aceitáveis escalas de publicação que variam de 1:750 000 a 1:2 500 000 e área mínima mapeável de 22,5 a 250 km². As classes de solos são identificadas no campo, mediante observação e amostragem em pontos previamente determinados, de acordo com feições de paisagem e aspectos fisiográficos. As observações e coleta de amostras para caracterização das

classes de solos, são feitas a grandes intervalos. Os limites entre unidades de mapeamento são derivados, principalmente, por aspectos pedológicos, geomorfológicos, geológicos, fitogeográficos e efetivamente traçados sobre imagens de satélites, radar, fotoíndices ou mapas planialtimétricos. O Brasil tem todo o território levantado neste nível pelo projeto RADAM-BRASIL, na escala de 1:1.000.000.

No Brasil, os levantamentos de reconhecimento dos solos iniciaram nos anos de 1950 nos estados do Rio de Janeiro (BRASIL, 1958) e São Paulo (BRASIL, 1960) e no Estado do Rio Grande do Sul nos anos 60 (BRASIL, 1973 e LEMOS ET AL, 1967). Estes trabalhos trouxeram consigo os problemas inerentes a todos os levantamentos de reconhecimento que são em escala pequena (1:750.000 ou 1:1.000.000) dificultando a identificação das situações de exceção que podem ser, em algumas situações, de grande importância. Esta falta de clareza ainda dificulta substancialmente o planejamento detalhado do setor agrícola para técnicos e administradores.

Estudos que visam a determinação do potencial agrícola diferem da avaliação da capacidade de uso da terra (LEPSCH ET AL, 1983 e RAMALHO ET AL, 1979) e de zoneamentos agrícolas (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1978), por incluir na sua determinação, além das propriedades físicas e químicas do solo, relevo, agrometeorologia, relevantes aspectos agronômicos, ambientais e sociais. Por exemplo, o potencial de produção dos sistemas com presença expressiva de defensivos agrícolas, dejetos animais e resíduos agroindustriais nas águas superficiais, são fatores importantes na definição das atividades agrícolas para uma determinada região. São ainda consideradas a hidrografia, rede viária, localização, densidade demográfica regional e disponibilidade de mão de obra rural.

Os levantamentos da capacidade de uso da terra baseiam-se igualmente no

levantamento de uso do solos e observações agrometeorológicas, buscando porém práticas conservacionistas para glebas homogêneas de terra, classificadas pelo maior ou menor número de limitações que apresentam. Como exemplos de limitações pode-se citar pedregosidade, profundidade de solo útil, relevo acidentado e deficiência de ar e água no solo, entre outras. (SCHNEIDER ET AL, 1993).

Nos zoneamentos agrícolas estudam-se conjuntamente condições de clima e de solo para a regionalização de culturas nas diferentes classes de capacidade de uso dos solos. (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1978).

O Rio Grande do Sul tem uma fisiografia complexa devido, principalmente, a grande diversidade de tipos de solos (BRASIL, 1958) e condições climáticas diferenciadas regionalmente. (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1979). Se, de um lado esta situação permite uma agricultura diversificada, por outro, dificulta sua estruturação dentro de uma concepção moderna, como a sua sustentabilidade no tempo. Os sistemas agrícolas em uso atualmente no RS, especialmente a lavoura e a suinocultura, tem trazido consigo sérios problemas ao meio ambiente e a sociedade. Em estudo realizado pela Sociedade Agrônômica do RS, (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1975) , foi estimado para o ano de 1995 uma perda de solo por erosão de 306 milhões de toneladas em 5,8 milhões de hectares ocupados por lavouras. O estudo também enfatiza as conseqüências sociais e ambientais deste processo, como:

- a) empobrecimento, êxodo rural e pobreza urbana;
- b) assoreamento e contaminação das águas das represas e açudes;
- c) aumento nos custos de conservação de estradas vicinais.

O caminho mais curto para viabilizar a organização do setor agrícola é a determinação do potencial agrícola do Estado, a partir da menor unidade administrativa,

que é o Município.

O potencial agrícola se constitui de um estudo amplo e interdisciplinar e é avaliado pelo número de alternativas de produção (lavoura e pecuária) que uma região oferece, usando adequadamente seus recursos naturais como o solo, água e clima.

Nos três tipos de levantamentos referidos, esbarra-se em uma limitação importante: nas escalas utilizadas nos mapas de solos atualmente disponíveis, associada à fragmentação do RS em grande número de municípios, entre os quais um elevado número com pequena extensão territorial, sendo, portanto, difícil para o administrador e técnico local ter uma visão macro de sua região. Cabe portanto em primeira instância um trabalho que transfira para mapas em escala maior os dados contidos nos mapas de reconhecimento (recursos naturais) para mapas territoriais municipais, mesmo sem acréscimo de detalhes, individualizando assim as menores unidades administrativas.

É importante que a agência de extensão Estadual e os Prefeitos Municipais solicitem aos órgãos governamentais competentes a confecção de levantamentos semi-detalhados (escala 1:50.000). Os levantamentos semi-detalhados permitem determinar com maior precisão a potencialidade agrícola e a capacidade de uso da terra.

Apenas seis municípios do RS possuem levantamentos de solo semi-detalhados: São Sepé, São Gabriel, Ibirubá, Torres (atual), Ijuí e Alegrete.

O conhecimento do potencial agrícola de uma região pode auxiliar nos estudos de regionalização das culturas; no estabelecimento das necessidades de pesquisas agrícolas regionais; às administrações municipais e associações de municípios na organização do setor primário; na interpretação de resultados experimentais agrícolas; no estudo de unidades mínimas de produção; no estabelecimento de parâmetros para

fins de tributação territorial rural; no estabelecimento de níveis tecnológicos para a agricultura; na estimativa das necessidades de insumos agrícolas modernos a nível regional; na estimativa de necessidades de armazenamento, que também deve ser considerado a nível regional. Pode também orientar no estabelecimento das necessidades de agroindústrias, no estabelecimento das necessidades de ensino técnico profissionalizante, no crédito agrícola, no tipo de mecanização, performance e dimensionamento de equipamentos agrícolas.

3.2.1.10 - Classificação dos solos de acordo com sua capacidade de uso

Esta classificação foi desenvolvida pelo Serviço de Conservação do Solo nos Estados Unidos (USLE) e é adotada pela EMATER.

Os critérios utilizados para estabelecer a classificação foram:

- 1 - produtividade do solo;
- 2 - controle de erosão;
- 3 - facilidade para as operações mecânicas;
- 4 - necessidades de adubação;
- 5 - problemas de ordem climática.

Nesta classificação, as terras são grupadas em 3 categorias de acordo com suas potencialidades e limitações, abrangendo 8 *Classes de Capacidade de Uso*, da seguinte forma:

a) Terras próprias para lavoura, pastagens e reflorestamento. Abrangem 4 classes, designadas pelos números I, II, III e IV.

b) Terras impróprias para lavoura mas próprias para pastagens e

reflorestamento. Abrangem as classes V, VI e VII.

c) Terras impróprias para lavoura e pastagens mas próprias para florestas e reflorestamento, podendo servir para abrigo da vida silvestre ou recreação (caça e pesca). Neste grupo está a classe VIII.

As Terras de **Classe I** são planas, profundas, conservam a umidade e são fáceis de trabalhar. Não tem pedregosidades e não sofrem riscos de inundações.

As Terras de **Classe II** se diferenciam da anterior por apresentarem pequena declividade, exigindo práticas conservacionistas para controle da erosão e práticas de drenagem.

As Terras de **Classe III** apresentam declividades moderadas, sendo suscetíveis à erosão e inundações. Apresentam precipitações insuficientes ou em demasia, necessitando de irrigação e drenagem.

As Terras de **Classe IV** apresentam declividade acentuada, pouca profundidade, inundações freqüentes, alto teor de sódio e baixa produtividade. As lavouras praticadas nestes solos requerem práticas de conservação como terraceamento e drenos e a exploração não pode ser regular, exigindo constantes períodos de descanso ou rotação de cultura.

As Terras de **Classe V** são quase planas mas que apresentam encharcamento associado com afloramento de rochas, impedindo a sua utilização agrícola através da drenagem.

As Terras de **Classe VI** apresentam limitações quanto a declividade, umidade do solo, pedregosidade e profundidade radicular.

As Terras de **Classe VII** apresentam limitações permanentes, tais como: declive forte acentuado; suscetibilidade à erosão severa; solos rasos; pedregosidade, solos

úmidos ou inundáveis; baixa capacidade de retenção à umidade e clima desfavorável.

As Terras de **Classe VIII** não permitem qualquer tipo de cultura. São terras extremamente acidentadas, declivosas, pedregosas, encharcadas ou severamente erodidas. No Brasil, também se incluem nesta classe os solos de preservação natural, com as margens de rios e lagos, topos de morros e desfiladeiros.

O aproveitamento do solo realizado de forma racional e econômica sugere uma divisão na propriedade agrícola de forma a distribuir as culturas sazonais nos solos de classes I, II, III e, excepcionalmente, nos solos de classe IV; as pastagens nos solos de classe IV, V, VI e, excepcionalmente, nos solos de classe VII; os reflorestamentos nos solos de classe VII e VIII.

3.2.2 - Água

Das fontes primárias de energia, a hídrica, a eólica e a solar constituem as fontes energéticas limpas, pois não poluem o meio ambiente ao serem utilizadas como fontes de geração.

Porém a água, devido ao uso variado a que tem servido, especialmente a partir da Revolução Industrial, já não pode mais ser considerada como um recurso renovável, pois os metais pesados, as chuvas ácidas e diversos tipos de poluentes lançados nos mananciais hídricos contribuem para que esta fonte de energia chegue adulterada ao ponto de utilização.

Segundo ESTEVES (1988), a necessidade de utilização racional do recurso água torna-se mais evidente quando se leva em consideração que, de toda a água da terra, menos de 3% é água doce. Na opinião do mesmo autor, corroborada por muitos outros cientistas e planejadores, o maior problema para o futuro não será a escassez

energética nem a falta de alimentos; o maior problema será o "déficit" de água doce.

A quantificação dos fluxos e reservas de água do ciclo hidrológico global foi realizada por diversos pesquisadores e normalmente não apresentam entre si discrepâncias marcantes. Um exemplo deste trabalho é apresentado por PEIXOTO e OORT (1990), apud TUCCI ET AL (1993) cujos valores são apresentados a seguir, na TABELA 3.2.

TABELA 3.2 - Disponibilidade hídrica global

Locais	Valores em 10^{15} m^3
oceanos	1350
geleiras	25
águas subterrâneas	8,4
rios e lagos	0,2
atmosfera	0,013
biosfera	0,0006

Fonte: Tucci et al, 1993

A forma de utilização da água pelo homem é classificada como **uso consuntivo** (quando consome água, diminuindo sua disponibilidade na fonte) e **uso não-consuntivo** (quando apenas se utiliza do corpo líquido, mantendo o mesmo volume disponível).

O uso da água na irrigação é um uso consuntivo e, por esta razão, deve ser empregada com moderação e parcimônia, mercê de sua utilidade. A vazão de água requerida no irrigado depende do tipo de cultura desenvolvida, da sazonalidade da região e do método de irrigação empregado.

No Rio Grande do Sul, o índice de precipitação varia entre 700 a 1400 mm/ano, conforme a região. A precipitação temporal das chuvas nem sempre é bem distribuída, prejudicando na maioria dos anos, com sua carência, as culturas de verão.

A irrigação, no Rio Grande do Sul, não faz parte da tradição e da cultura agrícola, exceção feita para a orizicultura que emprega, em média, uma vazão de 3 L/s durante 100 dias quando, para as regiões orizicultoras do nosso Estado, a necessidade pode ser atendida com 1,5 L/s (LANNA, 1991).

3.2.2.1 Estimativa de necessidades hídricas das plantas

A necessidade de água exigida pela planta é diretamente proporcional à sua evapotranspiração, que varia de cultura para cultura e depende do estágio de crescimento da planta. A TABELA 3.3 apresenta o coeficiente de cultura de alguns vegetais em diversos estágios de seu ciclo vegetativo.

TABELA 3.3 - Coeficiente de cultura/estágio da planta.

	crescimento	floração	granação
arroz	0,45	0,95	0,90
feijão	0,40	0,90	0,35
milho	0,50	0,90	0,60

Fonte: WITHERS E VIPOND, 1977

Pela tabela acima exposta pode-se constatar que todas estas culturas são exigentes em água no solo no período de floração, modificando esta necessidade nos demais períodos, variando de cultura para cultura.

Para se obter uma produtividade máxima, a disponibilidade de água no solo deve se equilibrar com a demanda requerida pela planta no seu estágio. Para as culturas como feijão e milho, o suprimento de água pela irrigação, especialmente na época da floração, entra como um fator de prevenção de riscos, visto que, em nosso Estado, os períodos de estiagem ocorrem, geralmente, nestas épocas.

3.2.2.2 Métodos de irrigação

A irrigação objetiva transferir a água, de locais onde esta se encontra em abundância para áreas com deficiência hídrica, para atender a demanda das culturas nelas existentes, complementando a água fornecida pelas chuvas. O processo utilizado para efetuar esta transferência irá depender da geomorfologia do terreno, da área a ser irrigada, da disponibilidade das reservas hídricas, da necessidade das culturas, da fase de crescimento do cultivo, do índice de precipitação local e basicamente, da capacidade de investimento do usuário.

A água adicionada ao solo da lavoura entra no balanço hídrico da cultura como um fator complementar, que só será acrescida quando o solo estiver próximo à capacidade de murcha. (DORFMAN, 1989).

Para executar esta transferência, a humanidade, desde o nascimento da própria agricultura, valeu-se de diversos métodos que foram perpetuados através das gerações e ainda são aplicados em nossos dias, como é o sistema de produção do arroz de inundação. No entanto, com o surgimento do motor de explosão interna e do motor elétrico, acoplados a bombas propulsoras, a irrigação tomou pulso e passou a constituir a solução para projetos de cultivo em grandes áreas das regiões do agreste. (WITHERS e VIPOND, 1977).

Desta forma, com a tecnologia atual, os sistemas atualmente utilizados de irrigação, são de 4 tipos:

1º - *irrigação superficial*; realizada por inundação, sulcos e/ou corrugação e por faixas.

A irrigação superficial é uma das mais tradicionais modalidades de irrigação

sendo a que possui a maior diversificação de sistemas. Consiste basicamente da construção de canais e diques em torno da lavoura, nos quais a água circula graças a ação da gravidade ou ao efeito de recalques mecânicos. Dos canais a água é transferida para as culturas, em doses proporcionais ao estágio da planta e ao estado climático, através de sulcos, corrugações ou por inundação.

A irrigação por sulcos, indicada para culturas que são plantadas em linha como é o caso do milho e do feijão, torna-se adequada para pequenas áreas, minifúndios, onde a topografia é fator importante. As principais vantagens deste método são:

- baixo custo de implantação;
- não exige filtragem de água;
- menor risco de encharcamento do solo;
- facilita o manejo de grandes vazões;
- não sofre influência do vento;
- não há perdas na aplicação de agrotóxicos;
- não se utiliza de dispositivos mecânicos;
- método com significativo número de dados de campo;
- não propicia doenças nas folhas;
- economia de água.

Algumas das desvantagens deste método também devem ser analisadas:

- baixa eficiência de irrigação;
- exige bom preparo do terreno;
- recomendado para terrenos planos;
- formação de crostas em terrenos argilosos;
- risco de erosão em terrenos arenosos;

- muita mão-de-obra na utilização;
- dificuldades de uso em solos diversificados;
- problemas de salinidade no solo quando a água é salina.

As desvantagens apresentadas na aplicação deste método podem ser contornadas através da análise das variáveis do solo e da água, acompanhadas do projeto que envolve o levantamento topográfico e a adequada preparação do solo.

O presente trabalho selecionou este método de irrigação como adequado aos propósitos do modelo proposto, com base nas seguintes características:

- custo baixo;
- aplicado para pequenas áreas;
- adaptado para topografia acidentada;
- facilidade de transferência dos equipamentos para novas áreas;
- técnicas de manuseio simples.

Considerando que o propósito deste trabalho é transferir tecnologia para regiões minifundiárias, esta técnica, com estas características, encaixam no programa de planejamento das pequenas propriedades rurais da Encosta da Serra.

2º - irrigação de sub-superfície; pode ser natural com levantamento do freático ou artificial com a alocação de recipientes porosos próximo ao sistema radicular da planta.

A irrigação de sub-superfície consiste em fornecer água vinda de reservatórios subterrâneos. Nesta modalidade pode-se citar os barramentos em rios para que o nível do lençol freático suba, umedecendo as várzeas, nas culturas de arroz irrigado. Outro modelo praticado no árido nordeste Brasileiro é o uso de potes de barro enterrado. Este pote é enchido com água a qual mantém a parede do pote sempre úmida. As raízes das

culturas se desenvolvem em torno do pote, o qual, periodicamente, deve ser recarregado.

3º- irrigação por aspersão.

A irrigação por aspersão consiste em simular uma precipitação, fazendo com que a água caia de determinada altura, distribuída em pequenas e inúmeras gotas. Esta modalidade de irrigação é a que utiliza equipamentos mais específicos, a custos proporcionais à área a ser irrigada. Encontramos irrigação por aspersão sendo praticada com equipamentos que vão desde um simples regador manual para hortas e jardins até os sofisticados pivôs rotativos sincronizados eletronicamente, com capacidade de atender a demanda de 360 hectares. (REVISTA GLOBO RURAL, 1991/7).

4º - irrigação por gotejamento.

Neste sistema, a água é conduzida através de tubos ou mangueiras nas quais, através de pequenos furos, ocorre o gotejamento em locais específicos. É aplicado para culturas que podem receber água apenas na raiz e a uma proporção muito controlada.

Alguns autores (BERNARDO 1988) apresentam os métodos de irrigação por gotejamento com sendo uma variante entre a irrigação superficial e a irrigação por aspersão.

3.2.2.3 Qualidade da água para irrigação

O controle qualitativo da água de irrigação tem fundamental importância na conservação da produtividade do solo e durabilidade dos equipamentos que formam o sistema de irrigação. O conhecimento das propriedades físicas e químicas da água facilitam o planejamento que se deve dar no trato com a água de irrigação.

Como qualidade da água para irrigação, em grande parte dos casos, é

considerada apenas a salinidade e a quantidade de sólidos totais. Porém, para que se possa fazer correta interpretação da qualidade da água para a irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com os seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação, os quais serão necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água. (BERNARDO, 1982).

Quanto às características que determinam a qualidade da água para a irrigação, de um modo geral, a água deve ser analisada em relação a cinco parâmetros básicos: (WITHERS e VIPOND, 1977)

- concentração total de sais (salinidade);
- proporção relativa de sódio, em relação aos outros cátions (permeabilidade do solo);
- concentração de elementos tóxicos;
- concentração de bicarbonatos;
- aspecto sanitário.

3.2.2.3.1 Salinidade

A concentração total de sais da água para irrigação pode ser expressa em ppm (partes por milhão) ou em relação à sua condutividade elétrica (CE). Em razão da facilidade e rapidez na determinação, a CE tornou-se o procedimento padrão afim de expressar a concentração total de sais para a classificação e diagnóstico das águas destinadas à irrigação.

A excessiva salinidade da água na irrigação irá ocasionar a salinização do solo irrigado, o qual, com freqüentes irrigações e conseqüente evaporação, principalmente na aspersão, irá formar uma crosta salina que tornará improdutivo o mesmo.

As águas são divididas em quatro classes, segundo sua CE, ou seja, em função

de sua concentração total de sais solúveis:

C1 - Água com salinidade baixa (CE entre 0 e 250 $\mu\text{mhos/cm}$, a 25° C). Pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinização do solo. Alguma lixiviação é necessária, mas isto ocorre nas práticas normais de irrigação, à exceção dos solos com permeabilidade extremamente baixa.

C2 - Água com salinidade média (CE entre 250 e 750 $\mu\text{mhos/cm}$, a 25° C). Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais, podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade.

C3 - Água com salinidade alta (CE entre 750 e 2.250 $\mu\text{mhos/cm}$, a 25° C). Não pode ser usada em solos com deficiência de drenagem. Mesmo nos solos com drenagem adequada, podem-se necessitar de práticas especiais para o controle da salinidade. Pode ser usada somente para irrigação de plantas com boa tolerância aos sais.

C4 - Água com salinidade muito alta (CE entre 2.250 e 5.000 $\mu\text{mhos/cm}$, a 25° C). Não é apropriada para irrigações, sob condições normais, mas pode ser usada ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais. Os solos deverão ser muito permeáveis e com drenagem adequada, devendo ser aplicada excesso de água nas irrigações para ter boa lixiviação. A água somente deve ser usada para culturas que sejam tolerantes aos sais.

Na TABELA 3.4 é apresentada a tolerância de algumas culturas à salinidade apresentando também a redução na produtividade em função do CE.(BERNARDO, 1982).

TABELA 3.4 - Tolerância à salinidade e perda de produtividade de algumas culturas

CULTURA	redução esperada devido ao CE				MÁXIMA CE na raiz
	0%	10%	25%	50%	
	CE (valores em milimhos por cm , a 25° C)				
arroz	2,0	2,6	3,4	4,8	23
feijão	0,7	1,0	1,5	2,4	13
milho	1,1	1,7	2,5	3,9	20
soja	3,3	3,7	3,7	4,2	5,0
pepino	1,7	2,2	2,9	4,2	20
tomate	1,7	2,3	3,4	5,0	25

(FONTE: BERNARDO, 1982, adaptado pelo autor)

3.2.2.3.2 Permeabilidade do solo

A proporção relativa de sódio em relação a outros sais pode ser expressa adequadamente em termos da razão de adsorção de sódio (SAR), a qual pode ser calculada através da EQUAÇÃO 3.1, com as concentrações de Na, Ca e Mg em miliequivalente por litro.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad (3.1)$$

3.2.2.3.3 Concentração de elementos tóxicos

O boro é um elemento que se encontra freqüentemente nas águas naturais, não

poluídas pelo homem, em concentrações tóxicas. Seu nível de concentração pode ser expressa em ppm.

O boro é essencial para o crescimento dos vegetais, porém, a quantidade requerida é muito pequena. O nível de concentração que o torna tóxico, varia com a espécie vegetal, existindo plantas muito sensíveis, como o limoeiro, e outras mais tolerantes, como a alfafa.

3.2.2.3.4 Concentração de bicarbonatos

Nas águas de irrigação que contém concentrações elevadas de íons de bicarbonatos, há a tendência de provocar a precipitação do cálcio e do magnésio existentes no solo irrigado, sob forma de carbonatos. A redução do cálcio e do magnésio no solo aumenta a proporção de sódio disponível.

3.2.2.3.5 Aspectos sanitários

A sanidade da água de irrigação apresenta dois casos a considerar: a contaminação do irrigante durante o processo de manejo da água e a contaminação dos usuários pelos produtos irrigados ao serem consumidos. No primeiro caso, a principal doença é a esquistossomose, cuja contaminação se dá por meio do contato direto do irrigante com a água de irrigação. No segundo caso temos as verminoses, de um modo geral, cuja contaminação se dá pelo consumo dos horti-fruti-grangeiros contaminados pela água de irrigação.

3.2.2.4 Regularização de vazões em reservatórios

Segundo EMBRAPA-PRONI (1988), os prejuízos oriundos de estiagens que

assolam freqüentemente a Região Sul do País, justificam ações que venham minimizar os efeitos da falta de chuvas. Em regiões de topografia acidentada, com pequenos rios e cursos de água cuja vazão, distância, desnível e poluição inviabilizam a prática de irrigação, justifica-se a implantação de uma infra-estrutura de reservatórios de água a nível de propriedade.

No Rio Grande do Sul, diversas Administrações Municipais fornecem, de forma gratuita, o acesso à máquinas adequadas para implantação de açudes em pequenas propriedades rurais, mediante a apresentação de projeto para uso, multi-uso e a cobertura financeira do combustível utilizado na operação.

A capacidade de armazenagem de água no açude é determinada pelo processo batimétrico.

A batimetria nos reservatórios consiste em determinar o volume de água disponível nos mesmos, através da delimitação das áreas superficiais, da seleção de algumas secções transversais e, em pontos eqüidistantes, a determinação de suas profundidades.

A finalidade de se realizar a batimetria de um lago, açude ou reservatório, ocorre pela necessidade de se conhecer o volume de água disponível nestes corpos lânticos, tornando-se possível o planejamento de áreas que o reservatório tem capacidade de irrigar, a população capaz de ser abastecida pelo mesmo, a vazão capaz de ser regularizada, a densidade de indivíduos capaz de ser desenvolvida em piscicultura e diversas outras utilidades em que a necessidade deste conhecimento é fundamental ao projeto.

O volume de cada camada é fornecido com o emprego da equação de Hutchinson, (STRAHLER, 1975) apresentada na EQUAÇÃO 3.2:

$$V = \frac{1}{3} \cdot (A_m + A_n + \sqrt{A_m \cdot A_n}) (n - m) \quad (3.2)$$

onde V é o volume de água existente entre as isóbatas m e n dada em m^3 ;

A_m é a área da isóbata de índice m ;

A_n é a área da isóbata de índice n ;

m e n são índices de isóbatas contíguas.

O dimensionamento da área do reservatório e a respectiva profundidade deve ser projetado para conter um volume líquido capaz de atender a demanda da cultura e ao propósito ao qual esta reservagem se destina, durante os meses de floração, época de maior demanda. O volume armazenado é acrescido da vazão de entrada no reservatório, de forma que o consumo é contrabalançado pela entrada de água no reservatório mais a sua armazenagem.

Para o presente trabalho, os reservatórios considerados deverão atender à complementação da demanda hídrica requerida para o desenvolvimento de duas culturas básicas utilizadas na pequena propriedade rural, o feijão e o milho, as quais, devido a sua forma de cultivo, normalmente plantadas em linhas, se adequam à utilização do método de irrigação por sulcos, o qual apresenta as características de economicidade e facilidade de implantação nos locais topograficamente acidentados da Encosta da Serra onde se situam os minifúndios aos quais se pretende auxiliar com este trabalho.

3.2.3 - Culturas avaliadas na proposta de irrigação por gravidade

As culturas analisadas nesta proposta foram o feijão e o milho, assim como

poderia ter sido incluído o fumo, por serem culturas cujo ciclo, de primeiro ou segunda safra, ocorrem na época em que coincidem os períodos de estiagem em nosso Estado, por serem culturas tradicionais em minifúndios e por serem cultivadas em linha, característica que possibilita a distribuição da água por sulcos, fator que, economicamente, é atraente para os minifundiários.

3.2.3.1 - Feijão

O feijão é considerado cultura de alta expressão econômica em todos os Estados da Federação, a partir da premissa de que ele não pode faltar à mesa do brasileiro. Com um teor de proteína da ordem de 22%, quantitativamente comparável ao da carne bovina (18%) e a metade do da soja (40%), muito contribui para atenuar as deficiências protéicas encontradas na alimentação do brasileiro.

Na Amazônia, por exemplo, o feijão é vital para as populações regionais, para equacionar melhor a sua deficiente dieta apoiada em farinha de mandioca e peixe. Na maior parte do Nordeste, esta leguminosa se constitui em fonte de renda da quase totalidade das populações rurais. Já no Centro-Sul, o grande consumo por parte das populações das áreas densamente povoadas torna o feijão presente na generalidade das atividades rurais. É usado na alimentação humana sob forma de grãos secos, verdes e vagens verdes.

O feijão é originário do sul do México, América Central, Peru, Equador e Bolívia. Foi introduzido na Europa alguns anos após o descobrimento da América.

Os países produtores são: Índia, Brasil, Estados Unidos, México, Itália e China. Com relação aos continentes, a América Latina coloca-se em primeiro lugar na produtividade desta leguminosa.

Os estados do Brasil, maiores produtores de feijão, são: Paraná, Minas Gerais,

Rio Grande do Sul, Bahia, São Paulo, Ceará e Goiás. Com menores produções, o feijão é cultivado em todos os outros Estados do Brasil.

A região norte é a que apresenta menor área cultivada. Aí o feijão encontra fortes fatores adversos nas temperaturas altas, nos altos índices de pluviosidade e de umidade e na carência de nutrientes do solo. Supera-se parte dessas adversidades plantando o feijão nas várzeas enriquecidas pelos regimes dos rios. No Nordeste, as altas temperaturas e as deficiências hídricas são fatores que limitam a produtividade do feijão. No Centro-Sul brasileiro, vamos encontrar carência de solos apropriados ao feijão. O feijoeiro é uma planta anual, herbácea, ereta, atingindo até sessenta centímetros de altura. Planta de raiz pivotante, parte aérea com haste principal ramificada, folhas compostas de três folíolos, sendo um terminal e dois laterais e opostos. O fruto é uma vagem linear, reta ou encurvada, variando de dez a vinte centímetros de comprimento.

O feijão é sensível tanto a seca quanto ao excesso de água. Não tolera água parada nem por dois dias, amarelando em seguida. A escassez de chuva é nociva ao feijoeiro principalmente na floração e maturação.

O índice pluviométrico mensal de 100 mm, distribuído regularmente, é o ideal para cultura do feijão. (ZIMMERMANN, 1988)

As temperaturas adequadas para esta cultura variam de 8 a 21°C, sendo que temperaturas superiores a 35°C e inferiores a 0°C prejudicam consideravelmente a sua produtividade.

No Rio Grande do Sul, devido ao clima sub-tropical, a cultura do feijão é realizada a partir do mês de setembro, coincidindo o período de floração do feijoeiro com a estiagem sazonal, fator que determina perdas de produtividade.

Em EMBRAPA-PRONI (1988), a microrregião Fumageira de Santa Cruz do Sul é apresentada com sendo a segunda maior produtora de feijão no Estado, com base na safra 1983/84, com rendimento de 848 Kg/ha, apesar da deficiência de umidade do solo estar entre 50 - 100 mm.

O rendimento do feijoeiro era considerado bom, segundo GRANDE MANUAL GLOBO de AGRICULTURA, PECUÁRIA e RECEITUÁRIO INDUSTRIAL (1978), quando atingia 700 a 800 kg/ha. Atualmente, com o desenvolvimento da pesquisa agrícola com seleção de sementes e tratamento do solo, estes índices estão na casa de 1000 a 1200 kg/ha, média nacional, atingindo em alguns locais 3500 kg/ha. A produção média da Holanda, maior produtora de feijão a nível mundial, é de 2685 kg/ha, segundo PRODUCTION YEARBOOK (1974), da FAO.

3.2.3.2 - Milho

O milho (*Zea mays*) também foi motivo de grandes pesquisas de genética e hibridagem, tendo um considerável aumento de produtividade a medida em que ocorreu a expansão de seu uso comercial.

No sul do Brasil, a cultura do milho está relacionada com o período de pós-geada, ocorrendo sua floração na época sazonal de estiagem.

Segundo o GRANDE MANUAL GLOBO de AGRICULTURA, PECUÁRIA e RECEITUÁRIO INDUSTRIAL (1978), o êxito na cultura do milho deve-se aos seguintes requisitos:

- escolha de solos adequados;
- correção do pH;
- aplicação de fertilizantes;

- seleção de sementes;
- uso criterioso de herbicidas e capinas;
- irrigação;
- combate as pragas;
- armazenagem adequada dos grãos.

A produtividade média Nacional de milho é 1339 kg/ha, sendo que no sul do Brasil a média anual está em torno de 1804 kg/ha, tendo sido atingida em algumas propriedades a incrível produção de 15500 kg/ha. A maior produtividade de milho é encontrada na Nova Zelândia, com a média de 7333 kg/ha. (PRODUCTION YEARBOOK, 1974).

Em EMBRAPA-PRONI (1988) a microrregião do Estado do Rio Grande do Sul que melhor se qualifica para a produção de milho é a região colonial de Erechim, tendo obtido, na safra 1983/84, um rendimento de 2.137 Kg/ha. A micro região da Fumicultura de Santa Cruz do Sul se situou em sétima colocação, na safra do mesmo ano, com um rendimento de 1.837 kg/ha. A deficiência de umidade desta região, para a cultura do milho, é de 50 mm.

3.2.4 Geoprocessamento

Geoprocessamento é o conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento e uso de sistemas que a utilizam. (ENGESPAÇO, 1988, apud KLEIN e usuários, 1998). Geoprocessamento possui um caráter amplo, podendo inserir, entre outras aplicações, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's).

3.2.4.1 O Sistema Geográfico de Informações - SGI

O SGI é um software desenvolvido, no Brasil, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE (1988), sendo um conjunto de ferramentas para armazenamento e conveniente manipulação de dados georeferenciados, como também execução de operações básicas como edição, reorganização e recuperação dos dados armazenados. Sendo um sistema de armazenamento de dados, os mesmos podem ser informados ao sistema através de tabelas gráficas ou por sensoriamento remoto, formando arquivos diferenciados por assuntos específicos.

Conforme ENGESPAÇO (1988) e outros autores como CAMPANA (1992), o sistema de software do SGI permite que a edição final das informações possa ser realizada por soft's diferenciados, oportunizando ao usuário que os dados lidos, armazenados e processados, possam ser apresentados no formato apropriado.

A codificação para o armazenamento de dados no sistema é de dois tipos: o formato raster e o formato vetorial.

A representação raster (ou varredura) consiste de um conjunto de células contíguas implementadas como uma matriz bi-dimensional. Cada célula (ou pixel) é identificada por um índice de linha e coluna, contendo um número representando o valor do atributo mapeado. A forma raster é utilizada para realizar superposições e comparações entre diferentes arquivos de dados informados ao sistema. As informações de imagens de satélite fornecidas ao SGI através do Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM) são feitas no modo raster.

O SGI executa a combinação dos diferentes arquivos, cruzando informações de natureza diversa segundo um modelo definido pelo usuário. Tecnicamente, o SGI é capaz de:

- incorporar um banco de dados geo-codificados;
- consultar, transformar, manipular ou combinar todas as informações armazenadas;
- fazer análise estatística, como regressão multivariada, correlação, etc...
- criar novos PIs (ver definição no próximo parágrafo) a partir de dois ou mais arquivos existentes, através de uma regra estabelecida pelo usuário a qual correlacione os dados nos diferentes arquivos;
- ser capaz de modelar e simular, ou seja, criar cenários.

Os dados informados ao sistema são armazenados em arquivos diferenciados, relacionando temas específicos para cada arquivo, quantificado pelo atributo associado a cada célula, ponto ou linha. Cada arquivo, portanto, constituído por células, pontos ou linhas espacialmente georeferenciadas é armazenado em forma digital no computador e passa a ser denominado de "Plano de Informação" (PI).

Para poder fazer um cruzamento entre diferentes planos, armazenados na forma vetorial, o sistema necessita convertê-los inicialmente para a forma raster. Neste processo de conversão, o tamanho da célula da representação raster é um fator crítico, devendo a mesma ser a menor possível em relação à resolução espacial dos planos mapeados, pois a mesma irá representar, através de seu número, um único atributo que é o mais representativo na área que a mesma ocupa.

A representação vetorial é o modo de informação usual, fornecido ao sistema via mesa digitalizadora. Neste modo de representação, são utilizadas listagens de pontos que podem ser tridimensionais - (x, y e z) - para representação do modelo numéricos de terreno (mnt), ou listagens de coordenadas bidimensionais - pares (x,y) - para definir linhas e delimitar regiões.

A entrada de dados feita pela representação vetorial usa os seguintes

elementos básicos:

- PONTO; é um par (x,y) ou (x,y,z) ;
- ARCO; é um conjunto de pares (x,y) formando uma linha contínua no espaço;
- NÓ; é o ponto inicial e final de cada arco.
- POLÍGONO; é a linha formada pela ligação de arcos.

As diferenças mais significativas entre a representação raster e a vetorial são:

- a representação vetorial necessita um menor espaço na memória do sistema para armazenamento de dados, do que o espaço utilizado para armazenar as mesmas informações pelo formato raster;
- a estética da representação vetorial é melhor que a raster;
- para realizar modificações na forma e no tamanho de um PI, a representação raster é mais ágil.

O programa SGI, além da mesa digitalizadora e do conjunto de equipamentos que complementam o computador, está ligado a uma unidade de visualização, na qual o usuário pode acompanhar o desenvolvimento do PI trabalhado, em forma de imagem. O sistema apresenta uma facilidade quanto a modificação de escala da imagem, permitindo ao usuário definir espaços e modificar cenários da mesma, possibilitando sua projeção espacial com diferentes ângulos e orientações. (ENGESPAÇO, 1988, também RISSO, 1993 e outros usuários).

Devido à flexibilidade na utilização e manuseio dos PIs, à facilidade de entrada com arquivos e informações externas, a afinidade do sistema com outros softwares, o SGI representa uma poderosa ferramenta para projetar cenários que utilizem informações georeferenciadas.

3.2.4.2 O programa Idrisi

O Sistema Idrisi de Software, da Clark University (USA), é um programa que opera no ambiente Windows, interagindo com os demais programas que operam neste ambiente, podendo importar e exportar informações de e para outros aplicativos.

No Idrisi é possível realizar a análise e interpretação de imagens de satélite, decodificando e georeferenciando as mesmas.

A parte de geoprocessamento exige, do grupo técnico de planejadores, o intercâmbio com a Universidade local para a preparação do banco de dados com as informações geoprocessadas, as quais, após processadas, poderão ser arquivadas na Sede do grupo de planejamento podendo ser manuseada por qualquer conhecedor do programa.

3.2.5 Unidades demonstrativas

Em cada município o grupo de planejadores encontrará a necessidade de desenvolver uma ou mais unidades de demonstração onde poderão ser mostradas as técnicas de cultivo, preservação do solo e irrigação. Nestes locais, periodicamente poderão ser desenvolvidos os “dias de campo” nos quais se convidam os agricultores que estão na meta do interesse do planejamento, para que estes possam observar, questionar e manipular técnicas, dados e instrumentos, discutindo programas com base em situações concretas.

As unidades demonstrativas também servem para o planejador se municiar de dados e de experiências quando visa difundir uma nova técnica, adequando-a à realidade local.

Caso a unidade demonstrativa fizer parte da propriedade da Administração

municipal, é interessante buscar convênio com outra área pertencente a um agricultor local na qual se assessorar com as técnicas necessárias. Este agricultor deve ser selecionado através de algumas características como: interesse em desenvolver e seguir o processo, bem como de permitir a visita de outros interessados. A necessidade de se utilizar uma unidade demonstrativa não vinculada ao poder público se deve ao fato de que a alocação dos recursos sempre será questionada pelo produtor. Uma unidade modelo, com equipamentos apropriados, é uma meta idealizada, porém, não se pode esperar uma boa adesão a uma idéia cuja base dependa de maiores investimentos iniciais.

4 - METODOLOGIA - CARTILHA APLICADA

As atividades desenvolvidas para a realização do presente trabalho foram efetuadas em dois locais distintos: o Centro de Pesquisas em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde se realizaram as atividades de processamento da imagem de satélite e a produção dos mapas temáticos e as propriedades rurais dos Senhores Terciso Ceretta e Lúcio Miguel Bridi, localizados na Encosta da Serra no Município de Sobradinho, nas quais se realizaram os testes de campo para obtenção da qualidade e quantidade da água de irrigação, qualidade do solo, acréscimo de produtividade e viabilidade econômica para implantação do sistema de irrigação por sulcos. A apresentação das atividades e dos instrumentais utilizados para a realização dos levantamentos, bem como o comentário das metodologias utilizadas, vêm descritas a seguir, separadas em dois grupos de pesquisa: as atividades para o levantamento dos dados em campo e as atividades de criação dos mapas e dados em laboratório, tendo como cenário base o Município de Santa Cruz do Sul.

4.1 Caso em estudo - Município de Santa Cruz do Sul

O Município de Santa Cruz do Sul faz parte da microrregião Fumicultora de Santa Cruz, conforme classificação da Fundação de Economia e Estatística (FEE, 1992),

situado nas coordenadas geográficas 29° 42' 50" de latitude Sul e 52° 25' 39" de longitude Oeste.

A história deste município está diretamente vinculada à imigração Alemã ao Brasil, ocorrida a partir de 1824. O processo imigratório foi realizado, neste período, sob a égide da coroa imperial, de forma organizada, situando cerca de 5.350 colonizadores Alemães, entre 1824 e 1830, às margens do Rio dos Sinos. O objetivo da Coroa era alcançar o desenvolvimento agrícola independente da força escrava. (ETGES, 1991)

No entanto, com a chegada de novas levas de imigrantes, surgiu o conflito entre os Lusos Riograndenses, tradicionais criadores de gado, necessitando de áreas planas e extensas para suas práticas, contra a cultura agrícola praticada pelos imigrantes em pequenas áreas. Em função destes conflitos houve um deslocamento das novas levas de imigrantes para as áreas mais internas da Província, ocupando a faixa de transição entre o Planalto Basáltico e a Depressão Periférica, onde os novos imigrantes passaram a ser espremidos entre os criadores de gado das planícies da Depressão Central e os criadores da Região de Cima da Serra. As glebas de terras destinadas aos imigrantes eram acidentadas e cobertas de matas, fatores que, na época, desvalorizava os lotes.

Foi neste cenário que se desenvolveram e prosperaram as colônias alemãs, de forma isoladas durante várias décadas, ocupando pequenas áreas nas encostas da Serra Geral, antes da chegada dos Italianos, ocorrida na região em 1870. (WAIBEL, 1958, apud ETGES, 1991)

Santa Cruz do Sul se tornou município autônomo em 1877, desligado de Rio Pardo, graças às atividades agrícolas destes imigrantes que tiveram, desde o início, na cultura do fumo a produção para o mercado e nas culturas do milho, feijão e suínos como produção para subsistência.(ETGES, 1991)

A topografia do município é bastante acidentada, tendo o ponto mais elevado ao norte, com 661 metros e o ponto mais baixo ao Sul, com 14 metros. Devido às condições topográficas, constituição litológica e sua configuração, os rios do município são relativamente jovens, porém abundantes e perenes. (LEIFHEIT, 1978)

A FIGURA 4.1 apresenta o mapa político atual do município de Santa Cruz do Sul, com seus distritos.

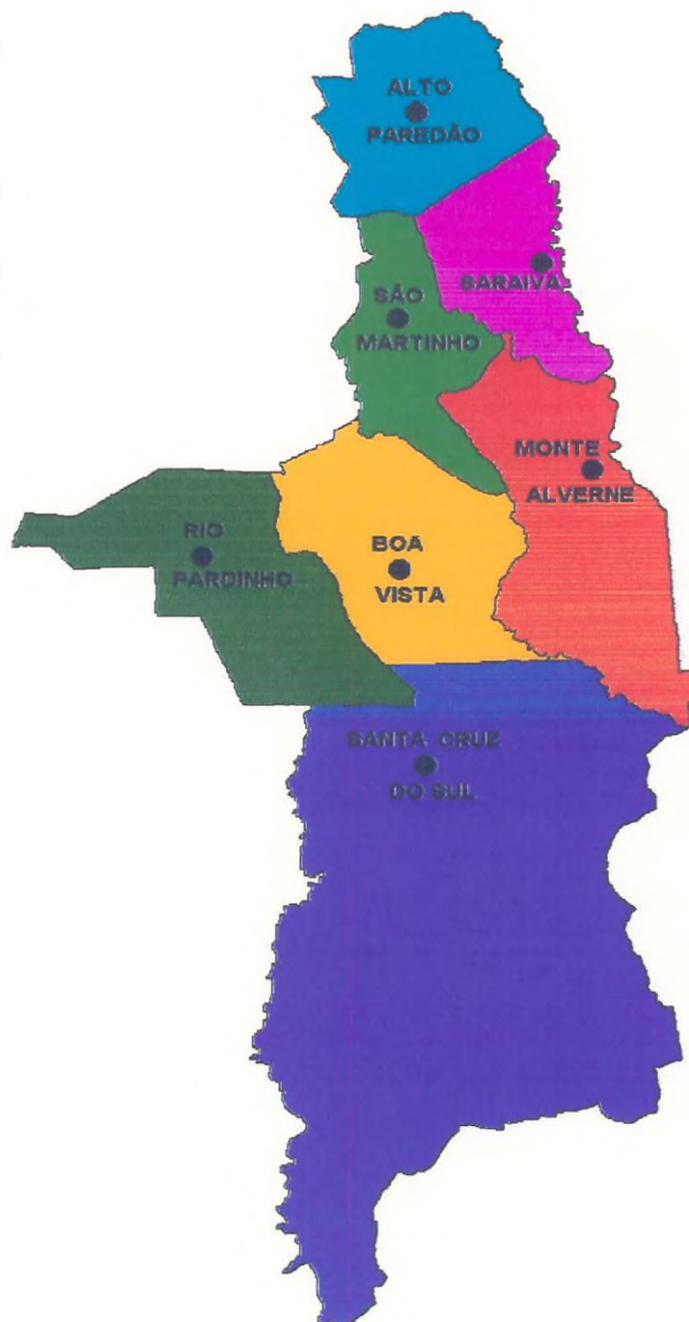


FIG. 4.1 - Mapa de Santa Cruz do Sul com seus Distritos.

O Município de Santa Cruz do Sul ocupa parte das carta aerofotogramétricas

do exército de números: MI 2951/3	SÉRIO
MI 2968/1	SANTA CRUZ DO SUL
MI 2967/2	VERA CRUZ
MI 2968/3	RIO PARDO

As áreas correspondentes a cada distrito são informadas na TABELA 4.1.

TABELA 4.1 - Áreas correspondentes para cada distrito

DISTRITO	ÁREA (km ²)
SEDE e ÁREA ANEXADA	359,63
BOA VISTA	83,83
MONTE ALVERNE	99,7
SÃO MARTINHO	50,78
SARAIVA	49,29
RIO PARDINHO	87,82
ALTO PAREDÃO	63,44
TOTAL	794,49

FONTE: Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul

A população do município aumentou, migrou, diminuiu e realizou novas migrações de acordo com o surgimento da expansão industrial e com as constantes modificações dos limites políticos municipais ocorridas devido às emancipações e anexações.

Desta forma é ilustrativa a apresentação das TABELAS 4.2 e 4.3 que mostram as últimas variações territoriais deste município e a tendência populacional que nele ocorre nos últimos anos.

TABELA 4.2 - Variação da área do município de Santa Cruz do Sul

ANO	ÁREA (km ²)
1988	1842
1992	657,76
1996	794,49

FONTE: FEE (1992) e Secretaria Municipal de Planejamento de SCS (1996)

A redução da área municipal é um fator que ocorre inexoravelmente a medida em que os pequenos distritos crescem e reivindicam suas emancipações. No entanto, é um fato mais incomum ocorrer a anexação de uma nova área, como aconteceu em 1995, novamente suprimida de Rio Pardo e acrescida a Santa Cruz do Sul.

TABELA 4.3 - Estimativa da população do Município de Santa Cruz do Sul

ANO	URBANA	RURAL	TOTAL
1970	36076	53730	89806
1981	56480	43949	100429
1983	59132	42839	101971
1987	63929	40883	104812
1990	67118	39621	106739

FONTE: FEE (1992)

Pela TABELA 4.2, formada para um período em que não ocorreu variação na extensão territorial do município, percebe-se claramente a tendência da desertificação humana no campo e a aglomeração do centro urbano. Constata-se nas residências rurais a presença somente de pessoas idosas, alguns casais e poucas crianças. A juventude rural praticamente inexistente, condenando, o sistema atual da agricultura

familiar, a um desaparecimento em definitivo.

É neste cenário geográfico que o autor explorou os recursos hídricos, a topografia do terreno, o potencial dos solos e a imagem de satélite para criar mapas que possam oferecer recursos para um planejamento integrado das pequenas propriedades rurais aos administradores que tencionam proporcionar melhorias na qualidade de vida e no desenvolvimento sustentado baseados em pesquisas disponíveis, explorando a vocação agrícola do trabalhador ao invés da tradição agrícola.

4.2 Levantamentos experimentais de campo

As propriedades rurais nas quais foram realizados levantamentos experimentais foram selecionadas através de projetos firmados entre a Prefeitura Municipal de Sobradinho e a Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), através da coordenação e execução das propostas realizada pelo proponente deste trabalho. Os projetos desenvolvidos nestas propriedades utilizaram técnicas objetivando a irrigação por gravidade na cultura do feijão, nas safras de 1994/95 e 1995/96. Estas propriedades serviram como Unidades de Demonstração para a cultura do feijão com visitas de agricultores, realizadas pela Prefeitura Municipal de Sobradinho durante a Festa do Feijão no mês de novembro dos anos 94 e 95.

4.2.1 Safra de 1994/95

Na propriedade de Terciso Ceretta acompanhou-se o desenvolvimento da cultura do feijão na safra de 1994/95, desde o plantio até a colheita, realizando-se as seguintes atividades:

- realização da batimetria do reservatório utilizando o teodolito com ponto fixo e determinando as profundidades da coluna de água em diversas secções transversais;
- seleção da área adequada para ser atendida por irrigação dentro da capacidade do reservatório. Outra área próxima foi selecionada com área testemunho;
- levantamento topográfico do terreno para definir os locais e as declividades das irrigadeiras e dos sulcos;
- análises estratificadas do solo da área irrigada, realizadas em seis pontos amostrais, de forma a se coletar amostras por estratos de 0-5 cm, de 5-10 cm e de 10-20 cm de profundidade. As análises foram realizadas no laboratório de análises de solos da UNISC, de acordo com a metodologia exigida pelo ROLAS (Rede Oficial dos Laboratórios de Análises de Solos dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina);
- análise de água do reservatório, avaliando as propriedades físicas e químicas da mesma. A condutividade elétrica e a salinidade da água do reservatório destinado à irrigação foram feitas através de leitura direta realizada pelo pHmetro de sonda (HORIBA), no próprio reservatório, após selecionados alguns pontos de amostragens. Nestes mesmos pontos selecionados foram realizadas coletas de amostras de água, que, misturadas em uma única amostra, acondicionada em recipiente plástico esterilizado, foi transportada para o Laboratório de Análises de Água da UNISC, no qual se procedeu às análises de alcalinidade, sólidos dissolvidos totais, cálcio, magnésio, sódio e cloro, de acordo com os métodos padrões determinados pelo CONAMA;
- seleção do local onde se estabeleceu um indicador biológico para controle de umidade do produto cultivado (técnica indú), consistindo na abertura de uma escavação de 1m² por 0,6m de profundidade no solo próximo à área de irrigação, retirando-se a terra e misturando-a com 10% de areia grossa, recolocando-se a mistura no buraco, cultivando

sobre o mesmo alguns exemplares do cultivo irrigado. Este solo com maior concentração de areia tem maior capacidade de infiltração, servindo, as plantas cultivadas neste espaço, como indicadores da falta de umidade do solo, a qual ocorre aproximadamente com dois dias de antecedência no solo arenoso sobre o solo restante. Quando estas plantas indicadoras mostravam reações características de deficiência de água, a área irrigável deveria começar a receber água;

- realização de testes de infiltração utilizando a metodologia dos anéis concêntricos para determinar o tempo de irrigação, de acordo com as necessidades hídricas das culturas e de condutividade hidráulica do solo para determinar a distância entre os sulcos, periodicidade e duração de irrigação objetivando manter o solo numa situação ideal entre sua capacidade de campo e o ponto de murcha, evitando o excesso de água e também sua deficiência, na área irrigada;

- realização de medidas periódicas no crescimento amostral do cultivo no irrigado e no testemunho, com a contabilização de número de pés e de grãos;

- acompanhamento da colheita para quantificar a produção por área no irrigado e no testemunho;

- acompanhamento e relacionamento de todos os custos fixos e variáveis envolvidos no sistema de irrigação;

- avaliação econômica da produção, para a área irrigada e para a área testemunho, através da análise da relação benefício/custo;

- análise financeira de implantação de projetos de irrigação como fator de retorno à municipalidade, propondo alternativas de financiamento.

O clima para a safra de feijão 1994/95 mostrou-se bem comportado, ocorrendo apenas uma leve estiagem em final de novembro a início de dezembro, época em que

o sistema de irrigação foi acionado por duas vezes, atividade realizada pelo próprio agricultor.

Quanto à demanda hídrica, a quantidade de água requerida pelo feijão depende de seu estágio de desenvolvimento, da estação do ano e da localização geográfica. O cálculo da quantidade de água que a planta necessitou, foi estimada pelo método de Thornthwaite, que quantifica a perda total de água pela planta através da evapotranspiração.

A equação Thornthwaite é apresentada a seguir:

$$ETC = ETP.K_c \quad (4.1)$$

onde

ETC = evapotranspiração da cultura (mm/mês)

ETP = evapotranspiração potencial (mm/mês)

K_c = coeficiente de cultivo (adimensional)

A ETP depende da região geográfica e do mês do ano. O resultado das ETPs médias mensais para a região do planalto gaúcho estão apresentadas na TABELA 4.4.

TABELA 4.4 - Valores médios mensais das evapotranspirações potenciais da região do Planalto Riograndense.

mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP (mm/mês)	120	100	94	64	47	34	35	39	55	68	86	112

Fonte: TUCCI (1993), adaptado pelo autor para esta região

Para o milho e o feijão, o coeficiente de cultura, para cada estágio de desenvolvimento, é apresentado na TABELA 4.5.

TABELA 4.5 - Coeficiente de cultura (K_c) do milho e do feijão

ESTÁGIO	emergência	floração	maturação
K_c do milho	0,72	1,3	1,1
K_c do feijão	0,69	1,28	1,04

Fonte: TUCCI (1993), adaptado pelo autor

Assim, a ETC destas culturas é o resultado da expressão (4.1), mostrada na TABELA 4.6, na seqüência.

TABELA 4.6 - Evapotranspiração das culturas de feijão e milho para a região do planalto gaúcho.

MÊS	A	S	O	N	D	J	ESTÁGIO
ETC do milho (mm/mês)	28	40	49	62	80	86	emergência
	51	71	88	112	146	156	floração
	43	60	75	95	123	132	maturação
ETC do feijão (mm/mês)	27	38	47	59	77	83	emergência
	50	70	87	110	143	153	floração
	41	57	71	89	116	125	maturação

A tabela acima foi utilizada para atender a demanda hídrica complementar da cultura do feijão. Munido de um pluviômetro e analisando o indicador biológico, foram

determinadas duas regas para esta safra.

4.2.2 Safra 1995/96

O acompanhamento da safra de feijão de 1995/96 foi realizada na propriedade do Senhor Bridi, em Sobradinho.

Como o objetivo era de se obter todos os custos, diretos e indiretos na implantação do programa de irrigação, a atividade de acompanhamento iniciou desde junho, quando se preparou a área de terra para receber a aveia que serviria de cobertura de inverno e palhada para o plantio direto. Nesta etapa se determinou a posição das irrigadeiras e dos sulcos. A área prevista para a cultura irrigada era de 2 ha, ocupando parte em várzea e parte em encosta.

As outras atividades realizadas nesta propriedade foram:

- realização da batimetria;
- coleta e análise de solos realizada em seis pontos amostrais. Três pontos de coleta foram na várzea e três pontos foram na parte alta da área a ser cultivada. Em cada ponto, as coletas foram realizadas de forma a se obter amostras por estratos, de 0-5 cm, de 5-10 cm e de 10-20 cm de profundidade. Dos três pontos coletados na várzea, foram misturadas as amostras dos estratos de mesma profundidade, obtendo-se três amostragens finais, de 0-5 cm, de 5-10, e de 10-20. Na parte alta, procedeu-se da mesma maneira, obtendo-se três amostras finais estratificadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Totalizando, resultaram seis amostras, sendo três estratos da parte alta e três estratos da parte da várzea. As amostras coletadas na propriedade do agricultor foram acondicionadas em sacos plásticos para o transporte, secadas em estufa a baixa temperatura (40 °C), sendo, a seguir, moídas e preparadas para as análises de pH,

índice de SMP, fósforo, potássio disponível, matéria orgânica, textura, alumínio, cálcio, magnésio, manganês e micro-nutrientes. As determinações das análises de solos foram feitas pelos métodos usados pela rede oficial dos laboratórios de análises de solos dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (ROLAS). As análises foram feitas juntamente com a rotina do Laboratório de Análises de solos da UNISC;

- coleta e análise de água do reservatório. A condutividade elétrica e a salinidade da água do reservatório destinado à irrigação foram feitas através de leitura direta realizada pelo condutivímetro, no próprio reservatório, após selecionados oito pontos de amostragens. Nestes mesmos pontos selecionados foram realizadas coletas de amostras de água, sendo misturadas em uma única amostra, acondicionada em recipiente plástico esterilizado e transportada para o Laboratório de Análises de Água da UNISC, no qual se procedeu às análises de alcalinidade, sólidos dissolvidos totais, cálcio, magnésio, sódio e cloro, de acordo com os métodos padrões determinados pelo CONAMA.

- testes de infiltração de água no solo. A infiltração da água no solo tem a função de definir o tempo necessário para que a água, tanto da chuva como da irrigação, demora para ser absorvida. No caso específico da irrigação, o teste de infiltração define o tempo que o solo leva para sair do ponto de murcha e chegar até a capacidade de campo. Este teste define o tempo e a quantidade de água necessária no solo, que varia com as características do mesmo. O teste de infiltração foi realizado com a utilização dos cilindros de anéis concêntricos, tendo o maior diâmetro de 50 cm e o menor 30 cm. Os cilindros são instalados de forma a ficarem enterrados 20 cm no solo sendo preenchidos com água, inicialmente o anel externo e posteriormente o anel interno, no qual é instalada uma régua suspensa por uma bóia. Em tempos pré-estabelecidos, o nível da

água do anel interno é lido e os valores da altura e do tempo formarão a base para utilização de dados no programa MINITAB, o qual define a equação de infiltração pelo método dos mínimos quadrados. Devido a conformação geomorfológica da área de cultura, foram realizadas duas amostragens de infiltração, uma na parte alta do terreno e a outra na parte da várzea.

- acompanhamento das culturas. O acompanhamento do plantio, germinação, crescimento, floração e colheita foram realizados periodicamente em quatro áreas amostrais selecionadas aleatoriamente. Cada área media 1,5 X 1,5 metros, totalizando 2,25 m². das quatro áreas amostrais, duas representavam a gleba cultivada com o feijão da variedade "Argentina" e os outros dois representavam a gleba cultivada com o feijão da variedade "Iapar", sendo que uma destas áreas amostrais se localizava na região não irrigada. A amostra localizada na área não irrigada serviu como testemunho, para efeitos de comparação de produtividade com as amostras do irrigado. Para determinar o momento em que as culturas demandassem água, foram estabelecidos dois pontos onde se instalou o indicador biológico. Por ocasião da colheita, as amostras existentes nas áreas selecionadas foram coletadas de forma manual, recolhendo-se todos os pés e juntando-se as vagens e os grãos caídos, para se determinar a produtividade real da gleba de forma criteriosa. Toda a coleta realizada em cada área amostral foi acondicionada em sacarias, identificadas e transportadas para o laboratório para contagem dos pés, vagens e grãos e a respectiva pesagem dos mesmos. Posteriormente, realizou-se a separação entre os grãos aproveitáveis e os estragados com nova pesagem dos resultados.

4.3 Aplicativos do geoprocessamento

4.3.1 Sistema Geográfico de Informações - SGI

Dada a grande versatilidade oferecida pelo SGI, foi utilizado este programa para a entrada de dados, via mesa digitalizadora, criando-se arquivos que foram transportados para outros programas posteriormente. No SGI se criou os arquivos que definiram os contornos para os demais mapas, utilizando-se a carta política do município. Também se informou todo o modelo numérico do terreno, com base nas quatro cartas do exército, constituindo-se este o mapa base para a formação dos demais mapas. O mapa do potencial dos solos também foi informado ao SGI, tendo como origem o mapa temático do projeto RADAM-BRASIL.

A grande vantagem deste software é a possibilidade de entrada de dados via mesa digitalizadora, criando-se, através dele, os arquivos iniciais na forma vetorial. Devido a interface mais amigável apresentada pelo Idrisi, optou-se pela transferência dos arquivos criados no SGI para este outro programa.

4.3.2 O programa Idrisi

Para o presente trabalho, utilizou-se a imagem no formato digital do INPE, correspondendo às bandas espectrais 3, 4 e 5 (rios, vegetação e solo) do sensor TM/LANDSAT-5, órbita-ponto WRS 221.81, quadrante C, com data de passagem em 21 de outubro de 1996. Desta imagem foi separada a área correspondente ao local de interesse, realizada a composição das três bandas espectrais e efetuado o georeferenciamento da mesma. Através da classificação supervisionada foram identificadas as áreas com presença de matas nativas e exóticas, criando-se um mapa

de vegetação o qual formou o PI VEGET, cuja função foi definir áreas nas quais não houve interesse para o programa de irrigação por gravidade, visto que, onde ocorre mata, não há culturas anuais.

Os arquivos originados no SGI, na forma vetorial, foram inseridos no Idrisi e convertidos para a forma raster para serem classificados e formarem os demais PI's.

O PI DECLIV, originado no plano MNT (Modelo Numérico de Terreno) no SGI com a digitalização das cotas da área amostral, foi fatiado no Idrisi formando classes de acordo com a declividade do terreno. Este plano serviu para eliminar áreas planas e excessivamente acidentadas da área avaliada para o programa de irrigação por gravidade. Devido a grande área mapeada no SGI com as curvas altimétricas, a geração da grade regular do MNT para a formação das declividades, optou-se por definir o tamanho do pixel em 100x100 m, em função do tempo de processamento e do grau de informações fornecidas pelos demais PI's. O PI VEGET, originado a partir da imagem de satélite, cuja resolução inicial era de 30x30 m, sofreu um ajuste para se adaptar aos demais PI's e possibilitar a realização do overlay. O tamanho da célula gerada, conforme é discutido em KLEIN (1998), não pode ser muito grande que prejudique a representação de detalhes e nem muito pequeno que possa gerar ruídos e artefatos não relacionados aos dados geofísicos.

O PI SOLO foi rasterizado no Idrisi, eliminadas as áreas não aptas para o projeto e preparado para servir de base para a sobreposição de outros PI's, formando os cenários que identificaram as áreas com possibilidade de desenvolver programas de irrigação por gravidade, classificadas por prioridades de produtividade e custo implantação.

O PI RIO formou o mapa da drenagem que serviu para determinar as distâncias

das áreas de interesse aos reservatórios, contribuindo para a formação dos cenários de custos de implantação.

O software Idrisi foi uma ferramenta preciosa para definir os cenários necessários para a proposição do planejamento integrado do projeto de irrigação por gravidade no município de Santa Cruz do Sul.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho foram organizados em dois blocos: os resultados experimentais de campo, que serviram para a realização do projeto de cultivo do feijão e a análise econômica do mesmo e os resultados do geoprocessamento de informações, que serviram e poderão servir para a realização dos cenários com vistas ao planejamento para o desenvolvimento sustentado no Município de Santa Cruz do Sul.

5.1 Resultados experimentais de campo

5.1.1 Resultados experimentais da safra de feijão 1994/95

5.1.1.1 - Regularização de reservatório e projeto

Na propriedade do agricultor Terciso Ceretta fizeram-se os levantamentos batimétricos e topográficos do reservatório para quantificar a disponibilidade de água e a vazão mínima apresentada e quantificar a área possível de ser sustentada com irrigação, nos períodos críticos. As isóbatas foram definidas com profundidades de 20 cm e, através da equação de HUTCHINSON, calculou-se o volume disponível no reservatório. O resultado da batimetria é apresentado na FIGURA 5.1

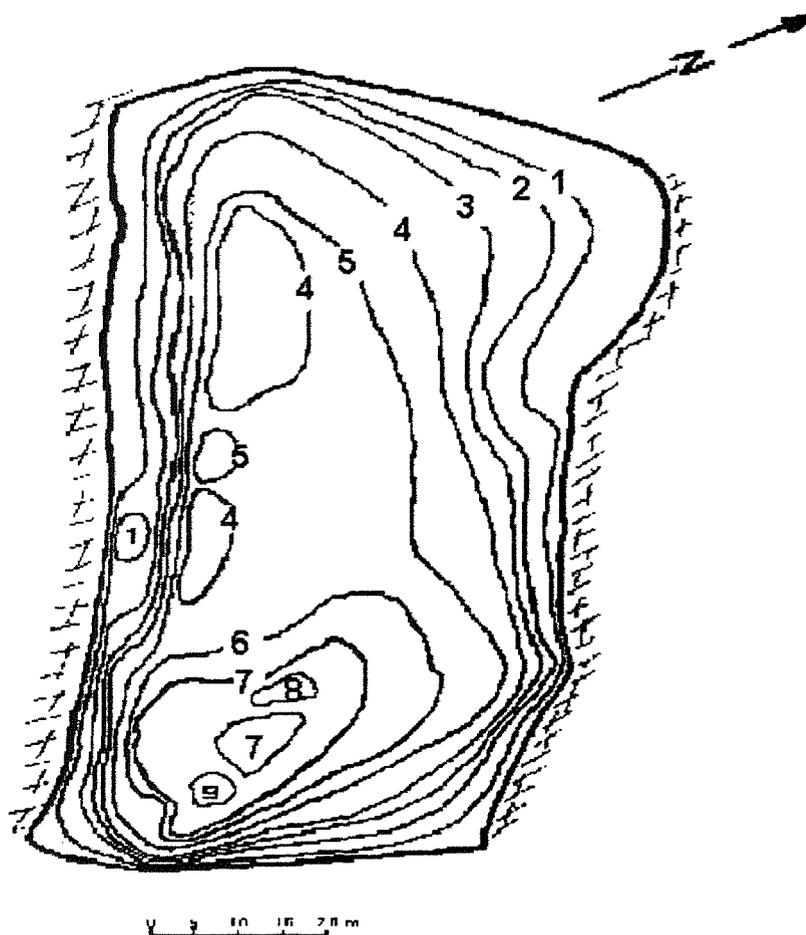


FIG. 5.1 - Levantamento batimétrico do reservatório.

Considerando-se que a tomada de água, localizada na barragem do reservatório, está posicionada a uma profundidade de 1,40 m da superfície medida, o volume de água situado abaixo desta cota não pode ser utilizada na captação, sendo considerado como volume morto.

Na TABELA 5.1 é apresentado o resultado dos volumes calculados, por isóbata medida.

TABELA 5.1 - Determinação do volume de água disponível no reservatório

isóbata - m	área - A_m (m^2)	volume - V_m (m^3)
1	5.992	---
2	5.105	1.108
3	4.370	946
4	3.850	821
5	3.420	726
6	2.144	551
7	780	281
8	500	volume morto
9	220	volume morto

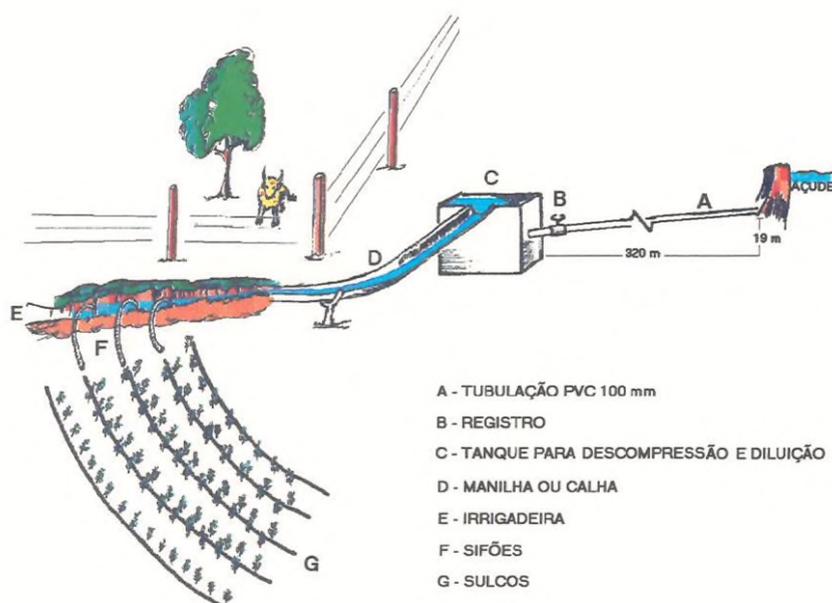
O volume disponível para consumo no reservatório é de $4.433 m^3$, auxiliados pela vazão de entrada de $8 L/s$, oriunda da fonte natural que forma o reservatório. A evaporação na superfície da água do reservatório, calculada pelo método de Penman, resulta, para o verão da região, em $1.800 L/dia$.

Com base no balanço hídrico do reservatório é possível atender a demanda hídrica sazonal da cultura do feijão, no período de sua maior evapotranspiração, com três irrigações seguidas a intervalos de quatro em quatro dias, em uma área cultivada de até $2 ha$.

Pelo levantamento topográfico do terreno definiu-se o percurso que a tubulação de adução da água faria, do reservatório até a área a ser irrigada. A avaliação da capacidade de infiltração da água no solo, realizada pelo teste dos anéis concêntricos, e a análise de solo realizada na área amostrada, definiram a declividade possível para a irrigadeira, dimensionada para uma declividade de 1% com $30 cm$ de largura e $30 cm$ de profundidade. Os sulcos, oblíquos à irrigadeira, foram dimensionados com 2% de

de profundidade. Os sulcos, oblíquos à irrigadeira, foram dimensionados com 2% de declividade tendo 15 cm de profundidade por 20 cm de largura, com espaço de 100 cm entre cada sulco. A distância entre as fileiras de feijão, praticadas pelo agricultor no plantio, é de 40 cm, desta forma, ficando duas fileiras entre cada sulco, oportunizando a que cada sulco possa atender a duas fileiras do cultivo.

Para este produtor, com base no levantamento topográfico e dimensionamento da área proposta para irrigação, foi apresentado o projeto que consta na FIGURA 5.2.



Para a distância de 320 m entre a captação de água e a área de irrigação, com um desnível de 19 m, tornou-se necessário um tanque para decompressão da água, a qual provocaria a erosão do solo na irrigadeira caso a distribuição ocorresse de forma direta. O tanque tem a função adicional de permitir a diluição de nutrientes e de controladores de pragas de raiz, os quais podem ser distribuídos às plantas juntamente com a água de irrigação.

O custo da implantação do projeto, visto que o reservatório já se encontrava

disponível, reduziu-se à tubulação, registro, tanque de descompressão e diluição, manilhas e mão-de-obra para instalação e abertura dos canais. Na TABELA 5.2 é apresentado o valor unitário e total da implantação do projeto.

TABELA 5.2 - Custos dos equipamentos

material	custo unitário (R\$)	custo total (R\$)
tubo PVC 100 mm	1,35/m	432,00
registro p/ 100 mm	91,93	91,93
manilha	2,50/m	25,00
lona plástica	0,50/m ²	10,00
sifão	0,98/m	19,60

Fontes: Tumelero F. 226-5900; Niágara F. 332-9644; Scal Met F. 342-8233

Na irrigadeira, que é o canal principal de distribuição de água, foi proposto no projeto o revestimento de seu fundo e laterais com lona plástica para impermeabilizá-lo, evitando perdas de água por infiltração e evitando a erosão.

Como a proposta de irrigação por gravidade é de execução simples, não exigindo mão de obra especializada, a realização da montagem dos materiais pode ser realizada pelo próprio usuário, sendo desnecessário contabilizar este custo no orçamento. Desta forma o custo total da implantação do projeto ficou em R\$ 578,53.

5.1.1.2 - Execução

No entanto, ao ser apresentado o projeto em detalhes para o proprietário e o agrônomo da Prefeitura Municipal de Sobradinho, decidiu-se, para este primeiro ano, realizar o experimento com irrigação em uma área de 0,5 ha, na qual se definiu topograficamente a posição da irrigadeira e dos sulcos. Para oportunizar o plantio do

feijão no sistema direto, foi realizada a semeadura de aveia no mês de julho, para formar a cobertura vegetal do solo.

Dada às condições de investimento do proprietário, o sistema de irrigação foi realizado utilizando-se valas à céu aberto, desde o reservatório até a irrigadeira, sendo o fluxo da água controlado por um tampão na saída do tubo da tomada de água, situado no próprio reservatório. As valas foram abertas pelo próprio usuário. Com este procedimento não foi necessária a aquisição da tubulação de adução e nem foi construído o tanque de descompressão porque a rugosidade das valas de adução produzem uma perda de carga considerável com expressiva diminuição da velocidade do fluxo. Mesmo assim, observou-se a ação erosiva da água na entrada da irrigadeira.

A irrigadeira foi aberta com arado, ainda no mês de julho. O alinhamento da irrigadeira seguiu a demarcação topográfica, porém não observou o dimensionamento de 30x30 cm, ficando mais estreita e rasa, provocando, em alguns locais, o transbordamento da água e a arrebentação da taipa, quando em uso.

Os sulcos foram abertos por ocasião do plantio do feijão, instalando-se na plantadeira, distantes 100 cm entre si, sulcadores apropriados para abrir os sulcos com 15 cm de profundidade e 20 cm de largura. A presença da palhada da aveia e a sobrecarga dos sulcadores na plantadeira prejudicaram o rendimento do trator, não dimensionado para esta tarefa. A terra deslocada pelos sulcadores, aderidas às raízes da palhada, muitas vezes retornavam ao sulco, tornando-se necessário a desobstrução do sulco com enxada.

A transferência da água da irrigadeira para os sulcos foi realizada com a abertura da taipa com o auxílio de uma enxada.

Desta forma, foi implantado o sistema de irrigação, em uma área menor do que

a prevista, porém sem investimentos em equipamentos.

Nas fotos das FIGURAS 5.3 E 5.4 podem ser observados, respectivamente, o sulco, paralelo às linhas de cultura, transportando água em uma área selecionada e os monitores do projeto efetuando a contagem de pés por linha e a contagem das vagens por pé, em outra das áreas amostrais selecionadas.



Fig. 5.3 - Sulco com água



Fig. 5.4 - Monitores contabilizando as amostras

5.1.1.3 - Do plantio e da colheita

O plantio do feijão foi realizado no dia 27 de setembro, utilizando-se a variedade IAPAR 44, em uma área total de 2,25 ha, dos quais 0,5 ha eram dimensionados para a irrigação. O plantio foi realizado no sistema de plantio direto. Junto com a semente foi incorporado o adubo, na razão de 300 kg/ha de Super Simples com 18% de PO_2 e 150 kg/ha de Nitrato de Cálcio na proporção de 15% de N e 19% de Ca.

Na fase de desenvolvimento foi realizada uma aplicação de uréia na razão de 50 kg/ha, duas aplicações de micro nutrientes (orgamim) e uma aplicação de Sulfato de Cobre.

Trinta dias após a germinação foi realizada uma aplicação de herbicida associado a um espalhante, numa dosagem de 1L de herbicida com 1L de espalhante

para cada hectare de área plantada. O herbicida (Basagran 600) é um composto que deve ser aplicado isoladamente, segundo explanação do agrônomo que acompanhou o projeto, e sua formulação associada ao espalhante (Post), provocou uma fitotoxidez na cultura, atrasando seu desenvolvimento.

Nos dias 24-25/11 e 08/12 a área experimental recebeu água por irrigação.

A colheita foi efetuada em meados de janeiro, realizada de forma a separar a produção da área irrigada e da área testemunho. Técnicos da EMATER de Sobradinho acompanharam a colheita, dimensionaram as áreas e determinaram a produtividade por área.

5.1.1.4 - Dos resultados

Nas áreas selecionadas para acompanhamento do projeto, a contabilização de pés por linha e de vagens por pé da cultura, apresentou os resultados médios mostrados na TABELA 5.3.

TABELA 5.3 - Resultados da contagem nas áreas amostrais

dia	área irrigada			área testemunho		
	altura do pé (cm)	densidade (pés/m)	nº de vagens/pé	altura do pé (cm)	densidade (pés/m)	nº de vagens/pé
03/12/94	34	13,5	5	32	22,3	3
17/12/94	34	13,5	12	32	22,3	6

Na avaliação das medidas da amostragem verificou-se que, no dia 03/12, os pés da cultura já estavam adultos e com as vagens da primeira florada já formadas. Nas áreas amostrais do irrigado havia menor número de plantas por linha, porém, cada pé sustentava maior números de vagens. Nas áreas amostrais do testemunho, com maior

população de plantas por linha, o número de vagens sustentadas pelos pés era menor, assim como o número de grãos por vagem também era menor. Nesta data, a área do irrigado havia recebido apenas uma complementação de água por irrigação.

Na data de 17/12 a área irrigada já havia recebido outra complementação de água através da irrigação e as camadas secundárias e terciárias de floração já haviam se manifestado. As plantas estavam no final de seu ciclo vegetativo, faltando apenas a maturação dos grãos. Nas amostras das áreas selecionadas do irrigado, as plantas eram menos populosas, porém, apresentavam maior diâmetro de caule e sustentavam maior número de vagens por pé, com vagens apresentando maior número de saliências de grãos.

Na última visita realizada ao local do experimento, antes da colheita, foram coletadas algumas amostras da cultura, selecionando-se os pés mais exuberantes das áreas amostrais, tanto do irrigado como da área testemunho. Estas amostras foram secadas à sombra durante 15 dias e, após secas, procedeu-se a contagem das vagens por pé, à contagem dos grãos por vagens e a pesagem da massa seca (cascas e caules) e dos grãos. O resultados das médias obtidas estão apresentados na TABELA 5. 4.

TABELA 5.4 - Resultado das amostras selecionadas e coletadas

amostra	nº de vagens/pé	nº de grãos/vagem	peso da massa seca (g)	peso dos grãos (g)
do irrigado	57	4,5	55,45	63,11
do testemunho	35	3,8	36,6	31,96

A colheita total, na área de 2,25 ha, rendeu 56,5 sacas de feijão, tendo 60 kg

do produto por saca. Do total colhido, 14,5 sacas foram obtidas na área irrigada de 0,5 ha e 42 sacas foram obtidas na área testemunho, com 1,75 ha.

A produtividade obtida foi de 1740 kg/ha na área irrigada e 1440 kg/ha na área testemunho.

Este resultado mostra que houve uma produção de 20% a mais na área irrigada, conseguida com duas irrigações fornecidas na época de floração.

Os laudos das análises da água deste açude e do solo desta área experimental são apresentados no ANEXO A.

5.1.2 Resultados experimentais da safra de feijão 1995/96

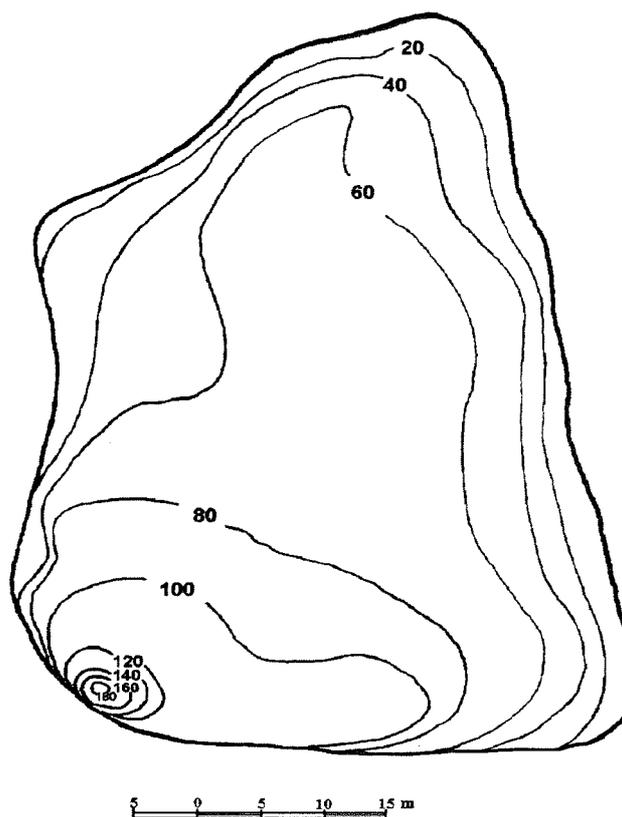
5.1.2.1 Capacidade de acumulação do açude

A batimetria do açude existente na área a ser irrigada foi realizada com o uso de um teodolito, barco e régua graduada para medir profundidades, conforme a metodologia selecionada.

As isóbatas foram definidas com um intervalo de 20 cm e, através da equação de HUTCHINSON, calculou-se o volume disponível no reservatório.

Na FIGURA 5.5 está sendo mostrado o mapeamento das áreas e profundidades do açude da propriedade deste agricultor, onde fizeram-se os levantamentos batimétricos e topográficos do reservatório para quantificar a disponibilidade de água e a vazão mínima apresentada e quantificar a área possível de ser sustentada com irrigação, nos períodos críticos.

FIG. 5.5 - Levantamento batimétrico do reservatório na área do experimento.



Na TABELA 5.5 é apresentado o resultado dos volumes calculados, por isóbata medida.

TABELA 5.5 - Determinação do volume de água disponível no reservatório

isóbata - m	área - A_m (m^2)	volume - V_m (m^3)
1	2504	---
2	2272	478
3	1969	424
4	1423	344
5	562	197
6	306	86
7	25	28
8	12	volume morto
9	8	volume morto

Considerando-se que a tomada de água está localizada a 40 cm

acima do fundo do reservatório, dispõe-se de uma profundidade de 1,40 m de coluna de água que pode ser utilizado na irrigação. O volume de água situado abaixo desta cota não pode ser utilizada na captação, sendo considerado como volume morto.

O volume disponível para consumo no reservatório é de 1.556 m³, auxiliados pela vazão de entrada de 2 L/s, oriunda da fonte natural que forma o reservatório. A evaporação na superfície da água do reservatório, calculada pelo método de Penman, resulta, para o verão da região, em 1.400 L/dia.

Estando o reservatório completamente cheio apresentará um aumento de 0,60 m de cota, tendo um acréscimo de volume de 1.806 m³.

Pelo balanço hídrico do reservatório, projetou-se uma área que poderia ser atendida com irrigação por gravidade, sem riscos, de 0,5 ha. Como o agricultor pretendia cultivar uma área de 2 ha, decidiu-se por um sistema misto, onde o reservatório atenderia a área próxima, com irrigação por gravidade e o restante da área seria atendida com irrigação por aspersão, retirando-se a água do arroio localizado a jusante.

O período da safra 95/96 revelou-se extremamente seco, tendo sido providencial a decisão de operar com um sistema misto.

5.1.2.2 Análise da água

A água do reservatório apresenta uma considerável quantidade de sólidos totais (1280 mg/L), os quais não interferem na qualidade da água de irrigação.

A presença de cálcio na água deste reservatório representa um benefício na água de irrigação, visto que os solos apresentam um pH baixo. O cálcio presente na água de irrigação irá contribuir para elevar o índice do pH do solo. Porém, a quantidade

é muito pequena, fazendo com que, ao se distribuir um milhão de litros de água em um hectare de terreno irrigado, está-se contribuindo com 1,65 Kg de cálcio através da água irrigada.

A presença de traços de Mg (0,3 mg/L) na água também contribui para a correção da acidez do solo. No caso específico deste reservatório, a presença de Mg é muito pequena e a utilização de irrigação como complementação de água, nesta região, não é muito intensa, fazendo com que a concentração deste elemento não chegue a exercer influência no solo.

A ausência de Na na água torna a razão de adsorção do sódio (SAR) igual a zero, o que elimina o perigo de sodificação do solo irrigado.

Dos dados apresentados na análise desta água para irrigação, o valor que tranquiliza e a torna recomendada para o uso, é a ausência de salinidade. Este fator torna o uso desta água adequado, dispensando medidas de proteção do solo como lixiviações periódicas.

No conjunto das análises químicas da água amostrada, esta água é classificada como C1 segundo os parâmetros propostos pelo U.S. Salinity Laboratory Staf da Secretaria de Agricultura dos E.U.A., que é tomado como referencial em nosso país. As águas de classe C1 são recomendadas para uso em irrigação da maioria das culturas e para a maioria dos solos.

O laudo da análise da água coletada no reservatório é mostrado no anexo B.

5.1.2.3 Análise do solo

Das seis amostras apresentadas para a análise, as amostras 1, 2 e 3 foram coletadas na parte alta da propriedade, em três pontos diferentes, sendo que, de cada

ponto, foram misturados os estratos de mesma profundidade. Assim, a amostra 1 representa as coletas dos estratos de 0-5 cm de profundidade da parte alta; a amostra 2 representa o estrato extraído da camada de 5-10 cm de profundidade da parte alta; a amostra 3 representa o estrato extraído da camada de 10-20 cm de profundidade da parte alta.

As amostras 4, 5 e 6 foram coletadas na parte da várzea da propriedade, em três pontos diferentes, sendo que, de cada ponto, foram misturados os estratos de mesma profundidade. Assim, a amostra 4 representa as coletas dos estratos de 0-5 cm de profundidade da várzea; a amostra 5 representa o estrato extraído da camada de 5-10 cm de profundidade da várzea; a amostra 6 representa o estrato extraído da camada de 10-20 cm de profundidade da várzea.

Na parte alta da gleba a ser cultivada, a classe predominante de solo é a classe 3, franco argiloso, com teor de argila de 28 a 31%.

Na várzea, a classe de solo predominante é a classe 4, franco arenoso, com teor de argila de 24 a 25%.

As amostras 1, 2 e 4 apresentam um índice de pH considerado baixo (5,1 a 5,3) para as culturas do feijão e do milho, as quais exigem um pH em torno de 6,0. As amostras 3, 5 e 6 apresentam um índice de pH considerado muito baixo (4,8 a 5,0) para estas culturas. Constata-se que, nos estratos mais profundos, o índice de pH diminui, apresentando, conseqüentemente, maior acidez de solo.

A interpretação da análise dos resultados do fósforo é função da classe do solo. Nas amostras 1 e 2, para a classe de solo predominante, franco argiloso, apresenta um teor de fósforo considerado baixo (5 e 7 ppm), visto que estas culturas necessitam de um índice de fósforo em torno de 14 ppm para se tornar suficiente deste

elemento, em um solo de classe 3. A amostra 3, da mesma classe de solo, apresenta um teor de fósforo muito baixo (4 ppm). A amostra 4, para um solo de classe franco arenoso, apresenta um teor de fósforo médio (16 ppm), onde, para se tornar suficiente, este índice deve ser corrigido para 18 ppm.. As amostras 5 e 6, para esta mesma classe de solo, o teor de fósforo apresentado é considerado baixo (11 e 7 ppm).

No caso do potássio, as amostras 2, 3 e 6 tem concentrações consideradas suficientes (118, 92 e 115 ppm). Já as amostras 1, 4 e 5 apresentam concentrações altas (276, 218 e 182 ppm. O valor ideal para as culturas de milho e feijão, é a presença de 81 a 120 ppm de potássio no solo.

A matéria orgânica apresentou, em todas as amostras, valores considerados médios (2,7 a 3,4%), sendo que as culturas pretendidas para estas áreas necessitam de uma quantidade de matéria orgânica em torno de 5%.

Os laudos das análises das seis amostras de solo são apresentados no anexo C.

5.1.2.4 Infiltração da água no solo

O solo que forma a gleba da parte alta apresentou um comportamento bem diferente da gleba da várzea, no que se refere à densidade e a capacidade de infiltração.

A densidade do solo na parte alta é de $1,56 \text{ g/cm}^3$, enquanto que a densidade do solo na várzea é de $2,41 \text{ g/cm}^3$. Estes valores mostram que a parte alta é mais porosa, permitindo melhor infiltração da água, do ar e das raízes. O solo da várzea está mais compactado, impedindo a melhor infiltração da água e dificultando a penetração das raízes, sendo deficiente na aeração do solo.

A umidade gravimétrica da parte alta é de 24,5% e na várzea é de 25,2%. A

parte mais baixa apresentou mais umidade, porém ambas as parcelas de solo encontram-se com suas reservas hídricas próximas ao ponto de murcha.

O teste de infiltração com os cilindros concêntricos apresentou, para a parte alta, uma infiltração de 31,15 cm de coluna de água em 4 horas. Esta técnica segue o modelo sugerido em CAUDURO E DORFMANN (1987)

As figuras 5.6 e 5.7 apresentam documentários fotográficos da atividade de determinação de infiltração do solo, utilizando os cilindros concêntricos, na área do projeto. Na figura 5.6 podemos ver os anéis concêntricos instalados no solo, estando o anel externo preenchido com água. Quando o solo em torno do anel interno estiver molhado, é colocado água também no anel interno, onde o flutuador, que suporta a régua graduada, irá baixando à medida em que a água for absorvida.



Fig. 5.6 - Anéis concêntricos instalados e parcialmente preenchidos com água

Na figura 5.7 podemos ver o cilindro interno também preenchido com água e o monitoramento da velocidade de infiltração sendo realizado através do acompanhamento cronometrado do nível da régua. O tempo de acompanhamento é variável, sendo tomadas medidas com intervalos menores no início e prolongando-se estes intervalos a medida em que a velocidade de infiltração diminui, conforme é sugerido em CAUDURO E DORFMANN (1987). No presente experimento, o acompanhamento foi realizado durante quatro horas. Em ambas as figuras pode-se constatar a técnica de cobertura do solo com palhada, para proteção do solo e para possibilitar o plantio direto.



Fig. 5.7 - Monitoramento da velocidade de infiltração usando os cilindros concêntricos

Lançando os valores do tempo com os valores da coluna infiltrada no programa MINITAB, obtem-se a equação de correlação entre os dados destas duas colunas. Os resultados da regressão linear são apresentados a seguir:

$$\text{Equação linearizada: } \log H = - 0.347 + 0.749.\log t \quad (5.1)$$

$$\text{Equação exponencial: } H = 0,45.t^{0,749} \quad (5.2)$$

onde

H = lâmina de água infiltrada, acumulada (cm), no tempo t;

t = tempo dado em minutos.

A regressão mostra que os valores amostrais e os valores calculados pela equação apresentam um desvio padrão baixo e um coeficiente de correlação de 99,1% de confiabilidade.

A equação (5.2) tem fundamental importância pois através dela podemos determinar o tempo necessário de rega para este solo, quando se quer aplicar uma determinada coluna de água, nos sistemas de irrigação por gravidade.

Outra importante equação, fornecida a partir dos dados de infiltração, é a da taxa de infiltração instantânea, que equivale a lâmina de água que se infiltra no solo na unidade de tempo, em cada instante considerado. Ela é definida a partir da derivada da expressão (5.2), em função do tempo:

$$i = \frac{dH}{dt} = \frac{d(0,45.t^{0,749})}{dt} = 0,337.t^{-0,251} \quad (5.3)$$

A partir da expressão (5.2) também podemos encontrar a taxa de infiltração acumulada que é dada por:

$$I_a = \frac{H}{t} = 0,45 \cdot \frac{t^{0,749}}{t} = 0,45 \cdot t^{-0,251} \quad (5.4)$$

Para irrigações por aspersão, sendo conhecida a intensidade de precipitação do aspersor (dado fornecido pelo fabricante e/ou vendedor), calcula-se o tempo real de irrigação do sistema pela expressão:

$$t = \frac{H}{I_s} \quad (5.5)$$

onde

I_s = intensidade de precipitação do aspersor (cm/h)

H = coluna de água que se quer fornecer à cultura (cm)

Na várzea foi realizado o mesmo teste com determinação de infiltração pelo método dos cilindros concêntricos, onde, em 4 horas, infiltrou-se uma lâmina de 3,55 cm, indicando a grande compactação do solo nesta gleba. As equações obtidas com os dados de infiltração na várzea foram:

$$\text{Equação linearizada: } \log H = -0.221 + 0.329 \log t \quad (5.6)$$

$$\text{Equação exponencial: } H = 0,601 \cdot t^{0,329} \quad (5.7)$$

$$\text{A taxa de infiltração instantânea é dada por: } I = 0,198 \cdot t^{-0,671} \quad (5.8)$$

$$\text{A taxa de infiltração acumulada é dada por: } I_a = 0,601 \cdot t^{-0,671} \quad (5.9)$$

O tempo real de irrigação do sistema de aspersão é dada pela equação (5.5), sendo que $H_{\text{várzea}} < H_{\text{cerro}}$.

Através da equação (5.2) determinou-se que, na área do cerro, onde ocorreu

a irrigação por gravidade, o tempo necessário para a permanência de água no sulco, após atingir o final do mesmo, deveria ser de 270 minutos para que a lâmina de água pudesse atingir uma profundidade de 30 cm. Já na área da várzea, onde a concentração de argila era maior e a irrigação seria por aspersão, decidiu-se por regas com menor lâmina de água, porém, mais freqüentes, considerada a maior dificuldade de infiltração neste solo.

5.1.2.5 Colheita

A colheita do feijão, tanto na área irrigada como na área testemunho, foi realizada 150 dias após o plantio. O plantio foi efetuado em 24 de setembro e só recebeu chuva no dia 29 de dezembro, ficando 95 dias sem chuva. O ciclo do feijoeiro, até a terceira floração, ocorreu praticamente sem chuva e quando esta veio, desencadeou-se de forma intensa causando o transbordamento do reservatório e a inundação da parte baixa da plantação, provocando a perda de 1/4 da produção.

Com a vinda das chuvas, que se regularizaram no mês de janeiro, o feijoeiro adquiriu uma sobrevida lançando inúmeras ramificações e florescimentos. Este rebrote atrasou o ponto de secagem dos pés, aumentando o ciclo da colheita de 120 para 150 dias. Constatou-se que a média de grãos nas vagens da primeira florada era de sete unidades enquanto que a média de grãos das vagens surgidas após a chuva era de duas unidades.

Com o retardamento na colheita, ocorreram problemas como apodrecimento e brotação dos grãos na vagem. Na contabilização final, o número de grãos já brotados recolhidos do chão e os grãos podres nas vagens inferiores, superaram no triplo os grãos das vagens da floração pós-chuva.

A TABELA 5.6 apresenta os resultados obtidos na colheita das quatro áreas amostrais.

TABELA 5.6 - Resultados obtidos da colheita nas áreas selecionadas

AMOSTRA	ÁREA (m ²)	Nº DE PÉS (unid.)	Nº VAGENS (unid.)	Nº GRÃOS (unid.)	PESO MASSA SECA (g)	PESO DE GRÃOS (g)
Arg. irrig	2,25	56	852	2.781	610	589
Arg. irrig.	2,25	76	1.038	3.231	837	624
lapar irrig.	2,25	45	1.170	4.734	1.079	857
lapar ñ irrig.	2,25	37	270	1.003	205	166

Pelos resultados mostrados na TABELA 5.6, a variedade lapar apresentou a maior produtividade, tanto em peso de grãos como de massa seca. A variedade Argentina, que foi cultivada na área com maior potencial de infiltração e melhor calagem, tendo maior número de pés por área amostral, produziu menos e se mostrou mais suscetível à doenças fúngicas.

A coleta dos pés, vagens e grãos de feijão produzidos na área amostral, foi realizada de forma criteriosa, catando também os grãos existentes no solo da área selecionada, caídos em função da abertura das vagens devido ao calor. As vagens podres também foram contabilizadas e seus grãos participaram do número amostral. As vagens arrancadas pela ação da curriola, na colheita, foram ajuntadas e adicionadas à amostra.

Do total de grãos contabilizados por amostra, realizou-se uma separação entre os sadios e os podres ou brotados. Em média, os grãos estragados por grupo amostral atingiu 25%, causados especialmente por ter sido a colheita realizada em período

muito úmido, não oportunizando a secagem correta dos grãos, favorecendo o brotamento e a podridão.

Observou-se na área colhida que, além do problema da colheita e da trilhagem terem sido realizadas com muita umidade, grande quantidade de vagens sadias foram deixadas para trás em função de que a curriola enroscava-se nos galhos do feijoeiro e, ao ser este arrancado, as vagens eram destacadas dos pés pela ação deste cipozinho. Se a técnica da colheita criteriosa fosse estendida à toda a área cultivada, a produtividade obtida, por hectare de cultura, seria bem maior, como mostra a TABELA 5.7, onde são apresentados os resultados da produtividade por área amostral, considerando-se a colheita bruta como o total de grãos coletados e a colheita limpa como sendo apenas os grãos comerciáveis.

TABELA 5.7 - Produtividade obtida com base na coleta das áreas amostrais

AMOSTRA	PRODUTIVIDADE BRUTA (sacas/ha)	PRODUTIVIDADE LIMPA (sacas/ha)
Argentino irrigado	43	34
Argentino irrigado	45	36
lapar irrigado	63	50
lapar não irrigado	12	9

Observando os valores da TABELA 5.7, na coluna da produtividade limpa, nota-se a grande diferença produzida pelo fator irrigação, para o feijão da mesma variedade. A produtividade, por hectare, obtida para a variedade lapar na área irrigada, correspondeu a um ganho adicional de 41 sacas comerciais. Com relação às duas variedades irrigadas, a lapar, largamente conhecida pelos produtores, mostrou-se

superior à variedade Argentina, desestimulando o cultivo desta variedade em nossa região.

5.1.2.6 Avaliação econômica e financeira do projeto

A avaliação econômica e financeira do projeto de irrigação do feijoeiro foi realizada com a utilização alguns parâmetros da matemática financeira, como o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Benefício Líquido (BL) e média anual.

Avaliando o cultivo com irrigação e sem irrigação, projetaram-se os benefícios e os custos para um tempo de quatorze anos, correspondendo ao período estimado de vida útil dos equipamentos de irrigação, considerando-se uma utilização intensa destes equipamentos em sete de cada dez anos, conforme dados de precipitação amostrados na região.

A TABELA 5.8 apresenta os dados históricos de precipitação dos anos 1984 a 1998 ocorridos na região, nos meses de agosto a dezembro, período em que ocorre o ciclo do feijoeiro. Esta tabela apresenta os dados coletados na sede do Município de Santa Cruz do Sul, no posto da PIONEER Sementes e a sua listagem tem por objetivo servir de parâmetro para a quantificação de irrigações que devem ser realizadas durante o ciclo de floração e maturação do feijão, resultando em custos específicos do projeto na análise econômica.

Com base na TABELA 4.3, se a floração e a maturação da planta ocorrer nos meses de novembro e dezembro, respectivamente, a necessidade de água devido a evapotranspiração seria de 110 e 116 mm mensais. Nos dados de precipitação observados nesta região, na TABELA 5.8, para uma série histórica mais longa, verifica-

se que, em apenas 3 de 10 últimos anos a precipitação é suficiente e bem distribuída para atender a demanda hídrica do feijoeiro, plantado no período de agosto a outubro.

TABELA 5.8 - Precipitações mensais de agosto a dezembro dos anos 1984 a 1998

ANOMÊS	AGO (mm)	SET (mm)	OUT (mm)	NOV (mm)	DEZ (mm)
1984	172	122	289	126	298
1985	120	60	0	10	35
1986	62	186	167	205	134
1987	165	136	209	129	219
1988	50	279	163	152	55
1989	128	205	101	120	91
1990	40	241	346	167	139
1991	129	84	73	73	189
1992	74	223	157	67	200
1993	48	87	151	317	270
1994	162	104	247	122	101
1995	156	165	50	27	104
1996	170	77	135	53	112
1997	173	109	360	129	356
1998	130	177	83		

FONTE: PIONEER, Posto de Santa Cruz do Sul

Na tabela acima, verifica-se que, do total apresentado, em oito anos a demanda hídrica não foi satisfeita, constituindo-se em perda de produtividade do feijão por carência de chuvas.

A relação da produtividade foi obtida do anuário de produção dos produtos sazonais apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, para o Município de Santa Cruz do Sul e é apresentado na TABELA 5.9, juntamente com o

valor de compra, em US\$, praticado pelo mercado da época.

TABELA 5.9 - Produção e produtividade do feijão em Santa Cruz do Sul

ANO	ÁREA PLANTADA (Ha)	ÁREA COLHIDA (Ha)	PRODUÇÃO (T)	RENDIMENTO (KG/Ha COLHIDO)	RENDIMENTO (KG/HA/PLANT ADO)	PREÇO (US\$/KG)
1985	3020	3020	2714	899	899	0.45
1986	4800	4000	1200	300	250	0.86
1987	2500	2500	2190	876	876	0.32
1988	2680	2680	2544	889	889	0.36
1989	2800	2800	3360	1200	1200	0.48
1990	23960	23960	16940	707	707	0.31
1991	23830	23750	16656	701	699	0.51
1992	17450	17450	12020	688	688	0.37
1993	13204	13204	10707	810	810	0.36
1994	14689	14448	12772	881	867	0.67
1995	19070	18870	20333	1077	1066	0.75
1996	520	500	296	592	569	0.42
1997	530	530	462	871	871	0.47
1998	530	480	297	566	512	0.75

FONTE: IBGE e COOPERATIVA TRITRÍCOLA SARANDI LTDA

Observe-se que as precipitações ocorridas no final do ano refletem-se na produtividade do ano seguinte, assim, como exemplo, a grande seca registrada em 1985 acarretou a grande frustração na colheita do feijão ocorrida no início de 1986.

Os valores dos custos avaliados na área em que foi implantado o projeto de irrigação na propriedade rural e utilizados na análise econômica, correspondem aos gastos verificados com a produção anual - curto prazo - os quais são projetados para um tempo de retorno correspondente ao desejado para a análise do projeto. Neste caso, utilizou-se um tempo de retorno de 14 anos, correspondente à vida útil dos equipamentos e para o custo incremental da mão de obra para a realização da irrigação foi considerado um valor fixo anual/Ha, que atende a atividade diretamente ligada ao projeto durante o ciclo da cultura.

O custo total no curto prazo, foi dividido em **custos fixos e custos variáveis**.

Para esta análise, os custos fixos e os custos variáveis foram subdivididos, cada um, em : **custos específicos e custos gerais**.

5.1.2.6.1 - Custos variáveis específicos e gerais

Os custos variáveis são aqueles valores necessários que o produtor precisa gastar para produzir. Neles se incluem sementes, insumos, defensivos e mão-de-obra temporária, contratada especificamente para ajudar em uma produção.

Os custos variáveis gerais são aqueles valores dos custos variáveis que o produtor teria investido, mesmo que não tivesse optado pelo projeto de irrigação.

Na TABELA 5.10 são apresentados os custos variáveis gerais gastos na área de produção, considerados a partir do instante em que ocorreu o preparo do solo com cultura de inverno para oportunizar o plantio direto.

TABELA 5.10 - Custos variáveis gerais

PREPARO DA LAVOURA			
QUANTIDADE	MATERIAL	CUSTO UNIT. (R\$)	CUSTO TOT. (R\$)
450 Kg.	aveia	0,53	157,5
7 sc.	uréia	15	105
7 L.	herbicida secante ZAPP	9	63
7 h.	trator	10	70
SUB-TOTAL			395,5
PLANTIO			
QUANTIDADE	MATERIAL	CUSTO UNIT. (R\$)	CUSTO TOT. (R\$)
160 Kg.	semente de feijão	1,3	208
20 sc.	fosfato simples	8	160
8 sc.	nitrito de cálcio	13,5	108
5 sc.	uréia	15	75
1 L.	adubo foliar	30	30
1 Kg.	fungicida CAPTAM M.	25	25
1 L.	herbicida FUZIFLEX	150	150
1 L.	espalhante	5	5
200 h.	M.O. plantio e colheita	2	400
SUB-TOTAL			1161
TOTAL DOS CUSTOS VARIÁVEIS GERAIS			1.556,50

Os custos variáveis específicos são aqueles que o produtor efetuou, exclusivamente em função do projeto de irrigação implantado. Os valores dos custos variáveis específicos estão listados na TABELA 5.11.

TABELA 5.11 - Custos variáveis específicos

PAGAMENTOS PARA OPERAÇÃO			
QUANTIDADE	MATERIAL	CUSTO UNIT. (R\$)	CUSTO TOT. (R\$)
105 h	M.O. para atender irrigação	2	210,00
154 Kw	eletricidade para o motor	0,39	60,00
TOTAL DOS CUSTOS VARIÁVEIS ESPECÍFICOS			270,00

5.6.1.2.2 - Custos fixos específicos e gerais

O custo fixo é o custo que o agricultor tem, quer ele produza ou não. Nele estão incluídos os impostos, o maquinário e sua depreciação, as instalações, o custo da terra e a mão-de-obra familiar. O custo da terra é calculado como sendo o retorno auferido pelo proprietário se a mesma estivesse arrendada. O custo da mão-de-obra familiar é calculado pelo valor mínimo necessário para sustentá-la. Para o cálculo do custo da terra, está se considerando um arrendamento de 5 sacas de feijão por hectare ao ano. Para o caso do custo da mão-de-obra familiar costuma-se utilizar o valor do salário mínimo.

Os custos fixos específicos são considerados como sendo os valores em equipamentos gastos exclusivamente para atender o projeto de irrigação e o custo da terra da área utilizada pelo açude, o qual está tendo um uso exclusivo para a irrigação. Quando este reservatório tiver outras utilizações como lazer e piscicultura, este custo poderá ser diluído com outros propósitos, pois gerará outros benefícios.

As TABELAS 5.12 E 5.13 apresentam os valores dos custos fixos gerais e específicos.

TABELA 5.12 - Custos fixos gerais

PAGAMENTOS E TAXAS			
QUANTIDADE	DESTINO	CUSTO UNIT. (R\$)	CUSTO TOT. (R\$)
1/15 unid.	imposto rural	50,00	3,33
1/15	caseiro	1.800,00	120,00
TOTAL DOS CUSTOS FIXOS GERAIS			123,33

TABELA 5.13 - Custos fixos específicos do projeto de irrigação

MATERIAL PERMANENTE			
QUANTIDADE	MATERIAL	CUSTO UNIT. (R\$)	CUSTO TOT. (R\$)
0,25 Ha	custo da terra do açude	122,50	30,65
288 m	barras de cano 2"	1,33	384,00
1 unid.	aspersor plano	90,00	90,00
1 unid.	motor 2 HP trifásico	310,00	310,00
6 m	manga de sucção 2,5"	6,70	40,20
50 m	manga polietileno 2"	1,30	65,00
peças	tripé, válvula, curva, redução e nipel		160,00
TOTAL DOS CUSTOS FIXOS ESPECÍFICOS			1.079,85

A avaliação econômica do projeto baseia-se na comparação entre as duas situações básicas: o plantio de feijoeiro **com** irrigação e **sem** irrigação. Na TABELA 5.14 é apresentada a receita bruta obtida com a cultura do feijão, por hectare, considerando-se a produtividade sem irrigação, mostrada na TABELA 5.9, e a receita

bruta e incremental da produtividade obtida com irrigação. Para a produtividade com irrigação, optou-se por utilizar o resultado obtido experimentalmente no primeiro projeto, 1740 Kg/Ha, minimizando-se a produtividade em relação ao segundo experimento, por se considerar que a seca é o maior risco, porém, não é o único a causar quebra de safra. Dentro deste aspecto, para a produtividade com irrigação foi utilizado, para todos os anos da série, o rendimento obtido no primeiro experimento, que pode ser considerado com produtividade mínima a ser obtida com irrigação.

TABELA 5.14 - Renda obtida por hectare, sem e com irrigação

ANO	RENDIMENTO (KG/HA/PLAN- TADO)	RENDA/US\$/ ANO/Ha	RENDIMENTO - KG/HA PLANTADO	RENDA/HA - US\$/ANO/HA	RENDA INCREMENTAL POR HA
	sem irrigação		com irrigação		
1985	899	404,55	1740	783,00	378,45
1986	250	215,00	1740	1496,40	1281,40
1987	876	280,32	1740	556,80	276,48
1988	889	320,04	1740	626,40	306,36
1989	1200	576,00	1740	835,20	259,20
1990	707	219,17	1740	539,40	320,23
1991	699	356,31	1740	887,40	531,09
1992	688	254,56	1740	643,80	389,24
1993	810	291,60	1740	626,40	334,80
1994	867	580,59	1740	1165,80	585,21
1995	1066	799,28	1740	1305,00	505,72
1996	569	239,08	1740	730,80	491,72
1997	871	409,37	1740	817,80	408,43
1998	512	384,00	1740	1305,00	921,00

O resumo do fluxo de caixa, sob o ponto de vista do agricultor, foi realizado levando-se em conta os custos fixos específicos apresentados na TABELA 5.2 e os custos variáveis específicos da mão de obra para a irrigação, mantidos constantes todos os anos. Também foi acrescentado o custo para o agricultor de construção do

reservatório que, no Município de Santa Cruz do Sul, é cobrado apenas o combustível da máquina. Desta forma, o investimento inicial ficou em US\$ 556,10 o qual, o agricultor tomou como empréstimo com 3 anos de carência a juros de 8% ao ano, para pagamento a ser realizado em cinco anos. A TABELA 5.15 apresenta o resumo do fluxo de caixa para o período de 14 anos, sob o ponto de vista do agricultor.

TABELA 5.15 - Resumo do fluxo de caixa sob o ponto de vista do agricultor

ANO	INVESTIMENTO/ CUSTOS ANUAIS INCREMENTAIS/ Ha (US\$)	DÍVIDA	AMOR- TIZAÇÃO	FLUXO DE PAGA- MENTOS	FLUXO DE RECEITAS	FLUXO DE RECEITAS LÍQUIDAS	FLUXO DE RECEITAS LÍQUIDAS ACUMULADAS
0	556,10						
1985	77,70	600,59		-77,70	378,45	300,75	300,75
1986	77,70	648,64		-77,70	1281,40	1203,70	1504,45
1987	77,70	700,53		-77,70	276,48	198,78	1703,23
1988	77,70		-162,45	-240,15	306,36	66,21	1769,44
1989	77,70		-162,45	-240,15	259,20	19,05	1788,48
1990	77,70		-162,45	-240,15	320,23	80,08	1868,56
1991	77,70		-162,45	-240,15	531,09	290,94	2159,49
1992	77,70		-162,45	-240,15	389,24	149,09	2308,58
1993	77,70			-77,70	334,80	257,10	2565,68
1994	77,70			-77,70	585,21	507,51	3073,19
1995	77,70			-77,70	505,72	428,02	3501,21
1996	77,70			-77,70	491,72	414,02	3915,23
1997	77,70			-77,70	408,43	330,73	4245,96
1998	77,70			-77,70	921,00	843,30	5089,26

De acordo com o resumo do fluxo de caixa do agricultor ele obteve uma renda média anual/Ha, devido ao investimento em irrigação, de US\$ 363,52.

Para uma rentabilidade exigida de 15%, que é a taxa anual de atualização, o Valor Presente Líquido obtido ao longo dos 14 anos foi de US\$ 2083,30, equivalendo a uma renda líquida incremental anual/Ha de US\$ 316,46.

Na avaliação econômica sob o ponto de vista do agricultor, o resultado da média

anual e o Valor Presente Líquido, fornecem resultados que tornam o investimento em irrigação altamente atraente.

Sob o ponto de vista da sociedade cabe considerar que, a construção do reservatório realizada às expensas de órgão público, incide como ônus social. Desta forma, o investimento inicial será de US\$ 960,10 e o resumo do fluxo de caixa toma a conotação apresentada na TABELA 5.16.

TABELA 5.16 - Resumo do fluxo de caixa sob o ponto de vista da sociedade

ANO	custos: investimentos anuais	receita anual	Fluxo de caixa resultante
0	960,10	0	-960,10
1985	77,70	378,45	300,75
1986	77,70	1281,40	1203,70
1987	77,70	276,48	198,78
1988	77,70	306,36	228,66
1989	77,70	259,20	181,50
1990	77,70	320,23	242,53
1991	77,70	531,09	453,39
1992	77,70	389,24	311,54
1993	77,70	334,80	257,10
1994	77,70	585,21	507,51
1995	77,70	505,72	428,02
1996	77,70	491,72	414,02
1997	77,70	408,43	330,73
1998	77,70	921,00	843,30
		TIR=	49%
		VPL=	US\$ 1647,66
		BL anual equivalente	(US\$ 248,58)

A Taxa Interna de Retorno aponta, sob o ponto de vista da sociedade, que o investimento em irrigação forneceu uma rentabilidade de 49%, o que torna o projeto muito atraente.

O Valor Presente Líquido, sob o ponto de vista da sociedade, também apresenta uma rentabilidade de US\$ 1647,66 e o Benefício Líquido anual para o agricultor foi de

US\$ 248,58 o que confirmam a eficácia do projeto.

5.2 Resultados do geoprocessamento

Através dos programas SGI-INPE e do IDRISI foram produzidos quatro mapas temáticos básicos, nos quais se realizou a seleção das áreas de interesse para posterior cruzamento dos PIs (Planos de Informações): mapa dos solos; mapa dos rios; mapa da vegetação e mapa das declividades.

5.2.1 Solos do Município de Santa Cruz do Sul - PI SOLOS

Por abranger áreas que se situam desde o alto da Serra Geral até a Depressão Central, os tipos de solos do Município de Santa Cruz do Sul são bem diversificados. A FIGURA 5.8 apresenta o mapa deste Município, com as tipologias dos solos contidos em suas divisas municipais.

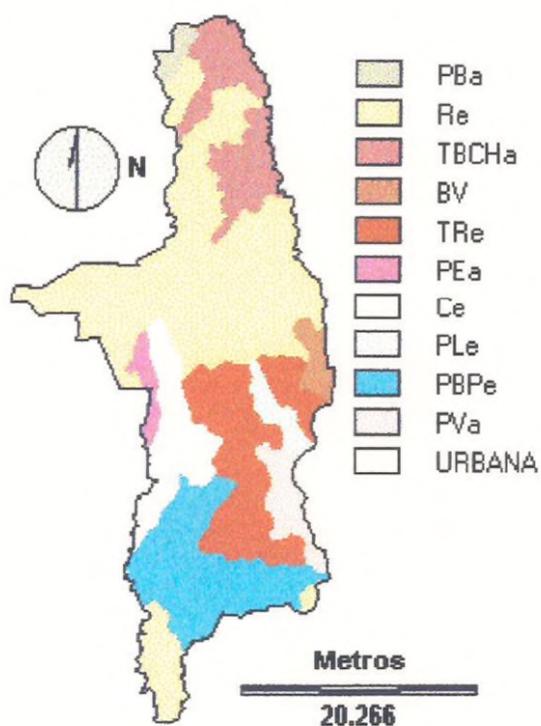


FIG. 5.8 - Mapa dos solos do Município de Santa Cruz do Sul

A FIGURA 5.9 apresenta a composição dos tipos de solos do Município na forma gráfica.

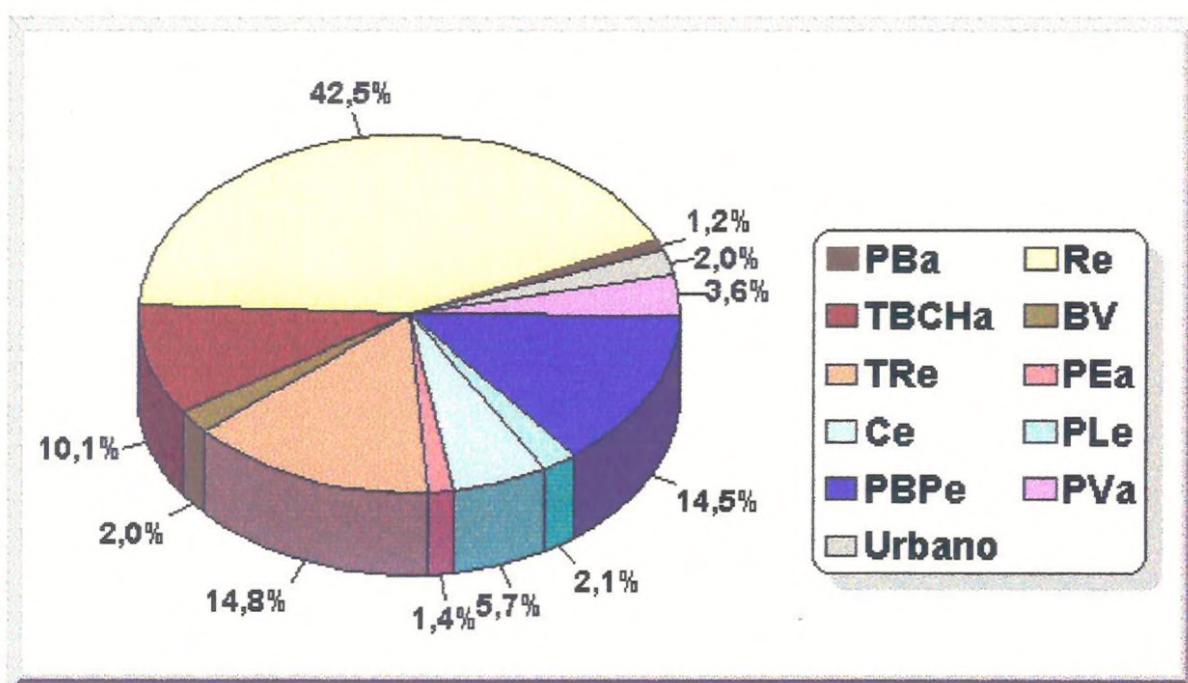


FIG. 5.9 - Distribuição percentual dos tipos de solos do Município de Santa Cruz do Sul

As áreas correspondentes a cada tipo de solo, com seus respectivos percentuais, são apresentadas na TABELA 5.17 que segue:

TABELA 5.17 - Área de cada tipo de solo do Município de Santa Cruz do Sul.

CLASSE DE SOLO	ÁREA (Km ²)	PERCENTUAL
PBa	9,37	1,18
Re	337,42	42,47
TBCHa	80,4	10,12
BV	16,13	2,03
TRe	117,58	14,8
PEa	11,44	1,44
Ce	44,88	5,65
PLe	17	2,14
PBPe	115,2	14,5
PVa	28,92	3,64
Urbano	16,13	2,03
TOTAL	794,47	100

A análise dos tipos de solos que ocorrem no município de Santa Cruz do Sul foi realizada de acordo com IBGE (1986), utilizando como base cartográfica o mapa do levantamento do recursos naturais dos solos.

Para o presente trabalho, os tipos de solo foram ordenados em classes de acordo com a viabilidade apresentada para possibilitar a atividade de irrigação por gravidade, realizada através de sulcos. Para esta classificação foram levados em consideração os seguintes aspectos, para definir a ordem de prioridade:

- ausência de pedregosidades e afloramentos de rochas;
- presença de textura argilosa no horizonte A ou intermediário;
- capacidade de cátions trocáveis;

- fertilidade orgânica e/ou mineral.

Com base nestes critérios, as glebas de solo presentes no município de Santa Cruz do Sul foram classificadas, na ordem decrescente de interesse para o presente trabalho, da seguinte maneira, apresentado na TABELA 5.18:

TABELA 5.18 : Classificação dos solos na ordem decrescente de aptidão para irrigação por gravidade

CLASSE	SOLO
1	TRe
2	PEa
3	PBa
4	PVa
5	PBPe
6	BV
7	PLe
8	TBCHa
9	Re
10	Ce

Dentro destas prioridades, a classe de solos URBANO, apresentado na FIGURA 5.8, foi descartada por não apresentar interesse para a atividade de irrigação, ficando o PI SOLO definido por classes de interesse como é mostrado na FIGURA 5.10, listado na ordem decrescente de acordo com a aptidão apresentada para irrigação por gravidade.

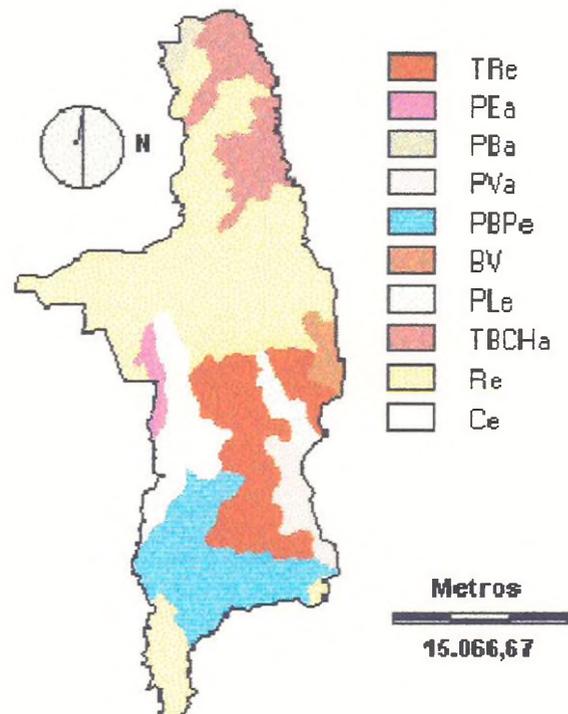


FIG. 5.10 - Tipos de solo do Município de Santa Cruz do Sul, ordenados de forma decrescente por interesse para irrigação por gravidade

No ANEXO D é apresentado a descrição de cada tipo de solo presente no Município de Santa Cruz do Sul com seu potencial e suas limitações agrícolas, de acordo com IBGE (1986).

5.2.2 - Rios do Município de Santa Cruz do Sul - PI RIOS

O Município de Santa Cruz do Sul, por se situar na encosta do Planalto Gaúcho, é banhado por inúmeros rios de primeira ordem, que tem suas nascentes originadas das frinchas rochosas que afloram em suas encostas. A FIGURA 5.11 apresenta o mapa dos rios existentes no município.

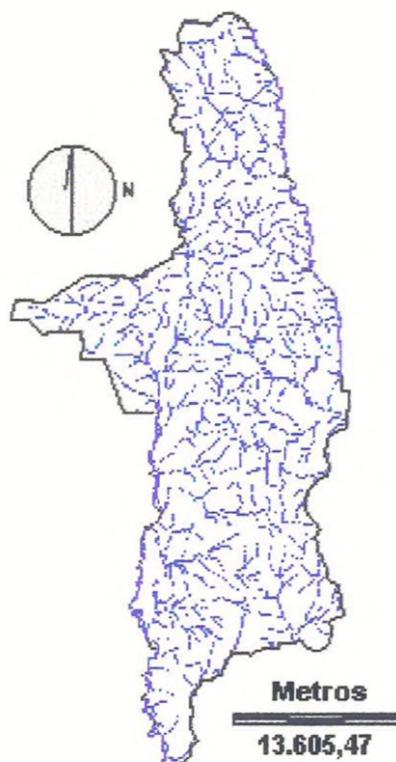


FIG. 5.11 - Mapa dos rios do Município de Santa Cruz do Sul

A densidade de drenagem do município, com base nas cartas topográficas com escala de 1:50000, é de 1,211 Km/Km².

A malha hidrográfica da bacia do município foi hierarquizada segundo a metodologia de Strahler (1975) e apresentada por Scartazzini e Martins (1988), sendo refeita para o presente trabalho devido a variação ocorrida na área municipal. O resultado da hierarquização dos canais aparece na TABELA 5.19, a seguir:

TABELA 5.19 - Hierarquização dos canais do Município de Santa Cruz do Sul

ORDEM	Nº DE CANAIS	COMPRIMENTO (m)
1ª	318	561.100
2ª	76	161.600
3ª	17	153.950
4ª	4	32.750
5ª	1	44.400
6ª	1	8.580
TOTAL	417	962.380

De acordo com as decisões do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, na resolução nº 004 de 18 de setembro de 1975 com base no estabelecido em lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, alterada pela lei nº 6.535 de 15 de julho de 1978, são consideradas Reservas Ecológicas e Áreas de Florestas de preservação permanente, no seu Artigo terceiro:

"Art. 3º - São Reservas Ecológicas:

...

b) as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

I - ao longo dos rios e de qualquer outro corpo de água, em faixa marginal além do leito maior sazonal medida horizontalmente, cuja largura mínima será:

- de cinco metros para rios com menos de dez metros de largura;
- igual à metade da largura do corpo de água que meçam de dez a 200 metros;
- de cem metros para todos os cursos de água cuja largura seja superior a

duzentos metros.

II - ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios de água natural ou artificial, desde o seu nível mais alto medido horizontalmente, em faixa marginal cuja largura mínima será:

- ...

- de cem metros para os que estejam em áreas rurais exceto para os corpos de água com até 20 ha de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros;

- ...

III - nas nascentes permanentes ou temporárias, incluindo os olhos de água e veredas, seja qual for sua situação topográfica, com uma faixa mínima de cinquenta metros e a partir de sua margem, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia de drenagem contribuinte.

IV - ... "

Na análise dos recursos Hídricos existentes No Município de Santa Cruz do Sul, foram contabilizadas 318 nascentes naturais, oferecendo uma área de preservação florestal de 2.497.566 m². Dos rios e arroios de 1^a e 2^a ordens a bacia hidrográfica dispõem, como patrimônio de reservas florestais, uma área de 7.227.000 m² e com os rios de demais ordens, a área de florestas a serem preservadas ecologicamente, é cerca de 9.587.200 m², demonstrada na TABELA 5.20.

TABELA 5.20 - Reserva florestal ciliar mínima no Município de Santa Cruz do Sul

LOCALIZAÇÃO	ÁREA (m ²)
Nascentes	2.397.566
Arroios de 1ª e 2ª ordem	7.227.000
Demais ordens	9.587.200
TOTAL	19.211.766

Esta área total de 19.211.766 m² (1.921,1 ha) deveria constituir a área de mata ciliar exigida por lei no Município de Santa Cruz do Sul, sendo, a sua preservação ou recomposição, a meta para a manutenção da disponibilidade de água nos rios e arroios, considerado um patrimônio público de preservação da flora e da fauna, mas principalmente de manutenção da qualidade de vida da população residente neste Município.

5.2.3 - Cobertura florestal do Município de Santa Cruz do Sul - PI

VEGETAÇÃO

A cobertura florestal do município de Santa Cruz do Sul foi mapeada através da imagem de satélite que, após ser georeferenciada e definidas amostragens de cobertura florestal, realizou-se o mapeamento na fração do mapa desejado.

As figuras 5.12 e 5.13 apresentam, respectivamente, a fração da imagem onde se localiza o Município de Santa Cruz do Sul e a identificação das áreas com cobertura florestal identificadas através do programa Idrisi.

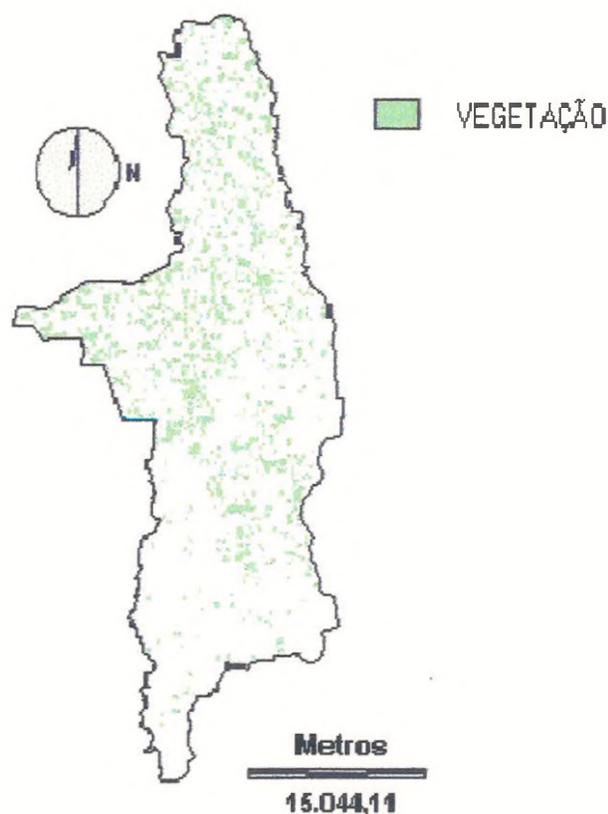
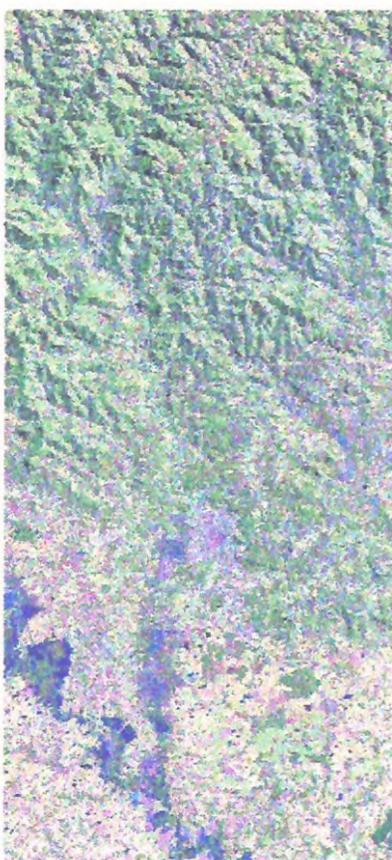


Fig. 5.12 - Fração da imagem de satélite onde se localiza o município de Santa Cruz di Sul

FIG. 5.13 - Localização da cobertura florestal do município.

A avaliação da área do município com cobertura florestal mostra uma distribuição de 13.178 ha de florestas que ocorrem dispersadamente. Comparando com a necessidade de cobertura florestal só de mata ciliar, que é de 1.921 ha, pode-se afirmar que o município dispõem de um excedente de 11.257 ha de matas para atender a preservação ecológica florestal de outras áreas (topo de morros, etc.) e também para atender parte da necessidade de consumo energético de biomassa de uma das principais fontes de produção agrícola que é o fumo. No entanto este é um setor (oferta e demanda de biomassa energética) que requer uma análise especial dentro do

planejamento integrado, não se constituindo, porém, na proposta deste trabalho.

5.2.4 - Topografia do Município de Santa Cruz do Sul - PI DECLIVIDADES e PI MNT

O mapa altimétrico de Santa Cruz do Sul, que define o modelo numérico do terreno (MNT), tem importante papel no projeto porque ele fornece as cotas dos rios e dos solos, possibilitando a determinação das distâncias existentes entre a área desejada e a fonte de água existente à montante.

A FIGURA 5.14 apresenta o mapa ipsométrico do Município, o qual está georeferenciado e identifica a altitude de cada pixel, determinada em valores inteiros que vão deste 8 até 687 metros.

Do PI MNT também se gerou o mapa das declividades, selecionando-se inclinações do terreno que permitem a transferência da água nos sulcos. A figura 5.15 apresenta o mapa das declividades de 0 a 2%, que foi descartada por não apresentar inclinação suficiente; de 2 - 30% que são áreas com inclinações próprias para a prática de irrigação por gravidade; 30 a 60% que são áreas onde, através de sistematização do terreno ou com cultivos em patamares, pode-se empregar a irrigação por gravidade; acima de 60%, áreas que foram descartadas por apresentar declividade excessiva.

FIG. 5.14 - Altimetria do município

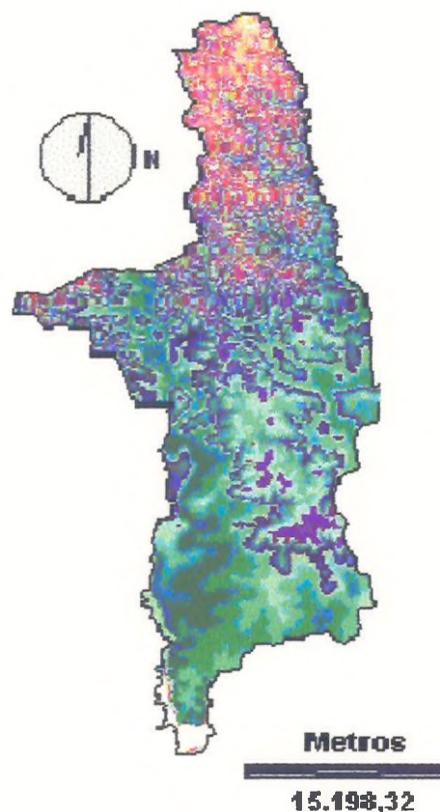
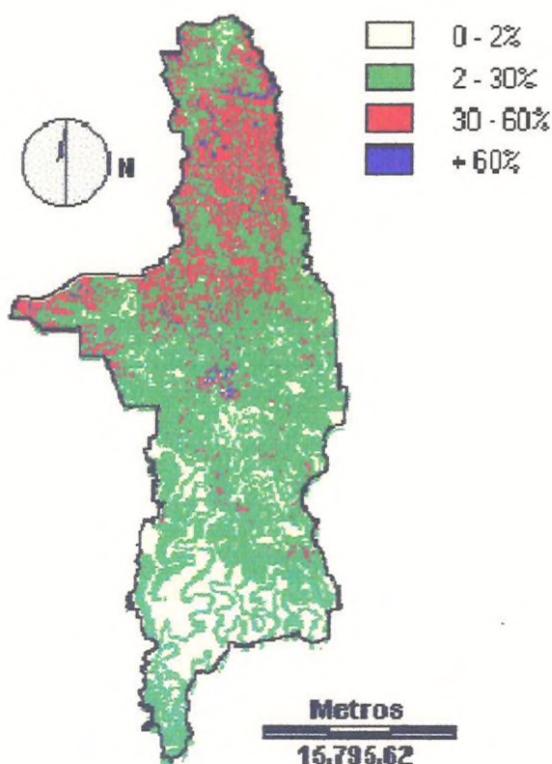


FIG. 5.15 - Mapa das declividades de Santa Cruz do Sul.

5.4.5 - Sobreposição dos Pis

Do PI SOLO foi necessário retirar, além da área urbana, as áreas com cobertura florestal, nas quais não se planeja desenvolver projetos de irrigação por gravidade; foram retiradas as áreas cujas declividade eram inferiores a 2% e aquelas cuja declividade eram superiores a 60%, não sendo adequadas para a prática de

irrigação por gravidade; retirou-se também as áreas de solo cujas cotas são superiores a 673 metros, correspondente a cota mais alta da drenagem. A subtração destas áreas consideradas não aptas para o programa de irrigação, foram realizadas através da sobreposição dos PIs DECLIVIDADE, VEGETAÇÃO e HIDROCOTAS, obedecendo a regras específicas. A área restante, considerada adequada para a prática de irrigação por gravidade, é apresentada na figura 5.16.

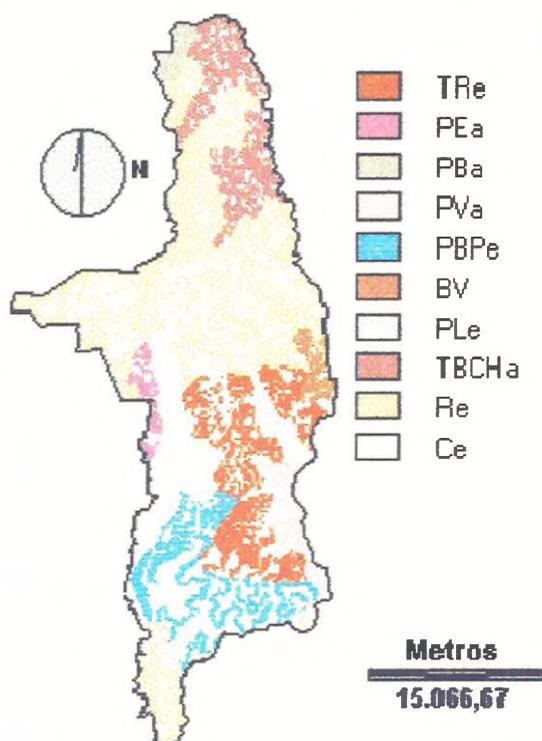


FIG. 5.16 - Mapa das áreas aptas para desenvolver projetos de irrigação por gravidade no município de Santa Cruz do Sul

O mapa da FIGURA 5.16 apresenta, na ordem decrescente de aptidão, as áreas com geomorfologias adequadas para que se possa implantar projetos de irrigação que utilizem a gravidade como fonte motriz de transporte da água, desde o reservatório até o local do cultivo. A TABELA 5.21 apresenta as áreas capacitadas para o programa de irrigação que compõem cada classe de solo existente no município.

TABELA 5.21 - Áreas dos solos aptos para irrigação por gravidade em Santa Cruz do Sul

CLASSE	ÁREA (km ²)
TRe	71,61
PEa	7,86
PBa	8,17
PVa	19,34
PBP _e	49,01
BV	11,65
PL _e	11,75
TBCH _a	59,64
Re	240,49
Ce	32,93
TOTAL	512,45

Da tabela acima pode-se observar que 64% da área do município apresenta condições favoráveis para desenvolver projetos de irrigação por gravidade. Dentre as classes existentes, as glebas das Terras Roxas Estruturadas eutróficas (TRe), correspondendo a 9% dos solos aptos no universo do município, são as que melhores condições oferecem devido ao conjunto de fatores favoráveis como: ausência de pedregosidade, solos chernozêmicos com textura argilosa e relevo suavemente ondulado para ondulado.

Contudo, as maiores áreas com possibilidade de receber semelhante programa de irrigação, como as glebas dos Litólicos eutróficos (Re) e dos Cambissolos eutróficos (Ce), perfazendo um total de 34% do universo do município, são solos que oferecem

sérias restrições como: presença de pedregosidades exigindo uma limpeza e catação iniciais e alguns locais com afloramentos de rochas; solos pobres com pouca matéria orgânica, com relevo acidentado e, no caso dos Cambissolos, excessiva umidade.

5.4.6 - Determinação das distâncias e cálculo de custos

A determinação da distância existente entre a área selecionada e o ponto de captação de água que fique em uma cota superior, pode ser dada pela associação dos dos PIs HIDROCOT (malha hidrográfica contendo a informação das cotas) com SOLOCOTA (solos contendo a informação das cotas). Estes dois planos de informações associados permitem ao usuário investigar a menor distância do pixel desejado ao curso de água de montante, através do qual se define o custo de implantação do programa.

Associado ao modelo numérico do terreno se gera o mapa altimétrico das drenagens através da sobreposição do PI RIOS com o PI MNT. O novo PI originado,

HIDROCOT desta sobreposição fornecerá a relação entre a cota da área do solo analisado e as cotas dos rios que a cercam. O mapa dos rios do município que contém as informações das altitudes é mostrado na FIGURA 5.17.

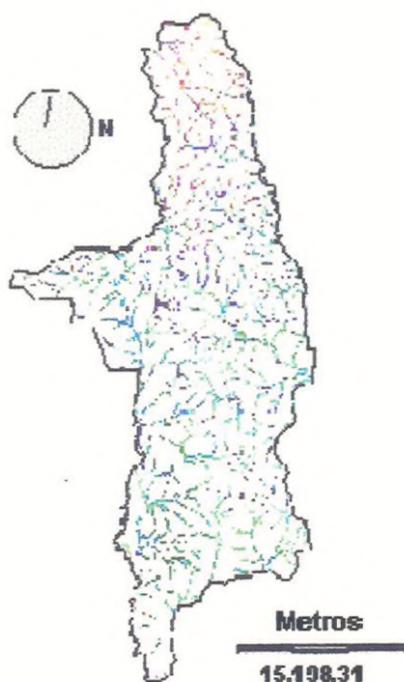


FIG. 5.17 - Mapa da hidrografia do município contendo a informação das cotas.

Sobreposto ao modelo numérico do terreno o mapa dos solos, se obtém o PI SOLOCOTA, o qual apresenta os solos aptos para desenvolver os projetos de irrigação com a correspondente cota em que se encontra. Quando o usuário aponta, via mouser, uma área de interesse, é possível ao programador determinar o curso de água mais próximo e que se situe numa cota superior, visto que ambos os PIs estão georeferenciados, calculando as distâncias entre os dois pixels. A FIGURA 5.18 apresenta o mapeamento do PI SOLOCOTA.

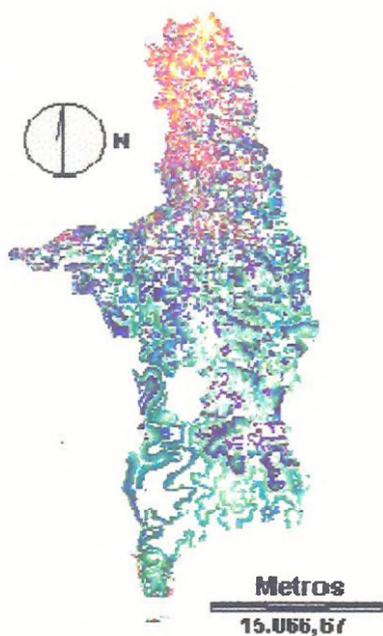


FIG. 5.18 Mapa dos solos aptos para irrigação por gravidade associados à respectiva cota.

A associação destes Pis, realizada através de uma regra correspondente, pode gerar uma infinidade de informações que relacionam a distância de cada pixel à cota superior da drenagem mais próxima. Como existem 51.245 células sobreviventes, haverá este número de informações de distâncias mínimas.

Ao autor, no entanto, o caminho mais simpático para fornecer estas informações é aquele que inicia com uma área definida, significando a posição em que o usuário pretende investigar a possibilidade de implantar um projeto de irrigação por

gravidade. Identificada a área aproximada nos mapas, pode-se entrar no PI SOLOCOTA, localizar a respectiva coordenada geográfica e extrair a informação da altura no pixel correspondente. Sobrepondo a este PI o layer vetorial dos rios, é possível visualizar os canais que cercam a área do projeto, podendo-se traçar cenários, juntamente com o usuário, sobre o desnível requerido em função da distância existente entre a área do projeto e a drenagem com cotas superiores. As menores distâncias implicam em menores declividades, fazendo com que a decisão do melhor cenário aconteça entre o programador e o usuário ao analisar diferentes possibilidades de distância e custo.

Cabe apresentar um exemplo hipotético que descreve a sequência de utilização destes dados: um fumicultor deseja irrigar sua plantação de 2 ha, empregando o sistema de sulcos, visto que a cultura é realizada em linhas e o sistema é de baixo custo. Após reconhecimento da posição provável no mapa, são identificadas as coordenadas da área (para o exemplo $x_1 = 369191$ e $y_1 = 6702664$), entra-se no programa, identifica-se o pixel correspondente, lendo-se a cota (76 m). Ampliada a imagem, sobrepõe-se o layer dos rios e pode-se analisar as diferentes possibilidades de se estabelecer o ponto de captação no rio mais próximo, cuja cota seja superior a 76 m. O panorama que se apresenta mostra a possibilidade de se captar a água em vários pontos e a diferentes cotas. Os valores mostram que é possível obter cotas desde 79 a 84 m para distâncias que variam desde 554 a 541 m.

A figura 5.19 mostra a área do projeto proposto como exemplo.

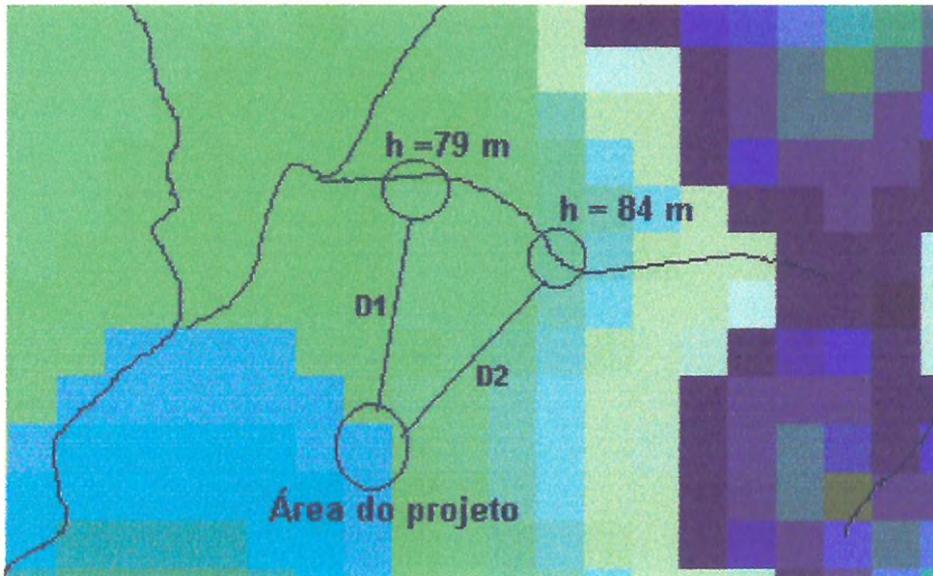


FIG. 5.19 -
Cenários possíveis
para posição e
distância da captação
de água do exemplo
proposto.

O custo de implantação deste projeto está baseado nos valores apresentados na TABELA 5.2 onde a tubulação em PVC apresenta um custo de R\$1,40/m e a caixa de descompressão e o registro terão um custo de R\$ 224,00. O reservatório terá custos muito variados, dependendo da política administrativa local: em Sobradinho a Prefeitura cobre o custo do reservatório; em Santa Cruz a Administração cobra apenas o custo do óleo diesel das horas/trabalho/máquina, correspondendo a R\$ 8,00 a hora. O usuário, porém, pode optar por utilizar apenas a vazão disponível, fazendo só uma pequena taipa de contenção no rio. Neste caso, o custo do usuário será apenas os R\$ 224,00 da câmara de descompressão, R\$ 756,00 correspondente a tubulação em PVC e R\$ 92,00 do registro para controle de vazão, totalizando um custo de R\$ 1.072,00.

A decisão e o custo final só poderão ser determinados após um levantamento local para detectar diversas variáveis intervenientes como presença de benfeitorias, árvores e outros pontos fixos que impeçam a implantação dos tubos utilizando a menor distância.

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Como ocorreu com a apresentação dos resultados, as conclusões e recomendações também serão divididas na parte experimental de campo e na parte do geoprocessamento

6.1 Parte experimental de campo

Ao realizar os trabalhos experimentais de campo foi possível estabelecer o contato com os agricultores que visitaram as áreas demonstrativas. Analisando as dificuldades apresentadas pelos mesmos para a reprodução do projeto desenvolvido nas unidades de demonstração, pode-se concluir que, os maiores problemas são de natureza técnica, financeira e cultural, a saber:

- 1- as pequenas economias rurais, em sua grande maioria, não fazem uso e até desconhecem as técnicas de análise de solo para promover a adubação e a calagem adequada para a cultura desejada;
- 2- as pequenas economias rurais dificilmente fazem uso de técnicas de proteção e conservação do solo, tais como cobertura de inverno, plantio direto e em palhada e preservação das áreas de classe VI e VII. Muitas ainda utilizam o sistema de queima

da resteva, desconhecendo os malefícios que disto lhes advêm;

3- as pequenas economias rurais nas quais se desenvolveram estas duas unidades demonstrativas desconheciam a técnica de irrigação por gravidade e o baixo custo de sua implantação;

4- as pequenas economias rurais convivem com o risco anual de seca, acreditando que a boa ou má colheita é exclusivo benefício ou castigo Divino;

5- muitos dos pequenos produtores adotam ainda as técnicas herdadas de seus ancestrais, apresentando obstáculos às mudanças oferecidas pela tecnologia;

6- grande parte dos pequenos produtores rurais não possuem mais ânimo para trabalhar na terra e vêem seus filhos abandonando o campo no qual, ainda permanecem por não possuírem outro meio de sobrevivência.

As pequenas economias rurais, mantendo-se a atual tradição e cultura, estarão fadadas ao desaparecimento.

Quanto aos resultados obtidos nas áreas experimentais, com a implantação da irrigação por gravidade, pode-se concluir que:

1- o acréscimo de água fornecido às culturas no momento apropriado resultou numa considerável diferença entre a colheita da área irrigada contra a colheita da área testemunho;

2- o custo da implantação do sistema de irrigação por gravidade é baixo, podendo ainda ser realizado de maneira alternativa como condução da água através de canais abertos no solo;

3- a análise econômica demonstra, sem sombra de dúvidas, que o investimento em irrigação por gravidade em pequenas áreas é compensador.

A técnica de irrigação por gravidade nas pequenas áreas que apresentam

declives é uma alternativa viável para diminuir os riscos na lavoura e aumentar a produtividade agrícola.

Devolver a esperança ao desestimulado agricultor representa um trabalho árduo, persistente e demorado, que irá modificar os hábitos e culturas dos chefes destas economias. Fazer entender que a propriedade rural é uma empresa e como tal deve ser gerida de forma economicamente viável é uma necessidade tão imperiosa quanto a de que o chefe da empresa deve oferecer remuneração aos operários desta economia familiar, caso contrário verá seus filhos buscando seu futuro em outras empresas.

Com certeza, uma forma de fornecer conhecimentos aos agricultores, de forma convincente, é promovendo unidades de demonstração onde estes possam ter acesso e acompanhar todas as atividades e variáveis desenvolvidas no programa, incluindo as atividades econômicas, mantendo-se disponível o livro caixa.

Para um experimento de irrigação com baixo custo em investimentos, como é o proposto neste projeto, a variável que se pretende controlar é a disponibilidade de água para atender a demanda da planta. O êxito da proposta está em mostrar o aumento da produtividade na área irrigada em relação à área testemunho. Por isso existe a necessidade de se poder apresentar um protótipo de irrigação de baixo custo, com valores orçados e valores de produtividade.

A produtividade na plantação de feijão obtida, 3.000 kg/ha, é bem superior à média local, situada entre 1.800 a 2.000 kg/ha, porém, ainda está abaixo da média das colheitas dos EEUU e Holanda, que atingem 3.500 a 4.000 Kg/ha.

É possível mostrar que, aplicando-se a associação de técnicas de adubação, calagem, conservação e proteção do solo, somado com a eliminação do risco da seca,

a atividade agrícola na pequena propriedade pode se tornar rentável e adequada aos padrões requeridos de qualidade de vida.

No entanto, recomenda-se que, ao se adotar métodos de irrigação em maior escala, seja em maiores áreas ou em grande número de propriedades, seja levado em consideração as disponibilidades hídricas locais. Neste contexto, o planejamento local deverá ser realizado por micro-bacias hidrográficas, acompanhado sempre do parecer dos órgão gerenciadores das Bacias Hidrográficas. (LANNA, 1993)

No ANEXO E é apresentado o fluxograma das atividades que se desenvolve em uma Unidade Demonstrativa para técnicas de irrigação por gravidade.

6.2 Parte do Geoprocessamento

Os resultados obtidos através do geoprocessamento, fornecendo condições para desenvolver modelos e cenários possíveis com a identificação e proposta inicial de sítios irrigáveis por gravidade, revelaram-se de grande importância para fornecer uma visão panorâmica com vistas ao planejamento de áreas irrigáveis, visando a diminuição de riscos e aumento de produtividade, dentro do quadro regional das disponibilidades hídricas das bacias envolvidas.

O programa favorece a busca dos locais, na medida em que aponta as áreas favoráveis e elimina aquelas que não se aprestam. A facilidade de se obter dados iniciais agiliza o trabalho do técnico ou especialista que terá que ajustar em campo os valores obtidos em laboratório, contornando situações não previstas no programa.

As limitações do programa podem ser definidas basicamente em cima de dois itens: geração da grade regular, a qual, devido ao tamanho da área amostrada, necessitou criar pixel's com tamanho de 100x100 metros, representando cada um uma

área de 1 ha e o interpolador da grade (interpolador de Krieger), recomendado para este tamanho de arquivo e tipo de processo, que faz o ajuste do modelo numérico do terreno. Considerando que a imagem de satélite fornece o pixel com tamanho de 30x30 m, ao ser convertida para a resolução de 100x100 m, muitas informações foram associadas com àquela de maior presença. O interpolador gera, nos extremos da grade, pequenos deslocamentos das curvas que, eventualmente, não se ajustam à drenagem.

Esta limitação surge devido ao tempo decorrente para a máquina processar a grade.

Em atividades futuras em que se intente um processo semelhante, recomenda-se a atividade com áreas menores ou a utilização de equipamentos mais ágeis.

6.3 - Planejamento integrado

Os dados obtidos através do programa fornecem uma visão macro do potencial que o município de Santa Cruz do Sul tem para diminuir o risco de perda de produtividade em decorrência do déficit de precipitação, nas culturas de milho, feijão e fumo, optando por irrigação com baixo custo de investimento.

Considerando que, nas pequenas economias rurais, a distribuição das atividades se dividem em agricultura e pecuária, exigindo esta última uma área maior da propriedade, é correto afirmar que, dos 512,45 Km² identificados pelo programa como aptos para desenvolver projetos de irrigação por gravidade, menos da metade representarão áreas de interesse para implantá-los, em função das atividades de

pecuária e reflorestamento neles existentes.

Neste aspecto, cabe ao poder público municipal difundir e promover o interesse por projetos de irrigação por gravidade junto às comunidades onde os mesmos se manifestaram viáveis, auxiliando no planejamento e construção de açudes que possam beneficiar mais de uma economia rural, no sistema de consórcio ou de consumidor-pagador. Muitos agricultores interessados em irrigar sua propriedade só poderão ter atendida sua demanda por gravidade estando a captação em áreas de outras propriedades. Nestas ocasiões a intervenção do planejador se faz necessária, para propor modalidades de aproveitamentos múltiplos e integrados que venham a beneficiar ambas as partes.

A nível de planejamento da propriedade, havendo o propósito da irrigação por gravidade, deverá haver um direcionamento para a redistribuição das atividades agrícolas com base no aproveitamento do potencial topográfico, dos solos e dos recursos hídricos. Neste setor, a Administração Pública Municipal conta com o grande apoio da EMATER.

O levantamento e interpretação das potencialidades e limitações das glebas de solo existentes em cada município pode servir de forma fundamental para o planejamento integrado entre as pequenas propriedades. Grupos de famílias, associações ou cooperativas, com base nestes levantamentos, podem selecionar atividades e culturas mais adequadas e que melhor utilizem o solo localmente disponível, contribuindo para uma melhora na produtividade e preservação do solo.

Explorando melhor a capacidade do solo, especificamente evitando atividades agrícolas e de pecuária limitantes da gleba do solo, haverá uma maior distribuição espacial das culturas com menor diversificação local, favorecendo o surgimento de

agroindústrias especializadas em aproveitamento da produção da matéria prima concentrada no local. As atividades baseadas no potencial do solo evitariam também a proliferação da monocultura, visto que as diferentes glebas de solos se mesclam e se diversificam com grande intensidade, exigindo constantes variações em atividades de agricultura e pecuária.

Assim, como a atividade hortigrangeira que se desenvolve em Santa Cruz do Sul, aproveitando um micro-clima localizado em uma pequena região, fazendo surgir uma atividade promissora e cooperativada, gerida pelos próprios produtores e organizada pela Secretaria da Agricultura deste Município, é bem possível que possam surgir outras atividades agroindustriais de conservas que explorem cultivares adequadas aos potenciais locais de solo e clima e que sejam solicitados pelo mercado. No momento, a agregação das pequenas comunidades em torno de interesses comuns, é o que está mantendo viva a idéia de economia familiar rural bem sucedida.

Isto só pode ocorrer onde existe uma liderança com visão global e interesse local. Este é o sentido do planejamento integrado.

Como sugestão final, o autor pode apresentar uma situação típica de projeto que se adequa à realidade local: certa indústria de suco de laranja de Bento Gonçalves importa de São Paulo, mensalmente, toneladas de frutos "in natura", por não encontrar este produto no Rio Grande do Sul. O gerente desta indústria garante que a produção gaúcha é de melhor qualidade por ser mais ácida, o que garante a maior procura no Estado. Porém, como a oferta é pequena, é necessário buscar em outro estado, com maiores custos e menor qualidade.

Neste exemplo, basta um administrador com visão mais global para perceber que os solos de Santa Cruz do Sul apresentam potencial em acidez e clima, podendo

realizar um projeto para aproveitar a enormidade de solos litólicos eutróficos presentes no município, os quais pouco se prestam às culturas sazonais, aproveitando suas qualidades para culturas perenes, oferecendo uma opção aos minifundiários para uma nova fonte de renda. Existem variedades deste fruto que permitem colheitas em várias épocas do ano. O sistema de coleta pode ser realizado da mesma forma como é realizada a coleta do leite nas diferentes propriedades. Com o tempo, pode-se perceber que uma agroindústria de esmagamento da laranja para produzir o suco, beneficiamento da casca para extração de óleos e industrialização do bagaço como ração animal, tornará o projeto mais rentável, podendo ser desenvolvido em sistema de consórcio ou cooperativa para explorar este filão do mercado.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL DEVELOPMENT MANAGEMENT. Training course TVA-Office Agricultural and chemical development. Alabama, USA, 1987. Agricultural Institut, Muscle Schoals, 136 p.

BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, MG: Imp. Univ. Fed. de Viçosa, 1982.

BRASIL, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Ministério da Agricultura, Programa Nacional de Irrigação-Ministério de Irrigação. Diagnóstico e prioridades de pesquisa em agricultura irrigada na Região Sul. EMBRAPA-DEP, Brasília, 1988. 208 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura-Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. Boletim Técnico 431:30.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1958. C.N.E.P.A.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Levantamento de reconhecimento dos solos do

Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, 1960. C.N.E.P.A.

BRASIL, Secretaria de Planejamento da Presidência da República - IBGE - Levantamento dos Recursos Naturais. Pedologia. Rio de Janeiro, 1986. Volume 33, pp. 405-540.

BRISTOTI, A. ET AL. Planejamento para o desenvolvimento sustentado - PLAMUDES. Projeto encaminhado à Fund. B.B. 1993.

BUOL, S.W.; McCracken, R.J.; HOLE, F.D. Soil genesis and classification. Ames, 1973. The Iowa State University Press.

CAMPANA, N. A. 1992. Estimativa de parâmetros físicos de bacias utilizando técnicas de sensoriamento remoto e o sistema de informações geográficas. Porto Alegre: URGs - Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. 88 f. Dissert. de Mestr. em Engenharia Civil.

CAUDURO, F. A., DORFMAN, R. Manual de ensaios de laboratório para irrigação e drenagem. Porto Alegre: Palloti, 1987 s.d. 216p.

CROSSON, P.R. e ROSENBERG, J.N. Strategies for agriculture in scientific American. Alabama, USA 1989. Agricultural Institut, Muscle Schoals pp. 78-85

DORFMAN, R. Hidrologia agrícola problemas e soluções. Porto Alegre: Ed. Univ. do

RGS, 1989. 198p.

DUTRA, Olivio. Qual o futuro da agricultura familiar? Gazeta do Sul, Santa Cruz do Sul.
Opinião. 22/04/98

ENGESPAÇO. Sistema geográfico de informação. Manual do Usuário, versão 2.0.
Brasília. 1988.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL-Secretaria da Agricultura. Observações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1979. Instituto de Pesquisas Agronômicas, Boletim Técnico nº 3, 269 p.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL- Assembléia Legislativa. A conservação do solo e o futuro da Agricultura no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1975. 34 p.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL-Coordenadoria Estadual de Planejamento Agrícola Secretaria da Agricultura. Zoneamento Agrícola. Porto Alegre, 1978. 299 p.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL-Fundação de Economia e Estatística. Resumo estatístico municipal, RS, 1987 a 1990. FEE, Porto Alegre. 1992.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. São Paulo, E.P.U. Ed. da Universidade de São Paulo.1988. 186 pp.

ETGES, V. E. Sujeição e resistência: os camponeses gaúchos e a indústria do fumo.

Ed. Da FISC, Santa Cruz do Sul. 1991. 209 p.

GANEM, Nadir. 1987. A irrigação e a lei. Brasília, Editerra Editorial Ltda. 173 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapa exploratório de solos. Sec. De Plan. Da Pres. Da Rep. Levantamento de Recursos naturais. Vol. 33, Rio de Janeiro. 1986. 845 p

INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION. Sustainable agricultural systems for the twenty-first century. Paris, 1992. IFA, 16 p.

KLEIN, M. A. Integração de imagens TM e aerogeofísicas para análise lito-estrutural de uma porção da zona de cisalhamento transcorrente dorsal de Canguçu, região de Quitéria - várzea do Capivarita, RS. UFRGS, Porto Alegre. 1998. Diss. Mest. Sens. Rem.

KLINGEBIEL, A.A. Montgomery, P.H. Land capability classification. Washington, 1961. Agriculture Handbook, USDA, 21 p.

LANNA, A. E. Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Bacias Hidrográficas (SAGBAH). Porto Alegre, 1991. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Apostilas.

LANNA, A. E. Gerenciamento da bacia hidrográfica. Conceito, Princípios e Aplicações

no Brasil. Porto Alegre, 1993. UFRGS-IPH. Rec. Hidr. Pub. 29

LEMOS, R.C. et alii. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Primeira etapa, Planalto Riograndense. Pesquisa Agropecuária Brasileira.2:71- 209, Rio de Janeiro, 1967.

LEIFHEIT, O. J. Introdução ao estudo do meio ambiente em Santa Cruz do Sul Ed. Movimento, Porto Alegre. 1978. 49 p.

LEPSCH, J.F. et alii. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, 1983. Soc. Bras. Ci. Solo, 175 p.

MAKING INFORMATION ACCESSIBLE. In Spurgeon, D. (ed) Give us the tools-Science and technology for development. Ottawa, Canadá, 1979. IDRC, pp 161-174.

MARCANTONIO, G. et al. Solos e irrigação. Porto Alegre: Federacite, 1992

PEREIRA, A. B. Aprendendo Ecologia através da educação ambiental . Porto Alegre, Sagra: DC Luzzatto. 1993, 94 p.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1981. 542p.

RAIJ. B. V. Avaliação da fertilidade do solo. São Paulo: EDUSP, 1981. 142p.

RISSO, A., CHEVALLIER, P. Uso de um modelo numérico a obtenção dos parâmetros topográficos da equação universal de perda de solo modificada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 9., 1991, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ABRH/APRH. 4v. v.1, p. 487-496.

RISSO, A. Uso de técnicas de geoprocessamento da obtenção e manipulação dos parâmetros da MUSLE. Porto Alegre: UFRGS. 1993. Diss. Mestr. Engenharia Civil.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.G.; BEEH, H.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Brasília, 1979. EMBRAPA, SNLCS 70 p.

REVISTA GLOBO RURAL. A vida de volta a terra. São Paulo: Globo, n 69, jul 1991 p. 59 - 69.

SCHNEIDER, P.; STAMMEL, J.G.; KLAMT, E. Capacidade de uso das terras. Porto Alegre 1993. Departamento de solos-UFRGS, 5 p. Mimeografado.

SOIL SURVEY STAFF. Soil Survey Manual. U.S. 1951. Deptº Agricul. Handbook nº 18.

STRAHLER, A. A. 1975. Quantitative analysis of watershed geomorfology. Washington: Transaction American Geophysical Union. 980 p.

TUCCI, C. E. M. (organizador). Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre, 1993. Ed. da Universidade; ABRH EDUSP. 943 pp.

UNIÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA - UICN. Cuidando do Planeta Terra; uma estratégia para o futuro da vida. São Paulo, 1991. 125 p.

UNIVERSITY OF WISCONSIN-EXTENSION. The statewide plan for extension programs in the University of Wisconsin system. Madison, 1988. 31 p.

WINTER, E. G. A água, o solo e a planta. São Paulo, EDUSP. Ed. da Universidade de São Paulo, 1976. 170 pp.

WITHERS, B.& VIPOND, S. Irrigação projeto e prática. São Paulo: Ed. Univ. de São Paulo, 1977. 339p.

ZIMMERMANN, M. J. De O. ET AL. 1988. Cultura do Feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Ed. Gráfica Nagy, São Paulo. 589 p.

**ANEXO A - Laudos da análise da água do açude e do solo da área
experimental da safra 94/95**

LABORATÓRIO DE ANÁLISES

L A U D O D E A N Á L I S E D E Á G U A

Registro .: 1052
Nome: TERCISO CEREJA
Município : SOBRADINHO
UF: RS
Localidade: -
Descrição : 01/AGUA DE IRRIGACAO

Data Recebimento: 05/11/93
Data Expedição .: 05/11/93

DETERMINAÇÕES:

Alcalinidade Total ...	ND mg/l	Nitritos	ND mg/l
Alcalinidade Parcial..	ND mg/l	Nitrogênio Total	ND mg/l
Alcalinidade Hidroxida	ND mg/l	Nitrogênio Amoniacal.	ND mg/l
Cloretos	ND mg/l	Nitrogênio Orgânico..	ND mg/l
Condutividade	ND mS/cm	OD	ND mg/l
Coliformes Totais	ND NMP/100ml	pH	ND
Cromo Total	ND mg/l	Sulfetos	ND mg/l
DBO5	ND mg/l	Sulfitos	ND mg/l
DQO	ND mg/l	Sólidos Totais	ND mg/l
Dureza	ND mg/l	Sólidos Sedimentáveis	ND mg/l
Fosfatos	ND mg/l	Surfactantes	ND mg/l
Fósforo Total	ND mg/l	Temperatura do ar ...	ND °C
Gorduras soluv. Hexano	ND mg/l	Temperatura da água..	ND °C
Nitratos	ND mg/l	Turbidez	ND mg/l
		Salinidade	0 %

OBSERVAÇÕES: 1) Os resultados contidos neste documento têm significado restrito e se aplicam exclusivamente à amostra ensaiada.

2) ND = não determinado.



Luciana Knak
Coord. Laboratórios
Reg. CRQ 05100672



Alcido Kirst
Resp. Técnico
Reg. CRQ 05100435



UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

MANTIDA PELA ASSOCIAÇÃO PRÓ ENSINO EM SANTA CRUZ DO SUL - APESC

LABORATÓRIO ANÁLISES DE SOLOS

Rua Coronel Oscar Jost, 1551 - Fone (051) 713-1011

96815-010 - Santa Cruz do Sul - RS

LAUDO DE ANÁLISE DE SOLO

NOME: TARCISO CERETA
 MUNICÍPIO: SOBRADINHO
 ESTADO: LINHA SAO PEDRO
 LOCALIDADE:

DATA DO RECEBIMENTO: 05/11/93
 DATA DA EXPEDIÇÃO: 11/11/93

NUM.	REGISTRO	ARGILA %	CLASSE	pH	ÍNDICE SMP	P ppm	K ppm	M.O. %	Al me/dl	Ca me/dl	Mg me/dl
1	1429	37	3	5.2	5.5	8.2	>200	3.7	0.5	7.1	2.6

(Unidades: μ g/ml = ppm (peso/volume); me/dl = miliequivalentes/100ml; CTC a pH 7

NUM.	CTC me/dl	H + Al me/dl	% SAT. da CTC		RELAÇÕES			SUGESTÃO DE CALAGEM (t-ha) PARA PRNT			
			BASES	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	100	85	70	55
1	13.1	2.9	78.0	3.8	2.73	13.81	5.06	3.1	3.7	4.4	5.7

Necessidade de calcário para atingir pH 5.5 calculada pela média dos métodos SMP e Al+MO. Sugestão válida no caso de não ter sido feita calagem integral nos últimos 3 anos.

NUM.	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	B ppm	Mn ppm	Fe %	Cl ppm	OUTRAS			
1	---	---	---	---	7	---	---				

CONSULTE UM ENGENHEIRO AGRÔNOMO PARA OBTER AS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

NUM.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
1	01

Miost
 Alcido Kirst
 Bacharel em Química
 Reg. CRQ 05100435

ANEXO B - Laudo da análise da água do açude da área experimental da safra

95/96

L A U D O D E A N Á L I S E D E Á G U A

Registro .: 3072
Nome: GILBERTO JOSE MAYER
Município : SOBRADINHO
UF: RS
Localidade: -
Descrição : AÇUDE
Responsável pela coleta: Solicitante

Data Recebimento: 05/09/95
Data Expedição .: 30/10/95

DETERMINAÇÕES:

Alcalinidade Total..	1,9 mg/L
Alcalinidade Parcial	0,0 mg/L
Condutividade	0,033 mS/cm
Sólidos Totais	1280 mg/L
Salinidade	0,0 %
Sódio	ND mg/L
Magnésio	0,3 mg/L
Cálcio	1,65 mg/L

OBSERVAÇÃO: Os resultados contidos neste documento têm significado restrito e se aplicam exclusivamente à amostra ensaiada.

Mirst
Alcido Kirst
Resp. Técnico
Reg. CRQ 05100435

**ANEXO C - Laudos das análises das seis amostras de solo da área
experimental da safra 95/96**



UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

MANTIDA PELA ASSOCIAÇÃO PRÓ ENSINO EM SANTA CRUZ DO SUL - APE
 LABORATÓRIO ANÁLISES DE SOLOS
 Rua Coronel Oscar Jost, 1551 - Fone (051) 713-1011
 96815-010 - Santa Cruz do Sul - RS

**RECOMENDADO
 PELO PROGRAMA DE
 CONTROLE DE
 QUALIDADE
 ROLAS / NRS / SBOS
 validade: 1995**

LAUDO DE ANÁLISE DE SOLO

DOMÉ: GILBERTO JOSE MAYER
 MUNICÍPIO: SANTA CRUZ DO SUL
 ESTADO: RS
 LOCALIDADE: RUA MARCILIO DIAS

DATA DO RECEBIMENTO: 16/06/95
 DATA DA EXPEDIÇÃO: 28/06/95

NUM.	REGISTRO	ARGILA %	CLASSE	pH	ÍNDICE SMP	P ppm	K ppm	M.O. %	Al me/dl	Ca me/dl	Mg me/dl
1	9572	31	3	5,3	5,4	7	>150 ²⁷⁶	3,4	0,9	5,6	2,7
2	9573	30	3	5,1	5,1	5	118	3,1	1,7	4,4	1,3
3	9574	28	3	5,0	5,4	4	92	3,3	2,5	4,3	0,8
4	9575	24	4	5,1	5,3	16	>150 ²¹⁸	3,1	1,5	4,6	0,8
5	9576	24	4	5,0	5,5	11	>150 ¹³²	3,2	1,5	4,2	0,8

(Unidades: μ g/ml = ppm (peso/volume); me/dl = miliequivalentes/100ml; CTC a pH 7

NUM.	CTC me/dl	H + Al me/dl	% SAT. da CTC		RELAÇÕES			SUGESTÃO DE CALAGEM (t-ha) PARA PRNT			
			BASES	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	100	85	70	55
1	11,9	3,2	73,3	7,6%	2,07	14,50	6,99	----	----	----	----
2	10,2	4,2	58,6	16,6	3,38	14,58	4,31	----	----	----	----
3	8,5	3,2	62,8	29,4	5,37	18,28	3,40	----	----	----	----
4	9,3	3,5	62,2	16,1	5,75	11,91	2,07	----	----	----	----
5	8,3	2,9	65,2	18,1	5,25	10,88	2,07	----	----	----	----

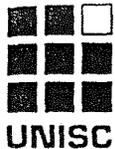
Necessidade de calcário para atingir pH calculada pela média dos métodos SMP e Al+MO. Sugestão válida no caso de não ter sido feita calagem integral nos últimos 3 anos.

NUM.	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	B ppm	Mn ppm	Fe %	Cl ppm	OUTRAS
1	17,9	5,3	0,9	0,4	2	0,25	17	
2	14,4	1,9	1,1	0,3	1	0,20	22	
3	11,7	1,7	1,0	0,3	2	0,23	16	
4	15,1	2,4	1,1	0,3	7	0,33	13	
5	15,1	2,3	1,0	0,3	7	0,34	21	

CONSULTE UM ENGENHEIRO AGRÔNOMO PARA OBTER AS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

NUM.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
1	01 - CERRO 1 CAMADA (0-5)
2	02 - CERRO 2 CAMADA (5-10)
3	03 - CERRO 3 CAMADA (10-20)
4	04 - VARZEA 1 CAMADA (0-5)
5	05 - VARZEA 2 CAMADA (5-10)

Miest
 Alcido Kirst
 Bacharel em Química
 Reg. CRQ 05100435



UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

MANTIDA PELA ASSOCIAÇÃO PRÓ ENSINO EM SANTA CRUZ DO SUL - APEE

LABORATÓRIO ANÁLISES DE SOLOS

Rua Coronel Oscar Jost, 1551 - Fone (051) 713-1011

96815-010 - Santa Cruz do Sul - RS

RECOMENDADO
PELO PROGRAMA DE
CONTROLE DE
QUALIDADE
ROLAS / NRS / SBCS
validade: 1995

LAUDO DE ANÁLISE DE SOLO

NOME: GILBERTO JOSE MAYER
MUNICÍPIO: SANTA CRUZ DO SUL
ESTADO: RS
LOCALIDADE: RUA MARCILIO DIAS

DATA DO RECEBIMENTO: 16/06/95
DATA DA EXPEDIÇÃO: 28/06/95

NUM.	REGISTRO	ARGILA %	CLASSE	pH	ÍNDICE SMP	P ppm	K ppm	M.O. %	Al me/dl	Ca me/dl	Mg me/dl
1	9577	25	4	4,8	5,1	7	115	2,7	1,5	3,6	0,7

(Unidades: μ g/ml = ppm (peso/volume); me/dl = miliequivalentes/100ml; CTC a pH 7

NUM.	CTC me/dl	H + Al me/dl	% SAT. da CTC		RELAÇÕES			SUGESTÃO DE CALAGEM (t-ha) PARA PRNT			
			BASES	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	100	85	70	55
1	8,9	4,2	51,9	16,9	5,14	12,24	2,38	---	---	---	---

Necessidade de calcário para atingir pH calculada pela média dos métodos SMP e Al+MO. Sugestão válida no caso de não ter sido feita calagem integral nos últimos 3 anos.

NUM.	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	B ppm	Mn ppm	Fe %	Cl ppm	OUTRAS			
1	15,1	2,7	1,1	0,2	7	0,36	22				

CONSULTE UM ENGENHEIRO AGRÔNOMO PARA OBTER AS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

NUM.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
1	06 - VARZEA 3 CAMADA(10-20)

Kirst
Alcido Kirst
Bacharel em Química
Reg. CRQ 05100435

ANEXO D - Características dos solos do Município de Santa Cruz do Sul

Solos Litólicos eutróficos, Re 13 e 21

Re 13 - Solos Litólicos eutróficos e distróficos no horizonte A, com moderada textura arenosa e média arenosa, provenientes de arenitos, tendo relevo fortemente ondulado e ondulado. Apresenta em solo subdominante afloramentos de rocha. Re 21 - Associação Complexa de Solos Litólicos eutróficos no horizonte A chernozêmico e moderada textura média de basalto cascalhento com Cambissolo eutrófico, tendo argila de atividades alta, baixa e moderada. Ainda no horizonte A chernozêmico, existem solos com textura argilosa e média em ambas as fases, com superfície pedregosa. Existem solos subdominantes do tipo Brunizém Avermelhado com textura média no horizonte A sobre textura argilosa no horizonte B. Também se encontra a textura argilosa em fase pedregosa em solo subdominante de Terra Roxa Estruturada eutrófica no horizonte A chernozêmico moderado e textura muito argilosa, em relevo fortemente ondulado e montanhoso.(IBGE, 1986).

Predomina nesta gleba de terra solos rasos (2 a 40 cm),com acentuada pedregosidade superficial e interna, que ocorre em relevo fortemente ondulado e montanhoso (declives fortes e muito fortes de 45 a 75 %), tem textura argilosa e média e é moderadamente drenado. A fertilidade natural é média, com baixa acidez mas com deficiência de fósforo pronunciada. Associam-se a este solo pequenas áreas com solos mais profundos (de até 120 cm) nos relevos menos acentuados. Estes solos mesmo com pouca extensão territorial assumem importância nesta gleba, devido a sua aptidão para uma agricultura mais intensiva.

As limitações ao uso agrícola deste solo são listadas nos seguintes itens:

- a) **Fertilidade natural:** ligeira - apesar da riqueza em Ca, Mg e K e baixo teor de Al trocável, é forte a deficiência em fósforo.
- b) **Erosão:** forte - são muito suscetíveis à erosão principalmente devido ao relevo.
- c) **Falta de água:** forte - devido a predominância de solos rasos apesar da boa capacidade de retenção de águas dos mesmos.
- d) **Falta de ar:** nula - são solos porosos em relevo acentuado.
- e) **Uso de implementos agrícolas:** muito fortes - por serem solos rasos com acentuada pedregosidade e em relevo fortemente ondulado e montanhoso. Nas áreas mais profundas o problema permanece devido a pedregosidade superficial e interna.

O *potencial agrícola* desta gleba é avaliado com base no permitido através das limitações deste solo. As principais limitações são a pouca profundidade do solo, a suscetibilidade à erosão e a limitação ao uso de implementos agrícolas. A fertilidade do solo não constitui problema maior por ser baixa a acidez e a deficiência maior ser somente o fósforo. A lavoura com base em culturas anuais fica limitada a áreas pequenas, de relevo menos acentuado (patamares e várzeas) com utilização de implementos manuais e tração animal devido a pedregosidade. As práticas conservacionistas são imprescindíveis. A utilização racional desta gleba deve ser baseada principalmente em cultivos permanentes como pastagens perenes de ciclo estival, fruticultura e silvicultura. A produção animal intensiva como suinocultura, avicultura e gado leiteiro não é recomendada para grande escala devido a pequena disponibilidade de áreas aptas para receberem dejetos decorrentes destes criatórios. A gleba tolera somente pequenas criações.

Terra Roxa Estruturada eutrófica, TRe 5

Tre 5 - Terra Roxa Estruturada eutrófica no horizonte A moderado e chernozóico com textura muito argilosa, tendo em solo subdominante as Terras Roxas Estruturadas Latossólicas distróficas também no horizonte A moderado, com textura muito argilosa e relevo suavemente ondulado e ondulado.(IBGE, 1986).

Esta unidade de mapeamento é constituída predominantemente por solos com o horizonte superficial e subsuperficial de textura muito argilosa, normalmente com baixo a médio teor de matéria orgânica e ocorrem quase sempre em relevo suavemente ondulado e ondulado. As argilas são de atividade baixa. São solos profundos, bem drenados, com boas propriedades físicas. O pH é ácido, com baixo teor de Al trocável. É freqüente a inclusão de solos rasos, cuja camada superficial é rica em matéria orgânica e baixa em Al trocável.

As limitações ao uso agrícola deste solo são listadas nos seguintes itens:

- a) **Fertilidade natural:** ligeira - a fertilidade natural é relativamente boa, porém com deficiência acentuada em P. A acidez é moderada com baixo teor de Al trocável.
- b) **Erosão:** ligeira a moderada - os solos ocorrem em relevos suavemente ondulados a ondulados.
- c) **Falta de água:** moderada - a capacidade de armazenamento de água é satisfatória devido a textura argilosa e teor de matéria orgânica médio. Períodos longos de estiagem podem afetar substancialmente a produção.
- d) **Falta de ar:** nula - são solos profundos e bem drenados.
- d) **Uso de implementos agrícolas:** ligeira - na maior parte da área pode ser utilizada a mecanização sem maiores problemas, dificultada apenas pela inclusão de solos rasos.

O *potencial agrícola* desta gleba de terra, em sua maior parte, permite culturas anuais como trigo, soja, milho e outras, observadas as práticas conservacionistas adequadas. No que tange à pecuária, é possível praticar a pecuária de corte ou leite, suinocultura e avicultura sem restrições.

Brunizém Avermelhado, BV 1

BV 1 - Brunizém Avermelhado apresenta textura argilosa em relevo plano e suavemente ondulado, tendo como solo subdominante o Cambissolo eutrófico com argila de atividade alta gleico no horizonte A chermozóico e moderada textura argilosa em relevos planos. (IBGE, 1986).

Esta unidade de mapeamento compreende primeiramente um solo mineral com horizonte superficial e subsuperficial argiloso. A profundidade normalmente é superior a 1,30 m e ocorre em relevo plano e suavemente ondulada. A fertilidade natural (com excessão ao P) é relativamente alta ao longo do perfil. Associa-se ao primeiro, um solo profundo com camada superficial mais ou menos rica em matéria orgânica, com textura argilosa, ocorrendo somente em relevo plano. Predominam argilas expansivas e podem ocorrer áreas imperfeitamente drenadas, com forte influência do lençol freático, mantendo a saturação com água durante boa parte do ano.

As limitações ao uso agrícola deste solo são listadas nos seguintes itens:

- a) **Fertilidade natural** : ligeira - a fertilidade natural é relativamente boa porém com acentuada deficiência de fósforo. A acidez é baixa, sendo praticamente ausente o Al trocável.
- b) **Erosão** : praticamente nula - os solos ocorrem em relevo plano e eventualmente em suavemente ondulado.

c) **Falta de água** : ligeira a moderada - solos com boa capacidade de retenção de água.

d) **Falta de ar** : ligeira - com exceção de algumas áreas reduzidas com drenagem deficiente, os solos são geralmente profundos e porosos.

e) **Uso de implementos agrícolas** : ligeira a moderada - as limitações ocorrem somente nos períodos chuvosos devido ao excesso de umidade.

O *potencial agrícola* desta gleba é alto mas que pode ser influenciado negativamente por eventuais enchentes provocando inundações temporárias. Os efeitos prejudiciais das enchentes pode ser atenuado com a reconstituição das matas ciliares ao longo dos cursos de água. Não há restrições ao uso da terra com culturas anuais devido ao relevo plano e drenagem normalmente adequada. Estes solos, sempre que possível, devem ser utilizados intensivamente.

Planossolo Eutrófico, PLe 2

Ple 2. Planossolo eutrófico com argila de atividade alta no horizonte A moderado, apresentando textura arenosa média entre os horizontes A e B e textura argilosa média no horizonte A sobre o horizonte B, tendo como solo subdominante o Glei Pouco Húmico eutrófico com argila de atividade alta no horizonte A moderado e textura média e argilosa nos relevos planos. (IBGE, 1986).

Esta gleba é constituída em sua quase totalidade de solo medianamente profundo (± 70 cm). O horizonte superficial tem textura média, é pouco espesso, com baixo teor de matéria orgânica, de reação ácida, com razoáveis teores de bases, porém muito deficientes em fósforo. O horizonte subsuperficial é argiloso, tornando a unidade imperfeitamente drenada. Na mesma gleba ocorre solo hidromórfico que localiza-se

nas depressões. O relevo é plano.

As limitações ao uso agrícola deste solo são listadas nos seguintes itens:

- a) **Fertilidade natural:** moderada - o problema maior é a baixa disponibilidade de fósforo e baixo teor de matéria orgânica.
- b) **Erosão:** nula a ligeira - nos pequenos declives é possível a ação erosiva devido a diferença textural entre os horizontes superficial e subsuperficial.
- c) **Falta de ar:** moderada - são solos imperfeitamente drenados, já pesado e plástico à pequenas profundidades.
- d) **Uso de implementos agrícolas:** moderada - sendo solos mal drenados o uso de implementos agrícolas fica restrito a períodos em que o solo apresenta umidade adequada.

O *potencial agrícola* desta gleba é avaliado com base no permitido através das limitações deste solo. Sendo a gleba constituída de solos mal drenados com presença apreciável de argilas expansivas é esta condição a principal restrição a um maior número de alternativas de uso. As culturas do seco (ex: milho, soja), só terão boa possibilidade de cultivo com baixo risco quando estabelecidas em áreas natural ou artificialmente drenadas. As principais vocações desta gleba são o cultivo de arroz irrigado, quando existir disponibilidade adequada de água e a pecuária bovina extensiva e semi-extensiva (com restrições), preferencialmente em rotação com a cultura do arroz.

Podzólico Vermelho Escuro álico, PEa 9

Pea 9 - Podzólico Vermelho-Escuro álico distrófico e abrupto no horizonte A moderado, tendo textura arenosa no horizonte A sobre uma textura argilosa do

horizonte B, tendo como solo subdominante o Podzólico Vermelho-Amarelo álico que apresenta argila de atividade baixa no horizonte A moderado com textura arenosa no horizonte A sobre média arenosa no horizonte B, tendo relevo ondulado. Outro solo subdominante é Solo Litólico eutrófico e distrófico existindo no horizonte A chernozêmico e com moderada textura média de fase pedregosa em basalto e arenito. O relevo é ondulado e fortemente ondulado. (IBGE, 1986).

Predominam nesta gleba de terra solos relativamente profundos (150 a 200 cm), bem drenados e com relevo normalmente ondulado (declives acentuados de 8 a 20 %). A camada superficial é quase sempre de textura arenosa e pouco espessa e que está apoiada sobre uma camada superficial argilosa. Quando esta transição é brusca entre a textura das camadas, traz normalmente como consequência uma aceleração no processo erosivo (deslizamento) principalmente quando estes solos são submetidos a cultivo intenso, facilitando desta maneira a formação de sulcos profundos e até vossorocas. São ácidos com elevados teores de Al trocável e baixos teores de fósforo e matéria orgânica. Ocorrem associados à área acima caracterizada, pequenas áreas com solos rasos e afloramento de rochas.

As limitações ao uso agrícola deste solo são listadas nos seguintes itens:

- a) **Fertilidade natural** : baixa - acidez excessiva , baixo teor de matéria orgânica e baixa capacidade de troca de cátions.
- b) **Erosão** : forte - o relevo ondulado e textura arenosa da camada superficial tornam estes solos muito suscetíveis à erosão.
- c) **Falta de água** : ligeira - baixa capacidade de retenção de água devido a textura arenosa e baixo teor de matéria orgânica na camada superficial.
- d) **Falta de ar** : nula - solos bem drenados.

e) **Uso de implementos agrícolas** : moderada - são solos que apresentam alguma restrição ao seu uso devido em partes, ao relevo acentuado que ocupam na paisagem e a ocorrência de solos raso e afloramento de rochas.

O *potencial agrícola* desta gleba é avaliado com base no permitido através das limitações deste solo. As principais limitações são a baixa fertilidade natural e suscetibilidade à erosão. A fertilidade do solo deverá ser corrigida pela redução da acidez, através da calagem. As deficiências ligadas a nutrição vegetal devem ser corrigidas com adubos industrializados e esterco, quando este for disponível. O controle da erosão deve ser efetuado através de práticas conservacionistas intensivas. Corrigidas as deficiências, estes solos apresentam possibilidades de cultivo da maioria das culturas economicamente importantes no RS. As áreas mais acidentadas devem ser destinadas somente para cultivos permanentes como fruticultura, silvicultura e pastagens perenes de ciclo estival. Esta gleba não oferece restrições à suinocultura por serem seus solos nas áreas mais planas, aptos para receberem dejetos provenientes dos criatórios.

Podzólico Bruno-Acinzentado álico, PBa 2

Pba 2 - Podzólico Bruno-acinzentado eutrófico e distrófico com argila de atividade baixa alta no horizonte A moderado e proeminente textura média cascalhenta no horizonte A sobre uma textura argilosa cascalhenta no horizonte B. Apresenta solo subdominante do tipo Litólico distrófico no horizonte A com proeminente textura média cascalhenta de mignatito. O relevo é fortemente ondulado e ondulado.(IBGE, 1986).

Esta gleba de terra é predominantemente ocupada por um solo relativamente profundo (100 cm) cujo horizonte superficial é pouco espesso, argiloso e com baixo

teor de matéria orgânica. Apresenta pedregosidade superficial e é muito ácido com grande teor de Al trocável na camada superficial e subsuperficial. Esta unidade inclui solos rasos ácidos com elevados teores de Al trocável, matéria orgânica, e pedregosidade superficial. O relevo é ondulado (8 - 20 %) e fortemente ondulado (20 - 45 %).

As limitações ao uso agrícola deste solo são listadas nos seguintes itens:

- a) **Fertilidade natural:** forte - apesar dos teores razoáveis de Ca é muito ácido com elevados teores de Al trocável, baixo teor de matéria orgânica e extremamente deficiente em fósforo.
- b) **Erosão:** forte - é muito susceptível a erosão principalmente devido ao relevo.
- c) **Falta de água:** nula - possui boa capacidade de retenção de água e ocorrem em regiões com boa precipitação pluviométrica (altitude elevada).
- d) **Falta de ar:** ligeira - o teor de argila aumenta com a profundidade , aliado a precipitação abundante , tende a ficar saturado por períodos quase sempre curtos.
- e) **Uso de implementos agrícolas:** muito forte - a pedregosidade superficial, o relevo ondulado e fortemente ondulado, impedem o uso racional de implementos motomecanizados. Nas áreas mais planas o problema permanece devido a pedregosidade superficial.

O potencial agrícola desta gleba é avaliado com base no permitido através das limitações deste solo. As principais limitações são a fertilidade natural baixa, suscetibilidade à erosão e a limitação ao uso de implementos agrícolas motomecanizados. O desenvolvimento de uma agricultura tecnificada para culturas anuais fica prejudicada pelos altos investimentos necessários na calagem para a redução dos teores de Al trocável, adubações, implementação de práticas

conservacionistas intensivas e a utilização de tração animal obrigatória.

A utilização racional de uma gleba deve ser baseada principalmente em cultivos permanentes como pastagens permanentes de ciclo estival e ou inverno primaveril, fruticultura e silvicultura. A produção animal intensiva como suinocultura, avicultura e bovinocultura de leite não é recomendada para escala industrial, devido a pequena disponibilidade de áreas aptas para receberem dejetos provenientes destes criatórios. A gleba tolera somente pequenas criações devido seu menor potencial poluente.

Terra Bruna Estruturada intermediária para Podzólico Bruno Acinzentado

Húmica álica, TBCHa 3.

TBCHa 3 - Terra Bruna Estruturada intermediária para Podzólico Bruno Acinzentado Húmica álica com textura argilosa e muito argilosa. Apresenta como solo subdominante o Cambissolo Bruno-Húmico álico com argila de atividade baixa e textura argilosa. O relevo é ondulado. Ainda apresenta como subdominante os Solos Litólicos álicos no horizonte A, onde a textura proeminente é média e argilosa com fase pedregosa e não pedregosa de riodacitos. O relevo é fortemente ondulado e ondulado.(IBGE, 1986).

Predomina nesta gleba solo medianamente profundo (± 30 cm), de coloração escura, moderadamente drenado, de textura argilosa na camada superior e muito argilosa em profundidade, muito ácido, com teores elevados de alumínio trocável e saturação de bases baixa. O relevo é ondulado e fortemente ondulado. As variações são pequenas e relacionadas com a profundidade, podendo apresentar perfís mais rasos. Também a cor do horizonte A varia bastante, dependendo do teor de matéria orgânica. Incluiu-se nesta gleba, unidade de solo profundo, muito ácido, argiloso na

camada superficial e muito argiloso na subsuperficial, de coloração escura avermelhada, bem drenado. Existe ainda o solo raso, muito ácido, com alguns afloramentos de rochas. As inclusões não passam de 20% da superfície total.

As limitações ao uso agrícola deste solo são listadas nos seguintes itens:

- a) **Fertilidade natural:** forte - são solos ácidos com elevados teores de Al trocável.
- b) **Erosão:** moderada a forte - tem grande suscetividade à erosão principalmente devido ao relevo acentuado.
- c) **Falta de água:** ligeira - depende da uniformidade da distribuição da chuva.
- d) **Falta de ar:** ligeira - pode haver ligeira falta de ar nas áreas afetadas com nevoeiros freqüentes.
- e) **Uso de implementos agrícolas:** moderada a forte - são solos que limitam o uso de implementos agrícolas por ocorrerem em relevos acidentados e pela presença de solos mais rasos e afloramentos rochosos.

O *potencial agrícola* desta gleba é avaliado com base no permitido através das limitações deste solo. As principais limitações ao uso agrícola é a baixa fertilidade do solo, suscetibilidade à erosão nas áreas mais declivosas e a limitação ao uso de implementos agrícolas, reduzindo, assim, acentuadamente o número de alternativas agrícolas compatíveis com a meio ambiente.

Nas áreas com relevo menos acentuado podem ser cultivadas, com restrições, culturas anuais abertas necessitando, porém, calagens e adubações pesadas, além de práticas conservacionistas intensivas. Nas áreas com maior declividade deve ser recomendada a instalação de pastagens permanentes de ciclo inverno-primaveril e estival com restrições, além de fruticultura compatível com o clima local e silvicultura. Criações de suínos e gado leiteiro intensivas de grande porte devem ser evitadas ou

restritas a áreas com relevo menos acentuado por problemas de manejo de dejetos oriundos dos criatórios. Pequenos criatórios são recomendados.

Cambissolo Eutrófico

Ce - Cambissolo Eutrófico com argila de atividade alta gleico, no horizonte A chernozônico, com textura argilosa e relevo plano e suavemente ondulado. O solo subdominante presente nesta gleba é o Gleí Pouco Úmico eutrófico de atividade argilosa alta no horizonte A moderado, com textura argilosa e relevo plano. (IBGE, 1986).

Nestes solos normalmente predomina a fração silte na camada superficial e tem baixo gradiente textural entre os diversos horizontes. São solos minerais de coloração bruno avermelhados, seu relevo vai de plano a suavemente ondulado e a profundidade varia de pouco profundo a medianamente profundo (aproximadamente de 50 a 100 cm). A fertilidade natural é boa, considerando sua elevada CTC e alta saturação com bases e ausência de alumínio trocável, mas a utilização é dificultada pela presença de pedregosidade e afloramento de rochas, com pequena profundidade em alguns locais.

As limitações ao uso agrícola deste solo são listadas nos seguintes itens:

- a) **Fertilidade natural:** moderada - são solos com baixíssimos teores de fósforo.
- b) **Erosão:** moderada - apesar do relevo ser plano e suavemente ondulado, pode sofrer processos erosivos devido a presença expressiva de fração silte e areias.
- c) **Falta de água:** moderada - dependendo da profundidade os solos podem ter baixa capacidade de armazenamento de água.
- d) **Falta de ar:** nula - são solos porosos e a drenagem é adequada.

e) **Uso de implementos agrícolas:** forte - a presença de pedregosidade e afloramento de rochas limitam o uso de maquinários agrícolas.

O *potencial agrícola* é apenas moderado, devido às restrições acima referidas, sendo poucas as alternativas de cultivo.

Podzólico Bruno-Acinzentado Planossólico eutrófico, PBPe 3

PBPe 3 - Podzólico Bruno-Acinzentado Planossólico eutrófico com argila de atividade alta no horizonte A moderado e proeminente textura média do horizonte A sobre a textura argilosa e média do horizonte B. O solo subdominante é o Planossolo Eutrófico com alta atividade de argila no horizonte A moderado e textura média do horizonte A sobre a textura argilosa do horizonte B. O relevo é plano e suavemente ondulado. (IBGE, 1986).

Esta gleba é constituída principalmente por um solo mineral medianamente profundo (± 1 m), com horizonte superficial claro e pouco espesso, de textura média e com horizonte subsuperficial argiloso. É imperfeitamente drenado, sendo ácido com teores relativamente altos de Al trocável e baixos teores de matéria orgânica com pequena presença de argilas expansivas. Ocorrem em relevos suavemente ondulados e, às vezes, ondulado. São muito suscetíveis à erosão, tanto pela textura como pelo relevo. São freqüentes as vossorocas, principalmente em relevo mais acidentado. Incluem-se nesta unidade, solo medianamente profundo e profundo, bem drenado, com baixa fertilidade natural e elevados teores de Al trocável, principalmente no horizonte subsuperficial. A textura do horizonte superficial é média e arenosa, podendo, eventualmente, ser argilosa.

As limitações ao uso agrícola deste solo são listadas nos seguintes itens:

- a) **Fertilidade natural:** moderada - são solos ácidos, com baixos teores de matéria orgânica e fósforo.
- b) **Erosão:** forte a moderada - dependendo do relevo, existe a presença de vossorocas, originadas principalmente pela diferença textural entre as camadas super e subsuperficial.
- c) **Falta de água:** moderada - dependendo da distribuição da precipitação.
- d) **Falta de ar:** moderada - sendo solos de drenagem deficiente podem comprometer culturas sensíveis ao excesso de umidade em períodos chuvosos prolongados.
- e) **Uso de implementos agrícolas:** ligeira - a mecanização é ligeiramente dificultada, devido a problemas de drenagem e relevo.

O *potencial agrícola* desta gleba é avaliado com base no permitido através das limitações deste solo. As principais limitações ao uso agrícola estão relacionadas com problemas de drenagem, erosão e baixa fertilidade do solo. A prática de agricultura intensiva com culturas anuais abertas fica limitada à áreas natural ou artificialmente drenadas e a um programa de adubação e calagem. A distribuição irregular, principalmente nos meses mais quentes, de precipitação, contribui para restringir os rendimentos das culturas, o que poderia ser superado com irrigação. Pastagens permanentes de ciclo estival e inverno-primaveril são recomendadas para dar suporte a uma pecuária leiteira ou corte no máximo semi-intensiva. As concentrações de rebanhos podem criar sérios problemas de compactação e formação de atoladouros devido a presença de argilas expressivas e problemas de drenagem. O tamanho do criatório de suínos deve ficar limitado à disponibilidade de áreas aptas para reciclar dejetos afim de não contaminarem as águas superficiais e lençol freático. A silvicultura com espécies adaptadas é recomendada.

Podzólico Vermelho-Amarelo álico, PVa 5

Pva 5 - Podzólico Vermelho-Amarelo álico e distrófico com argila de atividade alta e baixa no horizonte A moderado e proeminente textura arenosa no horizonte A sobre textura média no horizonte e textura média no horizonte A sobre textura arenosa no horizonte B. O solo subdominante é o Podzólico Bruno-Acinzentado eutrófico com atividade alta de argila no horizonte A moderada com textura média no horizonte A sobre a textura argilosa do horizonte B. O relevo é suavemente ondulado. (IBGE, 1986).

São solos normalmente de médios a profundos, de coloração bruno avermelhado, com camada subsuperficial argilosa. A camada superficial é de textura arenosa com baixa fertilidade natural devido a baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e alta saturação de alumínio trocável. Ocorrem em áreas de relevo desde suavemente ondulado até fortemente ondulado e são derivados de diferentes litologias. Na Depressão Central são derivados de arenitos.

As limitações ao uso agrícola deste solo são listadas nos seguintes itens:

- a) **Fertilidade natural:** forte - são solos pobres em nutrientes disponíveis, saturação e soma de bases baixas e com problemas de toxidez de Al.
- b) **Erosão:** forte - são solos arenosos que ocorrem em relevos suavemente ondulado e até fortemente ondulado, sendo muito suscetíveis à erosão quando cultivados com culturas anuais.
- c) **Falta de água:** moderada - os solos possuem pequena capacidade de retenção de água. A irrigação, mesmo em anos normais, é indispensável.
- d) **Falta de ar:** nula - são solos porosos, bem drenados.
- e) **Uso de implementos agrícolas:** ligeira a moderada - podem ocorrer solos hidromórficos.

O *potencial agrícola* desta gleba é avaliado com base no permitido através das limitações deste solo. Em condições naturais, estes solos são muito utilizados para o cultivo de acácia negra e eucaliptos. Somente com boa adubação (orgânica e/ou mineral) são capazes de aproveitamento para culturas anuais como o milho, mandioca e cucurbitáceas (melancia, abóbora, etc.). A produção de citrus é expressiva e em expansão. O potencial agrícola é apenas médio devido principalmente a baixa capacidade de retenção de água causada pela sua textura superficial arenosa e baixa CTC. Com forte fertilização e irrigação, a capacidade produtiva poderá ser bastante aumentada.

ANEXO E - Fluxograma das atividades desenvolvidas nas Unidades

Demonstrativas para plantio com irrigação por gravidade

