

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

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE
PRECISÃO EM PEQUENAS PROPRIEDADES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Marcelino João Knob

Santa Maria, RS, Brasil

2006

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO EM PEQUENAS PROPRIEDADES

Por

Marcelino João Knob

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Schlosser

Santa Maria, RS, Brasil

2006

Knob, Marcelino João, 1977-

K72a

Aplicação de técnicas de agricultura de precisão em pequenas propriedades; por Marcelino João Knob; orientador José Fernando Schlosser. – Santa Maria, 2006.

129 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2006.

1. Engenharia agrícola 2. Agricultura familiar 3. Máquinas agrícolas 4. Variabilidade espacial 5. Georeferenciamento por GPS I. Schlosser, José Fernando II. Título

CDU: 631.95

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

© 2006

Todos os direitos autorais reservados a **Marcelino João Knob**. A reprodução de partes ou de todo deste trabalho é permitida desde que citado o **autor** como fonte da referência.

Endereço: Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas – NEMA, Campus Universitário da UFSM, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97105-900.

Fone (0xx) 55 3220.8175; E-mail: knob@mail.ufsm.com.br

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

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

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE
PRECISÃO EM PEQUENAS PROPRIEDADES**

Elaborada por
Marcelino João Knob

Como requisito parcial para obtenção de grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

José Fernando Schlosser, Dr.
(Presidente/Orientador)

Marcos Alves dos Reis, Dr. (UFSM)

Airton dos Santos Alonço, Dr. (UFSM)

Santa Maria, Fevereiro de 2006.

*“Pelo menos por mais cem anos temos de simular
para nós e para os demais que o justo é injusto e o
injusto é justo, pois o injusto é útil e o justo não o é.*

*Avareza, usura e precaução ainda têm de ser
nossos Deuses por um pouco mais.”*

Lorde Keynes

RESUMO

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

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO EM PEQUENAS PROPRIEDADES

AUTOR: MARCELINO JOÃO KNOB

ORIENTADOR: JOSÉ FERNANDO SCHLOSSER

Santa Maria, 24 de Fevereiro de 2006.

A adoção de técnicas associadas à agricultura de precisão encontra grande limitação devido ao seu elevado custo implantação, nem sempre garantindo o retorno esperado. Entre as conseqüências deste elevado custo está a restrição do uso dessa tecnologia em pequenas propriedades, caracterizadas pela agricultura familiar. O presente trabalho inicialmente aborda um estudo bibliográfico sobre o retrato da situação da agricultura familiar no Brasil e apontando para enfoques regionais. Complementam este estudo um diagnóstico sobre a frota de máquinas agrícolas existente e os índices de mecanização nas diversas regiões do Rio Grande do Sul, levando à reflexão sobre o papel da indústria de máquinas agrícolas para pequenas propriedades. O trabalho foi dedicado à aplicação de técnicas de agricultura de precisão em uma pequena propriedade, onde se preocupou em gerenciar uma área de 10,9 hectares com ferramentas e tecnologia de informação mais adequada ao perfil agrosocioeconômico do produtor. Para atender este proposto, os objetivos específicos foram: a) identificar a variabilidade espacial horizontal dos atributos de solo através de mapas de fertilidade; b) aplicar fertilizantes em diferentes doses por zonas de manejo; c) medir resistência à penetração do solo e clorofila na folha de trigo; d) confeccionar mapa de produtividade; e) apontar os custos de produção e elaborar mapa de receita líquida da cultura do trigo; e f) avaliar o desempenho operacional das máquinas agrícolas através de rastreamento por GPS. Entre os principais resultados, encontrou-se variabilidade horizontal dos teores de fósforo e potássio no solo e de clorofila no trigo; foi possível aplicar diferentes doses de fertilizantes utilizando semeadora e distribuidor centrífugo de taxa fixa. A produtividade média de trigo na área foi de 2427 kg.ha⁻¹, oscilando entre 1915 e 3151 kg.ha⁻¹. Considerando a relação produtividade e custo, a receita líquida variou de R\$ 14,00 a 358,00 por hectare e em média R\$ 183,48 por ha. O cruzamento individual entre modelos digitais evidenciou correlação de 48,6% entre produtividade e receita líquida. De uma forma geral, as ferramentas de agricultura de precisão podem ajudar ao produtor a conhecer melhor e mais detalhadamente cada parcela de sua área destinada à atividade agrícola, permitindo aumentar a eficiência produtiva através do manejo e do uso racional dos insumos, diminuindo custos, e por vezes, aumentando a produtividade.

Palavras-chave: agricultura familiar, máquinas agrícolas, variabilidade espacial, georreferenciamento por GPS.

ABSTRACT

Master Dissertation
Agricultural Engineering Post-Graduation Course
Federal University of Santa Maria

APPLICATION OF PRECISION AGRICULTURE TECHNIQUES IN SMALL FARMERS

AUTHOR: **MARCELINO JOÃO KNOB**
ADVISER: **JOSÉ FERNANDO SCHLOSSER**
Santa Maria, February 24, 2006.

The adoption of precision agriculture techniques finds great limitation because of the high cost, not always guaranteeing the expected economic return. Among the consequence of this elevated cost it is the restriction use of this technology in small farmers, characterized by the family farm. The present work approaches a bibliographical study about the situation of the family farm in Brazil, pointing to regional focuses. In order to complement this study was made a diagnosis on the existing agricultural machines park and the mechanization used intensity in the state of Rio Grande do Sul, aiming a reflection about the role of the agricultural machine industries for small farmers. This work was dedicated to apply precision agriculture techniques in a small farmer where an area of 10,9 hectares was managed with precision agriculture tools and appropriate information technology to the socioeconomic farmer profile. In order to reach this general objective it was proposed the following specific objectives: a) to identify the horizontal spatial variability of the soil attributes through fertility maps; b) to apply fertilizers in different doses for each handling zones; c) to measure soil resistance to penetration and wheat leaf chlorophyll; d) to make yield map; e) to take note of production costs and to elaborate liquid revenue map for wheat culture; f) to evaluate performance of agricultural machines using GPS tracker. As some results, it was found horizontal spatial variability in soil for phosphorus and potassium and chlorophyll in wheat leaf; it was possible to apply different quantities of fertilizer using seeding and centrifugal broadcaster spreaders without automatic variable rate. In this area, the average of wheat yield was 2427 kg.ha⁻¹, changing from 1915 to 3151 kg.ha⁻¹. Considering the relationship between productivity and production costs, the liquid revenue varied from R\$ 14,00 to 358,00 per hectare and had average of R\$ 183,48 per ha. The individual crossing among digital models evidenced correlation of 48,6% between productivity and liquid revenue. In general way, precision agriculture tools can help the farmer to know better and more precisely each part of area destined to agricultural activity. It allows to increase the production efficiency through a better soil handling and rational use of the inputs, reducing costs, and other times, increasing productivity.

Keywords: family farm, agricultural machines, spatial variability, global-positioning-reference.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Agricultores Familiares: Participação percentual das regiões no número de estabelecimentos familiares, área ocupada e valor bruto da produção.....	21
Figura 2 - Índice de mecanização e frota de tratores no Brasil.	31
Figura 3 - Número de tratores segundo classe de potência no Estado do Rio Grande do Sul nos anos de 1980 1985 e 1996.....	33
Figura 4 - Meso-regiões geográficas do estado do Rio Grande do Sul, segundo IBGE.	34
Figura 5 - Ciclo das tecnologias e máquinas envolvidas na Agricultura de Precisão.	46
Figura 6 - Esquema ilustrativo das formas e equipamentos de aplicação à taxa variável.....	49
Figura 7 - Unidades de manejo estabelecidas com informações baseadas no mapa de produtividade.	52
Figura 8 - Exemplos de amostragem de solo: aleatória e amostragem sistematizada em malha regular.	55
Figura 9 - Grade de pontos para coleta de amostras de solo no sistema preconizada pela agricultura de precisão evidenciando a coleta de subamostras em cada ponto.	55
Figura 10 - Ferramentas utilizadas na coleta de solo.	56
Figura 11 - Dimensões padronizadas pela recomendação ASAE R313.2 para hastes, cones de penetrômetros e penetrógrafos.....	58
Figura 12 - Espectro de clorofila em 2 regiões de comprimento de onda para folhas A e B..	61
Figura 13 - Variograma típico de um atributo obtido por amostragem georeferenciada.	65
Figura 14 - Fuso da projeção Universal Transversa de Mercator.	67
Figura 15 - Constelação de satélites de GPS em órbita em torno do Globo Terrestre.	68
Figura 16 - Mapa de localização da área geográfica da área do projeto Agricultura de Precisão para Pequenas Propriedades.....	72
Figura 17 - Mapa da área da propriedade em Cerro Largo onde foi realizado o projeto levantado por GPS de navegação	73
Figura 18 - Malha de amostragem do solo de um ponto por hectare..	75
Figura 19 - Penetrômetro digital georeferenciado DLG modelo PNT-2000 e operação de penetrometria a campo.....	78
Figura 20 - Malha de amostragem de 50 x 50 m para determinação do Índice de Cone e Teor de Clorofila.....	79
Figura 21 - Clorofilômetro digital utilizado nas avaliações de clorofila no trigo e GPS de navegação para localização de pontos georeferenciados.....	80
Figura 22 - Malha de amostragem de 50 x 50 m e de 25 x 25 m para determinação comparativa do teor de clorofila no trigo.	80
Figura 23 - Malha hexagonal com 22 pontos para amostragem de produtividade de trigo na área experimental.	81
Figura 24 - Corte das espigas de trigo maduras num quadro de 50 cm de lado e acondicionadas em embalagens individualizadas.....	82
Figura 25 - Janela de abertura do software de gerenciamento rural CR-Campeiro 5®.	83
Figura 26 - Modelo digital da concentração de fósforo, em mg.L^{-1} , gerado a partir dos valores fornecidos pelo laudo da análise do solo.....	88
Figura 27 - Modelo digital da concentração de potássio, em mg.L^{-1} , gerado a partir dos valores fornecidos pelo laudo da análise do solo.....	89
Figura 28 - Modelo digital do pH em água (acidez do solo) da área experimental	89
Figura 29 - Modelo digital do percentual de saturação de bases em CTC pH7 da área experimental	90

Figura 30 - Modelo digital da concentração de Alumínio + Hidrogênio (cmol.L^{-1}) do solo da área experimental	92
Figura 31 - Zonas de manejo com diferentes doses de adubação fostafata e cloretada para a cultura de soja e rastreabilidade do descolamento da aplicação a lanço da dose adicional.....	93
Figura 32 - Mapa do índice de cone médio determinado com penetrômetro digital georeferenciado na área experimental.	95
Figura 33 - Perfil da resistência à penetração na camada de 0 a 500 mm determinado na área experimental	96
Figura 34 - Fotografia da área experimental de soja na fase de enchimento de vagem, mostrando as conseqüências da estiagem que comprometeram a produtividade..	96
Figura 35 - Estande definitivo de plantas de soja, em milhares de plantas por hectare, na área experimental.....	97
Figura 36 - Produtividade de soja individualizada por talhão da área experimental.....	97
Figura 37 - Precipitações pluviométricas anuais e média histórica em milímetros de chuva de 1992 a 2005 no município de Cerro Largo, RS.....	100
Figura 38 - Média mensal das precipitações pluviométricas entre os anos de 1992 e 2005 no município de Cerro Largo, RS.....	101
Figura 39 - Comparativo de precipitações pluviométricas entre a média mensal histórica de 1992 a 2005 e a precipitação total dos meses que integram a safra agrícola de verão de 2005 no município de Cerro Largo, RS.	102
Figura 40 - Comparativo de precipitações pluviométricas entre a média mensal histórica de 1992 a 2005 e a precipitação total dos meses que integram a safra agrícola de trigo de 2005 no município de Cerro Largo, RS.....	102
Figura 41 - Modelo digital da determinação da clorofila nas folhas de trigo aos 30 dias após semeadura.	103
Figura 42 - Zonas de manejo com diferentes doses de adubação nitrogenada na cultura de trigo.....	104
Figura 43 - Momento da determinação de clorofila nas folhas de trigo e aplicação de uréia com distribuidor centrifugo.	104
Figura 44 - Mapas da segunda avaliação de clorofila no trigo realizada aos 100 dias após a semeadura com diferentes números de pontos de leitura.....	106
Figura 45 - Modelo digital do mapa de produtividade gerado a partir da amostragem manual de trigo na área experimental.....	107
Figura 46 - Fotografia da colheita de trigo na área experimental.....	108
Figura 47 - Proporção relativa dos custos de produção de trigo na área experimental.....	111
Figura 48 - Curva da produtividade de equilíbrio do trigo na área experimental	111
Figura 49 - Mapa de receita líquida do trigo ($\text{R}\$.ha^{-1}$) da área experimental	112
Figura 50 - Operação de aplicação tratorizada de herbicida na cultura do trigo rastreada por GPS de navegação.....	113
Figura 51 - Operação de semeadura da soja rastreada por GPS de navegação.	114
Figura 52 - Operação de colheita mecanizada do trigo rastreada por GPS de navegação. ...	114
Figura 53 - Semeadora hidráulica Tratomaq TMH 2600 – Plantio Direto para soja.	127
Figura 54 - Distribuidor centrifugo monodisco Incomagri acoplado no trator pelo sistema hidráulico de 3 pontos.....	128
Figura 55 - Pulverizador de barras Jacto 600L com 12 metros de barra e com sistema de marcador de espuma.	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Grupos de enquadramento dos beneficiários do PRONAF, finalidade dos recursos, valor limite, taxa de juros, bônus e prazos de pagamento.....	25
Tabela 2 – Frota de tratores e colhedoras e índice de mecanização por país em 2002.	30
Tabela 3 – Vendas de tratores de rodas por faixa de potência nos anos 1999, 2002, 2005.....	31
Tabela 4 – Número de tratores segundo a potência no Estado do Rio Grande do Sul.....	32
Tabela 5 – Número de tratores no Rio Grande do Sul classificados por faixa de potência, segundo a atividade econômica principal.	33
Tabela 6 – Distribuição das propriedades, área média e percentual dos estabelecimentos rurais por tamanho e por meso-região do Rio Grande do Sul.	34
Tabela 7 – Índice de mecanização por meso-região do Rio Grande do Sul para tratores, máquinas para plantio e colhedoras, considerando apenas áreas agrícolas produtivas (lavouras) e número de propriedades.....	35
Tabela 8 – Número de tratores segundo a potência na Zona Sul em 1980, 1985 e 1996.....	36
Tabela 9 – Número de tratores, colhedoras e área média de lavouras por máquina disponível, nos municípios de Cruz alta, Fortaleza dos Valos, Pejuçara e Salto do Jacuí.....	37
Tabela 10 – Nível de mecanização agrícola das Unidades de Produção Familiar por estrato de área, realizado em 77 propriedades da região do planalto médio do RS.....	38
Tabela 11 – Inventário de máquinas existentes nos municípios de Cruz Alta, Fortaleza dos Valos, Pejuçara e Salto do Jacuí por tamanho de propriedade.	39
Tabela 12 – Tamanho médio das propriedades, percentual da área destinada lavoura, área ocupada por pessoa, índice de mecanização por trator e área de lavoura por colhedora.	40
Tabela 13 – Valores de precisão requerida para operações em Agricultura de Precisão.	47
Tabela 14 – Satélites para uso em sensoriamento remoto com suas respectivas resoluções espaciais, espectrais e temporais.	48
Tabela 15 – Principais projeções cartográficas e suas aplicações práticas.....	66
Tabela 16 – Comparativo dos erros típicos de GPS e DGPS devido a fatores diversos.	69
Tabela 17 – Resultados do laudo da análise do solo das amostras coletadas numa grade de um ponto por hectare na área experimental.....	86
Tabela 18 – Resultados do laudo da análise do solo das amostras coletadas numa grade de um ponto por hectare na área experimental.....	86
Tabela 19 – Valores mínimos, máximos, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação dos principais atributos do solo amostrados na área experimental.....	87
Tabela 20 – Limites inferior e superior dos percentuais de argila e matéria orgânica e de concentrações de cálcio e magnésio extraídos da análise do solo e contrastados com a classificação da Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC.....	87
Tabela 21 – Interpretação do teor de fósforo e de potássio extraídos pelo método Mehlich ⁻¹ e respectivas áreas correspondentes a cada classe.....	91
Tabela 22 – Interpretação dos valores de pH em água e da saturação de CTC por bases e respectivas áreas correspondentes a cada classe.....	91
Tabela 23 – Matriz de covariâncias dos atributos do solo de maior interesse, mostrando a correlação entre variáveis da área experimental.....	92
Tabela 24 – Classes de produtividade de trigo, área correspondente e percentual representativo relativo ao mapa de produtividade da área experimental.....	106
Tabela 25 – Pesos bruto, limpo e líquido e descontos por umidade, impureza e serviços por carga transportada e entregue à Cooperativa.....	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Especificação dos componentes e quantificação dos custos de produção de soja safra 2004/05 na área experimental	99
Quadro 2 – Resultado financeiro da produção de soja na área experimental safra 2004/05...	99
Quadro 3 – Especificação dos componentes e quantificação dos custos de produção de trigo safra 2005 na área experimental	110
Quadro 4 – Resultado financeiro da produção de trigo na área experimental safra 2005.....	110
Quadro 5 – Detalhamento do custo horário dos tratores Valmet 65 id e Valmet 880 utilizados para trabalho no experimento.	126
Quadro 6 – Custo horário da utilização da semeadora Tratomaq tipo “Plantio Direto” nas duas culturas que integraram o experimento.	127
Quadro 7 – Custo horário do distribuidor centrífugo Incomagri utilizado para aplicações de fertilizante na área do experimento.	128
Quadro 8 – Custo horário do pulverizador de barras Jacto 600L com 12 metros de barra e com sistema de marcador de espuma.	129

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo geral	15
1.2	Objetivos específicos	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	Agricultura Familiar	16
2.1.1	Histórico da agricultura familiar.....	17
2.1.2	Tipos de agricultores familiares	18
2.1.3	Políticas públicas brasileiras para agricultura	22
2.1.3	Retrato da Agricultura Familiar no Brasil	20
2.1.4	Conclusões sobre a Agricultura Familiar	27
2.2	Mecanização na agricultura	29
2.2.1	Parque de máquinas brasileiro.....	29
2.2.2	Mecanização agrícola no Rio Grande do Sul	32
2.2.3	Mecanização para pequenas propriedades.....	40
2.2.4	A indústria de máquinas para pequenas propriedades.....	41
2.2.5	Mecanização Agrícola e Agricultura de Precisão.....	42
2.3	Atualidade da agricultura brasileira.....	43
2.4	Agricultura de Precisão	45
2.4.1	Mapas de correlação e zonas de manejo.....	51
2.4.2	Qualidade do solo	53
2.4.3	Amostragem de solo para mapas de fertilidade.....	54
2.4.4	Resistência à penetração.....	56
2.4.5	Clorofilometria	59
2.4.6	Geoestatística.....	62
2.4.7	Sistemas de coordenadas geográficas.....	65
2.5	Sistema de Posicionamento Global por Satélites	67
3	MATERIAL E MÉTODOS	72
3.1	Área do projeto	72
3.2	Justificativa da escolha do local	72
3.3	Características da área	74
3.4	Etapas de trabalho.....	74
3.5	Análise de solo	75
3.6	Manejo por zona	76
3.7	Índice de cone.....	77
3.8	Teor de Clorofila	79

3.9	Mapa de produtividade	81
3.10	Tratamento dos dados e geração de mapas.....	82
3.11	Custos de produção.....	83
3.12	Rastreabilidade das operações	84
3.13	Custo horário das máquinas agrícolas	85
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
4.1	Análise do solo	86
4.1.1	Atributos do solo sem variabilidade de classe.....	87
4.1.2	Modelos digitais dos atributos do solo com variabilidade	88
4.1.3	Correlação entre atributos.....	91
4.2	Cultura da soja	93
4.2.1	Zonas de manejo na cultura da soja.....	93
4.2.2	Penetrometria.....	94
4.2.3	Colheita de soja	96
4.2.4	Custos da lavoura de soja	98
4.3	Registros pluviométricos	100
4.4	Cultura do trigo.....	103
4.4.1	Zonas de manejo do trigo	103
4.4.2	Regulagem do distribuidor	104
4.4.3	Determinação de clorofila	105
4.4.4	Colheita e mapa de produtividade de trigo.....	106
4.4.5	Custos da produção de trigo	108
4.4.6	Mapa de Receita Líquida da cultura do trigo	112
4.5	Rastreabilidade das operações mecanizadas.....	113
5	CONCLUSÕES.....	115
6	RECOMENDAÇÕES.....	117
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
	ANEXO.....	125

1 INTRODUÇÃO

A adoção das técnicas associadas à agricultura de precisão encontra uma grande limitação devido ao elevado custo de aquisição dos equipamentos e implantação do sistema, nem sempre garantindo o retorno esperado. Dentre as conseqüências deste elevado custo está a restrição do uso dessa tecnologia em pequenas propriedades, caracterizadas pela Agricultura Familiar.

Segundo a FETAG¹ (2002), a Agricultura Familiar ocupa lugar destaque no estado do Rio Grande do Sul, onde a maioria das propriedades possui pequenas extensões de terra e a disponibilidade de mão-de-obra é abundante. Portanto, não podemos restringir os meios tecnológicos apenas a um determinado grupo de exploradores de grandes extensões de terra, pois estaremos excluindo socialmente uma parcela vital da economia responsável pela produção de alimentos.

Diante das mudanças que vêm ocorrendo na agricultura, trazendo com elas a concepção do empresário rural que faz uso de novas formas de gerenciamento e, sobretudo do uso de novas tecnologias, pode-se ver que o agricultor familiar, que produz com pouca tecnologia, ou mesmo, sem fazer uso dela, sobretudo no que diz respeito aos seus meios de produção (máquinas e equipamentos), está diante um grave problema que é a inserção nessa modernização (Moura et al., 2002). Portanto, é fundamental pensar na viabilidade e no desenvolvimento da agricultura familiar não só do ponto de vista econômico-produtivo, mas de forma global, isto é, no conjunto de necessidades que a família e o sistema de produção apresentam para garantir a qualidade de vida à população rural.

É necessário criar instrumentos que respondam a uma das principais questões, comum a todos aqueles que ambicionam a adoção e aplicação de técnicas de agricultura de precisão: a viabilidade técnica-econômica para todos os modos de produção. O diagnóstico deste estudo pretende dar subsídios que permitam selecionar as ferramentas de agricultura de precisão e a tecnologia de informação mais adequada ao perfil agro-sócio/econômico do produtor, sem perder de vista os princípios básicos preconizados pela Agricultura de Precisão.

Desta forma, deve-se trabalhar com ferramentas e técnicas simples, que muitas vezes podem ser executados de forma manual, enfocando a mão-de-obra disponível na propriedade agrícola. Inclui-se neste aspecto a geração manual de mapas de produtividade e de mapas de

¹ Federação dos Trabalhadores na Agricultura

atributos do solo com ferramentas de baixo custo, com a finalidade de efetuar aplicação a taxas variáveis em determinadas zonas de manejo.

Admitindo a Agricultura de Precisão como um novo paradigma na gestão das atividades agrícolas, segundo o qual as áreas de produção não são tratadas como sendo homogêneas, ela proporciona uma nova maneira de gerenciamento, pois define um conjunto de zonas de manejo que apresentam características distintas entre si. Desta forma, a Agricultura de Precisão se baseia no conjunto de técnicas que explora a variabilidade do terreno através de informações georeferenciadas da área, principalmente no que se refere a atributos químicos, físicos, biológicos do solo e de produtividade, possibilitando otimizar a aplicação de insumos na lavoura, buscando a redução de custos e impactos ao meio ambiente.

Todo o embasamento desta tecnologia está na análise da variabilidade espacial dos fatores de produção, especialmente do solo. A partir dela, as decisões devem ser tomadas para que se faça a aplicação de insumos de uma forma localizada e com dosagens precisas. A tecnologia deve ser validada com base em análises que provem as suas vantagens não apenas econômicas, mas também de benefícios ao meio ambiente por resultar em menor excedente de insumos.

Segundo Molin (1997), tradicionalmente os agricultores têm feito a amostragem de solo de uma determinada área e uniformizam as subamostras em uma única, que passa a representar as características de fertilidade daquela área, assumida como uniforme. Com base nessa interpretação, fazem a aplicação de quantidades uniformes de fertilizantes, defensivos e sementes. No entanto, é sabido que as propriedades do solo variam de local para local dentro dessa mesma área.

Ainda para Molin (1997), na agricultura de precisão, ao contrário da convencional, o estudo detalhado do campo é facilitado pelo uso de tecnologia de geoposicionamento das análises. Atualmente, a maneira mais comum para a amostragem é o estabelecimento de uma rede de pontos espaçados regularmente no campo, denominada de grade. A localização dos pontos de coleta de dados, tanto para amostragem de solos como para elaboração de mapas de produtividade é realizado através do uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS²).

Os recentes avanços tecnológicos mostram que é possível alocar os insumos com base nas necessidades de cada célula do campo e esta técnica tem sido denominada de agricultura de precisão, variabilidade espacial, aplicação localizada de insumos, manejo de culturas por zonas de manejo, dentre outras denominações.

² Do inglês, Global Positioning System

A quantidade de fertilizante pode ser prescrita dependendo da diferença entre a quantidade de nutrientes necessários pela cultura e a quantidade disponível em cada pequena parcela da lavoura. Tal técnica permite reduzir a dose de insumos aplicados ou alocá-la de forma racional, de acordo com o potencial de produção do solo, mantendo ou melhorando o nível de produção, podendo ainda reduzir os custos de produção e os índices de contaminação do meio ambiente.

1.1 Objetivo geral

O objetivo primeiro deste trabalho foi aplicar técnicas de Agricultura de Precisão em uma pequena propriedade, utilizando ferramentas menos complexas e sofisticadas, no entanto, mais acessíveis e de baixo custo. Visou, portanto, tentar demonstrar a viabilidade da técnica na pequena produção em propriedades que não comportam o custo de aquisição e utilização viável da tradicional eletrônica embarcada nas máquinas agrícolas destinadas a realizar agricultura de precisão na sua forma convencional.

1.2 Objetivos específicos

a) Gerenciar uma área piloto dentro de uma pequena propriedade em sistema de agricultura familiar com princípios e ferramentas de agricultura de precisão.

b) Identificar e correlacionar os fatores de fertilidade considerados importantes para a produtividade das culturas através da confecção de mapas de fertilidade e atributos físicos do solo, visando interferir na aplicação de fertilizantes por zonas de manejo.

c) Confeccionar mapas de produtividade de forma manual e avaliar os resultados através da análise da correlação com mapas de fertilidade, de aplicação, de população de plantas, de resistência à penetração e de outros dados levantados ao longo do desenvolvimento da cultura.

d) Avaliar o desempenho operacional das máquinas agrícolas em campo e analisar a possibilidade de adoção do sistema de agricultura de precisão em pequenas propriedades com as máquinas disponíveis, relatando as dificuldades encontradas, os custos envolvidos e os benefícios gerados pelo sistema.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Agricultura Familiar

A discussão sobre a importância e o papel da agricultura familiar no desenvolvimento brasileiro vem ganhando força nos últimos anos, impulsionada pelo debate sobre desenvolvimento sustentável, geração de emprego e renda, segurança alimentar e desenvolvimento local. A elevação do número de agricultores assentados pela reforma agrária e a criação do PRONAF³ refletem e alimentam este debate na sociedade.

A agricultura familiar é constituída por pequenos e médios produtores e representa a imensa maioria de produtores rurais no Brasil. São cerca de 4 milhões de estabelecimentos que detém 30% das terras e respondem por 40% da produção brasileira. Em alguns produtos básicos da dieta do brasileiro como o feijão, arroz, milho, hortaliças, mandioca e pequenos animais chegam a ser responsável por 60% da produção. Em geral, são agricultores com baixo nível de escolaridade e diversificam os produtos cultivados para diluir custos, aumentar a renda e aproveitar as oportunidades da disponibilidade de mão-de-obra.

No entanto, a escolha de um conceito para definir os agricultores familiares, ou a definição de um critério para separar os estabelecimentos familiares dos patronais não é uma tarefa fácil, ainda mais quando é preciso compatibilizar esta definição com as informações disponíveis no Censo Agropecuário do IBGE, que sabidamente concentra a maior parte das informações a respeito.

Segundo o INCRA⁴ (1995), a Agricultura Familiar pode ser definida a partir de três características centrais:

- a) a gestão da unidade produtiva e os investimentos nela realizados são feitos por indivíduos que mantêm entre si laços de sangue ou de casamento;
- b) a maior parte do trabalho é igualmente fornecida pelos membros da família;
- c) a propriedade dos meios de produção (embora nem sempre da terra) pertence à família e é em seu interior que se realiza sua transmissão em caso de falecimento ou de aposentadoria dos responsáveis pela unidade produtiva.

³ Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

⁴ Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

2.1.1 Histórico da agricultura familiar

A exploração familiar está um pouco presente em toda a parte do mundo, apesar das numerosas tormentas econômicas e políticas que ela teve de enfrentar, e sua sobrevivência é sem dúvida graças à sua excepcional capacidade de adaptação. As explorações familiares que sempre se mantiveram em seus lugares são as que souberam ou puderam adaptar-se às exigências impostas por situações novas e diversas às instabilidades climáticas, à coletivização das terras ou à mutação sociocultural determinada pela economia de mercado (LAMARCHE, 1993).

A agricultura familiar é profundamente marcada pelas origens coloniais da economia e da sociedade brasileira do século XIX com suas três grandes características: a grande propriedade, a exportação de monoculturas e a escravatura (LAMARCHE, 1993).

Posteriormente a este período inicial de colonização aconteceram fatos que ocasionaram mudanças na estrutura agrária. Houve uma recolonização com a chegada dos imigrantes, principalmente alemães e italianos na região sul e sudeste, e o fim da escravatura, que fizeram surgir muitas propriedades de pequeno porte.

Estes imigrantes desembarcaram na região de São Paulo, região esta já colonizada e de domínio de grandes proprietários com a monocultura de café, sendo eles obrigados a trabalhar como mão-de-obra na lavoura cafeeira ou dirigir-se a terras que ainda não haviam sido colonizadas.

Ainda segundo Lamarche (1993), no Rio Grande do Sul se estabeleceu uma divisão espacial. Na região dos pampas se implantou a grande propriedade a partir do século XVIII, com a característica de ser dedicada à pecuária extensiva. Nas regiões montanhosas da serra gaúcha ao norte do estado e posteriormente no sul e centro do estado, começam a se instalar, a partir do século XIX, os imigrantes europeus, estes com características estritamente camponesas.

Lamarche (1993) também afirma que a colonização feita por estes imigrantes em forma de núcleos regionalizados deu a origem a pequenas propriedades, com enfoque na diversificação de culturas voltadas a subsistência que, com o passar das gerações, por questões de herança, sofrem subdivisões, intensificando a exploração agrícola. Com a subdivisão das propriedades a subsistência da família se tornou impossível por falta de área agricultável para a exploração agrícola, dando início às primeiras dificuldades e crises.

Assim, pode-se afirmar que a pequena propriedade surge da colonização de italianos e alemães que aqui chegaram com expectativas de melhores condições de vida, já que em sua

terra natal não lhes foi permitido a permanência, porque sua estrutura organizacional não estava preparada para absorver toda a mão de obra existente.

Hoje, a agricultura familiar brasileira passa por um período difícil, como em toda a sua história. Ocorre uma mudança na matriz tecnológica da produção agrícola, mas, por outro lado, a Extensão Rural começa a atuar novamente com os olhos voltados para a pequena propriedade, com tecnologias adaptadas a realidade do produtor rural.

Estamos num período de transição entre a agricultura pregada pela Revolução Verde que invadiu a pequena propriedade e a busca da sustentabilidade, da agroecologia, uma nova valorização dos produtos de primeira necessidade que estavam meio esquecidos. Surge o Movimento dos Pequenos Agricultores que se mostra combativo e em curto período de sua atuação conquista vitórias importantes para a agricultura familiar.

2.1.2 Tipos de agricultores familiares

De acordo com DESER⁵ (1997), podem ser identificados e caracterizados três tipos de agricultores dentro do segmento da agricultura familiar. Esta tipologia é importante em função do grau de diferenciação destes agricultores em se tratando dos seus sistemas de produção, da renda e da relação com o mercado. As políticas de desenvolvimento rural atingem de forma diferenciada cada um dos tipos de agricultores. Reconhecidas estas diferenças, torna-se clara a necessidade de políticas adequadas à realidade e às condições de cada um dos tipos de agricultores familiares. São elas:

a) Agricultores Familiares Consolidados

Os agricultores que pertencem a esta categoria apresentam as melhores condições de vida e de produção entre os agricultores familiares. As unidades de produção deste grupo são mais estruturadas e capitalizadas, em geral ocupam em torno de 30 ha e têm um sistema de produção diversificado, tendo como base econômica a produção animal integrada à agroindústrias. Os principais problemas levantados por este grupo são a taxa de juros, as modalidades de crédito disponível, a política de preços mínimos e a falta de controle dos custos dos insumos. As principais demandas deste grupo são por políticas de crédito de investimento e de preços junto a cooperativas, agroindústrias e governo.

⁵ Departamento Sindical de Estudos Rurais

Alguns autores consideram este grupo como agricultores familiares tecnificados, porque detêm uma certa estabilidade econômica, com um bom grau de inserção no mercado e dispõem de tecnologia para a execução de suas atividades. Muitos trabalham com sistemas integrados de produção com grandes empresas.

b) Agricultores Familiares de Transição

Para este grupo, o sistema de produção e toda a infra-estrutura necessária encontram-se em crescente processo de desestruturação. A área média dos estabelecimentos é menor que a da classe anterior, tendo uma média de 17 ha. Pelo fato destes agricultores estarem situados normalmente em áreas de baixa fertilidade, de relevo mais acentuado, e com menor investimento em conservação dos solos ao longo dos anos, o percentual de área aproveitável por estabelecimento, com bons índices de produtividade é bem menor que no grupo dos agricultores familiares consolidados. De maneira geral, estes agricultores foram pouco beneficiados pelos instrumentos de política agrícola destinados a investimentos nos anos 70 e excluídos nos anos seguintes. Foram também prejudicados pela falta de acesso a informações e assistência técnica. Fruto das limitações de capital, estes agricultores buscam por políticas públicas de investimentos. Principalmente os arrendatários e parte dos jovens deste grupo necessitam também de uma política de reforma agrária.

As principais necessidades deste grupo são: reconversão e reestruturação produtiva, ampliação das áreas de produção com mais terras, crédito, educação, saúde, lazer, preços, política de arrendamento e assistência técnica.

c) Agricultores Familiares Periféricos

Os agricultores familiares considerados como periféricos são os menos favorecidos em questão de posse de terras. Conseqüentemente, têm acesso restrito e limitado às políticas agrícolas de crédito e assistência técnica. Possuem até 7 ha de terra própria, o que os obriga a complementar a renda através do arrendamento de terras e/ou venda de mão-de-obra por membros da família.

Por outro lado, podem ser considerados como agricultores não tecnificados, que estão marginalizados, não dispõem de recursos financeiros para investir em tecnologia e não conseguem aumentar a fertilidade de sua terra. Trabalham sem perspectivas na melhoria de suas condições de vida. Neste grupo, é comum a migração para as cidades na ilusão de melhores condições de vida.

Para esta categoria, além da necessidade de políticas diferenciadas de crédito (custeio e investimento) e de uma assistência técnica mais sistemática, a reforma agrária é uma condição vital para a sua viabilização como agricultor, já que possui pequenas áreas de terra. Melhorias nas políticas trabalhistas para o setor rural, associadas à política de geração de emprego no campo e nas pequenas cidades também são demandas concretas deste tipo de agricultores.

2.1.3 Retrato da Agricultura Familiar no Brasil

Para Guanzioli e Cardim (2000), o Censo Agropecuário do IBGE⁶ é um dos poucos instrumentos de análise quantitativa do setor agropecuário no Brasil, porém seus dados, da forma como disponibilizados, não permitem a separação entre agricultura familiar e patronal, restringindo-se a estratificação segundo a condição do produtor, o grupo de atividade econômica e os grupos de área total dos estabelecimentos agropecuários.

Baseados no Censo Agropecuário 1995/96 (IBGE, 1996), Guanzioli e Cardim (2000) afirmam que existem no Brasil 4.859.864 estabelecimentos rurais, ocupando uma área de 353,6 milhões de hectares. São 4.139.369 estabelecimentos familiares, ocupando uma área de 107,8 milhões de hectares e 554.501 estabelecimentos patronais em 240 milhões de hectares. Os agricultores familiares representam 85,2% do total de estabelecimentos, ocupam 30,5% da área total e são responsáveis por 37,9% do Valor Bruto da Produção Agropecuária Nacional⁷ (VBP). Já os agricultores patronais, representam apenas 14,4% dos estabelecimentos, detém 67,9% das terras e são responsáveis por 61% do VBP.

A análise regional realizada por Guanzioli e Cardim (2000) demonstram na Figura 1 a importância da agricultura familiar nas regiões Sul e Norte, nas quais mais de 50% do VBP é produzido nos estabelecimentos familiares. A região Sul é a mais forte em termos de agricultura familiar, representada por 90,5% de todos os estabelecimentos da região, ou 907.635 agricultores familiares, ocupando 43,8% da área e produzindo 57,1% do Valor Bruto Produzido pela Agropecuária Regional.

⁶ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

⁷ Somatório da produção colhida ou obtida de todos os produtos animais e vegetais.

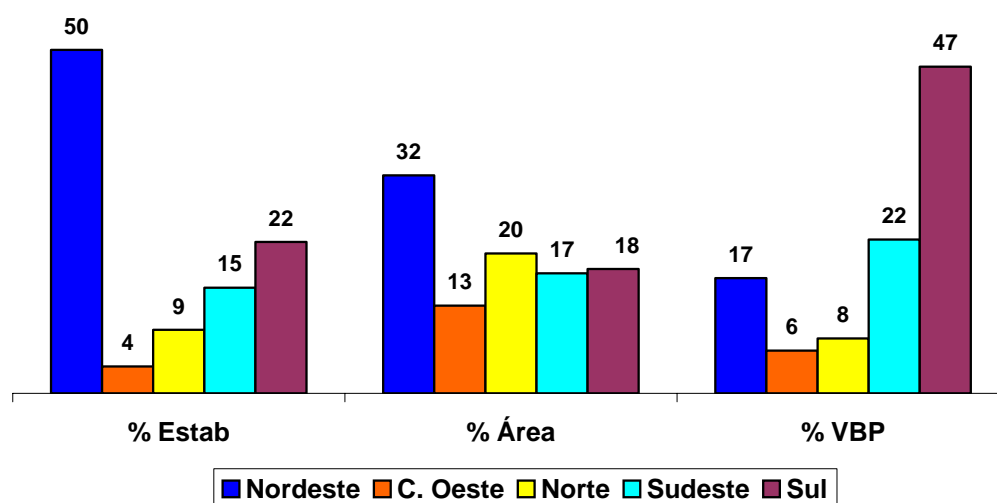


Figura 1 - Agricultores Familiares: Participação percentual das regiões no número de estabelecimentos familiares, área ocupada e valor bruto da produção (VBP).

Fonte: Guanzirolí e Cardim (2000).

Ainda segundo Guanzirolí e Cardim (2000), a área média dos estabelecimentos familiares é muito inferior à dos patronais, apresentando também uma grande variação entre as regiões. A área média dos estabelecimentos familiares no Brasil é de 26 ha, enquanto que a patronal é de 433 ha. Entre os patronais, com uma média de 433 ha para o Brasil, na região Centro-Oeste a média chega a 1.324 ha, encontrando-se na região Sudeste a menor área entre a dos patronais, com 223 ha por estabelecimento.

De acordo com o Censo Agropecuário 1995/1996 (IBGE, 1996), dos 4,8 milhões de estabelecimentos que declararam área, cerca de 4,3 milhões ocupavam área menor que cem hectares. Ou seja, cerca de 90% deles estavam nesta categoria e Alves et al. (2001) salientam que esta relação tem permanecido estável desde o censo de 1950. Na região Sul, 20% dos estabelecimentos familiares possuem menos de 5 ha, 47,9% possuem entre 5 e menos de 20 ha e outros 23,2% possuem entre 20 e menos de 50 hectares.

A agricultura familiar é a principal geradora de postos de trabalho no meio rural brasileiro. Mesmo dispondo de apenas 30% da área, é responsável por 76,9% do pessoal ocupado, que corresponde a 13,78 milhões de pessoas (GUANZIROLI E CARDIM, 2000). Enquanto que na região Sul a agricultura familiar ocupa 84% da mão-de-obra utilizada na agricultura, no Centro-Oeste ela é responsável por apenas 54%. Guanzirolí e Cardim (2000) deixam claro que para os agricultores patronais são necessários, em média, 67,5 ha para ocupar uma pessoa, enquanto que entre os familiares são necessários apenas 7,8 ha.

A importância econômica da Agricultura Familiar se dá mais notadamente na região Sul do Brasil:

São os que mais se destacam pela sua participação no VBP regional, sendo responsáveis por 35% da pecuária de corte, 80% da pecuária de leite, 69% dos suínos, 61% das aves, 83% da banana, 43% do café, 81% da uva, 59% do algodão, 92% da cebola, 80% do feijão, 98% do fumo, 89% da mandioca, 65% do milho, 51% da soja e 49% do trigo produzido na região. Nessa região, 71,4% dos agricultores cultivam milho, 46,9% feijão e 35,7% mandioca e 22,5% soja, e ainda, 48% criam pecuária de corte, 61,6% pecuária de leite, 55% suínos e 73,5% aves/ovos. (GUANZIROLI e CARDIM, 2000).

2.1.3 Políticas públicas brasileiras para agricultura

As ações do Governo Federal para o meio rural brasileiro estão pautadas em um novo modelo que visa permitir uma inserção não subordinada das populações locais ao mercado globalizado, a partir dos princípios baseados no desenvolvimento sustentável.

Neste sentido várias ações buscam satisfazer a necessidade da criação e/ou fortalecimento de mecanismos que permitam à agricultura (BACEN, 1994), em especial à agricultura familiar, maior capacidade de compatibilizar a produção para o seu próprio consumo e para o mercado, a manutenção e geração de ocupações produtivas, a diversificação das atividades rurais e a construção de mecanismos que permitam a agregação de valor. O principal programa que atende a estes objetivos é o PRONAF.

a) PRONAF

Criado pelo Governo Federal com o propósito de apoiar os agricultores familiares, atualmente sob gestão do Ministério do Desenvolvimento Agrário, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) tem por objetivo principal o fortalecimento e a valorização do agricultor familiar, visando integrá-lo à cadeia de agronegócios e proporcionar-lhe o aumento de renda e a agregação de valor ao produto e à propriedade, mediante sua profissionalização e modernização do sistema produtivo.

O crédito do Pronaf vem sendo distribuído para todas as regiões do País. Conforme dados do Bacen (2003), Brasil (2004) e CONAB (2004), a região sul, que possui 21 % dos estabelecimentos familiares, recebeu 51 % dos créditos entre 1997 e 2003. Essa concentração de aplicação de recursos na Região Sul, é em decorrência, principalmente, do elevado grau de organização social.

Além do crédito, programa tem o intuito de proporcionar melhorias a favor da educação, da formação profissional dos agricultores familiares e da comercialização da

produção, porque são considerados essenciais para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar no Brasil.

Uma retrospectiva histórica do PRONAF foi realizada pelo Banco do Brasil (2004), em que foram apontados os principais momentos do programa. São eles:

1995 – Instituição do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) pela Resolução CMN (Conselho Monetário Nacional) – (Banco Central do Brasil) Bacen nº. 2.191, de 24/08/95, com as seguintes características: créditos para custeio e investimento para produtores rurais que apresentam a Declaração de Aptidão ao Programa, com taxas de juros de 16% ao ano.

1996 – Criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) pelo Decreto nº. 1.946, de 28/06/96. Redução da taxa de juros para 12% ao ano e ampliação do limite de crédito individual e coletivo.

1997 – Inclusão de novos beneficiários como os pescadores artesanais, aquícultores e seringueiros extrativistas; redução da taxa de juros para 6,5% ao ano e criação de novas linhas de financiamento, inclusive modalidade destinada a melhorar a infra-estrutura e os serviços comunitários rurais. Simplificação das normas do Proagro.

1998 – Redução da taxa de juros para 5,75% ao ano e criação da linha Pronaf Agregar.

1999 – Classificação dos beneficiários do Pronaf em grupos “A”, “B”, “C” e “D”, para fins de acesso aos créditos; extinção do Programa Especial de Crédito para a Reforma Agrária (Procerá), passando as famílias assentadas pelo Programa Nacional de Reforma Agrária a serem beneficiadas pelo Pronaf “A”; criação de crédito coletivo para pessoas jurídicas destinado a associações, cooperativas e outras formas de agrupamento; possibilidade de financiamento de atividade não-agrícolas, como o turismo rural e o artesanato.

2000 – Redução da taxa de juros para 4% ao ano; criação de custeio especial para assentados da reforma agrária e beneficiários do Programa de Crédito Fundiário.

2001 – Elevação do limite de financiamento; aumento para até cinco anos do período de carência para projetos de investimento; a possibilidade de substituição do projeto técnico de investimento por proposta simples.

2002 – Suspensão, pelo Programa, do financiamento à cultura do fumo; eleva o limite de crédito em projetos iniciais para beneficiários do grupo “A” do Pronaf, dos quais 7,7% são destinados ao pagamento da assistência técnica.

2003 – Implementação de medidas de simplificação e racionalização dos contratos, permitindo renovações por até cinco anos. Criação do Pronaf Semi-Árido, Pronaf Florestal e do Cartão Pronaf.

2004 – Inclusão de novas linhas de financiamento, como o Pronaf Mulher, Pronaf Jovem, Pronaf grupo “E”; reestruturação do Pronaf Agregar, passando a denominar-se Pronaf Agroindústria; e Criação do Proagro Mais.

Podem usufruir dos créditos do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar os produtores rurais que, mediante apresentação de Declaração de Aptidão ao Programa, atendam cumulativamente as condições abaixo (BACEN, 1995):

- Explore a terra na condição de proprietário, posseiro, arrendatário, parceiro ou concessionário do Programa Nacional de Reforma Agrária;
- Residam na propriedade ou em local próximo;
- Possuam, no máximo, quatro módulos fiscais (ou seis módulos, no caso de atividade pecuária);
- Tenham o trabalho familiar como base da exploração do estabelecimento;
- Tenham renda bruta anual compatível com a exigida para cada grupo do PRONAF.

Os créditos podem ser destinados ao custeio das atividades agropecuárias e não agropecuárias de beneficiários enquadrados nos grupos “A/C”, “C”, “D” e “E” (Tabela 1), de acordo com projetos específicos ou propostas de financiamento. Também podem ser destinados a empréstimos de investimento para implantação ou modernização da infraestrutura de produção e serviços agropecuários e não agropecuários no estabelecimento rural ou em áreas comunitárias rurais próximas para produtores dos grupos “A”, “B”, “C”, “D” e “E”, de acordo com projetos específicos.

Visto como grande estimulador de produção para pequenos produtores através do fomento de recursos a baixos juros e garantia de safra pelo seguro agrícola, o PRONAF dispôs de 7 bilhões de reais para financiamento da safra 2004/05 ante 4,5 bilhões destinados a safra 2003/04. Mesmo assim, estes recursos atingiram apenas 1,8 milhão de famílias, pouco mais de 40 % do total de estabelecimentos familiares do Brasil. Deste montante, o Banco do Brasil aplica a maior quantia de recursos (R\$ 4,1 bilhões), sendo a Região Sul novamente destaque nos investimentos, levando 50 % dos recursos financiados, conforme dados do Ministério do Desenvolvimento Agrário (BRASIL, 2004).

Tabela 1 – Grupos de enquadramento dos beneficiários do PRONAF, finalidade dos recursos, valor limite, taxa de juros, bônus e prazos de pagamento.

Grupos	Beneficiários	Finalidade	Valor	Juros (% aa)	Rebate (bônus)	Prazos	Carência
A	Assentados da Reforma Agrária ou beneficiários do Programa de Crédito Fundiário do Governo Federal	Investimento	Até R\$ 15.000,00	1,15	Até 46% sobre o capital	Até 10 anos	Até 5 anos
A/C	Assentados da Reforma Agrária que já contrataram financiamentos do grupo "A"	Custeio	De R\$ 500,00 até R\$ 3.000,00	2	R\$ 200,00, por beneficiário.	Até 2 anos	Não tem
B	Agricultores com renda bruta anual até R\$2.000,00 (excluídos os benefícios sociais e aposentadoria decorrentes da atividade rural)	Investimento	Até R\$ 1.000,00	1	25% em cada parcela da dívida (capital e juros).	Até 2 anos	Até 1 ano
C	Agricultores com renda bruta anual acima de R\$ 2.000,00 e até R\$ 14.000,00 (excluídos os benefícios sociais e aposentadoria decorrentes da atividade rural)	Investimento	De R\$ 1.500,00 até R\$ 6.000,00	4	R\$ 700,00 + 25% por beneficiário sobre juros	Até 8 anos	Até 5 anos
		Custeio	De R\$ 500,00 até R\$ 3.000,00	4	De R\$ 200,00, por ano.	Até 2 anos	Não tem
D	Agricultores com renda bruta anual acima de R\$ 14.000,00 e até R\$ 40.000,00 (excluídos os benefícios sociais e aposentadoria decorrentes da atividade rural)	Investimento	Até R\$ 18.000,00	4	25% sobre os juros, por operação.	Até 8 anos	Até 5 anos
		Custeio	Até R\$ 6.000,00	4	Não tem	Até 2 anos	Não tem
E	Agricultores com renda bruta anual acima de R\$ 40.000,00 e até R\$ 60.000,00 (excluídos os benefícios sociais e aposentadoria decorrentes da atividade rural)	Investimento	Até R\$ 36.000,00	7,25	Não tem	Até 8 anos	Até 5 anos
		Custeio	Até R\$ 28.000,00	7,25	Não tem	Até 2 anos	Não tem

Fonte: Bacen (2004).

b) Seguro da Agricultura Familiar

O seguro da agricultura familiar é exclusivo para os agricultores familiares que realizam financiamentos de custeio agrícola no PRONAF (BRASIL, 2004). Para o agricultor familiar que solicitar financiamento de custeio para as culturas zoneadas (algodão, arroz, feijão, feijão caupi, maçã, milho, soja, sorgo e trigo) e para as culturas de banana, caju, mandioca, mamona e uva, a adesão ao seguro da agricultura familiar será compulsória. Assim, mais de 95% dos financiamentos de custeio agrícola realizados no PRONAF serão cobertos pelo Seguro da Agricultura Familiar.

As demais culturas não zoneadas (batata, tomate, cebola, girassol, mamão, laranja, etc.) não se enquadram no seguro da agricultura familiar. Mas, nesses casos, os agricultores familiares podem aderir a modalidade anterior de Proagro (que permanece sendo opcional), pagando 2% de adicional (contribuição do produtor, correspondente ao que é denominado de prêmio no mercado segurador).

O seguro da agricultura familiar garante 100% do valor do financiamento; recursos próprios aplicados pelo agricultor familiar em valor correspondente a 65% da receita líquida esperada⁸ do empreendimento, limitado a 100% do financiamento e a R\$ 1.800,00 e os juros contratuais incidentes sobre as parcelas de crédito utilizado, calculados até a data da cobertura.

c) MODERFROTA

Um dos grandes pilares de recente extraordinário crescimento do setor agrícola no país é, sem dúvida, a crescente mecanização. A modernização das máquinas agilizou o plantio e a colheita e diminuiu a perda de grãos, o que poderia comprometer em até 5% a produção.

Dentro desta visão otimista, foi criado, pelo Governo Federal, o Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas, Implementos Associados e Colheitadeiras – Moderfrota, instituído em fevereiro de 2000 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por uma Resolução do Banco Central do Brasil, em parceria com o Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Com o objetivo de financiar a aquisição, isolada ou não, de tratores agrícolas e implementos associados, colheitadeiras e equipamentos a produtores rurais (pessoas físicas ou jurídicas) e suas cooperativas, a uma taxa de juros fixa entre 8,75% e 12,75% ao ano,

⁸ Considera-se receita líquida esperada a receita bruta esperada menos o valor do financiamento e receita bruta esperada é aquela prevista nas planilhas dos agentes financeiros, utilizada quando da concessão do crédito.

liberando até 100%, para as beneficiárias com renda agropecuária bruta anual inferior a R\$ 150 mil e até 80 % para os demais.

Segundo Salomão (2003), a importância do programa está evidenciada pela proporção relativa de unidades de máquinas vendidas no mercado interno que foram financiadas pelo Moderfrota. No ano de 2000, o programa financiou 61% dos tratores e 99% das colheitadeiras vendidas.

De uma forma geral, a continuidade do programa de financiamento Moderfrota facilitou bastante as condições de pagamento na aquisição de novas máquinas por parte dos produtores e empresas agropecuárias. Por consequência, permitiu investimentos das indústrias em tecnologias modernas, com máquinas mais potentes, computadorizadas e que estão dando suporte ao crescimento do setor.

Em paralelo, pode-se dizer que enquanto o Pronaf é o principal órgão de fomento para investimentos na agricultura familiar, incluindo a mecanização, o Moderfrota tem seu principal foco a agricultura patronal, não impedindo que o primeiro grupo, uma vez atendidas suas exigências, possa usufruir de recursos do Moderfrota. O inverso não é válido.

2.1.4 Conclusões sobre a Agricultura Familiar

Sendo em maioria absoluta e com pouca terra os agricultores familiares que exploram pequenas propriedades têm pela frente um futuro não muito promissor. Entre os agricultores que dominam área com menos de cem hectares, apenas 26% dos estabelecimentos têm renda líquida não negativa. Caso se requeira uma remuneração de um salário ou mais para o empreendedor, somente 20% dos estabelecimentos satisfazem esta condição. No caso de uma remuneração igual ou superior a dois salários-mínimos, somente 16% dos estabelecimentos atendem a esta exigência. Analisando a situação acima relatada, Alves et al. (2001) afirma que eles tenderão a desaparecer com o desenvolvimento, evoluindo para uma agricultura familiar que remunera o trabalho, inclusive o familiar, seguindo critérios de mercado. Considerando-se uma remuneração de dois salários-mínimos ou mais, pelo critério da renda familiar, apenas 36% dos estabelecimentos têm condições de sobreviver. Se o padrão for um e meio salário-mínimo ou mais, este número sobe para 44%.

Ainda, pelo critério da renda líquida, que mede a estabilidade de longo prazo do estabelecimento, ou pelo critério da renda familiar, que mede a estabilidade da família quanto ao permanecer no meio rural, a agricultura está remunerando muito mal quem se dedica a ela.

E não é surpresa ver um Brasil com 82% da população morando nas cidades. Os resultados do censo indicam que os agricultores, mal satisfeitos com a remuneração que recebem, estão dispostos a deixar a atividade em busca de melhores oportunidades nas cidades, enfrentando o desemprego e a violência.

Segundo outro estudo realizado por Alves et al. (1999), os agricultores tinham até então dificuldade de acesso aos recursos para tornar produtivo o capital que comandam. Era imperativo que o Pronaf tivesse maior abrangência para permitir uma melhor exploração dos recursos que os produtores dispõem. Sabe-se que nos últimos anos muitos entraves foram resolvidos e que o volume de recursos liberados pelo Pronaf aumentou substancialmente, mas não em volumes suficientes. Ainda hoje se verifica que a qualidade de atendimento ao agricultor familiar precisa ser melhorada, principalmente diminuindo a burocracia.

Outra constatação realizada por Alves et al. (2001) evidencia que, se considerado, isoladamente, a terra, o capital e o trabalho, a maioria dos estabelecimentos está subutilizando estes fatores, como por exemplo, a deficiência no uso de insumo. A maior restrição é de crédito. Os recursos próprios, como fonte de financiamento, se mostram insuficientes. Fica evidente que os produtores estão longe de explorar sua capacidade de gestão. Ainda segundo Alves et al. (2001), se duplicassem todos os insumos, obteriam mais do dobro de renda líquida.

Outra constatação feita por Alves et al. (2001) é que no grupo de agricultores familiares com menos de 100 hectares, a grande maioria remunera a mão-de-obra familiar mais do que a produtividade marginal permite. A saída está em expandir a produção, depois de reorganizá-la. Também é importante expandir as oportunidades de emprego fora da propriedade, e, neste caso, é muito oportuno o serviço cooperativado, o transporte, que as prefeituras começam a oferecer, o qual não deve beneficiar somente as crianças em idade escolar.

Por trás das dificuldades que os agricultores enfrentam estão a modernização da agricultura e a abertura comercial. A modernização permite que a mesma área produza muito mais e com muito menos trabalhadores. A que tudo indica que temos um grande excesso de produtores. A urbanização acelerada que experimentamos é uma evidência definitiva deste excesso. Assim sendo, programas que visam reter população no campo somente têm sentido como forma de aliviar tensões e de ganhar tempo para as cidades adquirirem maior capacidade de empregar. Como custam muito caro, devem ser pesados contra a alternativa de prover condições para uma vida urbana mais digna, principalmente, quando se pensa em retornar cidadãos à agricultura. As chances de este retorno dar errado são enormes.

São cabíveis neste momento, indagações que nos levem à reflexão: Tem condições de permanecer no mercado o estabelecimento de pequena renda líquida, um salário-mínimo ou menos? Se for aumentada a produção dos pequenos estabelecimentos, e eles são milhões, qual o impacto sobre os preços? E quantos estabelecimentos cabem no mercado, uma vez modernizados?

2.2 Mecanização na agricultura

2.2.1 Parque de máquinas brasileiro

No Brasil são incorporados por hora 250 hectares de novas áreas agrícolas e estima-se que este ritmo perdure por no mínimo dez anos, período ao qual teremos atingido um patamar de exploração agrícola em áreas novas próximo ao limite. Para suprir esta demanda, é necessário introduzir na agricultura 140 cv de potência em trator, 15 linhas de semeadura e ½ colhedora de tamanho médio (200 a 250 cv) por hora (HERRMANN, 2005). A indústria trabalha estes números como meta para suas vendas internas, acrescido da necessidade de renovação de frota, seja por sucateamento ou obsolescência tecnológica.

Segundo a ANFAVEA (2002), em 1999 a frota de tratores de rodas e de colhedoras no Brasil estava estimada em 450.000 e 48.000, respectivamente. As vendas no período proporcionaram uma renovação de 18,7% da frota de tratores de rodas e de 26,4% das colhedoras. Tendo em vista a necessidade de atualização dos números das frotas, o CEPEA (2002) fez um cálculo estimativo, definindo para tal, que aos 17 anos de uso as máquinas são consideradas sucatas. Em 2002 não deveriam existir mais que 415 mil tratores e em torno de 56 mil colhedoras. A idade média da frota foi calculada 9,6 anos, 1 ano menos que em 1999. Nessas condições, a necessidade de reposição anual das máquinas sucateadas seria, em média, de 26.675 tratores e 3.415 colhedoras.

Em outro cenário, esperando uma vida útil de 10 anos para tratores e 15 anos para colhedoras, o estudo conclui que cerca de 50% da frota de tratores estava com idade acima da vida útil de 10 anos e para colhedoras, a situação era bem melhor, e em torno de 10% da frota estaria com idade superior à vida útil assumida.

Isso mostra que existe um espaço para a expansão do mercado no Brasil, pela defasagem da frota brasileira em relação a outros países produtores agrícolas, idades médias

das frotas e pela disponibilidade de área que pode ser incorporada ao processo produtivo, avaliada em 90 milhões de hectares.

Pelos dados apresentadas (Tabela 2), em 1999 tínhamos no Brasil uma relação de aproximadamente 1 trator para cada 118 hectares e 1 colhedora para cada 1.108 hectares, enquanto que nos Estados Unidos existia 1 trator para cada 37 hectares e 1 colhedora para cada 266 hectares. O Brasil é o segundo país em área mecanizável, mas possui a quarta maior frota mundial de tratores. Seus índices de mecanização em relação a tratores podem ser equiparados com a Argentina, todavia, ainda possui um alto número de hectares por colhedora, quase o dobro em relação ao país vizinho. Especificamente, o Rio Grande do Sul tem um índice de mecanização, tanto para tratores como para colhedoras, que figura entre padrões Europeus e países como Estados Unidos e Canadá. Em parte, este fato pode ser explicado pela característica regional de colonização: pequenas propriedades e agricultura mecanizada.

Tabela 2 – Frota de tratores e colhedoras e índice de mecanização por país em 2002.

Local	Área arável (milhões ha)	Tratores (mil)	Colhedoras (mil)	ha por trator	ha por colhedora
Estados Unidos	176,0	4.800	662	37	266
Argentina	33,7	300	50	113	674
Canadá	45,7	733	116	62	395
França	18,5	1.264	200	15	92
Reino Unido	5,8	500	157	12	37
Brasil (1999)	53,2	450	48	118	1108
Brasil (2004)*	59,0	383	49	154	1193
Rio Grande do Sul	7,7	150	35	51	220

(*) Estimativa Fonte: FAOSTAT (2005) e ANFAVEA (2006).

A evolução do índice de mecanização e da frota nacional de tratores relativa aos últimos 44 anos pode ser acompanhada pela Figura 2. A frota nacional de tratores atingiu seu máximo em 1985. Naquele ano, o Brasil tinha 1 trator para cada 90 hectares de área cultivada. A partir desse ano, em função de várias crises políticas e econômicas, a venda de tratores não acompanhou a recomposição por sucateamento e houve um decréscimo da frota. Conseqüentemente, o número de tratores por área aumentou, chegando a 154 tratores por hectare no ano de 2004. Aliado aos fatos, verifica-se mudanças na matriz produtiva da agricultura brasileira. A exploração de grandes áreas agrícolas no centro-oeste e norte e a

implantação do “plantio direto” trouxe a necessidade de máquinas maiores e de grande potência.

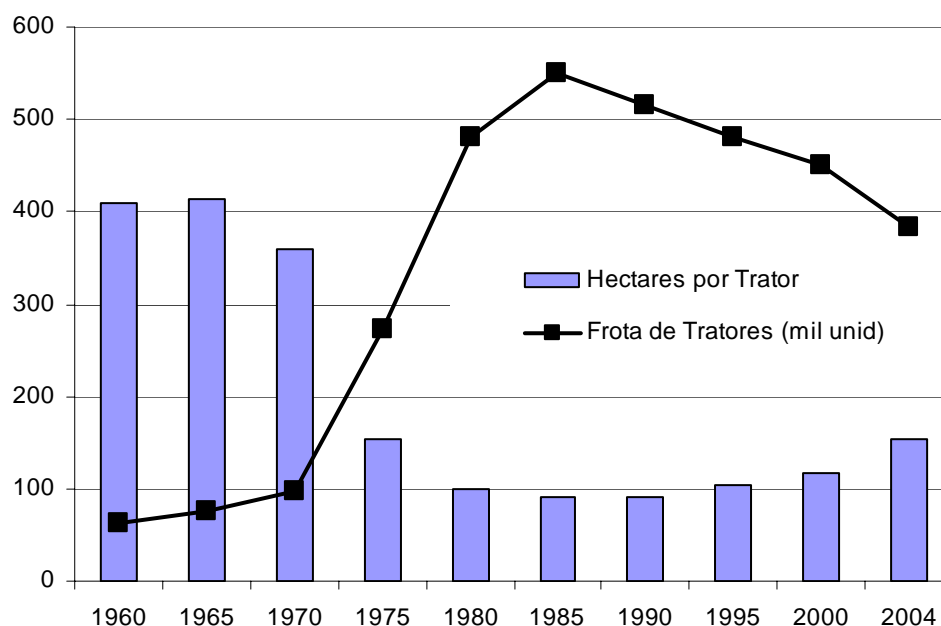


Figura 2 – Índice de mecanização e frota de tratores no Brasil.

Fonte: Afavea (2004)

O total de unidades vendidas, porém, não é o único fator de desempenho relevante. A potência dos tratores vendidos no mercado interno é um fator importante e com tendência de crescimento, refletindo o investimento das indústrias em tecnologia. Em 1999 (Tabela 3), a potência média os tratores de rodas vendidos no mercado interno foi de 87 cv, enquanto que em 2002 foi de 97 cv. Nesse mesmo período, os preços dos tratores de rodas aumentaram em 63,1% para tratores de 60 a 70 cv, 48,4% de 70 a 80 cv, 51,7% de 80 a 90 cv e 52% acima de 100 cv. Essa tendência se verifica hoje, em que máquinas de grande potência têm um custo específico por unidade de potência inferior às máquinas de menor porte.

Tabela 3 – Vendas de tratores de rodas por faixa de potencia nos anos de 1999, 2002 e 2005.

Potência do trator	1999	%	2002	%	2005	%
Até 49 cv	843	4,5	992	3,0	1.042	5,9
50 a 99 cv	11.248	59,9	18.785	56,6	10.999	62,7
100 a 199 cv	6.641	35,3	13.325	40,1	5.398	30,8
Acima de 200 cv	56	0,3	84	0,3	104	0,6
Total	18.788		33.186		17.543	

Fonte: Afavea (2006)

2.2.2 Mecanização agrícola no Rio Grande do Sul

Em se tratando de mecanização, é importante trazer dados absolutos da frota de tratores existente no estado (Tabela 4 e Figura 3). O número de tratores de potência de menos de 10 cv em 1980 correspondia a 4,4% e em 1996 caiu para 3,4%; o número de tratores de potência entre 10 e 20 cv em 1980 correspondia a 7,9% e em 1996 caiu para 7,6%; o número de tratores de potência de 20 a 50 cv em 1980 correspondia a 12,6% e em 1996 aumentou para 16,4%; o número de tratores de potência entre 50 e 100 cv em 1980 correspondia a maioria absoluta de 68% e em 1996 caiu para 59,3%; o número de tratores de potência superior à 100 cv, em 1980 correspondia a 7,1% e em 1996 subiu para 13,4%. De um modo geral, percebe-se a tendência na introdução de máquinas de maior potência (acima de 100 cv) nas grandes lavouras do estado.

Tabela 4 – Número de tratores segundo a potência no Estado do Rio Grande do Sul.

Grupos de área total	Unidades		
	1980	1985	1996
Menos de 10 cv	5.296	5.555	5.346
De 10 a menos de 20 cv	9.452	11.768	12.122
De 20 a menos de 50 cv	15.174	16.217	26.021
De 50 a menos de 100 cv	81.592	92.001	94.306
100 cv e mais	8.556	12.999	21.279
Total	120.070	138.540	159.074
Informantes	81.130	92.428	104.179

Fonte: IBGE (1996)

A atividade agrícola que mais se utiliza da mecanização, especificamente de tratores, é a soja. Esta cultura é o carro chefe do agronegócio gaúcho. Ocupa a maior área e é responsável pelo maior valor bruto de produção. Em segundo lugar vem a produção agropecuária mista, como pode ser visto na Tabela 5.

No Rio Grande do Sul configura-se uma situação atípica em relação ao restante de país. Estudos mais detalhados que traçam um diagnóstico do agronegócio do estado exigem análise específica, que considere as características regionais. Os dados apresentados a seguir consideram esta variabilidade por meso-região definida pelo IBGE, conforme Figura 4.

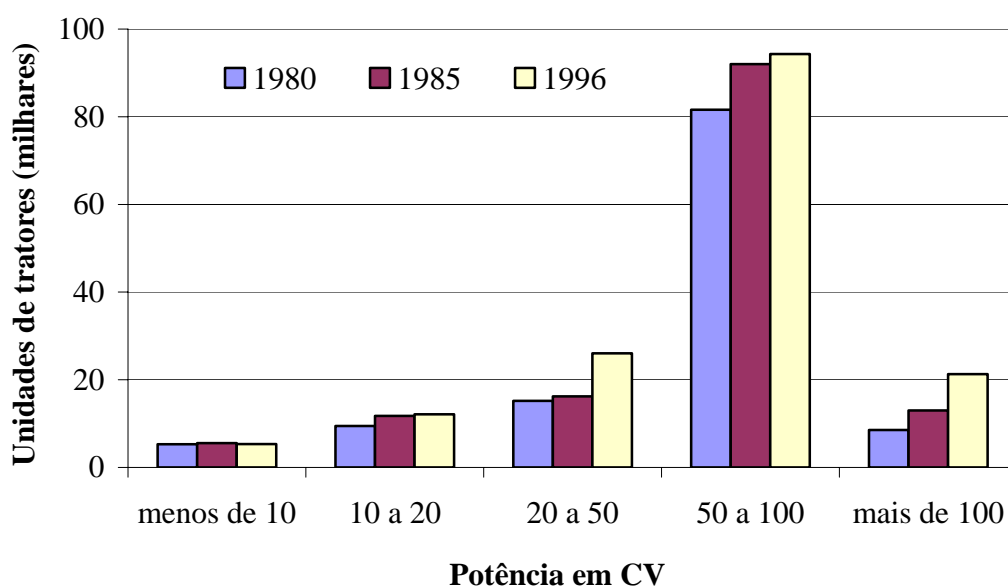


Figura 3 – Número de tratores segundo classe de potência no Estado do Rio Grande do Sul nos anos de 1980 1985 e 1996.

Fonte: IBGE (1996).

Tabela 5 – Número de tratores no Rio Grande do Sul classificados por faixa de potência e segundo a atividade econômica principal.

	Total	<10 cv	10 a 20 cv	20 a 50 cv	20 a 100 cv	> 100 cv
Soja	40 211	177	279	2 217	30 556	6 982
Prod. Agropec. Mista	28 613	1 037	2 078	3 770	19 493	2 235
Arroz	22 938	93	162	1 027	13 568	8 088
Bovinos	17 528	866	1 572	2 519	10 700	1 871
Fumo	7 076	335	1 145	1 515	3 797	284
Milho	5 213	158	249	728	3 559	519
Avicultura	3 910	208	595	832	2 121	154
Uva	3 577	576	1 945	708	313	35

Fonte: IBGE (1996)



Figura 4 – Meso-regiões geográficas do Rio Grande do Sul estabelecidas pelo IBGE.

Fonte: IBGE (1996)

A distribuição latifundiária no Rio Grande do Sul pode ser vista na Tabela 6. De acordo com os dados do IBGE (1996), quase a metade das propriedades localizam-se na região noroeste, que abrange 25 % da área do estado. Em todas as meso-regiões predominam os estabelecimentos que possuem entre 10 e 100 hectares, sendo expressivo as propriedades com menos de 10 hectares (45,7%) no centro-oriental do estado. O sudoeste do estado se destaca por apresentar as maiores propriedades. Quase a metade delas tem mais que 100 hectares, sendo 25,3% destes acima de 500 hectares.

Tabela 6 – Distribuição das propriedades, área média e percentual dos estabelecimentos rurais por tamanho e por meso-região do Rio Grande do Sul.

Meso-Região RS	Propriedades %	Área Total %	Área Lav - ha	Menos de 10 ha	10 a 100 ha	100 a 500 ha	Mais de 500 ha
Centro Ocidental	6	10	17.8	20.2%	59.7%	11.8%	8.3%
Centro Oriental	13	6	7.9	45.7%	50.5%	2.3%	1.5%
Metropolitana	11	8	10.2	41.6%	51.5%	4.2%	2.7%
Nordeste	10	10	8.8	23.8%	63.5%	7.8%	4.9%
Noroeste	44	25	17.2	35.3%	59.4%	3.4%	1.9%
Sudeste	10	15	14.2	21.9%	60.5%	10.3%	7.3%
Sudoeste	5	25	37.3	8.2%	42.1%	24.4%	25.3%

Fonte: IBGE (1996)

Em relação ao índice de mecanização nas meso-regiões do Rio Grande do Sul (Tabela 7), observa-se que a região que possui o maior número de tratores por área de lavoura é a região nordeste e possivelmente grande parte da frota seja de pequenos tratores. A área média de lavoura por propriedade é a menor do estado, com 8,8 hectares. Esta região é caracterizada pela produção de fruticultura e horticultura, e a produção de grãos é pequena, comprovada pela inexpressiva quantidade de máquinas para plantio e colhedoras. Por outro lado, temos na região noroeste, centro ocidental e sudoeste um grande número de máquinas de colheita, justificando sua importância celeira. A região que possui as maiores propriedades também possui o menor índice de mecanização relativa a tratores.

Tabela 7 – Índice de mecanização por meso-região do Rio Grande do Sul para tratores, máquinas para plantio e colhedoras, considerando apenas áreas agrícolas produtivas (lavouras) e número de propriedades.

Meso-Região do RS	Tratores		Máquinas p/ Plantio		Colhedoras	
	ha/maq	prop/maq	ha/maq	prop/maq	ha/maq	prop/maq
Centro Ocidental	41.1	2.3	77.2	4.3	178.0	10.0
Centro Oriental	39.5	5.0	108.2	13.6	249.0	31.4
Metropolitana	30.4	3.0	131.3	12.8	252.5	24.7
Nordeste	22.2	2.5	120.6	13.7	352.4	39.9
Noroeste	43.9	2.6	56.3	3.3	159.3	9.3
Sudeste	49.2	3.5	96.4	6.8	260.4	18.3
Sudoeste	51.1	1.4	106.9	2.9	189.3	5.1

Fonte: IBGE (1996)

a) Zona Sul do Rio Grande do Sul

Segundo o ITEPA (1999), a região tem demonstrado grandes transformações praticamente em todos os aspectos que envolve o setor primário nos últimos 25 anos. No que diz respeito à mecanização do trabalho no campo, ou substituição da força de trabalho animal e humana pela mecanizada, também sofreram transformações. No período de 1985/96, o número de proprietários de tratores na região (Tabela 8), cresceu no período 1980/85, mas reduz-se no período 1985/96, e o resultado no período que corresponde 1980/96 foi positivo com um aumento de 572 proprietários. Quanto ao número de tratores o comportamento dos números permite concluir que: o número de tratores com menos de 10 cv diminuíram em 99 unidades; os tratores de 10 a 20 cv aumentaram em 85 unidades; os tratores entre 20 e 50 cv

aumentaram em 104 unidades; os de 50 a 100 cv, reduziram-se em 412 unidades e os com mais de 100 cv aumentaram em 1.506 unidades. De um modo geral, houve um aumento na força de trabalho mecanizado no campo devido à introdução de máquinas mais potentes, principalmente naqueles municípios, onde predomina a cultura do arroz.

Tabela 8 – Número de tratores segundo a potência na Zona Sul em 1980, 1985 e 1996.

Grupos de área total	Unidades		
	1980	1985	1996
Menos de 10 cv	472	429	373
De 10 a menos de 20 cv	722	804	807
De 20 a menos de 50 cv	1.795	1.759	1.899
De 50 a menos de 100 cv	7.842	8.339	7.430
100 cv e mais	920	1.898	2.423
Total	11.751	13.229	12.932
Informantes	6.788	7.594	7.360

Fonte: IBGE (1996).

Comparado com o estado do Rio Grande do Sul, quanto ao número de informantes (proprietários) e o número de tratores, de acordo com sua potência na Zona Sul, o comportamento ocorreu da seguinte maneira: em 1980 o número de informantes na Zona Sul correspondia a 8,4% do total do Estado, e, em 1996 este percentual caiu para 7%; o número de tratores de 10 cv de potência em 1980 correspondia a 8,9% e em 1996 caiu para 7%; o número de tratores de potência de 10 a 20 cv em 1980 correspondia a 7,6% e em 1996 caiu para 6,7%; o número de tratores de potência entre 20 e 50 cv em 1980 correspondia a 11,8% e em 1996 caiu para 7,3%; o número de tratores de potência de 50 a 100 cv em 1980 correspondia a 9,6% e em 1996 caiu para 7,9%; o número de tratores de potência superior à 100 cv, em 1980 correspondia a 10,8% e em 1996 subiu para 11,4%. De um modo geral, a Zona Sul somente obteve vantagens em relação ao Estado, na introdução de máquinas de grande potência (acima de 100 cv), utilizadas nas grandes lavouras de cultivo de arroz.

b) Região Central do Rio Grande do Sul

Caracterizada como atividade de alta expressão econômica no Rio Grande do Sul, a orizicultura é praticada de forma intensa, sobretudo na aplicação da mecanização. Um estudo realizado por Schlosser et al. (2004) diagnosticaram o nível de mecanização em função da área agrícola utilizada com arroz e da área agrícola total. Eles analisaram uma amostra de 87

propriedades na região central do estado, que, dentre suas atividades, desenvolviam a orizicultura, sendo sobre tudo considerada a potência dos tratores agrícolas em atividade e as áreas produtivas declaradas.

Os autores concluíram que o índice de mecanização foi menor para as propriedades com maior área agrícola total e maior área de arroz. Também constataram maior disponibilidade de potência de tratores agrícolas nas propriedades de pequena área, evidenciada pelo seu alto índice de mecanização. Este fato demonstra menor distribuição do investimento na unidade de área, maior cuidado no trabalho e menor tempo para a realização das operações agrícolas.

c) Região Alto-Urugui do Rio Grande do Sul

Com base nos dados disponíveis no censo agropecuário de 1985 (Tabela 9) sobre o número total de tratores e colhedoras existentes na região, Aristimunha (1997) calculou a magnitude da disponibilidade de força mecânica. A região apresentou uma disponibilidade de 0,69 cv hectare⁻¹ ao considerar-se área total dos estabelecimentos rurais e caso considerasse apenas a relação potência/área de lavouras temporárias (que se constitui na demanda básica de tratores na região), a disponibilidade de potência sobe para 2,16 cv hectare⁻¹ destas lavouras. Analisando os tratores por classes de potência no território de estudo, 93,4% dos tratores pertencem classe acima de 50 cv. Para efeito deste cálculo, foi estimado 70 cv para potência média de tratores e 117 cv para colhedoras.

Tabela 9 – Número de tratores, colhedoras e área média de lavouras por máquina disponível, nos municípios de Cruz alta, Fortaleza dos Valos, Pejuçara e Salto do Jacuí.

Ano	Área	Tratores		Colhedoras	
	ha	Nº	ha/trator	Nº	ha/colhedora
1940	31.257	23	1.359	13	2.404
1950	45.331	29	1.563	22	2.061
1960	67.566	443	153	-	-
1970	96.754	976	99	407	238
1975	143.509	2.304	62	828	173
1980	168.750	2.790	60	1.047	161
1985	182.063	3.375	54	1.219	149

Fonte: IBGE (1985) adaptado por Aristimunha (1997).

Um estudo de caso realizado por Aristimunha (1997) avaliou o índice de mecanização na região do planalto médio rio-grandense, englobando os municípios de Cruz Alta, Fortaleza dos Valos, Pejuçara e Salto do Jacuí, com área superficial de 4.309 km², equivalente à 1,53% da área total do Rio Grande do Sul. Os resultados do levantamento foram compilados e reunidos na Tabela 10.

Para Aristimunha (1997) este alto nível de mecanização, mesmo em pequenas áreas de lavouras, demonstra que os subsídios agrícolas beneficiaram diretamente o desenvolvimento da indústria metal-mecânica brasileira. Essa excessiva e desnecessária inversão de recursos a que os agricultores familiares foram levados pode ser aperfeiçoada quando comparada a outros países como Argentina, que apresenta um índice de 0,31 cv ha⁻¹ ou a Austrália, com 0,47 cv ha⁻¹ (BARSKY, 1994).

Tabela 10 – Nível de mecanização agrícola das Unidades de Produção Familiar por estrato de área, realizado em 77 propriedades da região do planalto médio do RS.

	Relação de potência mecanizada instalada por área		
	Menos de 20 ha	20 a 50 ha	50 a 100 ha
	33,8%	41,5%	24,7%
cv/ha SAU *	0,83	2,92	2,82
cv/ha SAU-m **	1,44	3,08	2,94

(*) SAU: superfície agrícola útil; (**) SAU-m: superfície agrícola útil mecanizável (lavouras anuais + lavouras perenes + pastagens anuais + pastagens perenes + 0,5 banhados)

Fonte: Aristimunha (1997).

Seguramente, o nível de mecanização é superior ao encontrado neste trabalho quando consideradas o número de propriedades que não possuem máquinas (43%). Nestes casos, as operações de preparo do solo, plantio e colheita nas que cultivam soja normalmente são realizadas com máquinas de terceiros mediante pagamento. A participação destas máquinas não foi contabilizada no presente cálculo. Os cálculos das máquinas próprias foram realizados com base na parcela da posse detida pelo produtor sobre as mesmas, o que subestima a capacidade empregada sobre as terras, pois no momento de uso os agricultores dispõem da potência total.

Outro aspecto estudado por Aristimunha (1997) é o número de tratores e colhedoras, sua idade e potência de acordo com o tamanho das propriedades (Tabela 11). Nas pequenas propriedades, com menos de 20 hectares, apenas 15% possuíam tratores e 4% possuíam colhedoras. Conforme aumentam de tamanho, esse percentual cresce, chegando a quase 90% com tratores e 74% com colhedoras nas propriedades entre 50 e 100 hectares. Outro fato

importante é o número de máquinas por propriedade, em que foi verificado que mais de 47 % das propriedades entre 50 e 100 ha possuíam dois tratores e 5 % possuíam três. Curiosamente, a idade média dos tratores é menor nas pequenas propriedades, com exceção das propriedades acima de 50 ha e que possuíam dois tratores. A idade média das colhedoras nas pequenas propriedades era de 26 anos, evidenciando a ausência da renovação de frota.

Tabela 11 – Inventário de máquinas existentes nos municípios de Cruz Alta, Fortaleza dos Valos, Pejuçara e Salto do Jacuí por tamanho de propriedade.

	Até 20 ha			de 20 a 50 ha			de 50 a 100 ha		
	Freq. %	Idade anos	Pot. cv	Freq. %	Idade anos	Pot. cv	Freq. %	Idade anos	Pot. cv
1 trator	15,4	16,8	68,0	65,6	19,9	71,3	89,5	17,6	72,6
2 tratores	-	-	-	15,6	22,8	58,6	47,4	14,2	82,0
3 tratores	-	-	-	-	-	-	5,3	24,0	70,0
1 colhedora	3,9	26,0	-	25,0	17,5	-	73,7	15,6	-
2 colhedoras	-	-	-	-	-	-	10,5	17,5	-
3 colhedoras	-	-	-	-	-	-	5,3	14,0	-

Fonte: Aristimunha (1997)

d) Micro Região de Cerro Largo

Na micro-região de Cerro Largo, que se insere na meso-região Noroeste do RS, também se verifica um alto índice de mecanização, principalmente nos municípios que possuem a menor média de área por propriedade, como é o caso de Cerro Largo, Salvador das Missões e São Pedro do Butiá (Tabela 12). Ambos apresentam mais de dois cv de potência instalada em tratores por hectare de lavoura e tem sabidamente sua principal utilização destinada à produção de soja, trigo, milho, sendo a grande maioria das áreas implantas sob plantio direto. Acredita-se que atualmente o índice de mecanização possa ter aumentado, principalmente com a aquisição de tratores novos, de maior potência, sendo muitos deles do tipo 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA). Fato esse comprova a subutilização das máquinas e sua aquisição sem critérios de dimensionamento de acordo com a necessidade.

Os altos índices de mecanização encontrados, especialmente nas pequenas propriedades, é considerada por Madeira (2000) como limitativa da eficiência do trabalho das máquinas na medida em que gera um volume muito considerável de tempos improdutivo o que, aliado às fracas intensidades de utilização anual, tende a provocar situações de acentuada

sobremecanização e o conseqüente encarecimento das unidades de serviço, o que permite pressupor que muitos agricultores investem na compra de máquinas, sem expectativas de retorno, alocando recursos importantes provenientes de outras atividades.

Tabela 12 – Tamanho médio das propriedades, percentual da área destinada lavoura, área ocupada por pessoa, índice de mecanização por trator e área de lavoura por colhedora.

	Área (ha) média por propriedade	Área de lavoura	Ha por Pessoa Ocup.	Número de Tratores	Trator* cv / ha	Área (ha) por colhedora
Caibaté	23,9	53 %	8,9	427	1.6	186
Campina das Missões	13,3	61 %	4,6	303	1.8	287
Cerro Largo	14,5	59 %	4,5	302	2.5	171
Guarani das Missões	18,5	65 %	6,4	552	1.9	169
Porto Xavier	13,5	37 %	5,3	139	1.2	215
Roque Gonzales	21,0	46 %	6,8	411	2.0	120
Salvador das Missões	14,1	69 %	5,3	224	2.8	168
São Paulo das Missões	13,2	57 %	4,0	215	1.4	117
São Pedro do Butiá	13,6	68 %	4,4	224	2.4	152
Micro região de Cerro Largo - RS	16,6	55 %	5,7	2 797	1.9	164

(*) Considerando trator de 75 cv de potência.

Fonte: IBGE (1996).

2.2.3 Mecanização para pequenas propriedades

Muito se fala na atualidade sobre a importância de se manter o homem no campo, dando-lhe condições para que como pequeno agricultor tenha lucratividade e incentivo para permanecer na sua propriedade, trabalhando no ramo agrícola. Basta analisar os dados de fluxo de mão-de-obra do campo para cidade para que se note a desproporcionalidade entre as classes de idade. A verdade é que os jovens filhos de agricultores não se sentem atraídos a permanecer no campo, a menos que a empresa agrícola seja altamente rentável, o que nesse modelo adotado pelos últimos governos somente acontece nas explorações de apreciáveis dimensões de área e avançadas tecnologias.

Segundo Madeira (2000), impõe-se que os agricultores, especialmente as camadas mais jovens, sejam motivados a reunir o maior volume de informação possível que lhes permita ter consciência das implicações da posse e da utilização de parques de máquinas,

tanto do ponto de vista econômico como do seu eventual impacto na conservação dos recursos naturais e na preservação do ambiente.

Ainda para Madeira (2000), é inegável que a mecanização da agricultura permitiu, entre outras coisas, reduzir ao mínimo a penosidade na realização dos trabalhos agrícolas, que os métodos tradicionais impunham; aumentar de forma espetacular o rendimento do trabalho, as áreas das culturas e as conseqüentes produções; e uma fortíssima redução da população ativa agrícola que, nos países mais evoluídos, se transferiu para outros setores com perspectivas de vida mais atraentes.

Portugal (2002) acredita que a tecnologia disponível, quando bem usada, tem se mostrado adequada e viável e a maioria das tecnologias desenvolvidas visa aumentar a produtividade da terra e algumas, como máquinas e equipamentos adaptados aos pequenos produtores, têm como objetivo eliminar a ociosidade da terra ou aumentar a produtividade do trabalho. O desafio maior da agricultura familiar é adaptar e organizar seu sistema de produção a partir das tecnologias disponíveis.

Para Görgen (2005), o pequeno agricultor precisa é de uma mecanização leve, simples, resistente, rústica, econômica, barata e eficiente. No processo de mecanização agrícola, o trator tem um papel preponderante. As demais máquinas precisam ser versáteis, polivalentes e de multiusos. A indústria de equipamentos no Brasil tem enorme capacidade adaptativa e em pouco tempo poderá fabricar e fornecer equipamentos para as atividades agrícolas das pequenas propriedades.

2.2.4 A indústria de máquinas para pequenas propriedades

Segundo Bonelli (2001), a indústria mais rentável é aquela que produz máquinas e equipamentos para a atividade agrícola rentável, dentro do modelo econômico adotado. Neste sentido as grandes indústrias, nos seus planos estratégicos adotam políticas que relacionam os equipamentos a serem produzidos com o que se demanda nos setores economicamente rentáveis, quer pela dimensão da área ou pelo preço oferecido ao produto. No nosso estado isto não é novidade nem algo difícil de entender. As grandes empresas projetam implementos para a grande propriedade ou para as culturas mais rentáveis.

Neste contexto, Bonelli (2001) afirma que a pequena empresa fabricante, que é representada por micros, pequenas e médias indústrias que não tendo condições de competir com a grande indústria opta por construir equipamentos para aqueles menos exigentes em

eficiência. Esta indústria tem suas raízes em alguma família empreendedora, que passou de uma ferraria ou oficina rural para o ramo industrial pelas necessidades dos agricultores e pela demanda criada pela agricultura. Seus métodos industriais surgiram das necessidades dos próprios agricultores que têm uma marcante capacidade de influir na produção e no produto.

O parque industrial do Rio Grande do Sul é um dos mais importantes do Brasil e por densidade, o mais forte no ramo metal mecânico de máquinas agrícolas. Este segmento é uma rica fonte de empregos para a própria mão-de-obra que foge do campo e para os jovens de origem urbana que não possuem condições de enfrentar o competitivo mercado de trabalho. Sua inviabilidade financeira impossibilita a contratação de profissionais da área técnica. Os produtos fabricados baseiam-se em observações de agricultores, em cópias sem a devida adaptação e, por isto, tornam-se ineficientes embora contenham o princípio básico do projeto mecânico que é a funcionalidade e a apropriação tecnológica.

Bonelli (2001) ainda menciona que os maiores problemas da pequena e média indústria são a incapacidade de promover investimentos financeiros para sanar os problemas de projeto, processo de fabricação, treinamento e competitividade. Destes problemas, a aquisição de tecnologia parece ser o que mais fácil e se poderia resolver, pela grande oferta proporcionada pelas universidades públicas do nosso estado, com o marcante envolvimento com a área industrial e agrícola, pela oferta de cursos de graduação e pós-graduação e pela pesquisa gerada dentro das mesmas. Bastaria aumentar o compromisso de auxiliar este segmento, deixando para que as empresas competitivas, e de maior porte fizessem os investimentos necessários para a compra tecnológica, com seus próprios recursos.

Enquanto que a grande indústria usa como estratégia de marketing as certificações ISO, para comprovar qualidade dos seus produtos ou processos industriais, comerciais e até institucionais, a pequena empresa peca por falta de padronização de medidas e de normalização internacional. Os materiais técnicos geralmente contêm erros grosseiros e os equipamentos fabricados apresentam dificuldades de adaptação com tratores e outras máquinas.

2.2.5 Mecanização Agrícola e Agricultura de Precisão

É inegável que as questões de caráter ambiental relacionadas com a generalização do uso das máquinas agrícolas, nos países de agriculturas mais evoluídas, assumem uma importância crescente (MADEIRA, 2000). Prova disso é o volume de informação produzida

pela rastreabilidade da produção e das máquinas, sob a forma de guias ou de códigos de boas práticas, onde normalmente aparecem com especial destaque aspectos relacionados com o solo, como a erosão e a compactação, com a aplicação massiva de fertilizantes e produtos químicos, com os destinos a dar aos óleos queimados resultantes das mudanças de óleo dos motores e com as emissões de dióxido de carbono para atmosfera.

Para minimizar os efeitos dos aspectos mencionados acima, Madeira (2000) aconselha a adoção de técnicas e equipamentos que conduzem a uma nova abordagem das questões da mecanização agrícola que, no que se refere ao binômio máquinas/solo, passando, entre outras medidas, pela mobilização mínima, pela semeadura direta e pela redução do número de passagens das máquinas, através da prática de operações combinadas. Quanto à aplicação de fertilizantes e de produtos químicos exige-se cada vez maior precisão por parte dos equipamentos de aplicação, tanto em termos do volume das substâncias ativas a aplicar, como da sua localização.

Estes preceitos coincidem perfeitamente com os princípios fundamentais preconizados pela Agricultura de Precisão, lhe oferecendo, desta forma, um impulso motivador em busca de resultados de menor impacto ambiental, maior eficiência produtiva e melhores resultados econômicos.

2.3 Atualidade da agricultura brasileira

A agricultura brasileira vem sofrendo profundas transformações nos últimos anos. O Brasil já alcançou a posição de grande produtor e exportador de produtos agrícolas, no entanto, Estados Unidos e países da Europa Ocidental ainda apresentam uma agricultura mais desenvolvida em relação à brasileira. Segundo Molin (2003), esses países fazem uso das novas tecnologias da informação que possibilitam o manejo da atividade agrícola com dados precisos sobre a localização e o desenvolvimento das lavouras. O surgimento dessa técnica se deu pela necessidade de adaptação à legislação ambiental de alguns países que obrigam o agricultor a controlar os níveis de insumos adicionados ao solo, evitando danos ao meio ambiente. No começo da década de 90, os norte-americanos transformaram a agricultura de precisão em um grande negócio e empresas começaram a colocar no mercado sensores, softwares e serviços.

Ainda para Molin (2003), a Agricultura de Precisão faz uso intenso de sistemas de posicionamento por satélite e de sistemas de informações geográficas (GIS⁹), permitindo o tratamento e análise de dados coletados no campo. A análise dos dados permite a otimização do uso de insumos agrícolas, possibilitando ganhos econômicos para o agricultor e reduzindo o impacto ambiental da atividade. Esses são os principais objetivos perseguidos pela agricultura de precisão, considerando que o meio-ambiente estaria mais protegido se a aplicação de adubos e defensivos fosse restrita a necessidades específicas, evitando excessos que possam causar toxidade e poluição de solos e recursos hídricos. Economicamente, a vantagem está na redução do custo do produto final.

Apesar dos avanços na agricultura brasileira, a estrutura agrária ainda é extremamente concentrada. O pesquisador da Unicamp, Antônio Márcio Buainain, em entrevista a *Comciencia* (2003), afirma que, dos 4,6 milhões de agricultores do país, cerca de 4,1 milhões são agricultores familiares, com pouca terra e acessos limitados a créditos e os outros 500 mil agricultores são os que têm mais terra, maior acesso à tecnologia e produzem mais. Essa desigualdade histórica explica porque os avanços tecnológicos, em sua maioria, ainda são realidades distantes da maioria dos produtores rurais.

Ainda para mesmo pesquisador, o desenvolvimento de uma tecnologia, em geral, não leva em consideração se vai ser usada por um grande ou pequeno produtor, por isso, nem todo produtor consegue aplicá-la em sua propriedade.

Sem assistência técnica ou acesso ao crédito ela se torna inviável para o pequeno produtor. A indústria brasileira voltada para o campo se desenvolveu, sobretudo para os grandes produtores, segundo os pesquisadores. Os tratores mais eficientes, por exemplo, são grandes, ideais para cultivos em áreas extensas. O pequeno produtor tem dificuldade de encontrar máquinas eficientes menores, ideais para o cultivo em pequenas áreas (Pesquisador Buainain em *COMCIENCIA*, 2003).

Para o pesquisador Frederic Bazin da Unicamp, na mesma entrevista à *Comciencia*(2003), existem duas soluções possíveis para reverter essa realidade. Uma seria a geração de tecnologia para agricultores com menos condições, o que é mais difícil. A outra seria transformar a estrutura do agricultor marginalizado, oferecendo acesso à terra, crédito e assistência técnica para que ele pudesse adotar também a tecnologia mais comum ao agricultor maior.

O rápido processo de implementação de novas tecnologias na agricultura também tem alterado o perfil do emprego ligado ao agronegócio brasileiro. O estabelecimento de

⁹ Geographic Information System

algumas tecnologias resultou na diminuição dos postos de trabalho no campo, ou no deslocamento destes para outras atividades. A intensa velocidade com que esse processo vem ocorrendo não permitiu uma adequada reinserção do trabalhador desempregado nas novas funções geradas. Entretanto, outras tecnologias que agregam valor aos produtos do campo ou promovem um aumento na produção sem substituírem o trabalho humano podem aumentar o número de empregos.

Sobre inovações tecnológicas, o pesquisador Walter Belik, em entrevista para *Comciencia* (2003), defende que a decisão de implementar uma nova tecnologia no campo não deve ser unilateral, apenas do capitalista que aplica investimentos no campo, mas uma decisão que respeite os interesses dos trabalhadores envolvidos, levando em conta as condições econômicas, sociais e fiscais. Ainda para o pesquisador Belik, existem poucos estudos que avaliam o impacto das novas tecnologias no emprego agrícola, sobretudo que sejam anteriores à sua implementação, diferentemente da questão ambiental e dos riscos para a saúde humana, priorizados na legislação e nas discussões para a liberação de certas tecnologias.

Na opinião dos pesquisadores da Unicamp entrevistados por *Comciencia* (2003), o aproveitamento das tecnologias geradoras de emprego agrícola não é adequado no Brasil. Na mesma entrevista, o pesquisador Baiardi acredita que seria importante a promoção de pesquisa e desenvolvimento para a mecanização de pequena escala, ou seja, a criação de uma linha de maquinário para dar mais dinamismo à agricultura familiar.

Finalmente, o professor Radomsk ressalta, em *Comciencia* (2003), que é necessário que a sociedade civil e o Estado regulem e observem as abruptas mudanças produzidas pelas inovações tecnológicas, pois como se trata de um processo dinâmico, é necessário adequar políticas públicas à realidade social e econômica. Muitas vezes o desemprego resulta da impossibilidade do trabalhador rural de se atualizar para os novos postos de trabalho que surgem com a implementação de novas tecnologias.

2.4 Agricultura de Precisão

Segundo Chancellor e Goronea (1994), a agricultura de precisão é utilizada para o manejo da variabilidade espacial em campo através da determinação das informações referenciadas espacialmente, como de nutrientes que afetam a fertilidade do solo e aplicações químicas para o controle de pragas e plantas daninhas. O resultado é a otimização da

produção e a redução do seu custo com a mínima aplicação de produtos químicos correspondendo a um mínimo impacto ao meio ambiente.

A tecnologia da agricultura de precisão baseia-se na coleta de informações sobre produtividade, atributos químicos e físicos dos solos, condições da cultura e do terreno, associando-as a sua localização, as quais, podem ser expressas na forma de mapas digitais. Além disto, estas informações são, geralmente, coletadas em forma de amostragem, que neste caso, apresentam uma dependência espacial, o que exige adequação do seu tratamento estatístico.

Segundo Usery et al. (1995), dentre as tecnologias associadas à agricultura de precisão estão o GPS e/ou DGPS, sensores contínuos de dados, sensoriamento remoto, VRT (Variable-Rate Treatment), ou seja, aplicação por taxa variável, e o GIS.

A Figura 5 mostra a visão de uma empresa de âmbito mundial de máquinas agrícolas a respeito das funções e tarefas das máquinas num sistema comercial de ciclo completo de agricultura de precisão.



Figura 5 - Ciclo das tecnologias e máquinas envolvidas na Agricultura de Precisão.

Fonte: AGCO (2005)

a) Sistema de Posicionamento Global – GPS

A localização no campo é expressa em coordenadas, geográficas ou planas, e pode ser determinada com o auxílio de um aparelho receptor de sinal de GPS. Por exemplo, para efetuar aplicação à taxa variável plena a partir de um mapa de aplicação de fertilizantes georeferenciado, a máquina deve conhecer a localização geográfica do campo e o mapa de

localização simultaneamente. Do mapa de localização o operador pode identificar a razão de aplicação correta para a corrente posição no campo.

No caso do rendimento, é combinada a precisão da informação de localização do DGPS com os resultados do sensor de fluxo de massa. O mapa resultante pode indicar áreas de menor ou maior rendimento para um futuro manejo adequado.

Sob o ponto de vista de Agricultura de Precisão, são requeridas precisões diferenciadas para posicionamento do GPS, de acordo com o tipo de operação e características da máquina. A Tabela 13 fornece valores de referência para precisão requerida nos GPS.

Tabela 13 - Valores de precisão requerida para operações em Agricultura de Precisão.

Operação	Precisão
Aplicação variável de fertilizantes	30 metros
Amostragem de solo	10 metros
Mapeamento de produção	10 metros
Aplicação variável de herbicida	1 metro
Aplicação com pulverização sem sobreposição	10 cm
Semeadura em linha	10 cm

Fonte: Giotto (2004)

b) Sensores de rendimento

Para fins de agricultura de precisão foram desenvolvidos vários tipos de sensores de rendimento, entre eles, o medidor do fluxo de massa (Colvin, 1990; Wagner e Schrock, 1995), o medidor óptico do volume de fluxo (Diekhans, 1985; Strubbe et al., 1996; Reitz e Kutzbach, 1992; Pfeiffer et al., 1993) e os medidores radiométricos e capacitivos (Stafford et al., 1991), todos citados por Reyns et al. (2002).

No entanto, a maioria dos sensores comerciais utilizados se baseia na medição da força do impacto da massa de grãos numa placa, plana ou curva, ou até mesmo, num conjunto formado por dedos. Segundo Reyns et al. (2002), este dispositivo foi desenvolvido por Vansichen e De Baerdemaeker (1991), modificado por Strubbe (1997) e testado por Arslan e Colvin (1998). O sensor é montado no topo do elevador de grãos limpos e que converte, por meio de calibração prévia, a força de impacto do fluxo em massa de grãos colhidos.

Os mapas produzidos por estes sistemas evidenciam o grau de variabilidade no campo. A magnitude desta variabilidade é um bom indicador da necessidade de implantação de um plano de gerenciamento de algumas variáveis espaciais.

c) Sensoriamento Remoto

Dados de sensoriamento remoto, tais como as fotografias aéreas, imagens de satélite, radiometria a campo, podem fornecer informações precisas sobre a variabilidade espacial dos componentes físicos, químicos e/ou biológicos. Através de dados de sensoriamento remoto podem ser obtidos, por exemplo, informações do tipo de solo, para se estimar as relações espaciais com a fertilidade do solo, a determinação das condições vegetais e a discriminação entre culturas e plantas daninhas, e a detecção de estresse em plantas e infestação de pragas. Entre os satélites que apresentam potencial para uso no sensoriamento remoto podem ser ressaltados os da Tabela 14.

Tabela 14 - Satélites para uso em sensoriamento remoto com suas respectivas resoluções espaciais, espectrais e temporais.

Satélite	Resolução espectral (n° de bandas)	Resolução espacial (m)	Resolução temporal (dias)
Landsat - Thematic Mapper	6	30	16
Landsat - MSS	4	80	16
SPOT 5 – HRV (XS)	3	10	3 a 5
SPOT 5 – HRV(P)	1	2,5	3 a 5
CBERS 2 – WFI	2	260	5
CBERS 2 – IR	4	80	26
CBERS 2 – CCD	5	20	26
IKONOS - Multiespectral	5	4	1,5
IKONOS - Pancromático	1	1	2,9
IRS - Pancromático	10	5,8	48
EROS B6 (8 satélites)	1	0,82	4
ENVISAT - MERIS	15	300	3
ENVISAT - ASAR	1	25 a 1000	3
SAC - C	5	175	9
ORBVIEW 3 – Pancromático	1	1	< 3

Fonte: Sebem (2005).

d) Aplicação à Taxa Variável

A aplicação à taxa variável é um termo utilizado para fornecer uma precisão com a habilidade de aceitar a informação pertinente à variabilidade dentro do campo e planejar operações de manejo para melhorar o potencial de um campo. Assim, a aplicação à taxa variável pode ser contextualizada como a localização no campo de áreas que necessitam de maior ou menor quantidade de insumos. Exemplos (Figura 6) desta tecnologia incluem o uso de distribuidores de fertilizantes de taxa de fluxo múltipla que variam a aplicação no campo a partir de requisitos locais, bem como de pulverizadores que aplicam o herbicida a partir de mapas de incidência de plantas daninhas.

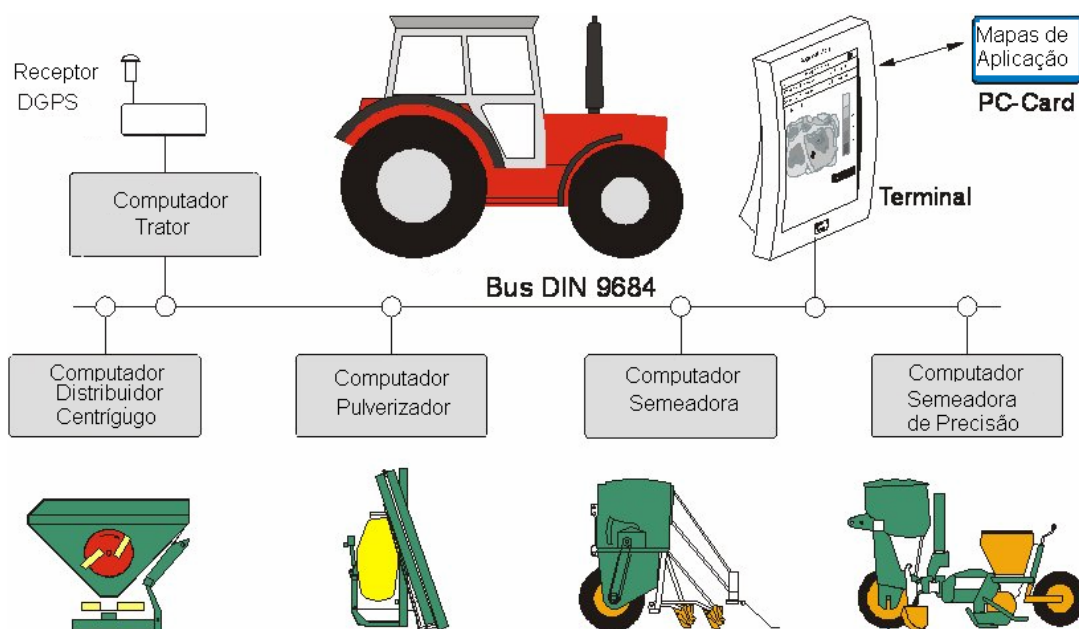


Figura 6 - Esquema ilustrativo das formas e equipamentos de aplicação à taxa variável.

Fonte: Amazone (2005)

e) Geoprocessamento

Para a tomada de decisão no gerenciamento de tratamentos variados e localizados, há necessidade de se ter em mãos mapas temáticos, desenvolvidos a partir de pontos amostrados dentro da área, uma vez que é muito dispendioso ter acesso as informações contínuas de atributos que possam se correlacionar e fazer parte do sistema. Para a construção dos mapas, essas informações devem ser amostradas espacialmente, ou seja, regionalizadas.

Através da estrutura de variabilidade, conceituada pela agricultura de precisão, pode-se utilizar a interpolação para a confecção de mapas de parâmetros da área. Esses mapas

podem ser utilizados para os mais variados fins, dentre os quais o gerenciamento de aplicações de insumos ou tratamentos diferenciados em agricultura de precisão.

Uma das grandes contribuições do geoprocessamento para a população, em termos de agricultura, é o potencial do uso das ferramentas GIS para integrar os vários tipos de informações necessárias para o gerenciamento e controle da produção agrícola, e a integração de sua tecnologia com outras, a fim de fornecer um aumento desta produção, quase que, simultaneamente com a redução da degradação ambiental.

Segundo Usery et al. (1995), os GIS formam a essência de três atividades: coleção de dados, análise de dados e tomada de decisão e tratamento da aplicação variável.

f) Sistema de Informações Geográficas – GIS

Para a agricultura de precisão, o banco de dados de um GIS deve conter inúmeros de dados espacializados, cada um com um controle preciso de sua posição no campo. Estes “layers” devem conter as informações de limites de áreas, declividade e aspecto do terreno, conteúdo de água, distribuição de tamanho de partículas, drenagem, etc.

Porém, atualmente existe a necessidade da confecção de mapas de solo através da coleta de amostras de campo. Além disso, deve conter, no banco de dados, outros “layers” com atributos da composição química dos solos, tais como, nível de nutrientes, capacidade de troca catiônica, pH, salinidade, potencial de poluição, mesmo tendo um custo elevado para a coleta desses dados. Dados de característica biológica também podem ser inclusos nestes bancos, tais como: quantidade e qualidade do rendimento das culturas, distribuição de doenças, pragas e plantas daninhas e conteúdo de matéria orgânica.

As análises para a agricultura de precisão que podem ser realizadas em dados dentro de um GIS são as ligadas às funções analíticas e as de processamento de imagens digitais. Entre as funções de processamento de imagens digitais podem ser citadas as classificações, supervisionadas ou não supervisionadas, para o mapeamento de informações da cultura (presença de plantas daninhas, infestações por pragas, estresse, rendimento) e do solo, como por exemplo, tipo de solo. Já para dados obtidos por tipos de amostragem o GIS pode ser utilizado para a realização de funções analíticas, tais como: “overlay” Booleano, análise de “cluster”, reclassificação e outros, oferecendo possibilidade de análise temporal das informações.

Outras ferramentas muito utilizadas, que têm tido atualmente um avanço em suas pesquisas, são as que envolvem análise multivariada, estatística espacial e geoestatística. Os mapas obtidos através de todas estas funções podem ser utilizados dentro de outras

tecnologias, para as tomadas de decisões e o melhor planejamento para o gerenciamento das variáveis dentro da agricultura de precisão.

2.4.1 Mapas de correlação e zonas de manejo

A maior dificuldade encontrada hoje pela Agricultura de Precisão está em estabelecer uma boa correlação entre as propriedades do solo e os atributos que determinam a produtividade. Intensos estudos buscam identificar e quantificar os fatores que determinam a variabilidade da produtividade das culturas, porém a correlação entre estas variáveis muitas vezes se manifesta de forma aleatória e complexa.

Para que se possa estudar a variabilidade espacial baseada em amostragem se faz necessário o uso de técnicas de geoestatística. Esta técnica permite o processamento e a integração de dados, de forma a modelar as variáveis que melhor explicam a produtividade, seguindo métodos de regressão múltipla e gerando mapas de variabilidade de cada parâmetro isoladamente (DAINESE, 2002). Outra abordagem seria realizar uma análise multivariada de componentes principais, buscando selecionar as variáveis mais significativas. A integração desses parâmetros para compor um modelo matemático que explique a variabilidade espacial da produtividade envolve uma seqüência de operações que incluem geoestatística e geoprocessamento.

Dentro desta linha de estudo, Borgui et al. (1999) utilizaram atributos de solo levantados em pontos amostrais para gerar mapas interpolados, analisando os parâmetros pelo procedimento “stepwise forward” (passo-a-passo incluindo variáveis) para verificar quais os parâmetros que individualmente melhor explicassem a produtividade. Jakob (1999) ajustou um modelo de regressão múltipla ao rendimento utilizando mapas interpolados pelo método “krigagem” de alguns parâmetros como matéria orgânica, cálcio, magnésio, potássio, H+Al¹⁰ e argila, conseguindo um coeficiente de determinação de 61% entre a matéria orgânica e a produtividade, e utilizando os demais parâmetros do solo, chegou a uma correlação de 81%, valor este considerado bastante satisfatório.

No contexto de agricultura de precisão, é difícil basear as decisões de manejo sobre os dados brutos das amostras. Há necessidade de interpolar estes dados primeiramente em uma grade regular para o mapeamento. Porém a interpretação destes dados não é tão fácil e

¹⁰ Hidrogênio + Alumínio

requer certo processamento das informações, principalmente em atributos com alta variabilidade espacial.

Quando os atributos de solo são mapeados em uma seqüência de anos, certa tendência sobre os dados brutos pode ser percebida. Técnicas podem ser desenvolvidas para combinar estes conjuntos de dados dentro de mapas que realcem a estabilidade de tendências espaciais e temporais ocorrendo em estações sucessivas.

Para Molin (2002), a definição de zonas de manejo do solo que consigam representar regiões homogêneas quanto a atributos que influenciam o desenvolvimento das culturas é uma das etapas mais desafiadoras no contexto da Agricultura de Precisão, pois levanta questões e dúvidas de toda ordem. Os aspectos que suscitam maiores dúvidas estão relacionados em como interpretar toda a informação e transformá-la em aliada para o correto tratamento da variabilidade espacial das lavouras. Esta variabilidade, que se expressa na colheita em termos de diferenças de produtividade ao longo da área, pode ter origem nas mais variadas causas e de maneira alguma pode ser atribuída a um fator isoladamente. Ainda para Molin (2002), outro desafio é oferecer subsídios para a definição de unidades de manejo para posteriores intervenções. Esta identificação pode ser feita com informações de solo ou da produtividade, conforme mostra a Figura 7, ou ainda, de indicadores compostos.

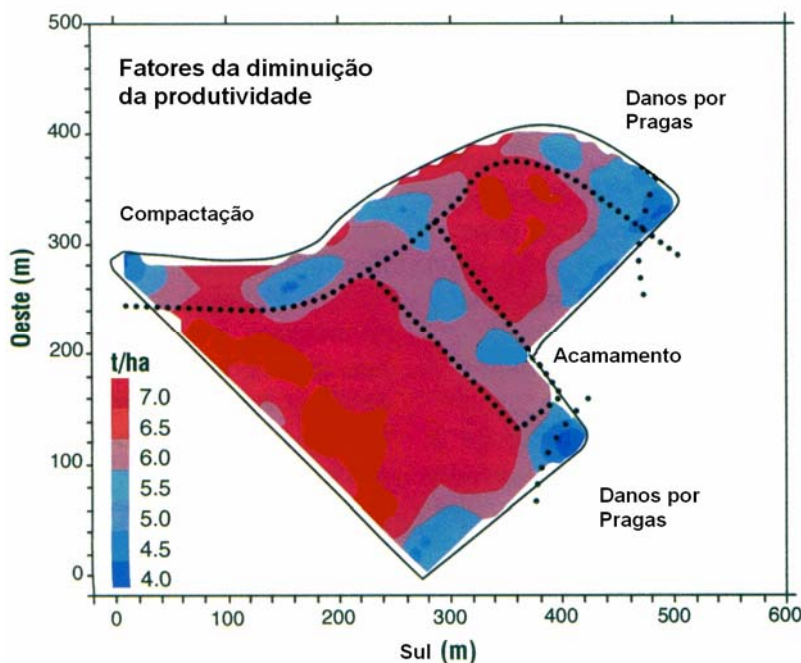


Figura 7 – Unidades de manejo estabelecidas com informações baseadas no mapa de produtividade.

Fonte: Sebem (2005)

Os mapas de operações de campo são as instruções que guiam os movimentos do veículo no campo e controlam as operações agronômicas. Tipicamente, o campo é dividido em um conjunto de áreas que demarcam diferentes tratamentos. Estas áreas são demarcadas em função do resultado de todo um processo de identificação. Normalmente, a orientação para a implementação das operações de campo é feita manualmente enquanto as instruções de aplicações precisas são dirigidas pelo sistema de controle. Para a orientação automática as instruções necessárias serão passadas diretamente ao sistema de orientação.

Existem diferentes ferramentas que auxiliam na definição das unidades de manejo. Johannsen et al. (2000 apud MOLIN, 2002), apresentam uma visão do uso combinado do sensoriamento remoto com a amostragem de solo em grade. Com isso, é possível identificar regiões de maior ou menor estresse hídrico, competição de invasoras, efeitos de erosão ou deficiência de nutrientes. Outros indicativos para traçar as zonas de manejos se baseiam na cor do solo, topografia e experiência pessoal. Aliado a uma boa análise de parâmetros de fertilidade química e textura, a condutividade elétrica do solo mostrou boa representatividade nas regiões demarcadas por Fleming et al. (1999 apud MOLIN, 2002).

Enfim, Molin (2002) ainda faz referência que a definição das unidades de cada área que merecem tratamento diferenciado é uma tarefa pouco objetiva e depende da resposta da cultura e das características do solo. Uma das formas de se proceder é através das informações contidas nos mapas de produtividade. A análise da variabilidade espacial e temporal da produtividade pode ser obtida por meio do cálculo da variabilidade temporal de cada célula dos mapas das diferentes safras. Só é possível obter-se a definição das unidades de manejo após atribuir os limites e condições de agrupamento desejados ou adequados.

2.4.2 Qualidade do solo

As principais funções do solo agrícola são servir como um meio para o desenvolvimento das plantas, reger o fluxo de água no ambiente, armazenar e promover ciclagem de elementos químicos e disponibilizá-los às plantas. A capacidade do solo em exercer estas funções caracteriza sua qualidade.

Considerando que a capacidade do solo em exercer suas funções está relacionada com seus atributos físicos, químicos e biológicos, Vezzani (2001) afirma que um solo tem qualidade quando a interação dos sistemas mineral, plantas e microrganismos está organizada num alto nível de ordem. Este estado é alcançado pela entrada de compostos orgânicos via

cultivo de plantas, onde a interação dos sistemas proporciona a formação de estruturas cada vez maiores, mais complexas e mais estáveis. A produtividade das culturas depende dessa qualidade do solo, que é influenciada quando os atributos físicos, químicos e biológicos estão equilibrados e suficientemente disponíveis, de forma de fornecer condições para as culturas expressarem todo seu potencial produtivo.

A análise química do solo é o instrumento básico para a transferência de informações sobre calagem e adubação. Por meio de uma análise de solo é possível conhecer sua fertilidade, avaliar o grau de deficiência de nutrientes e determinar as quantidades de corretivos e fertilizantes a serem recomendadas com vista à produção. Portanto, a coleta de amostras representativas de solo é essencial para a avaliação correta das necessidades de corretivos e fertilizantes, possibilitando a obtenção de rendimentos econômicos.

Segundo Chitolina et al. (1999), amostragem de solo é uma série de operações que permite extrair de um sistema de porções que, combinadas e reduzidas a tamanho apropriado, dão uma parcela com características representativas do sistema. A amostra representativa é aquela que melhor reflete as condições de fertilidade de uma área específica.

A variabilidade das características químicas e físicas do solo é constantemente modificado pelo manejo. No entanto, algumas propriedades apresentam baixo coeficiente de variação. Saraiva (1989) mostrou que os componentes de variância, expressos na forma de coeficientes de variação, correspondem a aproximadamente 10% em propriedades pouco influenciadas pelo manejo, tais como areia e silte e pH; 50% para Ca e Mg trocáveis, e para P e K disponíveis chegam a superar os 90%, sendo estes últimos considerados altamente influenciados pelo manejo.

2.4.3 Amostragem de solo para mapas de fertilidade

A amostragem de solo é a fase mais crítica para a confecção do mapa de fertilidade (BLU e MOLINA, 1999a), sendo esta uma importante ferramenta utilizada no auxílio para interpretação de mapas de produtividade como visto anteriormente.

Os solos possuem uma heterogeneidade natural que tende a ser ampliada pelas práticas de manejo do solo, principalmente pela adubação e calagem e pelo manejo de cultivos na área. A coleta de amostras de solo representativas é essencial para criação dos mapas de fertilidade que reflitam a realidade do solo em estudo.

Basicamente, a amostragem de solo pode ser feita através de duas formas (Figura 8): amostragem aleatória, prática habitual da agricultura convencional, e a amostragem sistemática, forma preconizada pela agricultura de precisão.

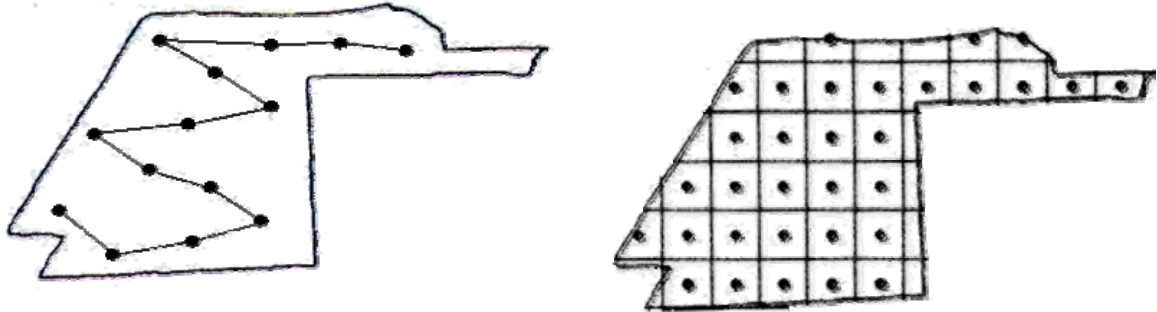


Figura 8 - Exemplos de amostragem de solo: à esquerda, amostragem aleatória e à direita, amostragem sistematizada em malha regular.

Fonte: Blu e Molina (1999a).

Após o levantamento planimétrico da área onde se pretende gerar mapas de fertilidade deve-se estruturar uma grade de amostragem de solo. Esta grade se caracteriza por possuir uma malha de tamanho regular, que facilite a identificação dos pontos amostrais a campo, onde em cada ponto são coletadas várias subamostras (Figura 9). A célula de amostragem corresponde a uma quadrícula da malha de amostragem e deve ter dimensão tanto menor quanto maior a variabilidade do solo.

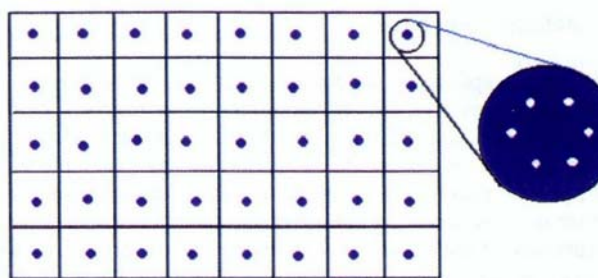


Figura 9 – Grade de pontos para coleta de amostras de solo no sistema preconizada pela agricultura de precisão evidenciando a coleta de subamostras em cada ponto.

Fonte: Blu e Molina (1999a).

O espaçamento ideal entre pontos amostrais, de maneira que se tenha certeza, de se captar com um bom nível de precisão, a variabilidade espacial do tema pesquisado, ainda é um assunto de pesquisa, mas com expressividade se encontra citações de trabalhos, como o de

Blu e Molina (1999a), que referenciam malhas de 1,0 a 5,0 hectares. É lógico que com espaçamentos menores se terá maior representatividade, entretanto o custo da coleta e da análise das amostras poderá inviabilizar o trabalho. Neste sentido, pode-se afirmar que cada caso é particular e a experiência do profissional aliada ao conhecimento do histórico da área será fundamental na determinação das dimensões da malha amostral.

Na etapa de coleta propriamente dita, para o acesso aos pontos amostrais, o técnico poderá dispor de tecnologias sofisticadas, como por exemplo, um carrinho de amostragem equipado com GPS, extrator hidráulico de amostras com regulagem de profundidade. Na falta deste equipamento, a alternativa é empregar um GPS simples de navegação e fazer a coleta com auxílio de ferramentas métodos tradicionais, usando ferramentas convencionais para coleta do solo, ilustradas na Figura 10.

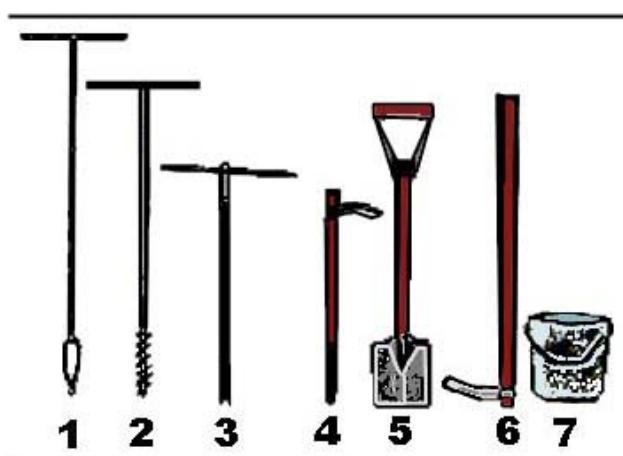


Figura 10 - Ferramentas utilizadas na coleta manual de solo. 1. Trado holandês; 2. Trado de rosca; 3. Trado calador; 4. Enxadinha; 5. Pá-de-corte; 6. Enxada; 7. Balde.

2.4.4 Resistência à penetração

A intensificação do uso de maquinaria agrícola no manejo e cultivo do solo tem provocado, em seu perfil pedológico, um aumento de sua densidade natural. Tal ocorrência é verificada por Mantovani (1987) através da formação de camadas superficiais e subsuperficiais de solo compactado, cuja condição é quase sempre prejudicial ao perfeito desenvolvimento das culturas, principalmente ao sistema radicular e ao processo de infiltração e armazenamento de água em seu perfil, causa principal de erosão do solo.

A aplicação de cargas dinâmicas por rodados e implementos agrícolas no solo produz tensões na interface solo/pneu e solo/implemento em superfície e em profundidade. Essas tensões compactam diferentes camadas do solo (HORN e LEBERT, 1994) e, caso este carregamento dinâmico exceda a resistência interna do solo, mudanças nas propriedades físicas das camadas mais profundas ocorrerão (HORN, 1988).

O estado do solo, no que diz respeito ao seu adensamento, quer por ocorrência natural ou induzida através da ação e tráfego de máquinas e equipamentos agrícolas, tem sido avaliado com grande ênfase por pesquisadores e planejadores rurais.

No planejamento agrícola, o conhecimento da ocorrência e localização de camadas de solo compactado, principalmente aquelas que se formam em condições subsuperficiais, é de suma importância para o dimensionamento de equipamentos e para tomadas de decisões quanto a mobilização do solo, visando um preparo e planejamento conservacionista das propriedades agrícolas.

Vários são os métodos para identificação de camadas compactadas ou adensadas citados por Silva (2002). Os mais grosseiros são os métodos visuais, onde se podem constatar problemas de compactação quando, via de regra, a área apresenta os seguintes aspectos: sulcos de erosão; resíduos vegetais não decompostos; encrostamento superficial; falhas localizadas de germinação; sintomas de falta de nitrogênio e fósforo mesmo com adubações adequadas; sintomas de toxidez de manganês em solos que receberam calagem. Por sua vez, os métodos mais precisos são os laboratoriais e dentre eles, podem ser citados: *i*) densidade do solo ou massa específica (g.cm^{-3}), neste método, quanto maior a compactação, maior o valor encontrado para cada tipo de solo; e *ii*) determinação de porcentagem de macroporos, os quais são reduzidos à medida que é maior a compactação.

Entre estes dois níveis de precisão existe um método intermediário que se utiliza de aparelhos chamados penetrômetros ou penetrógrafos. O princípio de funcionamento desses aparelhos é que aplicando uma força sobre um cone de diâmetro conhecido, obtém-se o valor da resistência à penetração desse cone no perfil do solo.

Existem dois tipos de cones padronizados pela ASAE¹¹ (Figura 11). O menor deles é utilizado para solos que oferecem maior resistência à penetração e vice-versa.

¹¹ American Society of Agricultural Engineers

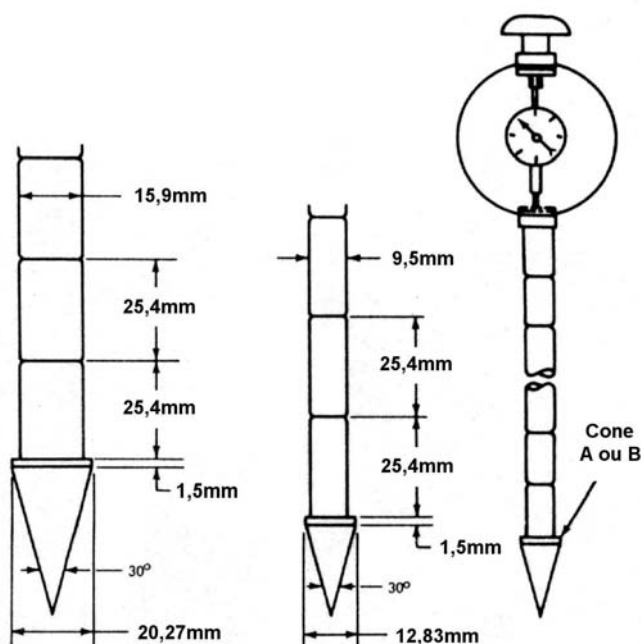


Figura 11 - Dimensões padronizadas pela recomendação ASAE R313.2 (1997) para hastes, cones de penetrômetros e penetrógrafos.

Fonte: ASAE R313.2 (1997)

a) Penetrometria

Os penetrômetros utilizados na determinação da resistência à penetração são basicamente de dois tipos: de impacto ou estático. O de impacto possui uma sonda de forma e seção conhecidas e é introduzido no solo através de impactos de energia conhecida. O penetrômetro do tipo estático se constitui basicamente de uma sonda, geralmente cônica, que é introduzida lentamente no solo através de uma haste graduada. Na parte superior da haste existe um indicador da carga necessária para a penetração. A média das leituras efetuadas pelo penetrômetro cônico, transformadas em kPa ou MPa, é chamada Índice de Cone e é utilizada na construção de gráficos. O Índice de Cone é obtido segundo uma recomendação padrão denominada ASAE R313.2, onde a força por unidade de área é obtida a uma velocidade uniforme de penetração de 1829mm por minuto, com leituras a intervalos de 50mm de penetração, utilizando-se um cone de 20,27mm de diâmetro na base para solos macios, e 12,83mm para solos duros. A haste de suporte deve ter um diâmetro de 15,9mm e 9,5mm respectivamente, para solos macios e duros.

No Brasil existe mencionado o desenvolvimento de dois penetrômetros eletrônicos, não georeferenciados, para identificação e quantificação de camadas compactadas de solos agrícolas. O primeiro foi idealizado por Balastreire e Amaral (1994). Os autores construíram

um penetrômetro eletrônico composto basicamente por um microprocessador, um conversor A/D, uma célula de carga e um sensor de posição potenciométrico. O penetrômetro possuía capacidade de armazenagem de dados de até 99 curvas com 200 pares de dados cada que, podiam ser transferidos a um microcomputador para processamento.

O segundo desenvolvimento foi realizado por Cappelli et al. (1995) e constava de um penetrômetro eletrônico para a determinação e aquisição do índice de cone de solos agrícolas a cada centímetro de profundidade. Este penetrômetro mostrou-se versátil e de fácil utilização, porém, necessita de baterias de capacidade elevada para operação contínua em um período de oito horas, possuía uma placa de circuitos eletrônicos com componentes com baixo índice de integração e apresentou custo final relativamente elevado.

No entanto, nenhum dos dois penetrômetros reportados possui a capacidade de georeferenciar os pontos de medição, o que torna pouco prático o mapeamento das camadas compactadas. Para tal, Cappelli et al. (1999) projetaram e construíram um protótipo de um penetrômetro eletrônico georeferenciado em conjunto com a empresa DLG – Automação Industrial Ltda. Este, por sua vez, era capaz de mensurar o índice de penetração até 600 mm de profundidade, georeferenciar a medição e armazenar os dados. Com este último equipamento é possível gerar mapas de índices de cone em diversas profundidades, sendo atualmente muito utilizado nas pesquisas de campo, de acordo com Pereira et al. (2005), Knob et al. (2005), Magalhães et al. (2005).

O estudo da variabilidade espacial de atributos do solo é particularmente importante em áreas sob diferentes manejos. De acordo com Silva et al. (2004), a análise geoestatística do índice de cone pode indicar alternativas de manejo, não só para reduzir os efeitos da variabilidade espacial sobre a produção das culturas, como também para estimar respostas das plantas a determinadas práticas de manejo. A ação do sistema de manejo do solo e o sistema de tráfego não são uniformes em toda a área, por isso, torna-se importante analisar a distribuição espacial dos valores de resistência à penetração.

2.4.5 Clorofilometria

Nos cereais, a adubação nitrogenada é baseada na recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (2004). Na cultura do arroz irrigado, os critérios levados em consideração são o teor de matéria orgânica do solo e a estatura de planta das cultivares. Nas culturas da aveia, cevada, sorgo e triticale, a adubação baseia-se apenas no teor de matéria

orgânica. Nas culturas de milho e trigo a recomendação leva em consideração, além do teor de matéria orgânica, a expectativa de rendimento de grãos. Na agricultura de precisão, que objetiva a aplicação localizada e nas quantidades requeridas de insumos agrícolas, a adoção de apenas estes critérios é insuficiente. Portanto, o uso de outros parâmetros, como o teor de clorofila na folha, pode tornar-se importante ferramenta para aumentar a precisão no processo de recomendação de adubação nitrogenada em cereais.

A agricultura de precisão, dentre outras finalidades, está sendo proposta como uma nova filosofia de manejo dos cultivos que poderá contribuir para a diminuição da sub ou superutilização de fertilizantes nitrogenados. Trata-se de uma tecnologia de informação que possibilita o gerenciamento da atividade agrícola levando-se em consideração a variabilidade espacial e temporal do solo e da cultura, permitindo desta forma a otimização de recursos do ambiente e o uso racional de insumos agrícolas.

Uma abordagem similar, mas que não utiliza estes equipamentos mais sofisticados, pode ser feita através da realização de amostragens pontuais de algum parâmetro de solo e/ou de planta. É neste contexto que o monitoramento do nível de N em plantas de cereais, através da determinação do teor de clorofila na folha no estágio de desenvolvimento vegetativo, se enquadra na agricultura de precisão.

O desenvolvimento do medidor portátil de clorofila para realização de leituras instantâneas do seu teor na folha, sem haver necessidade de sua destruição, surge como nova ferramenta para avaliação do nível de N nas plantas em cereais (BLACKMER e SCHEPERS, 1995). Na cultura do milho, a relação entre teor de N na folha e rendimento de grãos já está bem estabelecida (WASKOM et al., 1996).

As leituras efetuadas pelo medidor portátil de clorofila correspondem ao teor relativo de clorofila presente na folha da planta. Os valores são calculados pelo equipamento com base na quantidade de luz transmitida pela folha, em dois comprimentos de ondas, com diferentes absorbâncias da clorofila (MINOLTA, 1989). As regiões de picos de absorbância da clorofila são o azul e o vermelho. As de baixa absorbância situam-se nas regiões do verde e as de absorbância extremamente baixa na região do infravermelho. Em função disto, os comprimentos de ondas escolhidos para medição do teor de clorofila, ou do índice de esverdeamento, situam-se na faixa do vermelho, em que a absorbância é alta e não é afetada pelos carotenóides, e do infravermelho, em que a absorvância é extremamente baixa.

O medidor de clorofila possui diodos que emitem luz a 650nm (vermelho) e a 940nm (infravermelho). A luz em 650nm situa-se próxima dos dois comprimentos primários de ondas associados à atividade da clorofila (645 e 663nm). O comprimento de onda de

940nm serve como referência interna para compensar diferenças na espessura ou no conteúdo de água da folha ou diferenças que se devem a outros fatores (WASKOM et al., 1996). A luz que passa através da amostra da folha atinge um receptor (fotodiodo de silicone) que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos. Através do conversor A/D, estes sinais são amplificados e convertidos em sinais digitais (MINOLTA, 1989) e são usados por um microprocessador para calcular os valores SPAD¹², que são mostrados num visor.

O SPAD-502 determina a quantidade relativa de clorofila medindo a absorbância da folha em duas regiões de comprimento de onda. A Figura 12 mostra o espectro de absorbância de clorofila de duas folhas, A e B. Do diagrama pode ser observado que a clorofila tem dois picos de absorbância, uma em azul (400-500 nm) e outra em vermelho (600-700nm), com transmitância próxima à região do infravermelho. Para obter vantagem desta característica da clorofila, o SPAD-502¹³ mensura a absorbância da folha na região do vermelho e próximo ao infravermelho. Usando estas duas transmitâncias, o leitor de clorofila calcula um valor SPAD numérico, que é proporcional ao teor de clorofila presente na folha.

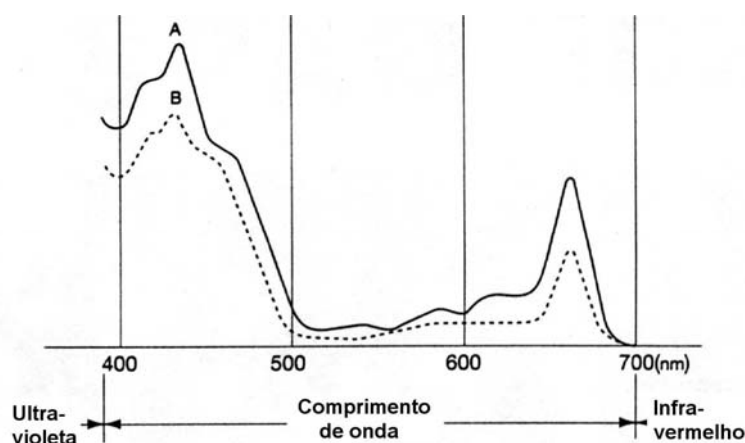


Figura 12 - Espectro de clorofila em 2 regiões de comprimento de onda para folhas A e B.

Fonte: Konica Minolta Sensing, INC. (2003).

Um nível crítico de leitura SPAD tem sido determinado nas diferentes espécies dos cereais. Em arroz, nos estádios de iniciação da pré-panícula e diferenciação da panícula, Turner e Jund (1991 apud ARGENTA et al., 2001) determinaram que a leitura SPAD acima da faixa de 40-42 corresponde ao nível crítico de leitura do clorofilômetro. Em trigo, no

¹² Soil Plant Analysis Development – Unidade de leitura de clorofila

¹³ Modelo comercial do aparelho medidor de clorofila

estádio de Feeke 5¹⁴, Fox et al. (1994) constataram que a resposta ao fertilizante nitrogenado foi incorretamente predita em 20% e 4% dos tratamentos, respectivamente, quando se utilizou valores críticos de concentração de N e leitura SPAD. Estes resultados indicam que a SPAD foi de 60,0.

Segundo Argenta et al. (2001), o teor relativo de clorofila na folha, avaliado pelo medidor portátil de clorofila, evidenciou ser um bom parâmetro indicador do nível de nitrogênio em cereais. Além da sua utilização no manejo de N nos cereais, a determinação do teor de clorofila com clorofilômetro apresenta outras possibilidades de uso como na integração das medidas de solo com as leituras SPAD no monitoramento de mudanças no grau de esverdeamento da folha e na verificação do nível de N na plantas através de sensoriamento remoto. Por se tratar de uma técnica nova, Argenta et al. (2001) evidenciam limitações na utilização do teor de clorofila na folha como indicador do nível de N em cereais porque não prediz quanto de adubação nitrogenada suplementar deverá ser aplicada. Portanto, a sua utilização no manejo da adubação nitrogenada em cereais é mais benéfica quando associada a um indicador de solo, que por sua vez, não prediz com segurança quando este nutriente deve ser aplicado.

2.4.6 Geoestatística

O uso da geoestatística como ferramenta para análise da variabilidade espacial é citado por Matheron (1977), e segundo Vieira (2000), tem sido bem sucedido. Lamparelli et al. (2001) descrevem a geoestatística como um conjunto de técnicas que estima valores regionalizados e espacializados de atributos ou características de uma determinada área a ser estudada.

Quando uma quantidade muito grande de dados é coletada, como é o caso do mapeamento de colheita, onde são coletados pontos amostrais a cada um ou dois segundos, técnicas de suavização podem ser utilizadas para evidenciar as tendências no mapa. Porém, quando os dados são esparsos, como nas amostragens de solo, precisamos de técnicas de interpolação para produzir mapas dos componentes da fertilidade ou da textura, por exemplo.

Interpolares, nesse caso, significa gerar valores estimados em regiões não amostradas. A partir dos valores estimados e daqueles já conhecidos é possível se utilizar de técnicas de geração de isolinhas ou superfícies. Assim se produz mapas de fácil visualização de cada um

¹⁴ Estádio 5 da escala Feeke corresponde ao último estágio do perfilhamento e antes do alongamento do caule, quando o ponto de inserção da última folha completa está a aproximadamente 5 cm do chão.

dos fatores de interesse no nosso contexto (fósforo, potássio, clorofila, compactação, teor de argila, altura de plantas, etc).

Os métodos de interpolação mais comuns e de uso em conjuntos de dados relacionados a Agricultura de Precisão são citados e descritos por Molin (2001) como sendo: vizinho mais próximo, média local, inverso da distância a uma potência, contorno e “krigagem”.

Vizinho próximo é provavelmente o mais simples método de interpolação. Apenas os valores mais próximos são utilizados para o cálculo de posições desconhecidas. É bastante utilizado para grades obtidas em espaços regulares, com pontos perdidos. Define-se um raio de atuação para o modelo matemático. Quanto maior o raio, pior a qualidade da interpolação e vice-versa. O raio mínimo é a distância entre dois pontos amostrais. No caso de amostras de solo, o raio mínimo é o tamanho da grade.

O método da média local é mais usado em condições de grande quantidade de dados, e estima os valores desconhecidos simplesmente fazendo a média de um número de pontos previamente selecionados ao redor do ponto desejado e desconhecido. Pode-se determinar um número fixo de pontos ou um raio de atuação para a utilização no cálculo. Se um conjunto de dados espaçados é usado com um grande raio de atuação, qualquer variação local de dados é mascarada pelo processo de atenuação do método de interpolação. Altas correlações são obtidas com um pequeno tamanho de célula e um pequeno raio de procura.

O inverso da distância é um método similar à média local, exceto pelo fato de que ele dá maior peso a valores mais próximos do ponto desejado e pesos menores a valores mais distantes. Assim, pontos próximos têm uma maior influência no valor interpolado se comparado a pontos mais distantes, sendo esta uma condição preestabelecida pelo método. Normalmente, quando utilizando o inverso da distância, deve-se especificar qual a distância em que a influência é zero. Isto significa que apenas os pontos aquém desta distância serão utilizados para o cálculo do novo valor. Para o uso deste método, deve-se também definir quantos pontos vizinhos devem ser usados para estimar o valor de um ponto desconhecido e o peso que cada um deles tem no ponto desejado. Alterando estes fatores de configuração, podemos ter grandes diferenças no resultado final.

O método dos contornos é outro método de interpolação originalmente desenvolvido para a geração de mapas topográficos de elevação. Estes mapas mostram linhas de contorno que ligam pontos de valores iguais. O processo computacional de ligação dos pontos de igual valor é bastante demorado. A quantidade de cálculos que deve ser realizada é proporcional à quantidade de classes em que o mapa é produzido e também à quantidade de dados originais.

A rotina de cálculos precisa calcular todas as tendências dos pontos para então realizar a interpolação, porque o espaço entre dois pontos pode ser ligado de três formas diferentes. Por exemplo, se temos dois pontos consecutivos com valores iguais, ao ligar ambos, os pontos entre eles podem ser iguais, com valores maiores ou menores, gerando três possibilidades e três diferentes resultados para a mesma interpolação. Se o valor é estimado como sendo maior, então esta é uma região onde ocorre um pico. Uma depressão ocorre quando o valor estimado é menor que os vizinhos e um platô se ele é igual. Daí a complexidade do cálculo e a demanda de tempo para sua realização.

A “krigagem” é um dos mais flexíveis e complexos métodos de interpolação e extrapolação de valores para quase todos os tipos de dados. Em termos gerais, a “krigagem” é o método mais recomendado. No entanto, com grande quantidade de dados pode se tornar um método bastante demorado. Sua utilização requer o tratamento preliminar dos dados através da geração de um modelo de variabilidade espacial denominado de semivariograma. Após a geração deste modelo, a interpolação é feita usando os mesmos princípios dos outros métodos.

O semivariograma é um modelo que expressa o quanto um dado fator varia espacialmente com a distância. Para se obter esse modelo em uma área, são calculadas as semivariâncias como uma combinação de todos os pontos amostrais. Para calcular a semivariância, toma-se dois pontos e subtrai-se um do outro, eleva-se o resultado ao quadrado e divide-se por dois. Este cálculo, aqui simplificado, é feito para todas as combinações possíveis de pontos. A semivariância é um índice que mede quanto qualquer ponto difere de outro. Se colocarmos a distância neste cálculo, é possível saber até que distância um ponto influencia outro qualquer e quanto é esta influência. O gráfico da semivariância com a distância é chamado de semivariograma.

Do semivariograma da Figura 13 extrai-se alguns parâmetros necessários ao entendimento da variabilidade espacial do conjunto de dados. O alcance é a distância a partir da qual a variabilidade não é mais relacionada à distância. O efeito pepita é a variação ao acaso, natural do fator sendo avaliado e a parte plana do gráfico representa a semivariância máxima do conjunto de dados.

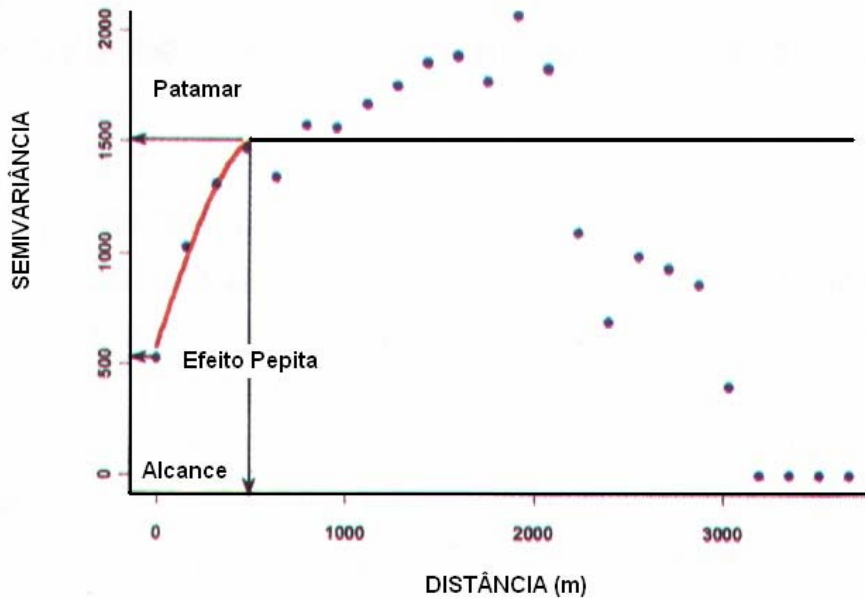


Figura 13 - Variograma típico de um atributo obtido por amostragem georeferenciada.

Fonte: Blu e Molina (1999b)

Para utilizar todo o potencial da “krigagem”, muitos pontos são necessários para que um bom semivariograma seja construído. Deve-se ter uma grade fina o suficiente para criar a parte inclinada do semivariograma. Na análise dos dados e construção do semivariograma do conjunto de dados de uma grade com dimensões muito grandes pode ocorrer que todos os pontos estejam posicionados na parte plana do semivariograma, indicando que o tamanho da grade é maior que o alcance para aquela variável. Dados assim não fornecem uma boa medida de quanto os valores variam ao longo do campo e com que distância. Devido à esta falta de informação, a acurácia da interpolação é discutível. Neste caso, devem-se usar outros métodos de interpolação porque não foram coletados dados suficientes para a utilização da “krigagem”.

2.4.7 Sistemas de coordenadas geográficas

Diferentes sistemas de coordenadas (Tabela 15) são utilizados para organizar os pontos e localiza-los na superfície através de números que representam suas posições. Os sistemas universais mais utilizados são as coordenadas geográficas Latitude e Longitude e o Universal Transversa de Mercator (UTM).

Tabela 15 – Principais projeções cartográficas e suas aplicações práticas.

Projeção do Mapa	Superfície Auxiliar	Uso primário
Universal Transversa de Mercator	Cilindro	Coordenadas planas
Alberts cônica	Cone	Médias latitudes em leste-oeste
Mercator	Cilindro	Regiões não polares e navegação
Estereográfica Polar	Plana	Regiões polares
Transversa de Mercator	Cilindro	Áreas com extensões norte-sul

Fonte: adaptado de Zuuring (1997)

A projeção de mapa requer um ponto de referência na superfície da Terra, freqüentemente considerado a origem da projeção. Este ponto pode ser definido em dois sistemas, o esférico ou geográfico (latitude/longitude) e o retangular (x,y). Com o sistema de coordenadas geográficas, a origem é definida pela latitude e longitude de um meridiano central. Latitude e Longitude são definidas com relação a dois eixos de referência, Equador e Greenwich, respectivamente. Com o sistema retangular, a origem do sistema de coordenadas da projeção é definida com respeito a uma origem (0,0) localizada, convencionalmente, ao sul e a oeste da origem da projeção, chamada falsa origem. Na prática isto elimina os valores negativos das coordenadas retangulares (ZUURING, 1997).

Muitos dados cartográficos em nosso país utilizam a projeção Transversa de Mercator seguindo o sistema de coordenadas retangulares. Esse sistema de coordenadas se chama Universal Transversa de Mercator (UTM) e estabelece a divisão da Terra em 60 fusos de 6° cada. O fuso tem esse tamanho para garantir níveis aceitáveis de deformação. O início dos fusos está no antemeridiano de Greenwich e crescem em ordem no sentido oeste-leste. Para efeito de exemplo, o Brasil é coberto por 8 fusos (18 ao 25) abrangendo coordenadas de longitude de 30° a 78° e o meridiano central de Santa Maria - RS é 51, já ao deslocarmos geograficamente para oeste, o próximo meridiano é 45. Com respeito à latitude, o sistema é limitado a 80° S e 84° N.

O sistema UTM pode ser definido como uma projeção cilíndrica conforme, de acordo com os princípios de Mercator-Gauss. Apresenta rotação de 90° do eixo do cilindro. Esse sistema adotou como representação da Terra o modelo elipsóide ao invés do esferóide. O Sistema Geodésico Brasileiro integra o Sul-Americano de 1969 (SAD69) definido a partir dos seguintes parâmetros (Oliveira, 1993):

- a) figura geométrica da Terra – Elipsóide Internacional de 1967
- b) semi-eixo maior = 6.378.160,000m

c) achatamento = $1/298,25$

A origem das coordenadas do sistema UTM se dá no cruzamento entre o Equador e o Meridiano Central (MC) de cada fuso (f). A relação entre o fuso e o MC é dada por $MC = 183 - 6 \cdot f$. Para as origens, foram adotados valores arbitrários de 500.000 metros para o MC, em medidas leste-oeste, e 10.000.000 metros para o equador, em medidas norte-sul, de acordo com a Figura 14. Desta forma, todas as medidas à direita do MC serão acrescidas de 500.000m e à esquerda do MC decrescidas de 500.000m. Por outro lado, às medidas verdadeiras de um ponto localizado acima do equador soma-se zero metro e abaixo do equador diminui-se 10.000.000m.

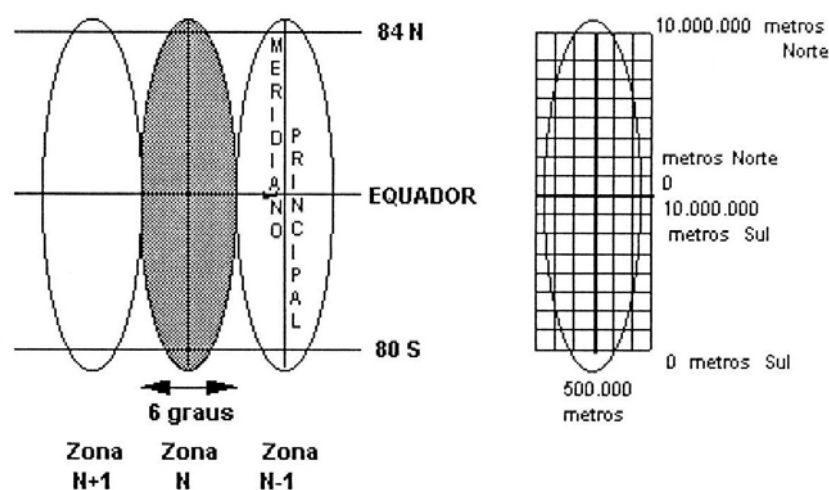


Figura 14 – Fuso da projeção Universal Transversa de Mercator.

Fonte: Lamparelli et al. (2001).

2.5 Sistema de Posicionamento Global por Satélites

GPS (Global Positioning System) é a abreviatura de NAVSTAR GPS (NAVSTAR GPS-Navigation System with Time And Ranging Global Positioning System). É um sistema de rádio-navegação baseado em satélites desenvolvido e controlado pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da América que permite a qualquer utilizador saber a sua localização, velocidade e tempo, 24 horas por dia, sob quaisquer condições atmosféricas e em qualquer ponto do globo terrestre.

O sistema é constituído por uma constelação de 24 satélites em órbita terrestre aproximadamente a 20200 km de altura com um período de 12h siderais e distribuídos por 6 planos orbitais (Figura 15). Estes planos estão separados entre si por cerca de 60° em

longitude e têm inclinações próximas dos 55° em relação ao plano equatorial terrestre. Foi concebido de forma que existam no mínimo 4 satélites visíveis acima do horizonte em qualquer ponto da superfície e em qualquer momento. A base de controle é constituída por 5 estações de rastreamento distribuídas ao longo do globo e uma estação de controle principal. Esta componente rastreia os satélites, atualiza as suas posições orbitais e calibra e sincroniza os seus relógios. Outra função importante é determinar as órbitas de cada satélite e prever a sua trajetória nas 24h seguintes. Esta informação é enviada para cada satélite para depois ser transmitida por este, informando o receptor do local onde é possível encontrar o satélite.

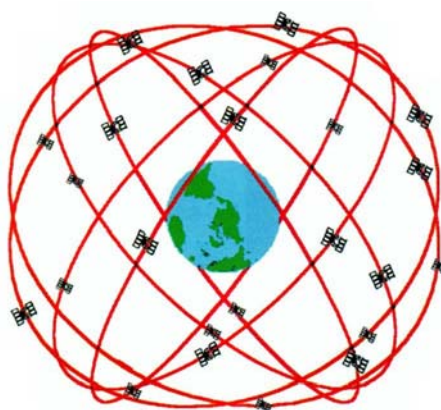


Figura 15 – Constelação de satélites de GPS em órbita em torno do Globo Terrestre.

Fonte: Sebem (2005).

Segundo Pontes (2002), entre os usuários incluem-se todos aqueles que usam um receptor GPS para receber e converter o sinal GPS em posição, velocidade e tempo. Inclui ainda todos os elementos necessários neste processo como as antenas e software de processamento. Os satélites transmitem constantemente duas ondas portadoras com uma mensagem de navegação contendo informação necessária à determinação da posição do satélite.

Os fundamentos básicos do GPS baseiam-se na determinação da distância entre um ponto, o receptor, a outros de referência, os satélites. Sabendo a distância que nos separa de 3 pontos podemos determinar a nossa posição relativa a esses mesmos 3 pontos através da intersecção de 3 circunferências cujos raios são as distâncias medidas entre o receptor e os satélites. Na realidade são necessários no mínimo 4 satélites para determinar a nossa posição corretamente.

Cada satélite transmite um sinal que é recebido pelo receptor, este por sua vez mede o tempo que os sinais demoram a chegar até ele. Multiplicando o tempo medido pela

velocidade do sinal (a velocidade da luz), obtemos a distância receptor-satélite, (Distância= Velocidade x Tempo).

Numa situação ideal com os relógios do satélite e do receptor perfeitamente sincronizados e a propagação do sinal a ser feita no vácuo, o tempo de vôo estaria perfeitamente determinado e, por conseguinte a distância medida corretamente. Geralmente esta distância denomina-se por Pseudodistância por diferir da distância verdadeira por influencia dos erros de sincronização entre os relógios do satélite e do receptor.

a) Precisão e erros do GPS

Relativamente ao GPS, em 1 de Maio de 2000 ocorreu uma grande modificação do sistema: a desativação do Acesso Seletivo (SA) através de um comunicado pela Casa Branca (LANE et al., 2000). Segundo Hurn (2005), essa modificação veio aumentar drasticamente a precisão do GPS. A precisão atual do sistema situa-se entre os 10 e os 20 metros e de 40 ns na transferência de tempo para UTC. Para breve está prevista a adição de dois novos sinais para uso civil: um transmitido em L2 e outro transmitido na frequência de 1176,45 MHz.

No entanto, os receptores de sinais de satélite ainda estão sujeitos a fatores que limitam sua precisão. Os erros que afetam as observações GPS podem ter várias origens, sendo os mais significativos citados na Tabela 16.

Tabela 16 – Comparativo dos erros típicos de GPS e DGPS devido a fatores diversos.

Fontes – Erros Típicos	GPS (metros)	DGPS (metros)
Relógio do Satélite	1,5	0
Órbita	2,5	0
Disponibilidade Seletiva (S/A)*	30	0
Ionosfera	5	0,4
Troposfera	0,5	0,2
Multicaminhamento	0,6	0,6
Ruído do Receptor	0,3	0,3
Típica acurácia de posição (horizontal)*	50	1,3
Típica acurácia de posição (vertical)*	70	2,0

*Desativado em maio de 2000. Fonte: Trimble (1993)

b) Erros nos relógios

Embora os relógios dos satélites sejam muito precisos (cada satélite contém quatro relógios atômicos, dois de rubídio e dois de césio), não são perfeitos. De acordo com Hurn (2005), apenas um nanosegundo de erro, ou seja, 0,000.000.001 s, resulta num erro de cerca de 30 cm na medição da distância para um satélite. Para que os relógios se mantenham os mais precisos possíveis e para que a distância seja medida mais corretamente, a sua marcha necessita de ser continuamente determinada pelas estações de controle. Erro nos relógios dos receptores é semelhante ao erro provocado pelos relógios dos satélites.

c) Erros nas efemérides

As Efemérides é uma Tabela que fornece, em intervalos de tempo regularmente espaçados, as coordenadas que definem a posição de um astro. As efemérides constituem o elo entre as teorias sobre as quais são constituídas e as observações posteriores, o que permite provar a validade daquelas.

Sabe-se que a precisão da posição depende da precisão com que é determinada a localização dos satélites (os pontos de referência). O departamento de defesa dos Estados Unidos coloca cada satélite numa órbita muito precisa, sendo a sua órbita muito previsível por um modelo matemático bastante rigoroso. No entanto o insuficiente conhecimento do campo gravítico terrestre, as forças gravitacionais da Lua e do Sol e o atrito remanescente da atmosfera terrestre bem como a pressão das radiações solares nos satélites provoca variações nas suas órbitas, daí que elas sejam constantemente monitorizadas pelas estações de rastreio na Terra.

d) Disponibilidade Seletiva (S/A – Selective Availability)

Até pouco tempo atrás, maio de 2000, a principal fonte de erro na precisão do posicionamento dado pelo GPS foi eliminada do sistema. O Departamento de Defesa dos Estados Unidos colocava intencionalmente um erro aleatório no sistema, introduzindo um ruído no relógio do satélite para limitar o uso do GPS por forças hostis durante guerras ou conflitos. Segundo Hurn (2005), com a interferência seletiva, o código C/A, idealizado para dar uma precisão de 30 metros, via a sua precisão original reduzida para 100 metros. Apesar o erro não existir mais, é importante considerar que ele pode voltar a existir se assim os detentores do sistema quiserem.

e) Multicaminhamento

Segundo Hurn (2005), esse tipo de erro é gerado pela reflexão indesejada dos sinais GPS oriundo dos satélites em superfícies existentes ou colocadas próximas à antena do receptor. Na medição da distância para cada satélite, assumimos que o sinal do satélite viaja diretamente desde o satélite até à antena do receptor. Mas, em adição ao sinal, existem sinais refletidos provocados por objetos que se encontram perto da antena e que interferem com o sinal verdadeiro. A este efeito chamou-se multicaminhamento. Este erro apenas afeta medições de alta precisão, a sua magnitude ronda os 50 cm.

f) Atraso na Ionosfera

Ao medir a distância para um satélite, medimos o tempo que o sinal leva a chegar ao receptor e multiplicamos esse tempo pela velocidade da luz. Para Hurn (2005), o problema é que a velocidade da luz varia sob as condições atmosféricas, pois a camada mais alta da atmosfera, a ionosfera, contém partículas "carregadas" que atrasam o código e adiantam a fase. A magnitude deste efeito é maior durante o dia do que de noite. Os atrasos ionosféricos não modelados podem afetar a precisão em até 10 metros.

g) Atraso na Troposfera

O sinal ao passar pela camada mais baixa da atmosfera, a troposfera, também sofre um atraso na fase e no código. Este atraso é causado por duas componentes (componente seca e úmida). O principal problema relaciona-se com a componente úmida (vapor de água).

h) Geometria dos Satélites

O efeito da geometria dos satélites é expresso pelo fator de degradação da precisão (DOP-Dilution Of Precision), o qual pode ser interpretado como a razão entre a exatidão do posicionamento e a exatidão da medição (HURN, 2005). Ainda segundo Hurn (2005), se por exemplo observarmos quatro satélites muito próximos, um metro na medição da distância pode resultar em centenas de metros de erro na posição calculada, mas se observarmos muitos satélites e estes se encontrarem espalhados pelo céu, talvez o erro na posição seja inferior a 1,5 metros por cada metro de erro na medição de um à distância.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área do projeto

A área sob o qual se desenvolveu o projeto localiza-se no município de Cerro Largo (Figura 16), região noroeste do RS, distante 300 km de Santa Maria. Consiste num módulo independente, com área de aproximadamente 11 hectares, estrategicamente escolhido dentro de uma área maior de 32 ha pertence ao grupo familiar, propriamente estruturado quanto à máquinas, mão-de-obra e recursos financeiros. As coordenadas geográficas médias da área do projeto são 28° 04' 51'' W de latitude e 54° 46' 28'' S de longitude.



Figura 16 – Mapa de localização da área geográfica da área do projeto Agricultura de Precisão para Pequenas Propriedades.

3.2 Justificativa da escolha do local

O fato de atender aos objetivos propostos e se enquadrar como pequena propriedade com sistema de produção familiar que não suporta grandes investimentos em mecanização, justifica um estudo aprofundado das condições que limitam a adoção de tecnologias adequadas que possibilitariam o máximo retorno econômico, visto que o gerenciamento técnico e contábil é deficiente devido à ausência de recursos humanos capacitados para tal.

A maior vantagem de realizar o projeto nesta propriedade foi contar com apoio do grupo familiar, principalmente nas etapas que exigiram tomadas de decisão e registro de dados, permitindo, desta forma, interferir no gerenciamento dos investimentos para produção.

Tradicionalmente cultivadas com soja, trigo, milho e culturas de cobertura, sempre em plantio direto, estas áreas contam com um alto potencial de produção, principalmente devido à manejo conservacionista. Eventualmente, permitiu realizar o acompanhamento das máquinas a campo, visto que a regulagem foi fator essencial e determinante em muitas etapas do projeto.

A infra-estrutura de máquinas agrícolas disponível na propriedade foi a seguinte: Tratores Valmet 880 ano 1988 com motor MWM - 4 cilindros e 59,6 kW de potência, Valmet 65 id ano 1977 com motor MWM – 3 cilindros e 41,2 kW de potência, colhedora MF 3640 ano 1988 com motor Perkins – 6 cilindros e 80,9 kW e plataforma de 13”, semeadora “Plantio Direto – Tratomaq TMH 2600” com engate nos três pontos do hidráulico e largura de 7 linhas para soja, 4 para milho e 15 linhas para trigo, pulverizador de barra Jacto 600 L com 12 metros de barra e marcador de espuma, distribuidor centrífugo monodisco marca Incomagri, subsolador de 7 hastes, arado reversível de três discos de 28”, grade niveladora com 36 discos de 20” e carreta agrícola de três eixos com capacidade para 8.000 kg.. Toda a estrutura existente na propriedade foi disponibilizada para ser utilizada no projeto, sem ônus adicional. Outros custos envolvidos puderam ser significativamente reduzidos, tais como: despesas de hospedagem, alimentação, transporte, óleo diesel, e outros. A mão-de-obra presente facilitou a tomada de dados sempre que necessário.

A Figura 17 mostra o mapa da área de 32 hectares, de dimensões 320 m por 1000 m, levantada por GPS de navegação, dentro da qual está inserida a área do projeto.

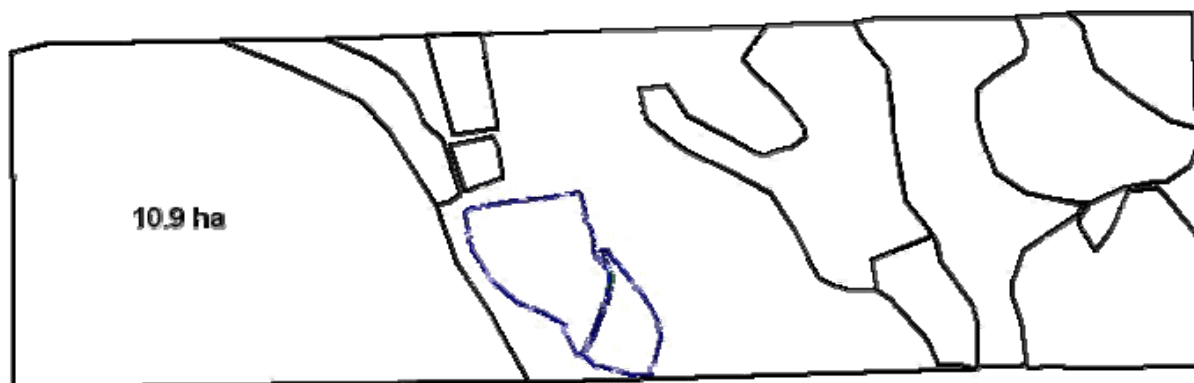


Figura 17 – Mapa da área da propriedade em Cerro Largo onde foi realizado o projeto levantado por GPS de navegação em 2004.

3.3 Características da área

- Área de coxilha de relevo ondulado, com declividade média a moderada.
- Tipo de solo: Latossolo vermelho distroférico¹⁵ (EMBRAPA, 1999).
- Clima: “Cfa” subtropical úmido, segundo classificação de Köppen

Conforme Streck et al. (2002), diante das propriedades físicas dos latossolos (profundos, bem drenados, muitos porosos, friáveis, bem estruturados) e condições de relevo suavemente ondulado, esses solos possuem boa aptidão agrícola, desde que corrigida a fertilidade química. Os Latossolos podem ser utilizados com culturas de inverno e de verão, exigindo práticas conservacionistas adequadas, como plantio direto intercalado com plantas recuperadoras, terracimento e canais escoadouros protegidos.

3.4 Etapas de trabalho

O planejamento do uso da terra no período de duração do projeto (um ano agrícola) foi assim determinado: soja como cultura de verão 2004/05 e trigo na cultura de inverno de 2005. A idéia foi inserir o projeto no contexto das atividades agrícolas definidas dentro do período discriminado acima. As atividades do projeto foram decompostas em etapas, de acordo com cada ciclo de cultura estabelecido. Cada fase compreendeu a tomada de uma série de dados referentes à cultura, solo e ambiente, resumidas nos itens abaixo:

1. Levantamento topográfico e mapa temático da área através de GPS;
2. Estruturação de pontos virtuais georeferenciados para grades de amostragem;
3. Análise de solo em amostragem sistemática de um ponto por hectare;
4. Geração informatizada de mapas de atributos do solo;
5. Identificação e localização física das zonas de manejo;
6. Implantação da cultura da soja;
7. Aplicação de fertilizante diferenciado para cada zona de manejo;
8. Avaliação da compactação do solo através da penetrometria;
9. Mapa de população de plantas no estande definitivo;
10. Colheita mecanizada da soja;

¹⁵ Latossolo por ser profundo, homogêneo e altamente intemperizado, e distroféricos, pela baixa saturação de bases (< 50%) e elevado teor de ferro (> 18%).

11. Implantação da cultura do trigo;
12. Medição de clorofila na folha com através de clorofilômetro;
13. Aplicação de cobertura de uréia por zonas de manejo;
14. Geração de mapas de produtividade, através da coleta manual de amostragem;
15. Elaboração de mapas de rentabilidade das culturas;

Paralelamente foram realizados registros adicionais, necessários para o melhor gerenciamento global da atividade. Entre eles, destacam-se o histórico do talhão, tratamentos químicos auxiliares, regulagem e aferição das máquinas, intensidade e distribuição das chuvas, e acompanhamento das operações agrícolas com rastreamento por GPS de navegação.

3.5 Análise de solo

O passo inicial para a amostragem de solo foi a definição do plano de amostragem e do número de amostras a coletar, a fim de gerar a grade espacial dos pontos. Para tanto, foram consideradas as características locais da lavoura, como, topografia, profundidade do solo, uso anterior da área, manejo da fertilidade, incluindo quantidades de fertilizantes e corretivos previamente aplicados. Desta forma, definiu-se que seria coletada uma amostra por hectare (Figura 18), sendo cada uma composta por 5 subamostras.

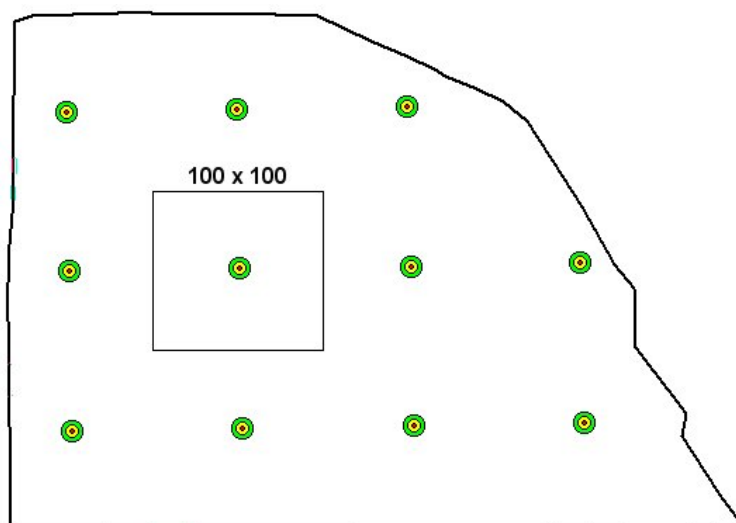


Figura 18 – Malha de amostragem do solo de um ponto por hectare. Cerro Largo - RS, 2005.

A amostragem de solo foi realizada em outubro de 2004, após colheita do trigo e previamente a implantação da cultura da soja. A coleta das amostras de solo foi executado obedecendo ao seguinte procedimento:

1. Localização do ponto de amostragem (coordenada representativa do nó da grade) com auxílio do receptor de GPS marca Garmin e modelo eTrex Legend;
2. A primeira subamostragem foi realizada na coordenada central do nó da grade, as outras quatro a uma distância de 2 metros da primeira nas direções: norte, sul, leste e oeste.
3. Localização no terreno as linhas de adubação (linhas de plantas da cultura anterior);
4. Remoção da vegetação, folhas, ramos ou pedras na superfície;
5. Abertura de uma cova em cunha com 20 cm de profundidade e 20 cm de comprimento, correspondente ao espaçamento entre linhas;
6. Corte e retirada de uma fatia de 2 cm de espessura e de 20 cm de profundidade do solo, observando sua uniformidade em toda a extensão da cova;
7. Acondicionamento da amostragem em saco plástico, com o respectivo etiquetamento da mesma para posterior envio imediato do material ao laboratório.

Como ferramenta de coleta, utilizando-se uma pá-de-corte, seguindo a recomendação técnica da Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2001) para áreas em sistema de plantio direto. As referidas amostras foram secadas à sombra e acondicionadas em sacos plásticos identificados e analisadas quimicamente pelo Laboratório de Análises de Solos da UFSM, credenciado pela ROLAS¹⁶. Os atributos a quantificados foram os seguintes: textura, percentual de argila, pH em água, índice SMP, fósforo, potássio, matéria orgânica, alumínio, cálcio, magnésio, H+Al, CTC efetiva, CTC pH7, saturação de alumínio e saturação de bases, conforme laudo no anexo.

3.6 Manejo por zona

As interferências de manejo efetivamente concretizadas correspondem às doses de adubação cloretada e fosfatada na semeadura da soja safra 2004/05 e na adubação nitrogenada no trigo. Para a primeira cultura a recomendação baseou-se unicamente nas interpretações da análise de solo, enquanto que para a segunda cultura considerou-se também a variabilidade do teor de clorofila na folha no estágio inicial de desenvolvimento da planta de trigo.

¹⁶ ROLAS: Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo

Os dados das análises laboratoriais de solo foram utilizados na confecção dos mapas de fertilidade da área, com a finalidade imediata de estabelecer a recomendação de fósforo e potássio por zonas de manejo para a semeadura da soja safra 2004/05. Estas duas variáveis podem ser facilmente manipuladas, de forma a permitir uma correta relação de mistura dos dois componentes e a melhor dosagem para as zonas de manejo previamente definidas.

Na área em estudo (10,9 ha) disponibilizou-se para a cultura da soja 825 kg de cloreto de potássio (KCl 0-0-60) e 825 kg de superfostato triplo (P_2O_5 0-42-0). A recomendação técnica definiu a relação de mistura e a dose mais adequada para cada zona, obedecendo às indicações técnicas regionais para a safra 2004/05.

Para o trigo, o planejamento da adubação de base foi de 2.300 kg do formulado NPK 5-20-20 na linha e a adubação nitrogenada de 625 kg de uréia (46-0-0), a ser aplicada em duas etapas, em forma de cobertura a lanço. A primeira aplicação de uréia foi sobre a área total aos 33 dias após a semeadura e a segunda cobertura foi parcial aos 60 dias após semeadura.

A variação de dose de fertilização por zonas de manejo foi operacionalizada por meio de regulagens da semeadora e do distribuidor centrífugo nas aplicações na área integral. Por vezes, quando se conveniuiu realizar aplicações parciais, uma determinada zona que deveria receber dosagens diferenciadas foi localizada geograficamente por GPS e demarcada por estacas e bandeirolas. Desta forma, o trator manobrava dentro destas áreas específicas, limitando a aplicação à determinada zona. Maiores detalhes deste procedimento pode ser verificado no item resultados e discussões.

3.7 Índice de cone

A resistência à penetração (índice de cone) é o método mais prático para se mensurar a compactação do solo. Esse método consiste em inserir no solo uma ponta cônica e medir a força necessária para tal. O índice de cone (MPa) é dado pela relação entre força aplicada e área do cone com ângulo sólido de 30° (ASAE R313.2, 1997).

O penetrômetro digital georeferenciado utilizado para obtenção do índice de cone é da marca DLG, modelo PNT-2000 (Figura 19).



Figura 19 – Penetrômetro digital georeferenciado DLG modelo PNT-2000 e operação de penetrometria a campo.

Este equipamento registra e armazena a força (N) de resistência oferecida pelo solo à penetração do cone, a profundidade das camadas e as coordenadas geográficas do ponto. Para o proposto trabalho, foi medida a resistência até a profundidade de 450 mm, utilizando um cone tipo 2, com 12,83 mm de diâmetro, 23,9 mm de altura e 129 mm² de área. O equipamento foi calibrado para registrar dados de resistência a cada 20 mm, permitindo desta forma, analisar o grau de compactação do solo por camadas de interesse. O equipamento é capaz de medir forças até 1000 N, profundidade de até 600 mm e armazenar leituras a cada 10 mm.

Para a determinação do índice de cone foram realizadas 44 amostragens de resistência à penetração nos pontos identificados em linhas e colunas. Os pontos foram localizados dentro da área com GPS Garmin Legend, seguindo uma grade sistematizada de 50 x 50 m, conforme ilustra a Figura 20. Esta determinação foi realizada no mês de janeiro, aos 54 dias após semeadura da soja.

A umidade do solo no momento da realização da penetrometria foi determinado pelo método gravimétrico, ou seja, pela diferença percentual entre o peso do solo úmido e pelo do solo seco. Foram recolhidos 4 amostras de solo, em pontos aleatórios, sendo a umidade média do solo 23,9 %, variando de 21,3 a 26,5%.

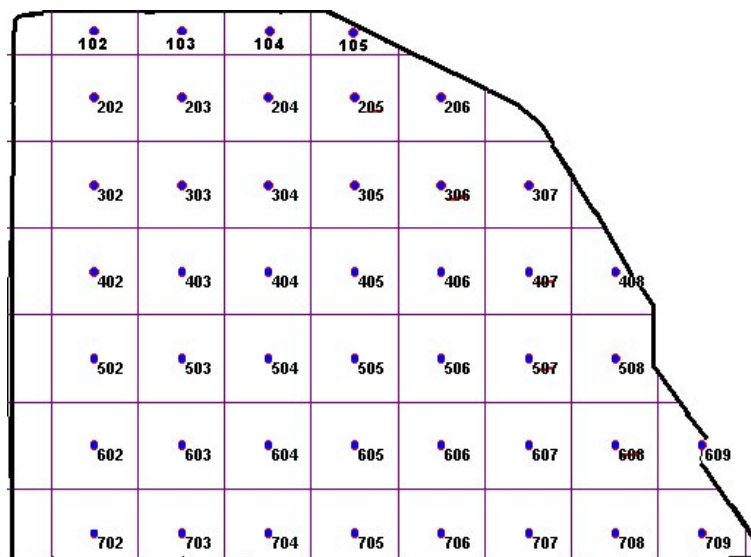


Figura 20 – Malha de amostragem de 50 x 50 m para determinação do Índice de Cone e Teor de Clorofila. Cerro Largo - RS, 2005.

3.8 Teor de Clorofila

Partindo do pressuposto de que o teor de clorofila presente na folha está estritamente relacionado às condições nutricionais da planta (nitrogênio no solo), optou-se em determinar o índice de clorofila do trigo em dois estágios de desenvolvimento da cultura do trigo. Fez-se uso de um clorofilômetro digital marca Konica Minolta, modelo SPAD-502, como pode ser visto na Figura 21. Este equipamento determina, de forma direta, o índice SPAD de clorofila presente na folha através da diferença de densidade ótica em dois comprimentos de onda. Utilizando-se destas duas transmitâncias, o medidor calcula um valor numérico para SPAD, que é proporcional à quantidade de clorofila presente na folha. O sensor ótico tem superfície de leitura retangular de 2 x 3 mm, de precisão de $\pm 1,0$ SPAD e repetibilidade de leitura de $\pm 0,3$ quando corretamente calibrado. O SPAD-502 armazena em sua memória os dados lidos a campo, que posteriormente podem ser descarregados para um computador via “logger”, criando um arquivo texto.



Figura 21 – Clorofilômetro digital utilizado nas avaliações de clorofila no trigo e GPS de navegação para localização de pontos georeferenciados.

Foram realizadas duas determinações de clorofila na cultura do trigo, aos 33 e 60 dias após semeadura, antecedendo as aplicações de uréia. A grade de amostragem adotada na primeira determinação foi idêntica à utilizada na penetrometria, ou seja, 44 pontos distribuídos em malha de células quadradas de 50 x 50 metros. Para a segunda determinação foram utilizadas duas malhas, uma de 44 pontos espaçados 50 m e outra com 81 pontos (Figura 22). O objetivo da utilização de duas malhas diferente foi de verificar a influência da densidade amostral nos resultados do mapa. As determinações seguiram um padrão de 15 repetições por ponto amostral, sempre no terço médio das folhas sadias. A primeira e segunda determinações foram realizadas na folha três e na folha bandeira, respectivamente.

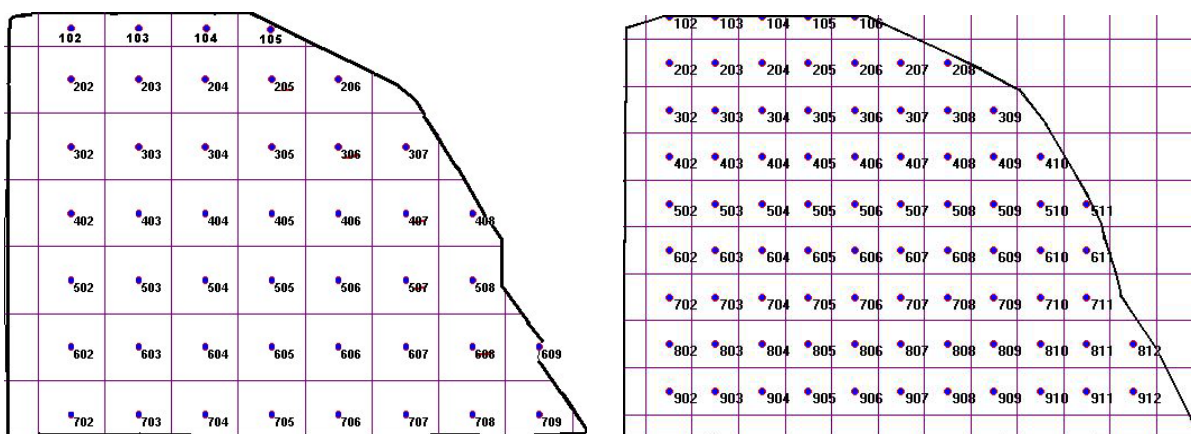


Figura 22 – Malha de amostragem de 50 x 50 m e de 25 x 25 m para determinação comparativa do teor de clorofila no trigo. Cerro Largo - RS, 2005.

3.9 Mapa de produtividade

O mapa de produtividade de trigo foi elaborado manualmente a partir da determinação do rendimento de parcelas de espigas coletadas dentro da área, antes da colheita mecanizada. Adotou-se uma malha hexagonal de 22 pontos, de forma a configurar uma melhor distribuição espacial dos pontos na área. A demarcação da grade foi realizada por meio de pontos georeferenciados e localizados com GPS de navegação, conforme Figura 23.

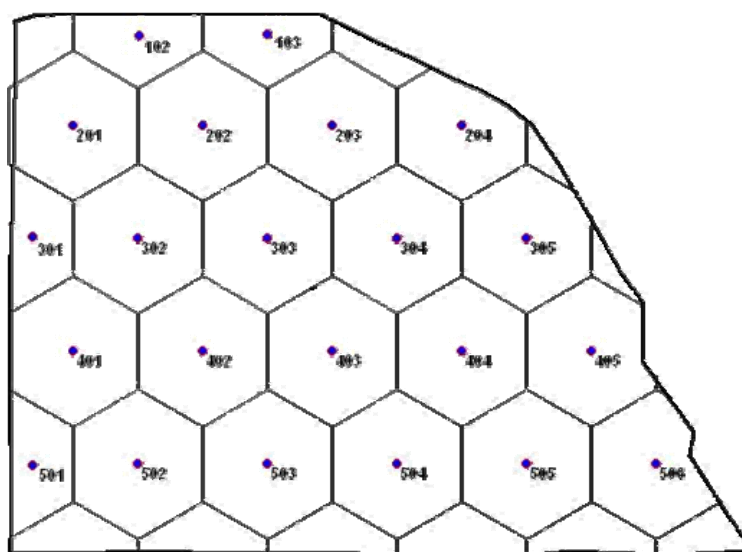


Figura 23 – Malha hexagonal com 22 pontos para amostragem de produtividade de trigo na área experimental. Cerro Largo - RS, 2005.

Em cada ponto foi retirada uma amostra de espigas de trigo (Figura 24) num quadro de 50 cm de lado, correspondente a $0,25 \text{ m}^2$. As foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados e posteriormente levadas para secagem em estufa a temperatura de 60°C por 3 dias.

Após a secagem, se procederam a debulha manual e a separação dos grãos da palha por peneiramento e ventilação. A debulha manual foi adotada como forma de evitar possíveis perdas e danos mecânicos, que normalmente ocorrem no processo mecanizado. Os grãos limpos de cada amostra individualizada foram pesados e recolocados a estufa em 105°C durante 24 horas para determinação da umidade (método gravimétrico). A correção de peso e a padronização da umidade a 13 % seguiram a metodologia preconizada por Weber (1995) pela Equação 1.



Figura 24 – Corte das espigas de trigo maduras num quadro de 50 cm de lado e acondicionadas em embalagens individualizadas. Cerro Largo – RS, 2005.

Equação 1:
$$Pf = Pi \times \frac{100 - Ui}{100 - Uf}$$
, onde:

Pf = peso final (kg), Pi = peso inicial (kg), Ui = umidade inicial (%), Uf = umidade final (%)

A produtividade por hectare ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) foi calculada através de uma regra de três simples. Um último fator de ajuste foi aplicado para equilibrar a produtividade amostrada com a produtividade real da área, igualando os totais de produção. De posse dos dados de produtividade pontual suas respectivas coordenadas geográficas, foi confeccionado o mapa de produtividade através do programa informático CR Campeiro.

3.10 Tratamento dos dados e geração de mapas

Para a interpolação dos dados pontuais de uma grade regular para o mapeamento de isolinhas, Vieira (2000) afirma que a técnica que melhor se aplica é o inverso do quadrado da distância. Porém a interpretação destes dados requer atributos com alta variabilidade espacial. A geoestatística se encarrega de caracterizar as correlações existentes entre as variáveis, no caso de mapas, e quantificar o nível de dependência espacial meio de semivariogramas.

Os mapas foram gerados pelo Software CR Campeiro 5®, versão AV-02, (Figura 25) no módulo Sistemas Especialistas, ferramenta Agricultura de Precisão. Os registros de fertilidade do solo foram interpolados pelo inverso do quadrado da distância, com malha de quadrícula de 5 m e raio de pesquisa de 150 m. Os demais mapas foram gerados pelo mesmo método, porém com raio de pesquisa de 80 metros, considerando o refinamento da amostragem.



Figura 25 – Janela de abertura do software de gerenciamento rural CR-Campeiro 5®.

3.11 Custos de produção

Para que se pudessem avaliar os resultados da aplicação de tecnologia de agricultura de precisão na pequena propriedade regime de agricultura familiar computou-se os custos de produção das safras que foram foco deste trabalho, ou seja, a safra de soja e a subsequente safra de trigo do ano agrícola de 2005. Do âmbito deste trabalho, é importante subdividir os custos em três componentes distintas:

1. Custos de produção: compõem-se basicamente dos desembolsos necessários à implantação da cultura, ao seu manejo e à colheita. De forma geral, podem ser caracterizados como custos variáveis da produção. Estes custos foram computados embasados no custo dos insumos adquiridos pela propriedade, nos indicadores médios aplicados na região e nas taxas financeiras aplicadas pelo banco, ficando o controle dos registros a cargo do grupo familiar. O item custo de produção engloba especificamente os custos dos insumos (fertilizantes, sementes, produtos químicos), custos de mecanização (semeadura, aplicação, colheita, transporte) e outros (análise de solo, mão-de-obra, financeiro e custo de oportunidade). A mão-de-obra foi calculada com um percentual de 2,5 % sobre o custo total e mais eventual contratação de terceiros. O custo de oportunidade se confunde com o valor do arrendamento, visto que se o grupo familiar optasse por não plantar, poderia arrendar a área para terceiros. Para a safra de verão, este valor é de 10 sacas de soja por hectare e para a safra de inverno, este valor se reduz para

um saco de fertilizante por hectare. O custo financeiro se compõe de taxas bancárias e taxa de juros. O Pronaf¹⁷ financiou, em média, 65 % dos custos totais. Sobre este valor, incide taxa de juros de 4 % a.a., 2,5 % de seguro agrícola, 2 % de assistência técnica e mais taxas bancárias. O restante do valor (35 %) foi complementado com recursos próprios, incidindo sobre ele uma taxa anual de juros de 12 %.

2. Custos de mecanização: restringiram-se aos custos hora/máquina efetivamente trabalhadas na área do projeto. Para calcular os custo horário de cada máquina e implemento agrícola, computou-se custos parciais relativos aos itens depreciação, financeiro, combustível, lubrificantes, pneus, reparos e manutenção, conforme preconizado por Mialhe (1974) e Marquez (2004). Apesar das máquinas muitas vezes terem idade acima da vida útil estimada, ou seja, já estariam integralmente depreciadas, mesmo assim ainda foi estimado percentual de depreciação, visto que haja visível diferença entre valor de mercado da máquina usada e valor de sucata. Como também é comum a aquisição de máquinas usadas, a depreciação e os juros incidem sobre o valor de mercado ou de aquisição, de forma análoga a uma máquina nova. O custo variável foi calculado em base de pesquisa de mercado da região do preço dos itens que o compõem. Esta pesquisa foi realizada uma única vez, em meados de janeiro de 2005.
3. Custos do projeto: não foram computados custos relativos à implementação e acompanhamento técnico por parte da equipe do NEMA/UFSM. Ficaram de fora despesas relativas a viagens, estadia, aluguel ou aquisição de equipamentos, licença de softwares, material de consumo e outros.

3.12 Rastreabilidade das operações

As principais operações agrícolas mecanizadas na área experimental durante a execução do projeto foram rastreadas por GPS de navegação. Este modelo de receptor de sinal de satélite opera na banda L1, recebendo sinal de até oito satélites simultaneamente. Sua precisão de posicionamento é variável, torno de 8 m e nunca inferior a 15 m, conforme as condições meteorológicas, presença de obstáculos e geometria orbital dos satélites. O modelo eTrex-Legend, da Garmin, possui capacidade de memória interna para armazenar até dois mil pontos virtuais (waypoints) e/ou várias horas de gravação de trajetos (tracklogs). Para rastrear um deslocamento qualquer, programa-se o módulo trajetos para aquisição automática e

¹⁷ Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

sistemática de pontos ao longo do trajeto. O GPS grava então continuamente segmentos, contendo informações de latitude, longitude e altitude, data e hora, comprimento do segmento, intervalo de tempo e velocidade. Posteriormente, os dados podem ser descarregados para o computador e analisados por meio de software. O software usado para análise dos trajetos foi o TrackMaker®.

Da análise dos trajetos pôde-se extrair informações sobre a distância percorrida pelas máquinas no campo, área trabalhada, velocidade de trabalho, tempo de trabalho, configuração de manobra, paradas não programadas e deslocamentos fora de rota. O desempenho operacional e a capacidade operacional efetiva foram calculados a partir da Equação 2 (MIALHE, 1974), onde a largura se refere ao trabalho, a velocidade ao deslocamento do conjunto e a eficiência a relação entre tempo teoricamente necessário e efetivamente gasto para realizar a operação.

$$\text{Equação 2: } \text{Cap.Op.Efet.}(ha/h) = \frac{\text{Largura}(m) \times \text{Velocidade}(km/h) \times \text{Eficiência}}{10}$$

3.13 Custo horário das máquinas agrícolas

As informações do desempenho operacional os conjuntos mecanizados são importantes para fornecer precisão nos cálculos de custos e também para o planejamento das atividades. Neste estudo, foi determinado o custo das máquinas e implementos utilizados no desenvolvimento do presente trabalho, considerando para tal os itens mais expressivos que compõem os custos, entre eles, depreciação, custo financeiro, fator de utilização, vida útil, manutenção, reparos, combustível, lubrificantes e pneus.

Os quadros contendo as informações de cálculo do custo horário das máquinas e implementos são apresentados no Anexo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise do solo

O laudo das análises de solo evidenciou três aspectos importantes: a presença de atributos sem variação de classe (Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004), fósforo e potássio com grande variação de classes e um satisfatório nível de fertilidade da área, conforme pode ser visto na Tabela 17 e Tabela 18.

Tabela 17 – Resultados do laudo da análise do solo das amostras coletadas numa grade de um ponto por hectare na área experimental em 12/11/2004 em Cerro Largo, RS.

Arg. %	pH Água	SMP	P mg.L ⁻¹	K mg.L ⁻¹	MO %	Al cmol.L ⁻¹	Ca cmol.L ⁻¹	Mg cmol.L ⁻¹
74	5,6	6,2	4,8	142	3,7	0	6,7	3,3
74	5,7	6,1	4,8	100	2,6	0	6,1	2,7
72	5,8	6,2	7,2	120	3,1	0	6,6	3,0
69	6,0	6,3	11,5	160	3,1	0	6,6	3,3
74	5,8	6,2	6,3	176	2,6	0	6,6	3,0
74	5,7	6,4	4,8	120	2,7	0	6,7	3,1
74	5,9	6,4	6,3	186	3,1	0	7,0	2,8
62	6,5	6,7	8,8	200	3,3	0	9,7	3,6
70	6,3	6,3	11,5	200	3,4	0	7,5	3,5
72	5,8	6,2	11,5	182	3,1	0	6,2	2,8
70	6,3	6,4	6,3	174	3,1	0	6,6	3,4

Tabela 18 – Resultados do laudo da análise do solo das amostras coletadas numa grade de um ponto por hectare na área experimental em 12/11/2004 em Cerro Largo, RS.

Al+H cmol.L ⁻¹	CTC Efet	CTC pH 7	Sat. Al	Sat. Bases	Ca/Mg	Ca/k	Mg/k	K / Ca+Mg
3,0	10,4	13,3	0	78	2,0	18,4	9,1	0,1
3,3	9,0	12,2	0	73	2,3	34,0	15,0	0,1
3,0	9,9	12,9	0	77	2,2	21,4	9,8	0,1
2,7	10,3	13,0	0	79	2,0	16,1	8,0	0,1
3,0	10,1	13,0	0	77	2,2	14,6	6,6	0,1
2,5	9,9	12,4	0	80	2,2	59,4	27,5	0,0
2,5	10,3	12,8	0	81	2,5	14,7	5,9	0,2
1,9	13,8	15,7	0	88	2,7	18,9	7,0	0,1
2,7	11,5	14,2	0	81	2,1	14,6	6,8	0,2
3,0	9,5	12,4	0	76	2,2	13,3	6,0	0,2
2,5	10,4	12,9	0	81	1,9	14,8	7,6	0,1

Para julgar se um atributo variabilidade horizontal pode-se adotar dois critérios: calcular o coeficiente de variação entre as amostras ou adotar tabelas de classificação que apresentam os valores limites para cada classe de enquadramento. Na Tabela 19 é apresentado um resumo estatístico dos atributos do solo que obtiveram maior coeficiente de variação entre as amostras.

Tabela 19 - Valores mínimos, máximos, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação dos principais atributos do solo amostrados na área experimental em Cerro Largo – RS, 2004.

	P	K	MO	Mg	Ca	pH
Mínimo	4.8	100	2.6	2.7	6.1	5.6
Mediana	6.3	174	3.1	3.1	6.6	5.8
Máximo	11.5	200	3.7	3.6	7.9	6.5
Desvio Padrão	2.8	34.5	0.3	0.3	0.5	0.3
Coefic. Variação	36.1	21.6	11.0	9.7	7.8	5.0

4.1.1 Atributos do solo sem variabilidade de classe

Os percentuais de argila confirmam a classificação do solo como latossolo vermelho distroférico e a área se enquadra integralmente na Classe 1 (argila > 60 %). Quanto aos atributos cálcio e magnésio, toda área se insere na classe alta e a matéria orgânica pode ser considerada de classe média, conforme mostra a Tabela 20.

Tabela 20 – Limites inferior e superior dos percentuais de argila e matéria orgânica e de concentrações de cálcio e magnésio extraídos da análise do solo e contrastados com a classificação da Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (2004).

Atributo	Teores presentes no solo	Classificação da Rolas
Argila (%)	69 a 74	Classe I (>60)
Matéria orgânica (%)	2,6 a 3,7	Médio (2,6 - 5,0)
Cálcio (cmol.dm ⁻³)	6,1 a 7,9	Alto (>4,0)
Magnésio (cmol.dm ⁻³)	2,7 a 3,6	Alto (>1,0)

A concentração de alumínio trocável e a saturação de alumínio no solo são nulas em toda área, indicando que não há necessidade de correção de pH por calagem sob o ponto de vista da limitação de absorção de nutrientes e crescimento de raízes. Este fato é confirmado pelo alto percentual de saturação de bases e concentração de cálcio e magnésio. O histórico da área ainda nos informa a realização de calagem dois anos antes da amostragem.

4.1.2 Modelos digitais dos atributos do solo com variabilidade

Os modelos digitais de atributos químicos do solo, gerados com ferramentas de interpolação geoestatística através do software CR-Campeiro, mostram que a área não deve ser considerada homogênea quanto a sua fertilidade química. Apesar da maioria dos atributos se enquadrarem apenas em duas classes, o fato implica em recomendações de doses de fertilizantes diferentes para cada classe. Desta forma, esses mapas fornecem subsídios para estabelecer as zonas de manejo, e conseqüentemente, embasar a recomendação de adubação.

A seguir são apresentados os mapas de fósforo (Figura 26) e de potássio (Figura 27) da área experimental de 11 hectares. Da mesma forma, os mapas de pH do solo (Figura 28) e da saturação de bases (Figura 29) não deixam dúvida da variabilidade do solo, expressa nesse estudo por seus atributos químicos.

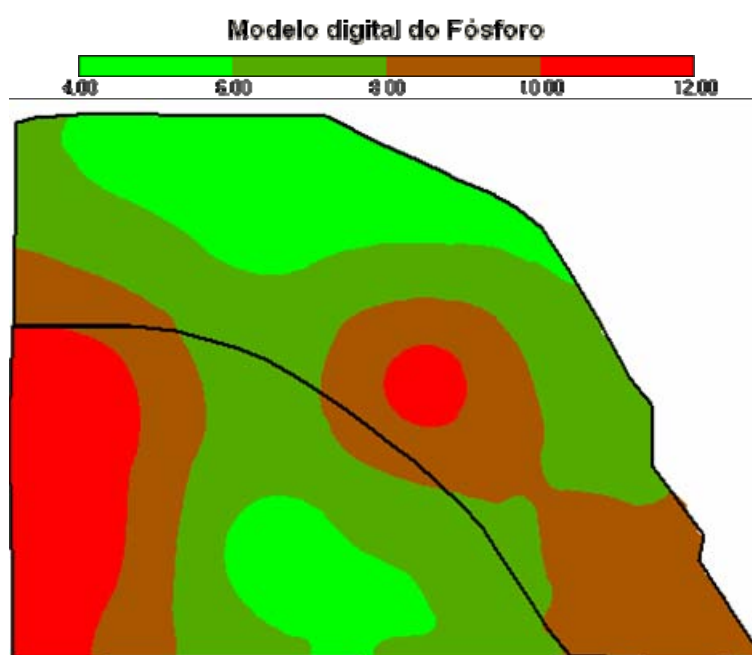


Figura 26 – Modelo digital da concentração de fósforo, em mg.L⁻¹, gerado a partir dos valores fornecidos pelo laudo da análise do solo. Cerro Largo - RS, 2004.

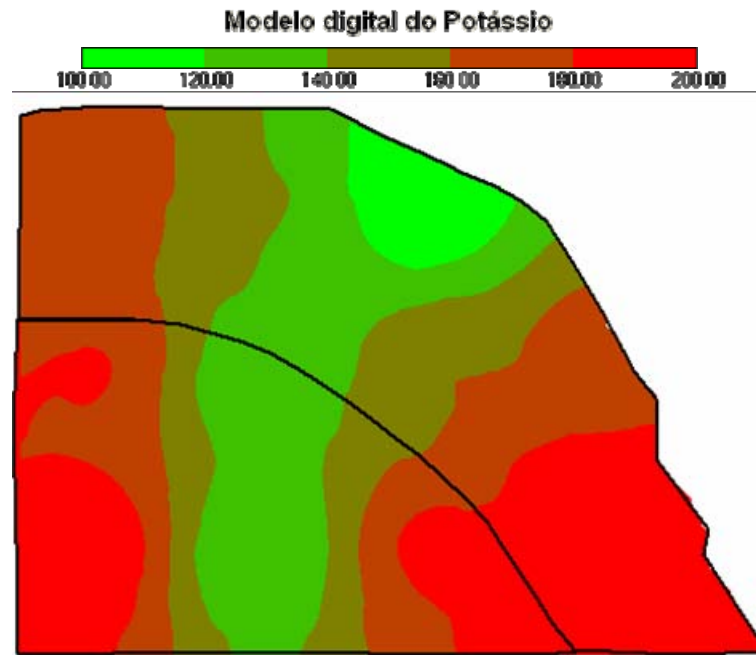


Figura 27 – Modelo digital da concentração de potássio, em mg.L-1, gerado a partir dos valores fornecidos pelo laudo da análise do solo. Cerro Largo - RS, 2004.

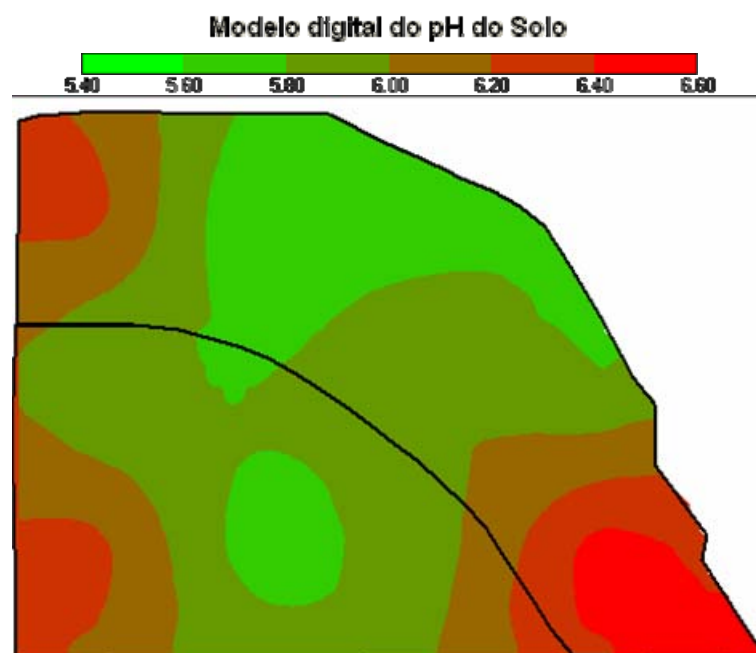


Figura 28 – Modelo digital do pH em água (acidez do solo) da área experimental localizada em Cerro Largo - RS, 2004.

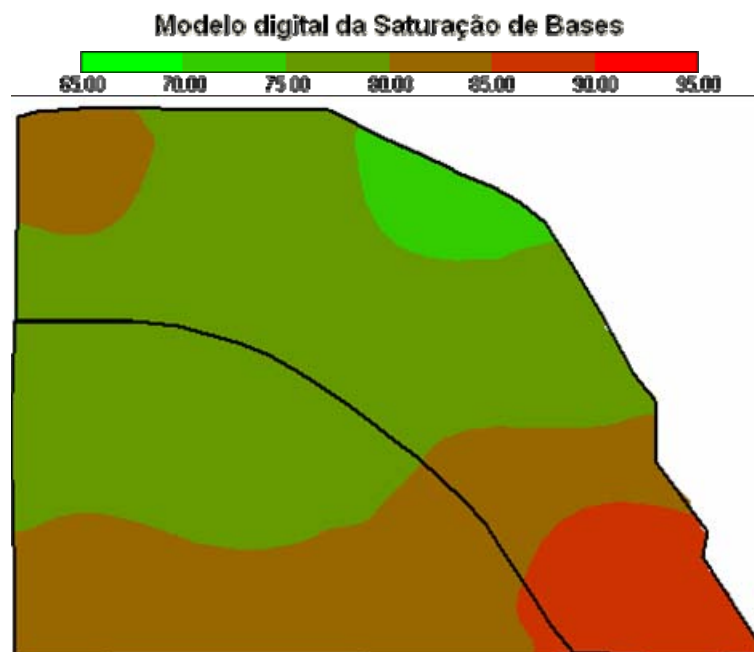


Figura 29 – Modelo digital do percentual de saturação de bases em CTC pH7 da área experimental localizada em Cerro Largo - RS, 2004.

A Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), em seu Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, estabelece como valor limitante para diferenciação das classes de fósforo média e alta o valor de 6 mg.dm^{-3} . Para o potássio, a concentração de íons que separa as classes alta e muito alta é o valor de 120 mg.dm^{-3} .

A Tabela 21 mostra que, segundo a classificação da Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), 21,8 % da área apresenta fósforo em nível médio e os restantes 78,1 % em nível alto. Ainda segunda essa classificação, em apenas 0,5 hectares da área (4,8 %) a concentração de potássio é considerada alta e em 10,4 hectares da área, o equivalente a 95,2 % da área total, o potássio se apresenta em teores muito altos. Tratando esses nutrientes em aplicação à taxa variável é racional pensar em fracionar a adubação de manutenção em duas doses para taxa diferenciada por zona e em mais doses na aplicação em taxa variável plena, atendendo assim, cada zona conforme sua necessidade.

A Tabela 22 evidencia que 65,4 % da área (7,13 ha) apresentam níveis médios de pH e 34,6 % (3,77 ha) possui pH alto. A mesma tabela mostra que na maior parte da área (59,7 %) a saturação de bases também é alta e em 40,3 % da área a saturação de bases pode ser considerada alta, de acordo com a classificação da Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (2004).

Tabela 21 - Interpretação do teor de fósforo e de potássio extraídos pelo método Mehlich⁻¹ e respectivas áreas correspondentes a cada classe. Cerro Largo - RS, 2004.

	Fósforo¹ (mg.dm⁻³)			Potássio² (mg.dm⁻³)		
	Teor de P	ha	%	Teor de K	ha	%
Muito baixo	< 2,0	0	0	< 20	0	0
Baixo	2,1 - 4,0	0	0	21 - 40	0	0
Médio	4,1 - 6,0	2,38	21,8	41 - 60	0	0
Alto	6,1 - 12	8,51	78,1	61 - 120	0,52	4,8
Muito alto	> 12,0	0,01	0,1	> 121	10,38	95,2

1. Valores de classes de fósforo para teores de argila > 60%

2. Valores de classes de potássio para $5,1 < CTC_{pH\ 7,0} < 15$ cmol_c.dm³

Tabela 22 - Interpretação dos valores de pH em água e da saturação de CTC por bases e respectivas áreas correspondentes a cada classe. Cerro Largo - RS, 2004.

	pH em Água		Saturação Bases (%)	
	ha	%	ha	%
Muito baixo	< 5,0	0	< 45	0
Baixo	5,1 - 5,4	0	45 - 64	0
Médio	5,5 - 6,0	7,13	65 - 80	6,51
Alto	> 6,0	3,77	> 80	4,39

Os valores analíticos referem-se somente às faixas de interpretação específicas, não havendo, necessariamente, correspondência entre si. Por exemplo: em valores altos de pH, geralmente a saturação por bases é alta e a saturação por alumínio é baixa. Vale lembrar que a saturação de alumínio é zero em 100 % da área.

4.1.3 Correlação entre atributos

A correlação entre os atributos do solo (Tabela 23) foi gerada a partir do cruzamento pareado dos modelos digitais. O software compara a semelhança entre os valores de cada

célula de interpolação usada na geração dos mapas com as células vizinhas a fim de buscar tendências, determinando o percentual de correlação. Quanto maior for o valor modular, maior a semelhança entre os modelos. Valores positivos significam correlação direta e valores negativos significam correlação inversa.

O mapa de isolinhas da concentração de hidróxido de alumínio (Figura 30) é apresentado a título ilustrativo porque ele possui alta correlação inversa com os modelos de saturação de bases (99%), pH do solo (80%) e com a CTC (78%).

Tabela 23 – Matriz de covariâncias dos atributos do solo de maior interesse, mostrando a correlação entre variáveis da área experimental.

	ALH	CTC	P	K	MO	PH
SB	-0,99	0,86	0,19	0,66	0,23	0,84
PH	-0,80	0,83	0,48	0,77	0,25	
MO	-0,11	0,33	0,18	0,09		
K	-0,62	0,69	0,56			
P	-0,16	0,31				
CTC	-0,78					

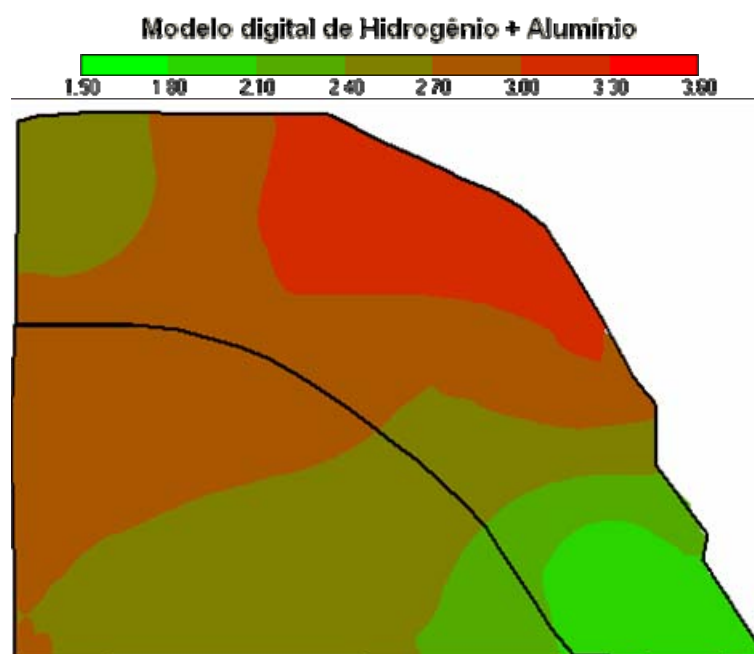


Figura 30 - Modelo digital da concentração de Alumínio + Hidrogênio (cmol.L^{-1}) do solo da área experimental localizada em Cerro Largo - RS, 2004.

4.2 Cultura da soja

A semeadura da soja foi realizada no dia 20 de novembro de 2004, em forma de plantio direto e sob resteva de trigo dessecada quimicamente. Foram lançados 60 kg de semente por hectare da variedade Codetec 201, propiciando uma taxa uniforme de 40 sementes por metro quadrado. A regulagem foi aferida em campo, nas mesmas condições da semeadura.

4.2.1 Zonas de manejo na cultura da soja

A informação concreta gerada a partir dos mapas de fertilidade não deixou dúvidas que a área em questão deveria receber doses variáveis de adubação. De imediato, para a semeadura da soja da safra verão de 2004/05, foram estabelecidas regulagens da semeadora-adubadora que propiciasse uma dose de $130 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na área de 4,6 ha e outra de $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ da mistura de igual proporção de cloreto de potássio e super fosfato triplo nos 3,6 ha, conforme ilustrado na Figura 31. Uma terceira dose, de $250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ foi conseguida na área de 2,7 ha através de uma adubação adicional de $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ da referida mistura sobre a zona delimitada na figura e localizada por GPS acoplado ao trator. Esta foi realizada a lanço, por meio do distribuidor centrífugo. A dose média ficou em $163 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, totalizando 1.777 kg de fertilizante para toda área, plenamente de acordo com o proposto inicial dos gestores da área, aplicar 1.800 kg em dose única. Ainda na Figura 31 pode ser visualizado o rastreamento do deslocamento do conjunto trator mais distribuidor centrífugo pela zona que recebeu adubação complementar.

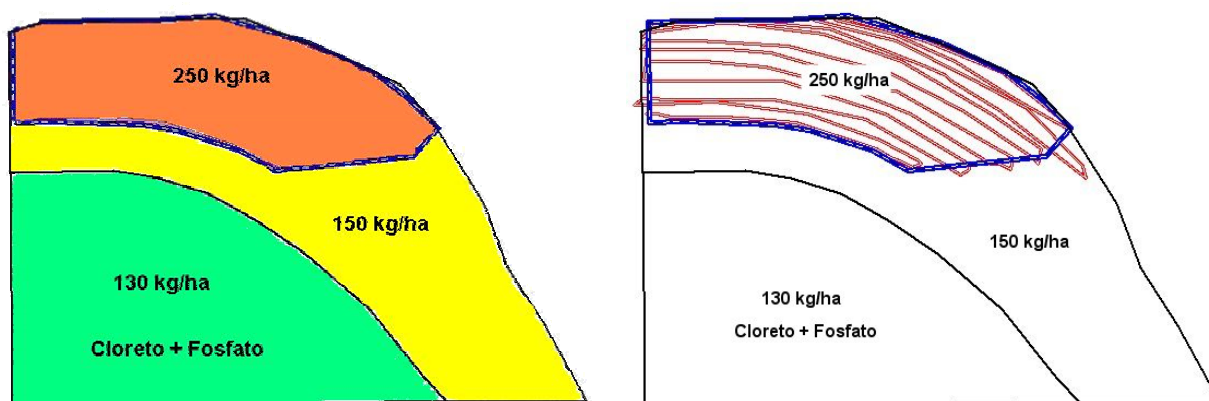


Figura 31 - Zonas de manejo com diferentes doses de adubação fostafata e cloretada para a cultura de soja e rastreabilidade do deslocamento da aplicação a lanço da dose adicional. Cerro Largo - RS, 2005.

Uma vez implantada a cultura, constantes monitoramentos na lavoura permitiram acompanhar de perto o ciclo de desenvolvimento da soja. Para exemplificar os sistemáticos monitoramentos, transcreve-se abaixo um resumo de observações feitas a campo:

1. Verificou-se uma baixa infestação de invasoras e desta forma, achou-se conveniente a realização do seu controle através duas capinas manuais.
2. A germinação não ocorreu de forma simultânea, provocando a emergência de plantas de forma irregular. A provável causa foi o baixo poder germinativo e vigor da semente.
3. Ocorrência de dias com forte insolação e altas temperaturas logo após a emergência das plantas, “cozinhando” algumas plantas.
4. Presença de pequenas manchas isoladas com ataque de formigas e grilos.
5. Replante manual de alguns segmentos de linhas falhadas.
6. Atraso do crescimento devido à escassez de chuvas entre 15/12 e 15/01.
7. Danos irreversíveis a produtividade devido a estiagem.
8. Excesso de chuvas no mês de abril (período de colheita) comprometendo a qualidade dos grãos secos.

4.2.2 Penetrometria

O índice de cone foi mensurado durante o desenvolvimento da cultura da soja, quando o solo se encontrava com teor de umidade em torno de 25 %. A importância de se avaliar a compactação do solo quando na ocorrência de déficit hídrico é sua correlação com a produtividade. A compactação do solo na camada subsuperficial se correlaciona com a produtividade mais intensamente nos anos com déficit hídrico, enquanto que a resistência à penetração observada em camadas profundas se manifesta nos anos de precipitação normal.

Com base nas informações do mapa de resistência à penetração (Figura 32) pode-se inferir que a variabilidade na compactação do solo se manifesta, na maior parte da área (aproximadamente 70 % da área), em alto grau (acima de 4 MPa), podendo comprometer o desenvolvimento do sistema radicular da cultura. Porém, ela é menos preocupante na faixa de 2 a 4 MPa, onde se manifesta em apenas 3,3 hectares. Ainda, a área mais clara do mapa (índice de cone baixo) coincide com a área mais baixa do terreno e conseqüentemente, mais úmida. Isso mostra a forte dependência do índice de cone com a umidade do solo. Desta forma, pode ser racional pensar em formas alternativas de descompactação do solo focalizando apenas as áreas consideradas mais críticas.

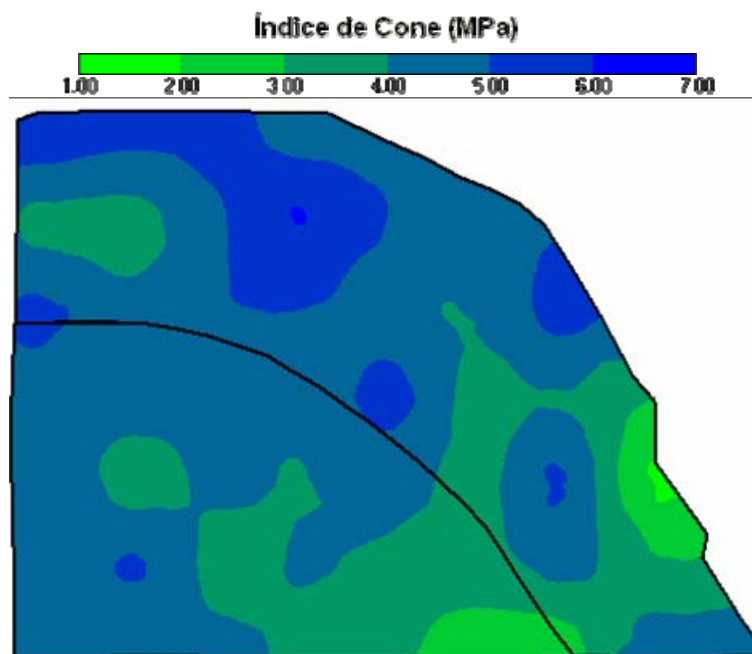


Figura 32 - Mapa do índice de cone médio determinado com penetrômetro digital georeferenciado na área experimental em Cerro Largo – RS, 2005.

Com base nas informações do mapa de resistência à penetração pode-se concluir que existe uma grande variabilidade na compactação do solo da área em estudo. Nota-se que a variabilidade espacial da compactação apresenta diferentes intensidades e também se manifesta no perfil, atingindo valores consideráveis já na profundidade de 170 mm (Figura 33) e mantendo esses valores praticamente constantes até 500 mm de profundidade. Esse fato pode ser explicado através da adoção do “plantio direto”. A prática da semeadura sem preparo do solo associado ao tráfego das máquinas agrícolas provoca a compactação do solo, especialmente em solos mais argilosos. A cobertura da matéria orgânica e a ação dos sulcadores da semeadora sempre em mesma profundidade impedem o adensamento do solo na camada superficial, o que já não ocorre nas camadas subsuperficiais e profundas.

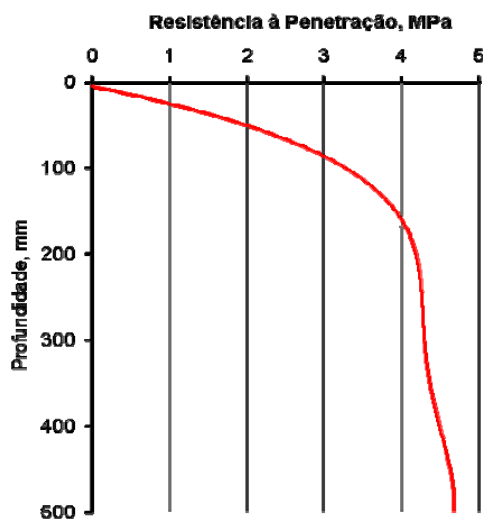


Figura 33 - Perfil da resistência à penetração na camada de 0 a 500 mm determinado na área experimental em Cerro Largo – RS, 2005.

4.2.3 Colheita de soja

Como já é sabido, a cultura da soja sofreu grandes prejuízos com a estiagem de 2004, que atingiu proporções nunca vistos antes no estado do Rio Grande do Sul. A falta de chuvas no período de desenvolvimento gerou plantas de baixo porte (Figura 34) e o prolongado déficit hídrico comprometeu as fases posteriores de formação de vagem e enchimento de grãos.



Figura 34 - Fotografia da área experimental de soja na fase de enchimento de vagem, mostrando as conseqüências da estiagem que comprometeram a produtividade. Cerro Largo - RS, 2005.

Mesmo assim, no dia 5 de maio de 2005 colheu-se a área. A produção foi registrada separadamente para cada talhão apenas para fins comparativos. A área considerada de cima (4,6 ha), que tem a melhor fertilidade e o menor estande de plantas (Figura 35), produziu líquidos 3300 kg de grãos com 12,8 % de umidade e 3 % de impureza. O talhão maior (6,3 ha) produziu líquidos 3000 kg de soja na mesma umidade, porém com 4,5 % de impurezas. A diferença de percentual de impureza pode ser traduzida como qualidade dos grãos (presença de ardidos e chochos), já que não havia sementes de invasoras. Em termos relativos, a área de cima produziu 50 % a mais que a área de baixo, ilustrado pela Figura 36.

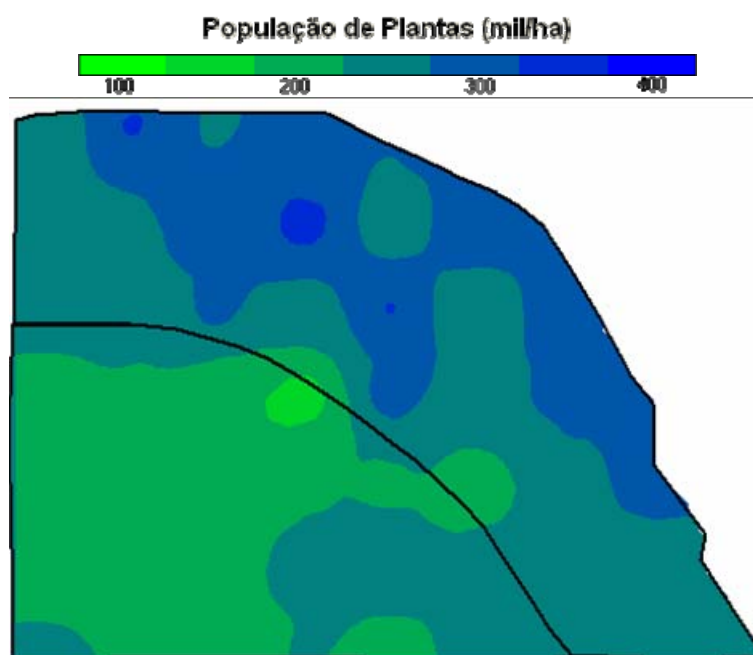


Figura 35 – Estande definitivo de plantas de soja, em milhares de plantas por hectare, na área experimental. Cerro Largo – RS, 2005.

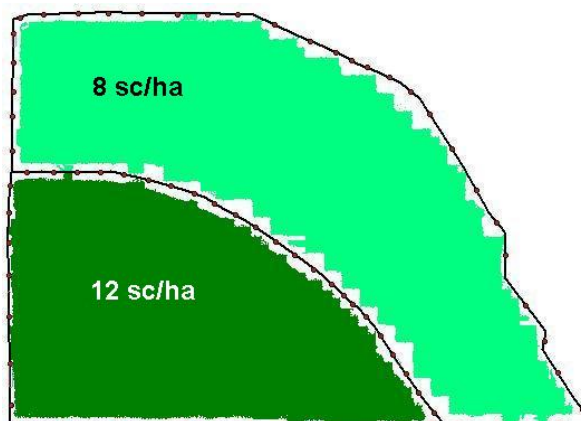


Figura 36 – Produtividade de soja individualizada por talhão da área experimental. Cerro Largo – RS, 2005.

4.2.4 Custos da lavoura de soja

Ao se pensar em Agricultura de Precisão em Pequenas Propriedades, é questão substancial registrar e avaliar detalhadamente todos os custos que englobam as atividades de produção agrícola. Decisões globais de gerenciamento devem estar fundamentadas no equilíbrio da eficiência técnica e econômica, buscando o máximo retorno dos investimentos. Quando se trata da análise de custos nas pequenas propriedades em regime de agricultura familiar, especial atenção deve ser dada na escolha da metodologia, que deve ser a mais adequada, ou seja, represente e traduza de forma verdadeira, a situação real da propriedade. Tolerâncias neste sentido podem mascarar os resultados e comprometer a sustentabilidade do núcleo produtivo. Acompanhar os custos de produção é tarefa relativamente fácil se realizada de forma organizada.

Os custos da produção de soja safra 2004/05 na área experimental constam no Quadro 1 e foram computados de acordo com os desembolsos efetuados, observando os seguintes aspectos:

- Para dessecação foram realizadas duas aplicações;
- O custo de transporte corresponde a 20 % das horas efetivas de trabalho de máquinas¹⁸;
- O rendimento operacional da semeadura foi de 1.23 ha/h;
- O pulverizador foi utilizado para duas aplicações, em rendimento operacional de 6.7 ha/h;
- O custo da colheita corresponde a 10 % sobre a produtividade bruta ou 3 sacos de soja por hectare, adotando-se o maior deles;
- O custo das análises de solo forma rateadas em 0,5 análise básica por hectare / ano;
- A mão-de-obra foi calculada em 2,5% sobre custo total, adicionado a este mais as horas de capina manual;
- O custo financeiro compõe-se de juros e taxas, sendo 12% para recursos próprios 4% para recursos provenientes do Pronaf;
- O custo de oportunidade da terra regionalmente adotado corresponde ao valor de 10 sacas de soja p/ ha, mas devido a quebra de safra por estiagem, este custo foi anulado.
- Cotação média do Dólar do mês dos principais desembolsos (outubro 2004) R\$: 2,85.

¹⁸ Valor médio adotado na Região.

OPERAÇÃO	CUSTO					
	ha	unid/ha	R\$/unid	R\$/ha	R\$	% Total
INSUMOS						
Dessecação	11	2.5	10.90	54.50	599.50	10.5%
Semente	11	60	0.85	51.00	561.00	9.8%
Adubo	11	163	0.80	131.05	1441.57	25.3%
Calcário	11	250	0.06	15.00	165.00	2.9%
Formicida	11	1	10.00	10.00	110.00	1.9%
MÁQUINAS						
Transporte	11	1	24.63	24.63	270.91	4.8%
Semeadura	11	0.8	47.85	38.28	421.09	7.4%
Pulverizador	11	0.15	40.34	12.10	133.13	2.3%
Distribuidor	11	0.15	34.95	5.24	57.66	1.0%
Colheita	11	3	30.00	90.00	990.00	17.4%
OUTROS						
Análise do Solo	11	0.5	10.00	5.00	55.00	1.0%
Transp da Produção	11	10	0.60	6.00	66.00	1.2%
Mão-de-obra	11	25	3.00	75.00	825.00	14.5%
Arrendamento	11	0	0.00	0.00	0.00	0.0%
Financeiro	11	1% am	1.60	1.60	17.63	0.3%
TOTAL				517.81	5695.88	100%

Quadro 1 - Especificação dos componentes e quantificação dos custos de produção de soja safra 2004/05 na área experimental. Cerro Largo – RS.

O resultado financeiro (Quadro 2) mostra resultados positivos, fato principalmente devido ao seguro agrícola de safra. Como a maior parte dos recursos era proveniente do Pronaf e os laudos técnicos comprovaram perdas por estiagem, conseqüentemente o pagamento do financiamento foi anistiado. Este fato foi decisivo para minimizar os prejuízos, colaborando para que os pequenos agricultores pudessem se manter e garantir a prosperidade de suas atividades. (Cotação do Dólar em abril/05 = R\$ 2,57).

RESULTADO FINANCEIRO			
RECEITAS		DESPESAS	
Recursos Pronaf	5500.00	2877.07	Custo Insumos
Recursos Próprios	195.88	1872.80	Custo Máquinas
Comercialização	2730.00	963.63	Custo Outros
Preço 60 kg	26.00	213.50	Financ. Próprio
		0.00	Pgto. Pronaf
Total	8425.88	5927.01	Total
Resultado Líquido		229.25 R\$/ha	

Quadro 2 - Resultado financeiro da produção de soja na área experimental em Cerro Largo – RS na safra 2004/05.

4.3 Registros pluviométricos

A seguir, são apresentados uma série de dados de precipitações pluviométricas registradas na propriedade ao longo de 14 anos, entre os anos de 1992 e 2005. Estes dados confirmam a ocorrência da estiagem e o déficit hídrico no período crítico de desenvolvimento da cultura da soja implantada no experimento.

Se tratando de dados climáticos, pode-se pensar que 14 anos de registro são insuficientes para dar credibilidade ou ainda estabelecer tendências, mas no gráfico da Figura 37 percebe-se nitidamente a ocorrência de ciclos de 4 em 4 anos, onde se repete anos com precipitações acima da média, fato este que pode ser equiparado ao “El Niño”, caracterizado por excesso de chuvas. Subseqüente a este fenômeno, ocorre o “La Niña”, evento que provoca freqüentes estiagens.

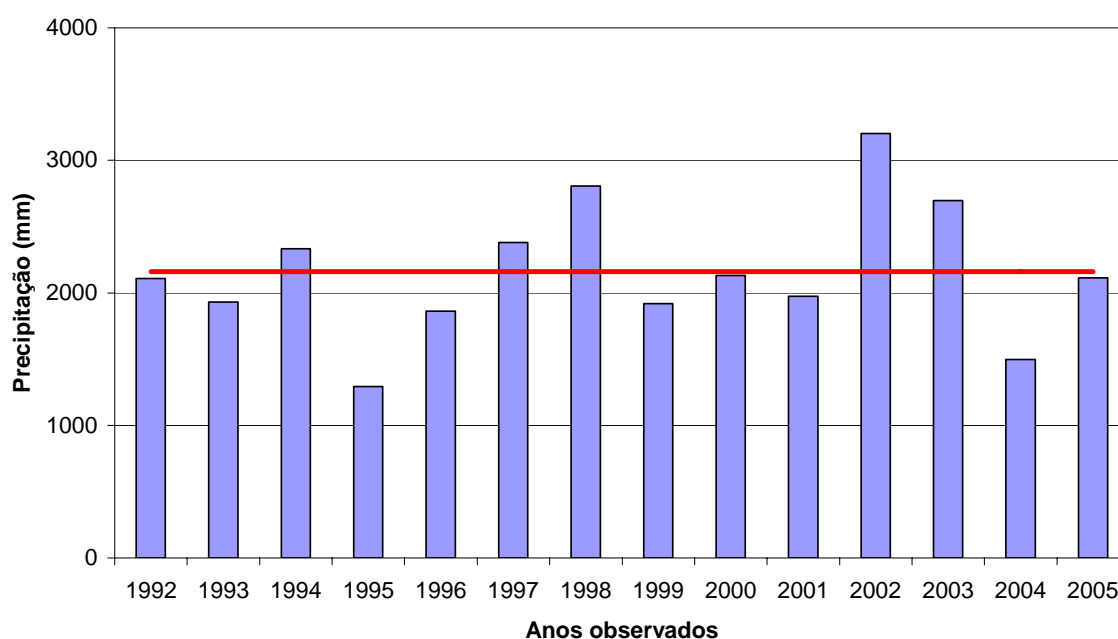


Figura 37 - Precipitações pluviométricas anuais e média histórica em milímetros de chuva de 1992 a 2005 no município de Cerro Largo, RS.

No que tange a dados de precipitações mensais (Figura 38), o mês de outubro merece observação especial, com precipitações muito superiores à média mensal. No âmbito agrícola, este fato tem fundamental importância porque coincidir com o período da colheita da safra de inverno. Todo excesso de chuvas neste período pode comprometer seriamente a qualidade final do produto, desvalorizando-o comercialmente.

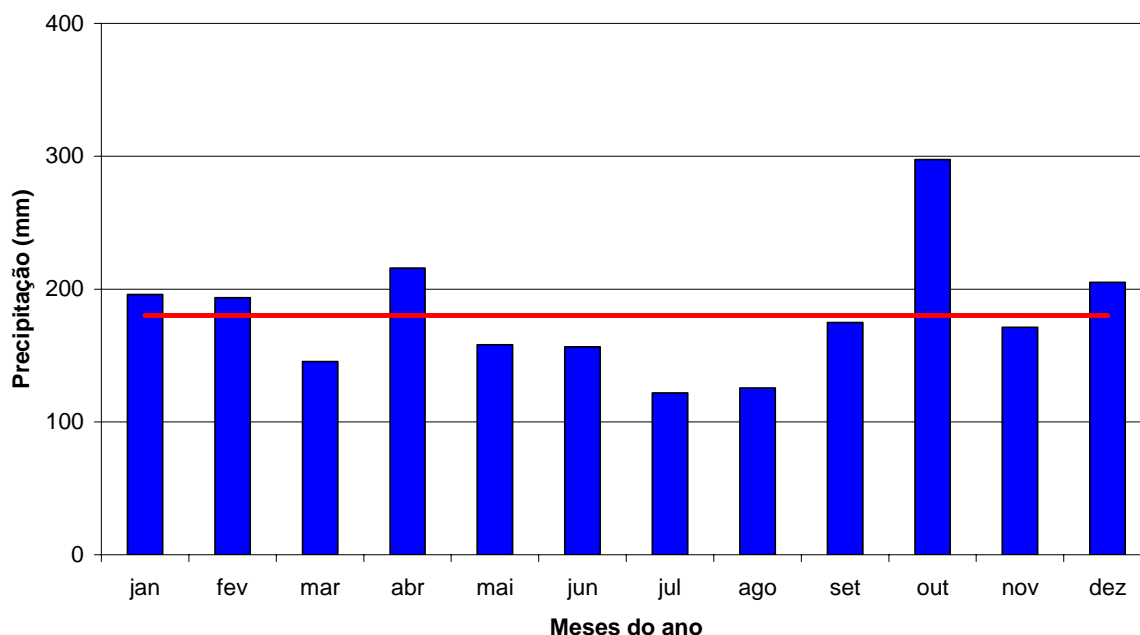


Figura 38 - Média mensal das precipitações pluviométricas entre os anos de 1992 e 2005 no município de Cerro Largo, RS.

O gráfico da Figura 39 retrata fielmente a situação de estiagem ocorrida no final de 2004 e prolongando-se até o final do mês de março de 2005. No mês de fevereiro foi registrada a menor precipitação (16 mm), intensificando o acentuado déficit hídrico que vinha se acumulando dos meses anteriores, prejudicando irreversivelmente a cultura da soja.

As precipitações ocorridas durante o ciclo de desenvolvimento do trigo no ano 2005 ocorreram dentro no normal, porém com um pequeno excesso nos meses de maio e junho (Figura 40), que não refletiu em danos para a cultura. Pode-se afirmar que o trigo não sofreu influências climáticas negativas, fator importante que dá credibilidade no cruzamento das informações de produtividade com os mapas de fertilidade e de adubação.

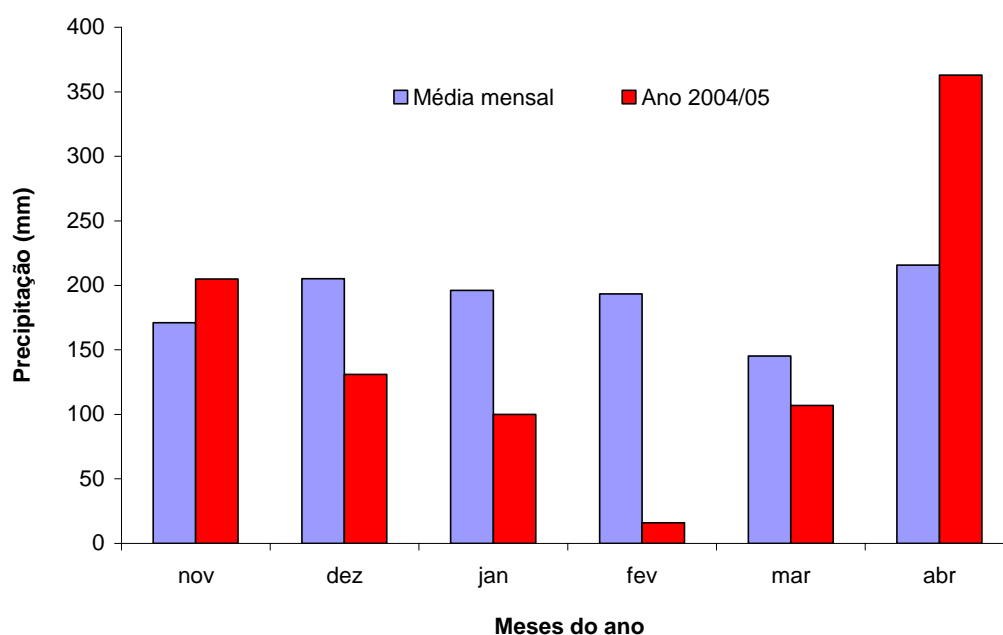


Figura 39 - Comparativo de precipitações pluviométricas entre a média mensal histórica de 1992 a 2005 e a precipitação total dos meses que integram a safra agrícola de verão de 2005 no município de Cerro Largo, RS.

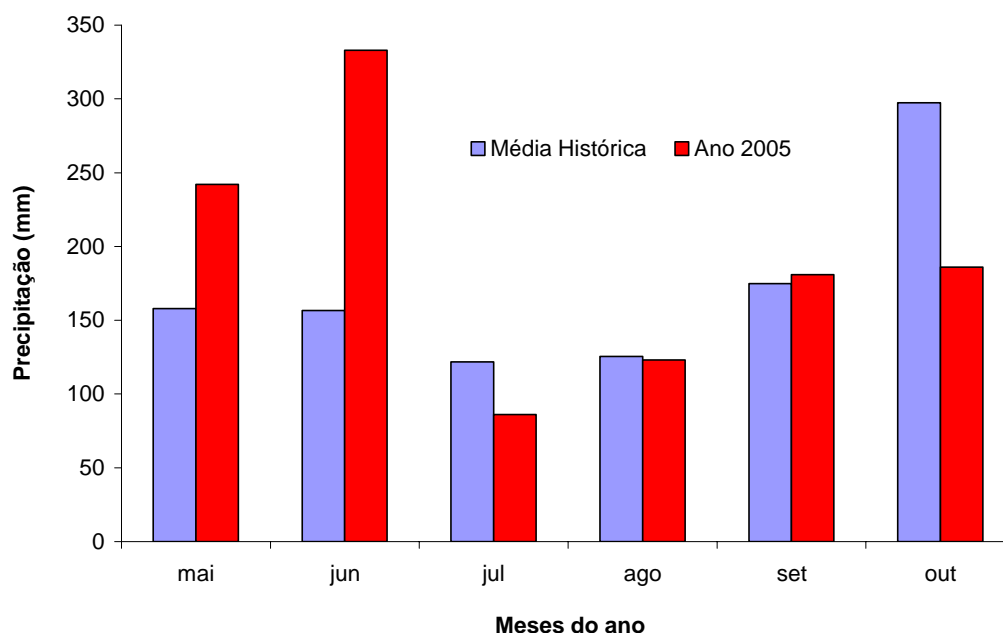


Figura 40 - Comparativo de precipitações pluviométricas entre a média mensal histórica de 1992 a 2005 e a precipitação total dos meses que integram a safra agrícola de trigo de 2005 no município de Cerro Largo, RS.

4.4 Cultura do trigo

A semeadura do trigo foi realizada no dia 28 de maio de 2005 em sistema plantio direto e com semeadora na seguinte regulagem: 125 kg de semente por hectare e 210 kg de adubo formulado (5-20-20) por hectare. Esta regulagem permaneceu inalterada para toda área, ou seja, a adubação de linha foi realizada em dose única e pela média.

4.4.1 Zonas de manejo do trigo

O critério para a adubação nitrogenada (uréia) em cobertura na cultura do trigo baseou-se não somente na fertilidade química do solo, mas associada ao mapa do teor de clorofila (Figura 41) determinado aos 30 dias após semeadura, conforme metodologia descrita no capítulo anterior. Partindo da recomendação da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo (2004), estabeleceu-se a aplicação de 56 e 60 kg de uréia por hectare aos 30 dias após semeadura, sendo efetivado uma dose adicional de 32 kg de uréia por hectare aos 80 dias após semeadura apenas na área de 4,3 ha da área, ou seja, a zona com menor teor de clorofila, conforme pode ser visto na Figura 42. A Figura 43 ilustra os momentos da determinação de clorofila nas folhas de trigo e a aplicação de uréia com distribuidor centrifugo.

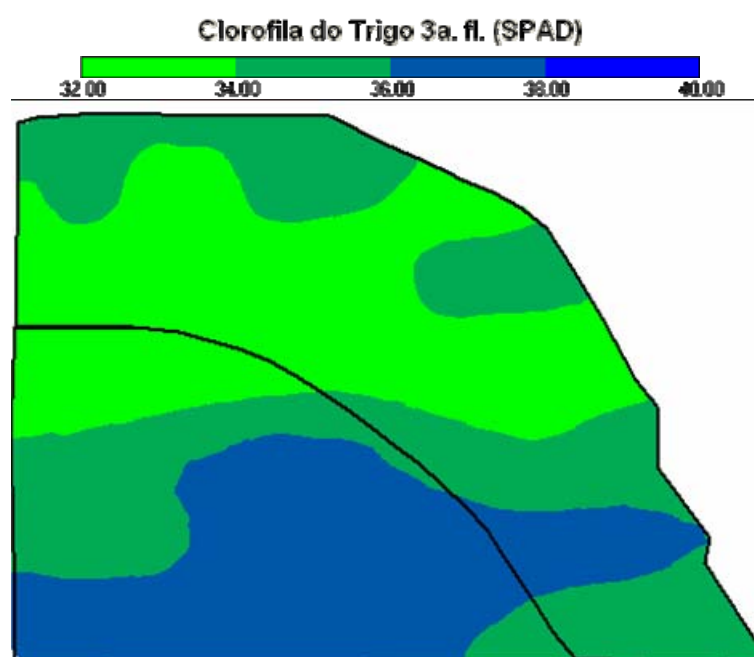


Figura 41 – Modelo digital da determinação da clorofila nas folhas de trigo aos 30 dias após semeadura. Cerro Largo - RS, 2005.

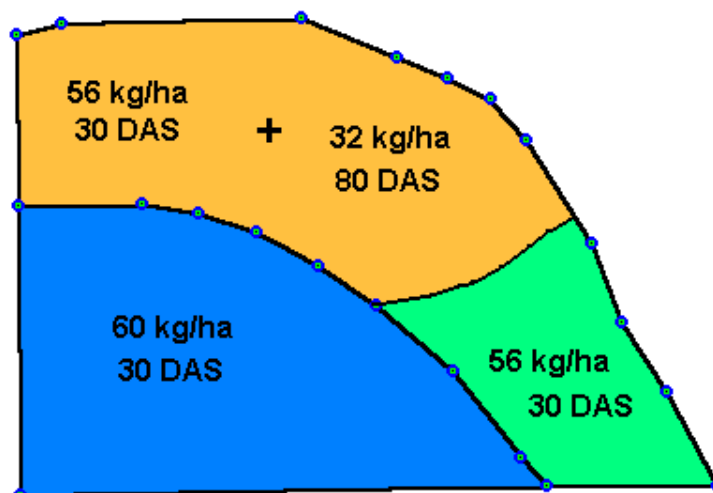


Figura 42 – Zonas de manejo com diferentes doses de adubação nitrogenada na cultura de trigo. Cerro Largo – RS, 2005.



Figura 43 – Momento da determinação de clorofila nas folhas de trigo e aplicação de uréia com distribuidor centrifugo. Cerro Largo – RS, 2005.

4.4.2 Regulagem do distribuidor

O procedimento de regulagem do distribuidor traz consigo grandes dificuldades, principalmente quando se busca doses precisas e simetria na aplicação. Apesar de tudo, conseguiu-se estabelecer uma regulagem razoável que permitisse a variação por zona de manejo, de acordo com as taxas planejadas.

No distribuidor a lança monodisco a largura de trabalho é definida em função da rotação na TDP (proporcional à rotação do motor do trator), do ângulo de posição das aletas, da altura do equipamento em relação ao solo e da inclinação longitudinal, sendo que estas

duas últimas modificam o ângulo de lançamento do produto e conseqüentemente, a distância percorrida pelos grânulos. A posição radial da abertura da comporta define o ponto no disco distribuidor sobre o qual cai o produto, tendo influência direta na simetria da distribuição.

A dose de aplicação por sua vez é definida pela abertura da comporta (regulagem), pelo tipo e velocidade do agitador interno, pela velocidade de descolamento do trator, e pelas características físicas do produto, sobre tudo, sua granulometria.

Para quantificar a dose, é necessário conhecer a exata velocidade de trabalho e a vazão de produto num intervalo de tempo pré-definido. No modelo de equipamento em questão, é grande dificuldade de coletar o produto que cai da comporta, pois é preciso desparafusar todas as aletas, já que não é possível destacar o conjunto disco-aletas. A segunda dificuldade é quanto coletar o material, que é feito com auxílio de uma lona. Desta forma, a máquina deve ser praticamente toda encapsulada, permitido que se consiga coletar todo material dosado e arremessado sem perdas.

4.4.3 Determinação de clorofila

A avaliação da clorofila foi realizada em duas etapas e os primeiros resultados já foram apresentados no item zonas de manejo da cultura do trigo. A segunda avaliação de clorofila, realizada aos 100 dias após a semeadura, mostrou níveis de clorofila mais harmônicos em toda área. Neste estágio, as plantas já haviam absorvido a segunda dose de nitrogênio e estabilizado seu crescimento. Este fato pode ser observado nos níveis de clorofila, que são bem mais elevados dos que os observados na primeira avaliação. A homogeneização dentro da área pode ter sido conseguida pela aplicação de uréia em zonas, em que as áreas deficientes receberam maiores doses de nitrogênio. Como a segunda determinação de clorofila foi realizada em duas malhas de tamanhos diferentes, apresenta-se na Figura 44 dois mapas de clorofila. A priori, são bastante semelhantes, sendo que o mapa gerado com malha mais densa (maior numero de leituras) foi capaz de mostrar pequenos detalhes antes ocultos. Acredita-se que esta ligeira diferença não traz implicância nas decisões sobre o manejo.

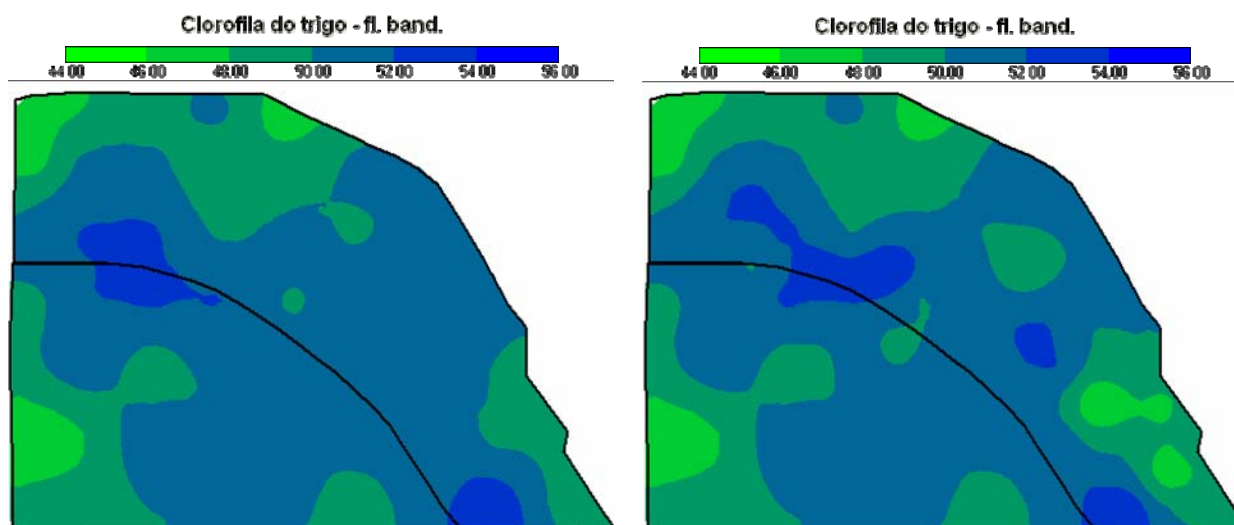


Figura 44 - Mapas da segunda avaliação de clorofila no trigo realizada aos 100 dias após a semeadura com diferentes números de pontos de leitura. À esquerda, 44 pontos de amostragem e a direita, 81 pontos de amostragem. Cerro Largo – RS, 2005.

4.4.4 Colheita e mapa de produtividade de trigo

Para o mapa de produtividade foram coletadas amostras de trigo (cachos) em ponto de colheita de forma manual. Os pesos pontuais das amostras, cada qual representando uma área de campo equivalente a 0,5 hectares, foram transformados em produtividade por área. A produtividade mínima encontrada foi de $1915 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e a máxima foi de $3151 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, sendo a produtividade média ponderada de $2428,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, conforme mostra a Tabela 24.

Tabela 24 - Classes de produtividade de trigo, área correspondente e percentual representativo relativo ao mapa de produtividade da área experimental em Cerro largo – RS, 2005.

	Produtividade (kg)	Área (ha)	% da Área
Baixa	1915 a 2298	2,67	24,5
Média-Baixa	2298 a 2460	4,36	40,0
Média-Alta	2460 a 2604	2,21	20,3
Alta	2604 a 3151	1,66	15,2

Pelo mapa de produtividade (Figura 45) pode-se constatar que 2,67 ha, equivalente a 24,5 % da área, produziu menos que a média do talhão de menor produtividade (38,3 sc.ha⁻¹). Por outro lado, 1,64 ha (15,2 % da área) produziu mais que a média do talhão de maior produtividade (43,4 sc.ha⁻¹). No entanto, 64,5 da área produziu abaixo da média geral da área (41,0 sc.ha⁻¹) e em 35,5 % da área foi registrado produtividade acima da média.

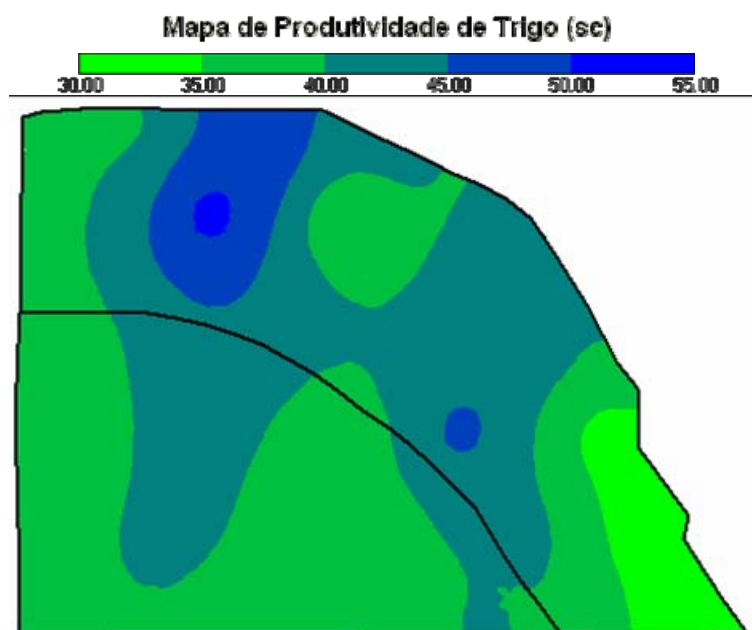


Figura 45 - Modelo digital do mapa de produtividade gerado a partir da amostragem manual de trigo na área experimental em Cerro Largo – RS, 2005.

A colheita foi realizada de forma mecanizada com uma colhedora MF 3640 (Figura 46), dotada de plataforma de corte de 3,96 metros de largura, sendo o peso das cargas parciais¹⁹ entregues à Cooperativa para comercialização apresentadas na Tabela 25.

O talhão de cima (4,6 ha) produziu, em média, 2460 kg.ha⁻¹ (43,4 sc.ha⁻¹), enquanto que o talhão de baixo (6,3 ha) produziu 38,3 sc.ha⁻¹ e a produtividade média ponderada foi de 41 sc.ha⁻¹. Esta diferença repete e confirma os resultados da produtividade de soja, porém no trigo se manifestou em menor grau.

¹⁹ Corresponde à carga de um reboque carreta agrícola de três eixos com capacidade para 8.500 kg.



Figura 46 - Fotografia da colheita de trigo na área experimental em Cerro Largo – RS, 2005.

Tabela 25 - Pesos bruto, limpo e líquido e descontos por umidade, impureza e serviços por carga transportada e entregue à Cooperativa. Cerro Largo – RS, 2005.

Cargas Transp.	Peso bruto	Desconto por umidade		Desconto por impurezas		Peso limpo	Desconto por serviços		Peso líquido
1	6800	462	7%	150	2%	6188	481	7%	5707
2	6920	408	6%	118	2%	6394	490	7%	5904
3	6820	565	8%	152	2%	6103	524	8%	5579
4	6910	283	4%	124	2%	6503	471	7%	6032
5	1950	70	4%	39	2%	1841	0	0%	1841
Totais	29400	1788	6%	583	2%	27029	1966	7%	25063

4.4.5 Custos da produção de trigo

Os custos da produção de trigo foram computados de acordo com os registros de desembolsos realizados pelo produtor, observando os seguintes aspectos:

- O custo de transporte corresponde a 20 % das horas efetivas de trabalho de máquinas;
- O rendimento operacional do conjunto trator + semeadora foi de 1,60 ha/h;
- O pulverizador foi utilizado para quatro aplicações, duas de herbicida e duas de fungicida, tendo um rendimento operacional de 6,7 ha/h;
- O custo da colheita corresponde a 10 % sobre a produtividade bruta ou 4 sacos de soja por hectare, adotando-se o maior deles;

- O custo das análises de solo forma rateadas em 0,5 análise básica por hectare / ano;
- A mão de obra foi calculada em 2,5% sobre custo total (valor médio da região);
- O custo de oportunidade regionalmente adotado corresponde ao valor de um saco de adubo p/ ha, podendo este valor ser convertido em serviço de máquina;
- O custo financeiro do capital próprio é 12% ao ano, sendo considerado um prazo de 9 meses, que corresponde a 9 % de juros sobre o capital.
- Cotação média do Dólar do mês dos principais desembolsos (maio 2005) R\$: 2,45

Custo do financiamento Pronaf (Dados fornecidos pelo Banco Sicredi)

Enquadramento do produtor: Pronaf D

Taxa de juros: 4 % ao ano

Liberação do crédito em 13/05/05 e vencimentos em 15/01/06, 15/02/06 e 15/03/06

Valor liberado: R\$ 600,00 /ha, sendo total de R\$ 6.000,00

- Taxas bancárias:
- Seguro (Pronaf +): 2% sobre 6.000,00 + 1.800,00 = 156,00
 - Assistência técnica: 2 % = 120,00
 - Cadastro bancário: 12,00
 - Consulta no Serasa: 8,00
 - Liberação: 45,00
 - Conta Capital do Sicredi: 2% = 120,00
 - Juros: 180,00

Relação de preço dos principais insumos e quantidades utilizadas:

Dessecação: Roundup Transorb 12L a R\$ 16,40 /L

Tratamento de semente: Inseticida Gaucho 50 ml/ha a R\$ 560,00 /L

Formicida: Clap 15 ml/ha a R\$ 140,00 /200ml

Herbicida: Alay a R\$ 25,00 /11 ha

Adubo 5-20-20: R\$ 33,00 /sc

Uréia 46-0-0: R\$ 46,00 /sc

Semente: R\$ 24,00 /sc 40 kg

Óleo Diesel: R\$ 1,85 /L em 02/05/05

Fungicida Nativo: preço R\$ 105,00/L e de dose 500 ml/ha

Óleo Adjuvante Lanzar: preço R\$ 9,00/L e dose de 500 ml/ha

Inseticida Nomolt: preço R\$ 172,00/L e dose de 50ml/ha

Fungicida Folicur: preço R\$ 95,00/L e dose de 500 ml/ha

Óleo Adjuvante Fortifol R\$ 6,60/L e dose de 250 ml/ha

Os custos de produção apresentados no Quadro 3 e o resultado financeiro mostrado no Quadro 4 correspondem produção de trigo nas condições normais da região observando-se as recomendações técnicas de cultivo, e neste caso, representam a realidade particular da propriedade sob o qual se implantou o projeto.

OPERAÇÃO		CUSTO					
		ha	Dose/ha	R\$/unid	R\$/ha	R\$	% Total
INSUMOS	unid						
Dessecação	L	11	1.1	16.40	18.04	198.44	2.3%
Herbicida	L	11	1	2.27	2.27	25.00	0.3%
Semente	kg	11	125.7	0.60	75.42	829.62	9.4%
Tratamento	L	11	0.05	560.00	28.00	308.00	3.5%
Adubo	kg	11	210	0.66	138.60	1524.60	17.3%
Uréia	kg	11	75.0	0.92	69.00	759.00	8.6%
Calcário	t	11	0.25	60.00	15.00	165.00	1.9%
Formicida	ml	11	15	0.70	10.50	115.50	1.3%
Inseticida	L	11	0.05	172.00	8.60	94.60	1.1%
Adjuvante (2x)	L	11	0.5	9.00	9.00	99.00	1.1%
Fungicida (2x)	L	11	0.5	100.00	100.00	1100.00	12.5%
MÁQUINAS							
Transporte		11	1	8.50	8.50	93.50	1.1%
Semeadura		11	0.55	47.85	26.32	289.50	3.3%
Pulverizador (4x)		11	0.15	40.34	24.21	266.26	3.0%
Distribuidor (2x)		11	0.15	34.95	10.48	115.33	1.3%
Colheita		11	4	20.00	80.00	880.00	10.0%
OUTROS							
Análise do Solo		11	0.5	10.00	5.00	55.00	0.6%
Transp da Produção		11	40	0.60	24.00	264.00	3.0%
Mão-de-obra		11	1	20.00	20.00	220.00	2.5%
Arrendamento		11	1	46.00	46.00	506.00	5.7%
Financeiro (próprio)		11	1% am	24.61	24.61	270.75	3.1%
Financeiro (Pronaf)		11	4 % aa	58.18	58.18	640.00	7.3%
TOTAL					801.74	8819.11	100%

Quadro 3 - Especificação dos componentes e quantificação dos custos de produção de trigo safra 2005 na área experimental em Cerro Largo – RS.

RESULTADO FINANCEIRO			
RECEITAS		DESPESAS	
Recursos Pronaf	5540.00	5218.76	Custo Insumos
Recursos Próprios	3339.06	1644.59	Custo Máquinas
Comercialização	10824.00	1045.00	Custo Outros
Preço 60 kg	24.00	6180.00	Pgto. Pronaf
		3614.76	Financ. Próprio
Total	19703.06	17703.11	Total
Lucro Líquido		183.48 R\$/ha	

Quadro 4 - Resultado financeiro da produção de trigo na área experimental em Cerro Largo – RS safra 2005.

Os custos de produção englobam insumos, produtos agroquímicos, máquinas, infraestrutura, mão-de-obra, custo financeiro e de oportunidade. Para exemplificar, apresenta-se na Figura 47 as proporções relativas dos custos da cultura de trigo para o ano de 2005, que correspondem no total a R\$ 801,74 por hectare. (Cotação do Dólar de outubro/05 = R\$ 2,26).

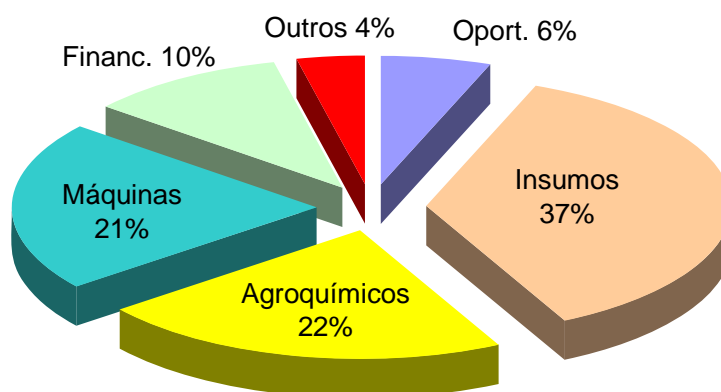


Figura 47 - Proporção relativa dos custos de produção de trigo na área experimental. Cerro Largo - RS em 2005.

O custo de produção também pode ser apresentado em quantidade de produto. Considerando o preço de comercialização do trigo pode-se calcular qual a produtividade mínima necessária para pagar todos os custos. Este fator chama-se produtividade de equilíbrio e está apresentado na Figura 48. Cada ponto sobre a curva corresponde a uma produtividade associada a um preço de comercialização e nestes pontos a lucratividade é nula. Resultados positivos são obtidos na área acima da curva. Quanto mais afastado da curva, maior o lucro obtido.

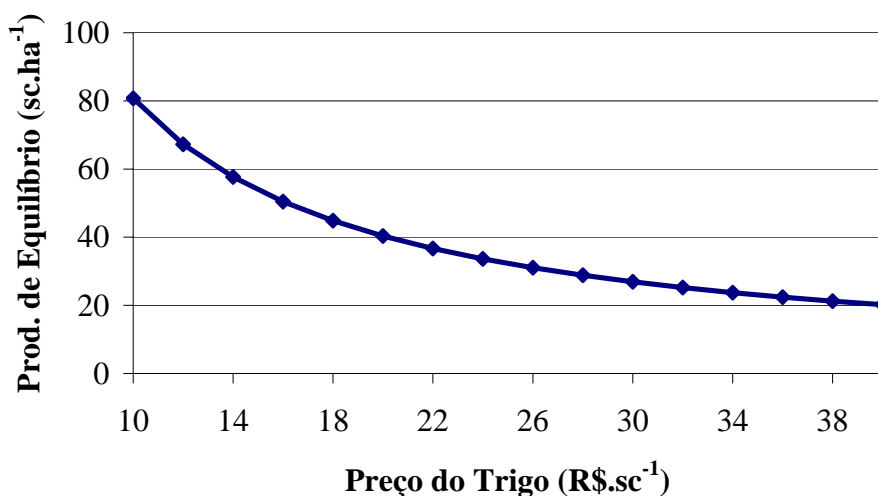


Figura 48 - Curva da produtividade de equilíbrio do trigo implantado na área experimental em Cerro Largo, 2005.

4.4.6 Mapa de Receita Líquida da cultura do trigo

Tendo-se realizado um rigoroso controle dos dispêndios e quantidades de insumos aplicados na lavoura, tanto por talhão (área de cima x área de baixo) como por zona de manejo (aplicação de uréia), e utilizando como parâmetro de receita o mapa de produtividade de trigo, pode-se, através do georeferenciamento das informações de custos e receitas, interpolar o mapa de receita líquida.

Na Figura 49 está representada os ganhos líquidos da produção de trigo safra 2005. Considerando o preço de venda do trigo à Cooperativa de R\$ 24,00 pela saca de 60 kg, a receita líquida mínima encontrada na área foi de R\$ 14,00 por ha e a máxima foi de R\$ 358,00 por ha. O cálculo da receita líquida pela média (Quadro 4) mostrou uma sobra de 183,48 reais por ha. Utilizando este valor médio como parâmetro comparativo, pode-se afirmar que em 56,5 % da área, equivalente a 6,15 ha, o lucro líquido obtido esteve abaixo da média e 43,5 % da área apresentou resultados financeiros mais vantajosos. O modelo digital da receita líquida teve maior correlação linear com o modelo da produtividade. Os dois se assemelham em 48,6%.

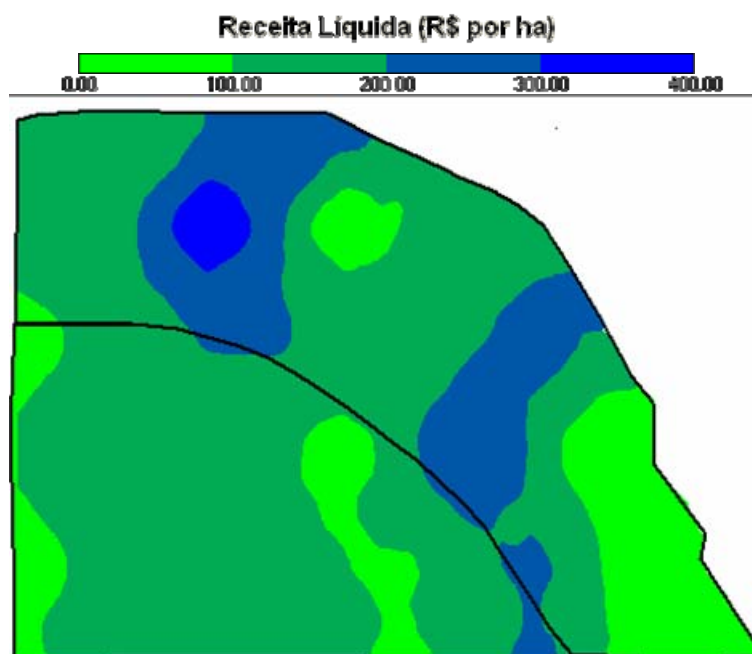


Figura 49 – Mapa de receita líquida do trigo (R\$.ha⁻¹) da área experimental em Cerro Largo.

A informação fornecida pelo mapa de renda líquida é muito importante na medida em que possibilita ao agricultor visualizar em qual ponto da área está tendo maior retorno financeiro. Dificilmente o produtor teria essa noção detalhada dos resultados e avaliaria sua

atividade dessa ótica, ou seja, pela análise pontual da área. Essa caracterização foi possível pelo uso de técnicas de agricultura de precisão.

4.5 Rastreabilidade das operações mecanizadas

Outro fator que pôde ser avaliado utilizando ferramentas simplificadas de Agricultura de Precisão é o desempenho dos conjuntos mecanizados. A precisão das operações mecanizadas é fundamental para aumentar a eficiência técnica. Máquinas bem reguladas permitem que doses exatas possam ser aplicadas, evitando que insumos e agroquímicos sejam utilizados em excesso ou em doses inferiores às adequadas. Portanto, o desempenho operacional dos conjuntos mecanizados tem influência direta sobre o custo da mecanização, que na maioria das vezes supera os 20% do total dos custos de produção.

O conhecimento do desempenho operacional dos conjuntos mecanizados permite planejar melhor as atividades e controlar os empenhos financeiros. Através da rastreabilidade do deslocamento de tratores, as informações relativas ao seu desempenho podem ser obtidas facilmente, conforme mostra a Figura 50, mostrando uma atividade de aplicação de herbicida com pulverizador de barras acoplado nos três pontos de um trator agrícola de média potência. A Figura 51 se refere à semeadura da soja em plantio direto com semeadora do tipo hidráulica e a Figura 52 detalha a colheita de trigo com colhedora convencional.

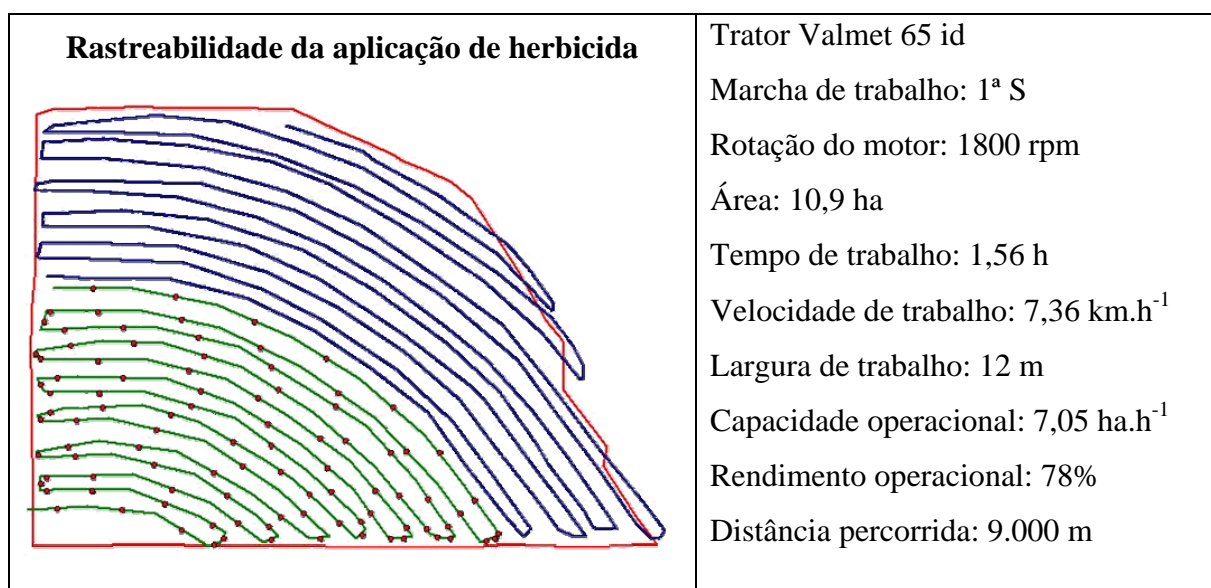


Figura 50 – Operação de aplicação tratorizada de herbicida na cultura do trigo rastreada por GPS de navegação. Cerro Largo - RS, 2005.

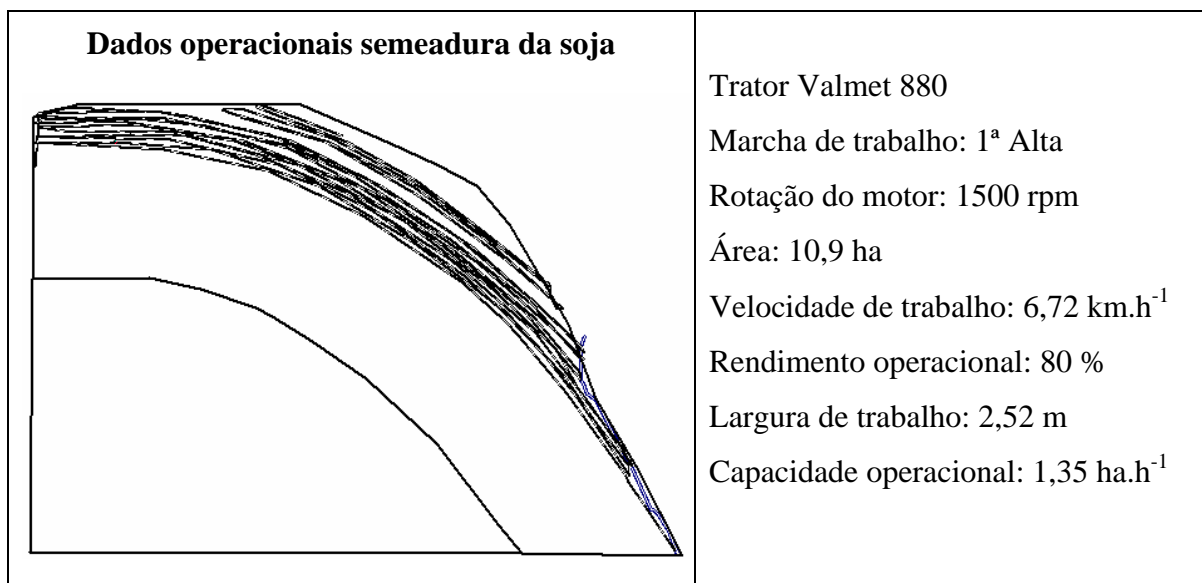


Figura 51 – Operação de semeadura da soja rastreada por GPS de navegação. Cerro Largo - RS, 2004.

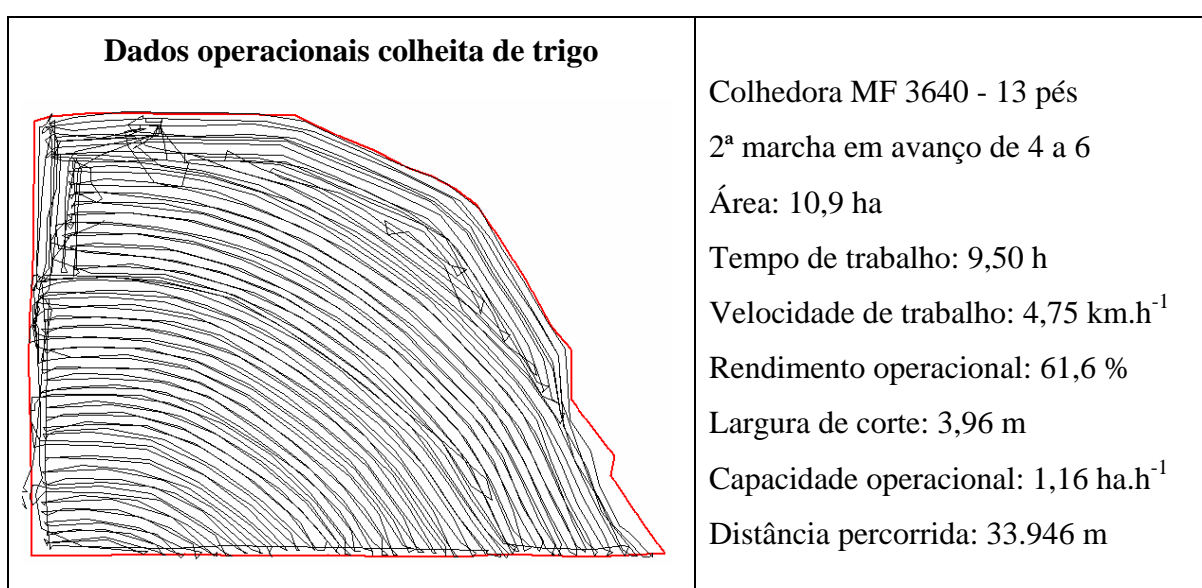


Figura 52 – Operação de colheita mecanizada do trigo rastreada por GPS de navegação. Cerro Largo - RS, 2005.

O custo horário das máquinas e implementos é apresentado no Anexo. Quadro 5 se refere aos dois tratores utilizados. Os custos horários referentes à semeadora, ao distribuidor centrífugo e ao pulverizador de barras são apresentados no Quadro 6, Quadro 7 e Quadro 8, respectivamente. Junto aos quadros, podem ser visualizadas as fotografias (Figura 53, Figura 54 e Figura 55) dos referidos implementos.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho nos leva a concluir que é possível gerenciar uma pequena propriedade com princípios e técnicas de Agricultura de Precisão, pois esta ferramenta dá ao produtor subsídios concretos para as tomadas de decisões focalizadas em resultados que tragam benefícios aos agricultores. Entre as principais vantagens está a possibilidade de gerenciamento racional dos custos de produção e da avaliação econômica da atividade desenvolvida, permitindo aumentar a eficiência produtiva através do manejo e do uso racional dos insumos diminuindo custos, e por vezes, aumentando a produtividade. Evidentemente, se torna necessário o acompanhamento técnico especializado para interpretar e manipular informações complexas trazidas com esta tecnologia.

As ferramentas de Agricultura de Precisão permitem ao produtor conhecer melhor e mais detalhadamente cada parcela de sua área destinada à atividade agrícola. Os diagnósticos do solo e planta fornecem informações da área em forma de mapas digitais, possibilitando ao produtor ter noção quantitativa da variabilidade espacial horizontal da fertilidade química, da compactação do solo e do estado nutricional da planta. A correlação individual entre os modelos digitais dos atributos do solo levantados neste trabalho mostra-se por vezes alta, como no caso da saturação de bases com hidrogênio mais alumínio (99%), saturação de bases com CTC (86%), pH com saturação de bases (84%), porém fraca para atributos considerados importantes como fósforo e potássio.

O mapa de produtividade de trigo gerado a partir da coleta manual de amostras confirmou a presença de variabilidade na área experimental. É oportuno lembrar que a produtividade pontual é reflexo da somatória dos fatores do solo, do clima e da interferência no manejo ao longo do desenvolvimento da cultura. Evidenciou-se maior correlação entre modelos digitais envolvendo produtividade quando comparado isoladamente com o mapa de receita líquida, obtendo 48,6% de semelhança.

Utilizando receptores de sinal de satélite simples (GPS de navegação) no rastreamento das atividades mecanizadas pôde-se obter informações para o cálculo preciso da capacidade operacional efetiva das máquinas. Este parâmetro é fundamental para a determinação do custo horário mecanizado e fundamental para o planejamento das atividades como um todo. Através da localização com GPS se conseguiu fazer aplicações de fertilizante em determinada zona específica, combinando posicionamento do trator na área com regulagem para dose apropriada.

Sabe-se que adoção da agricultura de precisão com ferramentas simplificadas em pequenas propriedades, onde é comum ter as áreas divididas em pequenos talhões, restringe-se ao manejo diferenciado zona. A aplicação de insumos à taxa variável plena só é possível com a utilização de máquinas e equipamentos específicos e eletronicamente controlados. O mesmo também é válido para confecção ágil de mapas de produtividade. Acredita-se que esse sistema seja viabilizado com a aquisição conjunta de máquinas, por grupos de produtores ou cooperativas, ou ainda através da contratação de serviços terceirizados.

Em concordância com COMCIENCIA (2003), existem duas soluções possíveis para reverter essa realidade. Uma seria a geração de tecnologia para agricultores com menos condições, o que é mais difícil, mas não impossível. A outra seria transformar a estrutura do pequeno agricultor, oferecendo acesso à terra, crédito e assistência técnica para que ele pudesse adotar também a tecnologia mais comum ao agricultor maior. Mas é preciso estar ciente que, de uma forma geral, o desenvolvimento de novas tecnologias não leva em consideração se esta vai ser usada por um grande ou pequeno produtor, por isso, nem todo produtor consegue aplicá-la em sua propriedade. Sem assistência técnica ou acesso ao crédito ela se torna inviável para o pequeno produtor.

Finalmente, a decisão de implementar uma nova tecnologia no campo não deve ser unilateral, apenas do capitalista que aplica investimentos no campo, mas uma decisão que respeite os interesses dos trabalhadores envolvidos, levando em conta as condições econômicas, sociais e fiscais. No entanto, existem poucos estudos que avaliam o impacto das novas tecnologias no emprego agrícola, sobretudo que sejam anteriores à sua implementação, diferentemente da questão ambiental e dos riscos para a saúde humana, priorizados na legislação e nas discussões para a liberação de certas tecnologias.

6 RECOMENDAÇÕES

Seria importante a promoção de pesquisa para desenvolvimento da mecanização tecnificada em pequena escala, ou seja, a criação de uma linha de maquinário de ponta que dê mais dinamismo à agricultura familiar. É necessário que a sociedade civil e o Estado regulem e observem as abruptas mudanças produzidas pelas inovações tecnológicas, pois como se trata de um processo dinâmico, é necessário adequar políticas públicas à realidade social e econômica. Muitas vezes o desemprego resulta da impossibilidade do trabalhador rural de se atualizar para os novos postos de trabalho que surgem com a implementação de novas tecnologias.

Acredita-se que é necessário avançar e inovar mais para implementar com sucesso técnicas de agricultura de precisão em pequenas propriedades. Ainda são muitas as dificuldades em gerar mapas de produtividade de forma prática, precisa e com baixo custo. A amostragem manual atende plenamente à pesquisa, mas comercialmente em áreas maiores encontra limitação porque despende elevada quantidade de trabalho.

E por fim, precisa-se desenvolver meios de realizar aplicação de insumos à taxa variável plena, ponto a ponto dentro da área. É completamente inviável a aquisição de distribuidores automatizados por um pequeno agricultor. Talvez dever-se-ia pensar na aquisição coletiva de máquinas, por grupos de produtores ou por cooperativas. A alternativa seria a terceirização do serviço, quando esta opção é disponível. Em ambos os casos, um detalhado estudo econômico deve embasar as decisões a serem tomadas, resguardando fundamentalmente a viabilidade econômica do sistema produtivo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGCO. **Sistema Massey Ferguson de Agricultura de Precisão - Fieldstar**. Disponível em: <<http://www.agco.com.br/marcasFieldstar.asp?op=5#>>. Acesso em: Janeiro de 2005.

ALVES, E.; LOPES, M.; CONTINI, E. O empobrecimento da agricultura brasileira. **Política Agrícola**, ano 8, n. 3, p.5-19, 1999.

ALVES, E.; SOUZA, G. da S.; BRANDÃO, A. S. P. Como está quem tem Menos de 100 hectares. **Política Agrícola**, ano 10, n. 1, p. 27-36, 2001.

AMAZONE. **Amazonen Werke Landwirtschaft Machine Fabrik**. Disponível em: <<http://www.amazone.de>>. Acesso em: Janeiro de 2005.

ANFAVEA. **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira – 2002**. Anfavea: São Paulo. 2002.

_____. **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira – 2004**. Anfavea: São Paulo. 2004.

_____. **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira – 2006**. Anfavea: São Paulo. 2006.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p.715-722, 2001.

ARISTIMUNHA, J. L. **Agricultura sustentável: potencialidades e limitantes da produção familiar**. 1997. 170f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

ARSLAN, S.; COLVIN, T. S. Laboratory test stand for combine grain yield monitors. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 14, n. 4, p.369-371, 1998.

ASAE. **S313.2**: soil cone penetrometer. St. Joseph, MI, 1997. 2p.

BACEN. **Anuário Estatístico 2003**. Disponível em: <<http://www.bacen.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2004.

_____. **Manual do Crédito Rural – MCR**. Brasília, DF, 2004. 21 p.

_____. **Resolução BACEN n. 2.101, de 24 de agosto de 1994**. Programa de Valorização da Pequena Produção Rural (PROVAPE), 1994. Disponível em: <<http://www.bacen.gov.br>>. Acesso em: 13 out. 2004.

_____. **Resolução CMN/BACEN n. 2.191 de 24 de agosto de 1995**. Crédito Rural – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF). Disponível em: <<http://www.bacen.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2004.

BALASTREIRE, L.A.; AMARAL, J.R. Desenvolvimento e construção de um penetrógrafo eletrônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23., 1994,

Campinas. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1994. Separata n. 94-4-281.

BANCO DO BRASIL. Diretoria de Agronegócios. O atendimento à agricultura familiar. **Política Agrícola**: ano 12, n. 4, p. 26-35, 2004.

BARSKY, O. Transformaciones productivas y sociales en la pampa argentina. In: TWOMEY, M. J., HELWEGE, A. (Comp.). **Modernización y estancamiento: la agricultura latinoamericana en los años noventa**. México: Fondo de Cultura Económica, 1994. p. 67-92.

BLACKMER, T.M., SCHEPERS, J.S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Soil Science and Plant Analysis**, v. 25, n. 9/10, p. 1791-1800, 1995.

BLU, R. O.; MOLINA, L. F. Muestreo de suelos para recomendación de fertilizantes. In: **Agricultura de precisión: introducción al manejo sitio-específico**. Chillán: INIA e Cargill Chile, p.115-133, 1999a.

_____. **Agricultura de precisión: introducción al manejo sitio-específico**. Chile: INIA, 1999b. 146p.

BONELLI, R. **Impactos econômicos e sociais de longo prazo da expansão agropecuária no Brasil**: Revolução invisível e inclusão social. Texto para discussão nº 838, 2001. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br>. Acesso em 15 dez. 2006.

BORGUI, E.; ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, R. A. C. Comparação entre dois métodos de integração e de análise de dados para agricultura de precisão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBAP, 1999. 1 CD-Rom.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). **Pronaf: Manual do Crédito Rural Plano de Safra da Agricultura Familiar 2004-2005**. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2004.

CAPPELLI, N. L., DANIEL, L. A. MIGUEL, M. A. Penetrômetro eletrônico para determinação do índice de cone de solos agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., 1995, Viçosa. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1995. Separata n. 363.

CAPPELLI, N. L., UMEZU, C. K., GUAITOLI, G. **Desenvolvimento de um penetrômetro eletrônico georeferenciado de baixo custo**. Campinas, 1999. Campinas: UNICAMP, 1999. (Relatório técnico PIPE-FAPESP)

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do agronegócio CNA/CEPEA-USP**. 2002. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2006.

CHANCELLOR, W. J.; GORONEA, M.A. Effects of spatial variability of nitrogen moisture and weeds on the advantages of site-specific applications for wheat. **Transactions of the ASAE**, v. 37, n. 3, p.717-724. 1994.

CHITOLINA, J. C., et al. Amostragem, Acondicionamento e Preparo de Amostras de Solo para Análise de Fertilidade. In: SILVA, F. C. da (Org.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999, p.12-48.

COLVIN, T. S. Automated weighing and moisture sampling for a field-plot combine. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 6, n.6, p.713-714, 1990.

COMCIENCIA. **Tecnologia agrícola favorece grande produtor**. São Paulo: SBPC, 2003. Disponível em: <<http://www.comciencia.br>>. Acesso em: outubro de 2005.

COMISSAO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400p.

CONAB. **Pronaf**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2004.

DAINESE, R. C. **Análise e tratamento de informações espaciais de produtividade do milho e fertilidade do solo para uso em Agricultura de Precisão**. 2002. 67f. Monografia (Disciplina de Introdução ao Geoprocessamento) – Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais, São Paulo, 2002.

DESER. Departamento Sindical de Estudos Rurais. **Agricultura Familiar e Desenvolvimento Local**. Curitiba: 1997. 26p.

DIEKHANS, N. Automatisierung am Mährescher. **Grundl. Landtechnik Bd.** v. 35, n. 4, p.111-118. 1985.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1999. 412p.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Databases**. 2005. Disponível em: <<http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture/>>. Acesso em: 15 dez. 2005.

FETAG. **Agricultura Familiar**. Porto Alegre: 2002. Disponível em: <<http://www.fetags.com.br>> Acesso em abril de 2004.

FOX, R. H.; PIEKIELEK, W. P.; MACNEAL, K. M. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. **Soil Science and Plant Analysis**, 25, n. 3/4, p.171-181, 1994.

GIOTTO, E.; ROBAINA, A. D. **A Agricultura de Precisão com o Sistema CR Campeiro 5**. Manual do usuário. Laboratório de Geomática – Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais – UFSM, 2004. 319p.

GÖRGEN, S. **Mecanização camponesa**. 2005. Disponível em: <http://www.diariopopular.com.br/12_05_05/artigo.html>. Acesso em: dezembro 2005.

GUANZIROLI, C. E.; CARDIM, S. E. de C. S. C. **Projeto de Cooperação Técnica INCRA/FAO: Novo Retrato da Agricultura Familiar - O Brasil Redescoberto**. Ministério do Desenvolvimento Agrário: Brasília, 2000. 74p.

HERRMANN, P. O perfil do profissional para atender a indústria brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., Canoas, 2005. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. 1 CD-Rom.

HORN, R. Compressibility of arable land. **Catena**, n. 11, p. 53-71, 1988.

HORN, R.; LEBERT, M. Soil compactibility and compressibility. In: SOANE, B.D.; van OUWERKERK, C., eds. **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994, p. 45-69.

HURN, J. **Guia GPS**. Disponível em: <<http://www.gpsglobal.com.br/Artigos/Guia/Guia00.html>>. Acesso em: Janeiro de 2005.

IBGE. **Censo Agropecuário 1995/1996**. Rio de Janeiro. 1996. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>. Acesso em: 20 out. 2004.

_____. **Censo Agropecuário 1985**. Rio de Janeiro. 1985. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>. Acesso em: 20 out. 2004.

INCRA. **Agricultura familiar**. Brasília: 1995. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/htm/serveinf/_htm/pubs/pubs.htm>. Acesso em: outubro 2003.

ITEPA. Instituto Técnico de Pesquisa e Assessoria. **Banco de Dados da Zona Sul – RS**. EDUCAT: Pelotas, 1999. 272p. (Boletim Informativo; n. 10).

JAKOB, A. A. E. **Estudo da correlação entre mapas de propriedades de solo e mapas de produtividade para fins de agricultura de precisão**. 1999. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

KNOB, M. J. et al. Avaliação da compactação do solo pelo índice de cone. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., 2005. Canoas. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. 1 CD-Rom.

KONICA MINOLTA SENSING, INC. **Chlorophyll meter SPAD-502**. Plainfield: Spectrum Technologies Inc., 2003. 2p.

LAMARCHE, H. **A Agricultura Familiar: comparação internacional**. Unicamp: Campinas. 1993. 122p.

LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J.V.; BORGUI, E. **Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 118p.

LANE, N. et al. **Press briefing May 1, 2000**. Disponível em: <<http://www.whitehouse.gov/library/briefing/cgi?data-2&briefing-2>>. Acesso em: Setembro 2004.

MADEIRA, A. **Mecanização Agrícola: alguns pontos de reflexão**. 2000. Disponível em: <<http://www.agroportal.pt/a/amadeira.htm>>. Acesso em outubro 2005.

MAGALHÃES, R. P. de; MOLIN, J. P., FAULIN, G. di C. Relação entre o índice de cone, teor de água, textura e matéria orgânica do solo em semeadura direta. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., 2005. Canoas. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. 1 CD-Rom.

MANTOVANI, E. C. Máquinas e implementos agrícolas. **Informe Agropecuário**, v. 23, n. 1, p. 56-63, 1987.

MÁRQUEZ, L. **Maquinaria agrícola**. Madrid: Blake y Helsey España S.L. Editores, 2004. 699p.

MATHERON, G. The theory of regionalized variables and its application. **Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique**, Fas. 5, 1977.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301p.

MINOLTA CAMERA Co., Ltda. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka: Minolta, Radiometric Instruments divisions. 1989. 22p.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão** – o gerenciamento da variabilidade. Piracicaba, p. 66-69. 2001.

_____. **Agricultura de precisão**. Parte I: O que é estado-da-arte em sensoriamento. Engenharia Agrícola, v. 17, n. 2, p. 97-107, 1997.

_____. **Agricultura de Precisão**: Brasil ainda não se beneficia da agricultura de precisão. São Paulo: 2003. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/agronegocio/>>. Acesso em: maio 2004.

_____. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 83-92, 2002.

MOURA, D.; TYBUSH, T. M.; TAVARES, M. F. F. A agricultura familiar e a agricultura de precisão. In: COLÓQUIO SOBRE TRANSFORMAÇÕES TERRITORIAIS, 35., Montevideo, 2002. **Anais...**

OLIVEIRA, C. **Curso de cartografia moderna**, 2. ed.. Brasília: IBGE, 1993. 152p.

PEREIRA, J. O. et al. Determinação da compactação da camada do solo no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., 2005. Canoas. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. 1 CD-Rom.

PFEIFFER, D. W.; HUMMEL, J. W.; MILLER, N. R. Real-time corn yield sensor. **ASAE**, Paper 93, p. 1013, 1993.

PONTES, M. A. G. **GPS - Sistema de Posicionamento Global**. Sorocaba: Faculdade de Engenharia de Sorocaba, 2002. 29p.

PORTUGAL, A. D. **O Desafio da Agricultura Familiar**. EMBRAPA, 2002. Disponível em: <http://www21.sede.embrapa.br/noticias/artigos/2002/artigo.2004-12-07.2590963189/mostra_artigo>. Acesso em: Setembro de 2005.

REITZ, P.; KUTZBACH, H. D. Technische Komponenten für die Erstellung von Ertragskarten während der Getreideernte mit dem Mähdescher. **Ortung und Navigation Landwirtschaftlicher Fahrzeuge Heft** n. 14, p. 91–105, 1992.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. 19., Porto Alegre, 2001. **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2001/2002**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2001. 175p.

REYNS, P. et al. A Review of Combine Sensors for Precision Farming. **Precision Agriculture**, n. 3, p. 169–182, 2002.

SALOMÃO, J. A. F. O MODERFROTA e a política de modernização da agricultura brasileira. **Política Agrícola**, ano 12, n. 1, p.15-21, 2003.

SARAIVA, O. F. **Amostragem de solo para avaliação de sua fertilidade**: curso de pecuária leiteira. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL, 1989. (Embrapa-CNPGL. Documentos, 38).

SCHLOSSER, J. F. et al. Índice de mecanização de propriedades orizícolas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.791-794, 2004.

SEBEM, E. Sistemas de información y posicionamiento global. **Cuadernos de Agronomía y Tecnología. Agro-Técnica**, v. 8, n. 2, p. 68-75, 2005.

SILVA, G. da. **Métodos auxiliares para diagnóstico da necessidade de subsolagem de solos agrícolas**. 2002. 124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 399-406, 2004.

STAFFORD, J. V.; AMBLER, B.; SMITH, M. P. Sensing and mapping grain yield variation. In: AUTOMATED AGRICULTURE FOR THE 21ST CENTURY SYMPOSIUM, 1991, Chicago. **Proceedings...** ASAE, p. 356–365. 1991.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 124p.

STRUBBE, G. **Mechanics of friction compensation in mass flow measurement of bulk solids**. Doctoraal Proefschrift Katholieke Universiteit. Leuven Faculteit Toegepaste Wetenschappen Departement Werktuigkunde. 1997. 370 p.

STRUBBE, G.; MISSOTTEN, B.; De BAERDEMAEKER, J. Performance evaluation of a three-dimensional optical volume flow meter. **Transactions of the ASAE**, v. 12, n. 4, p. 403–409. 1996.

TRIMBLE. **Differential GPS explained**. USA: Trimble Navigation, 1993. 55p.

USERY, E. L.; POCKNEE, S.; BOYDELL, B. Precision Farming data management using Geographic Information Systems. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 61, n. 11, p. 1383-1391, 1995.

VANSICHEN, R.; De BAERDEMAEKER, J. Continuous wheat yield measurement on a combine. In: AUTOMATED AGRICULTURE FOR THE 21ST CENTURY SYMPOSIUM, 1991, Chicago. **Proceedings...** ASAE, p. 346–355. 1991.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001. 184f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a agricultura de precisão. In: BORÉM, A. et al. **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000, p. 93-108.

WAGNER, E.; SCHROCK, M. D. Grain flow measurement with a pivoted auger. **Transactions of the ASAE**, v. 30, n. 6, p. 1583–1586. 1987.

WASKOM, R.M., WESTFALL, D.G., SPELLMAN, D.E. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Soil Science and Plant Analysis**, v. 27, n. 3, p. 545-560, 1996.

WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995. 108p.

ZUURING, H. **Class notes**. Disponível em: <<http://www.forestry.umn.edu/courses/FOR/main.htm>>. Acesso em: Novembro de 2005.

ANEXO

CALCULO DO CUSTO HORARIO DO TRATOR		
MARCA:	VALMET	VALMET
MODELO:	880	65 id
CUSTO HORARIO (R\$/h)	R\$ 31.11	R\$ 17.08
CUSTO HORARIO COM MAO-DE-OBRA (R\$/h)	R\$ 33.95	R\$ 19.92
CUSTO DE AQUISIÇÃO (R\$)	\$40.000.00	\$20.000.00
VIDA UTIL (Hs)	15000	15000
TRABALHO ANUAL (Hs)	400	500
CUSTO OPORTUNIDADE AO ANO (%)	12	12
PREÇO DO ÓLEO DIESEL (R\$)	R\$ 1.80	R\$ 1.80
PREÇO DO PNEU DIANTEIRO (R\$)	R\$ 525.00	R\$ 360.00
PREÇO DO PNEU TRASEIRO (R\$)	R\$ 2.100.00	R\$ 1.200.00
VIDA UTIL DO PNEU DIANTEIRO (Hs)	2500	2500
VIDA UTIL DO PNEU TRASEIRO (Hs)	5000	3000
NÚMERO DE PNEUS TRASEIROS	2	2
PREÇO DA CÂMARA DIANTEIRA (R\$)	R\$ 50.00	R\$ 40.00
PREÇO DA CÂMARA TRASEIRA (R\$)	R\$ 250.00	R\$ 200.00
VIDA UTIL DA CÂMARA DIANTEIRA (Hs)	2500	2500
VIDA UTIL DA CÂMARA TRASEIRA (Hs)	5000	3000
ROTAÇÃO DE TRABALHO (rpm)	1800	1700
CONSUMO HORÁRIO (L/h)	8	5
CONSUMO ESPECÍFICO (l/kw.h)	0.133	0.111
POTÊNCIA DE TRABALHO (kw)	60	45
CAPACIDADE DO CARTER (l)	8.5	7
PREÇO DO ÓLEO LUBRIFICANTE MOTOR (R\$/l)	R\$ 7.00	R\$ 7.00
TROCA DO ÓLEO LUBRIFICANTE DO MOTOR (Hs)	200	200
CAPACIDADE DA CAIXA TRANSMISSÃO (l)	0.001	25
PREÇO ÓLEO LUBRIFICANTE TRANSMISSÃO (R\$/l)	R\$ 0.00	R\$ 7.25
TROCA ÓLEO LUBRIFICANTE TRANSMISSÃO (Hs)	100000	1000
CAPACIDADE SISTEMA HIDRÁULICO (l)	60	11
PREÇO ÓLEO SISTEMA HIDRÁULICO (R\$/l)	R\$ 6.50	R\$ 5.60
TROCA ÓLEO SISTEMA HIDRÁULICO (Hs)	1000	1000
PREÇO FILTRO SISTEMA HIDRÁULICO (R\$)	R\$ 25.00	R\$ 25.00
TROCA FILTRO SISTEMA HIDRÁULICO (Hs)	1000	1000
CAPACIDADE DO FILTRO DE AR A ÓLEO (l)	0	2
PREÇO DO ÓLEO DO FILTRO DE AR (R\$/l)	R\$ 0.00	R\$ 7.00
TROCA ÓLEO DO FILTRO DE AR (Hs)	100000	250
QUANTIDADE DE GRAXA UTILIZADA (Kg)	0.5	0.5
PREÇO DA GRAXA (R\$/kg)	R\$ 18.00	R\$ 18.00
FREQUENCIA DE ENGRAXAMENTO (Hs)	50	50
NÚMERO DE FILTROS ÓLEO COMBUSTIVEL	2	2
PREÇO FILTRO ÓLEO COMBUSTIVEL (R\$/unidade)	R\$ 7.50	R\$ 7.50
TROCA FILTRO ÓLEO COMBUSTIVEL (Hs)	400	500
PREÇO FILTRO ÓLEO LUBRIFICANTE (R\$/unidade)	R\$ 25.00	R\$ 25.00
TROCA FILTRO ÓLEO LUBRIFICANTE (Hs)	200	200
PREÇO FILTRO DE AR PRIMÁRIO (R\$/unidade)	R\$ 50.00	R\$ -
PREÇO FILTRO DE AR SECUNDÁRIO (R\$/unidade)	R\$ 50.00	R\$ -
TROCA FILTRO DE AR PRIMÁRIO (Hs)	1000	10000
TROCA FILTRO DE AR SECUNDÁRIO (Hs)	1000	10000
CUSTO INICIAL DO TRATOR (R\$)	R\$ 34.150.00	R\$ 16.400.00
DEPRECIÇÃO LINEAR (R\$/h)	R\$ 2.05	R\$ 0.98
VALOR MEDIO (R\$)	R\$ 22.000.00	R\$ 11.000.00
CUSTO FINANCEIRO (R\$/h)	R\$ 10.25	R\$ 3.94
VALOR DO SEGURO (R\$/h)	R\$ -	R\$ -
VALOR DO ALOJAMENTO (R\$/h)	R\$ -	R\$ -
CUSTO DO COMBUSTIVEL (R\$/h)	R\$ 14.40	R\$ 9.00
CUSTO LUBRIFICANTE DO MOTOR (R\$/h)	R\$ 0.30	R\$ 0.25
CUSTO LUBRIFICANTE DA TRANSMISSÃO (R\$/h)	R\$ 0.00	R\$ 0.18
CUSTO ÓLEO FILTRO DE AR (R\$/h)	R\$ 0.00	R\$ 0.06
CUSTO DO ENGRAXAMENTO (R\$/h)	R\$ 0.18	R\$ 0.18
CUSTO DA FILTRAGEM DO ÓLEO DIESEL (R\$/h)	R\$ 0.04	R\$ 0.03
CUSTO DA FILTRAGEM DO ÓLEO LUBRIFICANTE (R\$/h)	R\$ 0.13	R\$ 0.13
CUSTO DA FILTRAGEM DO AR (R\$/h)	R\$ 0.10	R\$ -
CUSTO DO USO DOS PNEUS (R\$/h)	R\$ 1.26	R\$ 1.09
CUSTO DAS CÂMARAS (R\$/h)	R\$ 0.14	R\$ 0.17
RESUMO GERAL		
GASTOS COM LUBRIFICANTE (R\$/h)	R\$ 0.48	R\$ 0.66
GASTOS COM FILTROS (R\$/h)	R\$ 0.26	R\$ 0.16
GASTOS COM REPAROS (R\$/h)	R\$ 2.28	R\$ 1.09
CUSTO FIXO DE UTILIZAÇÃO (R\$/h)	R\$ 12.29	R\$ 4.92
CUSTO VARIÁVEL DE UTILIZAÇÃO (R\$/h)	R\$ 18.82	R\$ 12.16
CUSTO HORARIO DE UTILIZAÇÃO (R\$/h)	R\$ 31.11	R\$ 17.08
DATA DA AVALIAÇÃO DOS CUSTOS	jan/05	jan/05

Quadro 5 – Detalhamento do custo horário dos tratores Valmet 65 id e Valmet 880, ambos utilizados para trabalho no experimento. Cerro Largo, 2005. (1 Dólar = R\$ 2,69)

SEMEADORA		
MARCA:	TRATOMAC	
MODELO:	TMH 15	
CUSTO DO IMPLEMENTO NOVO	R\$10.000,00	
VIDA UTIL (anos)	10	
TRABALHO ANUAL (horas)	200	
CUSTO OPORTUNIDADE (AO ANO) (%)	12	
FREQUENCIA DE ENGRAXAMENTO (horas)	10	
QUANTIDADE DE GRAXA UTILIZADA (Kg)	0,5	
PREÇO DA GRAXA (R\$/Kg)	R\$ 18,00	
		%
DEPRECIACÃO (R\$/h)	R\$4,50	32,4
CUSTO FINANCEIRO (JUROS) (R\$/h)	R\$6,00	43,2
REPAROS (R\$/h)	R\$2,50	18,0
CUSTO COM ALOJAMENTO (R\$/h)	R\$0,00	0,0
GASTOS COM GRAXA (R\$/h)	R\$0,90	6,5
CUSTO HORÁRIO (R\$/h)	R\$13,90	100,00
CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS: SOJA		
LARGURA DE TRABALHO (m)	2,52	
VELOCIDADE (km/h)	6,5	
EFICIENCIA DE CAMPO (%)	75	
HECTARES POR HORA	1,23	
CUSTO POR HECTARE (R\$/ha)	R\$ 11,31	
EFETUADO EM	01/01/05	
CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS: TRIGO		
LARGURA DE TRABALHO (m)	2,52	
VELOCIDADE (km/h)	8,0	
EFICIENCIA DE CAMPO (%)	80	
HECTARES POR HORA	1,61	
CUSTO POR HECTARE (R\$/ha)	R\$ 8,62	
EFETUADO EM	01/01/05	

Quadro 6 – Custo horário da utilizao da semeadora Tratomac tipo “Plantio Direto” nas duas culturas que integraram o experimento. Cerro Largo, 2005. (1 Dólar = R\$ 2,69)



Figura 53 – Semeadora hidrlica Tratomac TMH 2600 – Plantio Direto, montada para soja. Cerro largo, 2005.

DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO		
MARCA:	INCOMAGRI	
MODELO:	E-600	
CUSTO DO IMPLEMENTO NOVO	R\$3.500,00	
VIDA UTIL (anos)	15	
TRABALHO ANUAL (horas)	50	
CUSTO OPORTUNIDADE (AO ANO) (%)	12	
FREQUENCIA DE ENGRAXAMENTO (horas)	20	
QUANTIDADE DE GRAXA UTILIZADA (Kg)	0.1	
PREÇO DA GRAXA (R\$/Kg)	R\$ 18,00	
		%
DEPRECIACÃO (R\$/h)	R\$4,20	28,0
CUSTO FINANCEIRO (JUROS) (R\$/h)	R\$8,40	55,9
REPAROS (R\$/h)	R\$2,33	15,5
CUSTO COM ALOJAMENTO (R\$/h)	R\$0,00	0,0
GASTOS COM GRAXA (R\$/h)	R\$0,09	0,6
CUSTO HORARIO (R\$/h)	R\$15,02	100,00
CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS		
LARGURA DE TRABALHO (m)	12	
VELOCIDADE (km/h)	7,5	
EFICIENCIA DE CAMPO (%)	70	
HECTARES POR HORA	6,30	
CUSTO POR HECTARE (R\$/ha)	R\$ 2,38	
EFETUADO EM	01/01/05	

Quadro 7 – Custo horário do distribuidor centrífugo Incomagri utilizado para aplicações de fertilizante na área do experimento. Cerro Largo - RS, 2005. (1 Dólar = R\$ 2,69)



Figura 54 – Distribuidor centrífugo monodisco Incomagri acoplado no trator pelo sistema hidráulico de 3 pontos. Cerro Largo – RS, 2005.

PULVERIZADOR		
MARCA:	JACTO	
MODELO:	600L	
CUSTO DO IMPLEMENTO NOVO	R\$ 5.000,00	
VIDA UTIL (anos)	10	
TRABALHO ANUAL (horas)	75	
CUSTO OPORTUNIDADE (AO ANO) (%)	12	
NUMERO DE BICOS DE PULVERIZAÇÃO	24	
FREQUENCIA TROCA DO CONJUNTO DE BICOS (hs)	200	
PREÇO DO BICO DE PULVERIZAÇÃO (R\$/bico)	R\$ 25,00	
FREQUENCIA DE ENGRAXAMENTO (horas)	50	
QUANTIDADE DE GRAXA UTILIZADA (Kg)	0.1	
PREÇO DA GRAXA (R\$/Kg)	R\$ 18,00	
CAPACIDADE RESERVATÓRIO BOMBA HIDRÁULICA (L)	1.5	
FREQUENCIA DE TROCA DO ÓLEO (hs)	200	
PREÇO DO ÓLEO HIDRÁULICO (R\$/L)	R\$ 6,50	
		%
DEPRECIÇÃO (R\$/h)	R\$6,00	29.4
CUSTO FINANCEIRO (JUROS) (R\$/h)	R\$8,00	39.2
REPAROS (R\$/h)	R\$3,33	16.3
CUSTO LUBRIFICANTE (R\$/h)	R\$0,05	0.0
CUSTO COM BICO (R\$/h)	R\$3,00	14.7
GASTOS COM GRAXA (R\$/h)	R\$0,04	0.2
CUSTO HORÁRIO (R\$/h)	R\$20,42	99.76
CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS		
ESPAÇAMENTO ENTRE BICOS (m)	0.50	
VELOCIDADE (km/h)	7.5	
EFICIENCIA DE CAMPO (%)	70	
LARGURA DE TRABALHO (m)	12	
HECTARES POR HORA	6.30	
CUSTO POR HECTARE (R\$/ha)	R\$ 3,24	
EFETUADO EM	01/01/05	

Quadro 8 – Custo horário do pulverizador de barras Jacto 600L com 12 metros de barra e com sistema de marcador de espuma. Cerro Largo – RS, 2005. (1 Dólar = R\$ 2,69)



Figura 55 – Pulverizador de barras Jacto 600L com 12 metros de barra e com sistema de marcador de espuma. Cerro Largo – RS, 2005.