

**LEONARDO JOSOÉ BIFFI**

**MAPEAMENTO E ANÁLISE ESPACIAL DE VARIÁVEIS DE  
PRODUÇÃO DE MAÇÃ CONDUZIDA SOBRE POMAR COMERCIAL  
NA REGIÃO DE SÃO JOAQUIM - SC**

**Lages – SC**

**2006**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV**  
**PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA**  
**MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**LEONARDO JOSOÉ BIFFI**

**Engenheiro Agrônomo**

**MAPEAMENTO E ANÁLISE ESPACIAL DE VARIÁVEIS DE**  
**PRODUÇÃO DE MAÇÃ CONDUZIDA SOBRE POMAR COMERCIAL**  
**NA REGIÃO DE SÃO JOAQUIM - SC**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Sílvio Luís Rafaeli Neto

**Lages – SC**

**2006**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária  
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região  
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Biffi, Leonardo Josoé

Mapeamento e análise espacial de variáveis de produção  
de maçã conduzida sobre pomar comercial na região de  
São Joaquim - SC. / Leonardo Josoé Biffi  
Lages, 2006.

106 p.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências  
Agroveterinárias / UDESC.

1. Maçã – Variedades. 2. Sistemas de informação  
geográfica. I. Título.

CDD – 634.11

**LEONARDO JOSOÉ BIFFI**

**Engenheiro Agrônomo**

**MAPEAMENTO E ANÁLISE ESPACIAL DE VARIÁVEIS DE  
PRODUÇÃO DE MAÇÃ CONDUZIDA SOBRE POMAR COMERCIAL  
NA REGIÃO DE SÃO JOAQUIM - SC**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia no Curso de Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina

Aprovado em: 30/08/06

Homologada em:

Pela Banca Examinadora:

Por:

---

Sílvio Luís Rafaeli Neto, Dr.  
Orientador – CAV/UDESC

---

Cassandro Vidal Talamini do  
Amarante, Ph.D.  
Coordenador Técnico do Curso de  
Mestrado em Produção Vegetal

---

Glaucio Roloff, Ph.D.  
Ciências Agrárias/UFPR

---

Jaime Antônio de Almeida, Dr.  
Coordenador do Programa de  
Mestrado em Agronomia

---

Valter Antonio Becegato, Dr.  
CAV/UDESC

---

Leo Rufato, Dr.  
CAV/UDESC

---

Adil Knackfuss Vaz  
Diretor Geral do Centro de Ciências  
Agroveterinárias

**Lages, SC agosto de 2006.**



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por estar presente e iluminando nossos caminhos, e ter me dado saúde, sabedoria e a possibilidade de expandir meus conhecimentos.

Agradeço aos meus pais, Aldérico e Darcy, por serem as pessoas que acreditaram e apostaram nas minhas escolhas e ser onde eu encontro amor e apoio para todos os momentos decisivos em minha vida.

Aos meus irmãos Adriano e Olavo que estão torcendo por mim, mas saibam que eu torço muito mais por vocês, não existe nada melhor do que quando estamos os três juntos. E viva o Rock and Roll.

À Claudia pela amizade, atenção, companheirismo e apesar de tudo não a esquecerei.

Ao Professor Sílvio Luís Rafaeli Neto pela orientação, atenção, dedicação e amizade ao longo desses anos.

Aos Professores desta Instituição aos quais passei, pela dedicação e fibra na função de transmitir conhecimentos e que de alguma forma contribuíram para minha formação.

Aos amigos Carlos, Rodrigo, Guilherme, Fabrício, André, César, Artur, Amanda, Paula, Izabel e, é claro, Felipe Penter que vem lutando até a última batalha com muito esforço, e essa vai compensar meu amigo.

Aos colegas do programa de mestrado do CAV.

Aos bolsistas do laboratório de Geoprocessamento que auxiliaram na realização deste trabalho.

A Universidade do Estado de Santa Catarina, pelo concedimento da bolsa de monitoria e pela oportunidade de conquistar mais um título.

A empresa Mareli Agropastoril Ltda. por ceder às áreas e colaborar com estadia dos bolsistas para realização da pesquisa.

Agradeço ao Engenheiro Agrônomo Renato Sander pelas orientações e colaboração para realização desse trabalho

A empresa LD Tecnologia Agrícola Ltda em especial aos nomes da Eng. Agr<sup>a</sup> Daniele Focht e Eng. Agr. Luis Miguel Schiebelbein pela maneira como me receberam, sugestões, troca de idéias e elaboração de alguns produtos que infelizmente não fizeram parte desse trabalho.

A todos que de alguma forma me ajudaram nesse período e colaboraram para conclusão do trabalho.

# **MAPEAMENTO E ANÁLISE ESPACIAL DE VARIÁVEIS DE PRODUÇÃO DE MAÇÃ CONDUZIDA SOBRE POMAR COMERCIAL NA REGIÃO DE SÃO JOAQUIM – SC**

Autor: LEONARDO JOSOÉ BIFFI

Orientador: Prof. Dr. SÍLVIO LUÍS RAFAELI NETO

## **RESUMO**

Os sistemas produtivos agrícolas costumam executar manejos em áreas consideradas homogêneas, seja em talhões, glebas ou parcelas. Tais áreas são tratadas por valores médios, superestimando e subestimando, no manejo, as regiões que produzem acima e abaixo da média. Há necessidade de uma visão sistêmica dos sítios de produção. A Agricultura de Precisão (AP) provê ferramenta útil para avaliação de risco agrícola e programação racional dos seus trabalhos. Este trabalho objetivou avaliar o comportamento espacial do peso de frutos por planta (PP), número de frutos por planta (NF), peso médio de frutos por planta (PMF) e diâmetro de caule (DC) em três áreas de produção sendo uma avaliada em dois anos de observações. Selecionou-se a cultivar 'Fuji' em uma fazenda de produção comercial no Município de São Joaquim, com amostragem realizada em grade e georreferenciada com DGPS. Os dados foram importados para o sistema de informação geográfica (SIG) SPRING onde se efetuou krigeagens, para obtenção dos mapas de variabilidade espacial, e as tabulações cruzadas para análise espacial. As áreas apresentaram comportamento espacial distinto entre as variáveis analisadas. Para a safra de 2005 ocorreu um período de estiagem que influenciou a produção, houve uma redução nas médias da área 35A de PP e NF em relação ao ano anterior. Já PMF apresentou um acréscimo na média. As áreas 35C e 11D apresentaram médias de PP e NF maiores que a 35A. Em 2005, a variação dos valores de PP e NF da área 35A, demonstraram um comportamento espacial mais homogêneo e correlação inversa com o relevo. Regiões de baixada apresentaram produções maiores que as regiões mais elevadas. O PP nas três áreas apresentou correlação com DC. A geoestatística possibilitou modelar o comportamento espacial das variáveis de produção nas áreas analisadas. O SIG utilizado mostrou-se satisfatório para as análises efetuadas. Pôde-se classificar quantitativamente e qualitativamente as variáveis, indicando possibilidades de manejos localizados e diferenciados nas áreas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Malus domestica* BORKH., 'Fuji', geoestatística, Fruticultura de Precisão, SIG.

# **MAPPING AND SPATIAL ANALYSIS OF THE VARIABLES OF APPLE PRODUCTION EFFECTED ON A COMMERCIAL ORCHARD IN THE REGION OF SÃO JOAQUIM – SC**

Author: LEONARDO JOSOÉ BIFFI

Adviser: Prof. Dr. SÍLVIO LUÍS RAFAELI NETO

## **ABSTRACT**

The agricultural productives systems performs management in areas that are considered homogeneous, either in large planting fields, turfs or parcels. Such areas are treated with average values, by overestimating or underestimating, in the management, the places that produce either above or below the average. A systemic view of the sites production is necessary. The Precision Agriculture (PA) provides the useful tool for the agricultural risk evaluation and for the rational programming of its works. The present work objective at evaluating the spatial behavior of the weight of the fruit per plant (PP), number of fruit per plant (NF), average fruit weight per plant (PMF), and stalk diameter (DC) in three areas of production, one of them evaluated in two years of observation. Selected 'Fuji' cultivate in a commercial production farm in the city of São Joaquim – SC, Brazil, with the sample was made in grid and a georeference with DGPS. The data were imported for the geographic information system (GIS) SRING, where the kriging was done for the acquirement of the maps of spatial variability and croosed tabulate for spatial analysis. The areas presented distinct spatial behaviour among the variables analysed. For the 2005 harvest, a drought period influenced the production, and so there was a decrease in the average of the area 35A of PP and NF, in relation to the previous year. On the other hand, the PMF presented an increase in average. The areas 35C and 11D presented average PP and NF that were higher than the 35A. In 2005, the variation of the PP and NF values of the area 35A showed a more homogeneous spatial behavior and a inverse correlation with the terrain surface. Lowland places presented higher production than upland ones. The PP in the three areas presented correlation with the DC. The geostatistics made it possible to shape the spatial behavior of the production variables in the analysed areas. The employed GIS showed to be satisfactory for the analyses that were performed. The variables can be classified both as quantitative and qualitative, showing the possibility of localized and differentiated management in the areas.

**KEYWORDS:** *Malus domestica* BORKH., 'Fuji', Geostatistics, Precision Fruitculture, GIS.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quantidade produzida de maçã (toneladas) pelos Estados produtores....	22
Figura 2 - a) Mapa de isolinhas com nível de cinza; b) Mapa temático (classes).....	32
Figura 3 - Semivariograma e seus componentes. ....	34
Figura 4 - Interface do Spring®. ....	37
Figura 5 - Área 35A, produto obtido a partir de uma imagem IKONOS com resolução espacial de 1 m. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. ....	39
Figura 6 - a) Área 35C, b) Área 11D; produto obtido a partir de uma imagem IKONOS com resolução espacial de 1 m. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada.....	40
Figura 7 - Fazenda da Empresa Mareli, com destaque para as três áreas pesquisadas, produto obtido a partir de uma imagem IKONOS com resolução espacial de 1 m. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. ....	41
Figura 8 - DGPS utilizado para o georreferenciamento das áreas e plantas amostradas; (a) Antena receptora de sinal GPS e WAAS; (b) Bateria de 12 Volts; (c) Terminal de distribuição de sinal; (d) Capa protetora com Pocket PC iPAC.....	42
Figura 9 - a) Estação Total sobre um marco visando o pomar; b) implantação de marco de concreto. ....	43
Figura 10 - a) Modelo do código utilizado; b) árvore com etiqueta e código. ....	44

Figura 11 - Processo de pesagem da sacola de colheita no momento da colheita...	46
Figura 12 - Formato ASCII-SPRING. ....	47
Figura 13 - Divisão dos intervalos de classes para mapas de 5 classes. Lages 2006.....	50
Figura 14 - a) Distribuição dos pontos amostrados na área 35A; b) Mapa de isolinhas do relevo. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.....	52
Figura 15 - Histogramas e gráficos de probabilidade normal de PP04, NF04 e PMF04 da área 35A. ....	55
Figura 16 - Histogramas e gráficos de probabilidade normal de PP05, NF05 e PMF05 da área 35A. ....	56
Figura 17 - Precipitações acumuladas para a safra de 2003/2004 e 2004/2005; e precipitações médias dos meses de duas bases de dados para a região de São Joaquim.....	57
Figura 18 - Regressões de: a) PP x NF; b) PMF x PP; c) PMF x NF; d) PP x DC, nos anos de 2004 e 2005. Lages, 2006. ....	59
Figura 19 - a) Mapa de isolinhas da Altitude (m); b) Mapa de isolinhas de DC (cm). Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.....	62
Figura 20 - Mapas de isolinhas da área 35A dos anos de 2004 e 2005: a) PP (Kg), b) NF e c)PMF(g). Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.....	63
Figura 21 - Mapas temáticos de 5 e 3 classes no ano de 2004 para as variáveis: a) PP, b) NF e c)PMF. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.....	65
Figura 22 - Mapas temáticos de 5 e 3 classes no ano de 2005 para as variáveis a) PP, b) NF e c)PMF. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.....	66
Figura 23 - Mapa temático de 3 classes para a variável DC. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006. ....	67

Figura 24 - Distribuição dos pontos amostrados da área 35C. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006. ....	75
Figura 25 - Histogramas e gráficos de probabilidade normal de PP05, NF05 e PMF05 da área 35C. ....	77
Figura 26 - Regressões de a) PP x NF e b) PP x DC. Lages, 2006. ....	78
Figura 27 - Mapas de isolinhas de PP (Kg), NF, PMF (g) e DC (cm) da área 35C. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006. ....	79
Figura 28 - Mapas temáticos de 5 e 3 classes no ano de 2005 para as variáveis: a) PP, b) NF e c)PMF. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.....	81
Figura 29 - Mapa temático de 3 classes de DC. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada.....	82
Figura 30 - Distribuição dos pontos amostrados da área 11D. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006. ....	85
Figura 31 - Histogramas e gráficos de probabilidade normal de PP05, NF05 e PMF05 da área 11D. ....	87
Figura 32 - Regressões de a) PP x NF e b) PP x DC. Lages, 2006. ....	88
Figura 33 - Mapas de isolinhas de PP (Kg), NF, PMF (g) e DC (cm) da área 11D. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.....	90
Figura 34 - Mapas temáticos de 5 e 3 classes no ano de 2005 para as variáveis a) PP, b) NF e c)PMF. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.....	93
Figura 35 - Mapa temático de 3 classes para a variável DC. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006. ....	93

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos produtores de maçã no Estado de Santa Catarina no biênio 2003/2004. ....	22
Tabela 2 - Período de realização das colheitas nos anos de 2004 e 2005 nas áreas pesquisadas da empresa Mareli. Lages 2006. ....	45
Tabela 3 - Valores qualitativos usados no fatiamento dos MDE para 5 e 3 classes. ....	49
Tabela 4 - Classificação por calibre da maçã, com base no número de frutos contidos numa caixa modelo Mark IV, com capacidade para conter 18 kg do produto.....	51
Tabela 5 - Estatística descritiva das variáveis Altitude, Diâmetro de Caule (DC), Peso dos frutos por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) na área 35A nos anos de 2004 e 2005. Lages, 2006. ....	53
Tabela 6 - Parâmetros dos semivariogramas ajustados das variáveis: Altitude, Diâmetro de Caule (DC), Produção por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) na área 35A nos anos de 2004 e 2005. Lages, 2006. ....	60
Tabela 7 - Limites dos intervalos das classes para os mapas temáticos de 5 e 3 classes.....	64
Tabela 8 - Tabulação cruzada entre PP04 e NF04 da área 35A, em percentagem da área total.....	68
Tabela 9 - Tabulação cruzada entre PP05 e NF05 da área 35A, em percentagem da área total.....	68



Tabela 10 - Tabulação cruzada entre PP04 e PMF04 da área 35A, em percentagem da área total.....	69
Tabela 11 - Tabulação cruzada entre NF04 e PMF04 da área 35A, em percentagem da área total.....	69
Tabela 12 - Tabulação cruzada entre PP05 e PMF05 da área 35A, em percentagem da área total.....	70
Tabela 13 - Tabulação cruzada entre NF05 e PMF05 da área 35A, em percentagem da área total.....	70
Tabela 14 - Tabulação cruzada entre PP04 e PP05 da área 35A, em percentagem da área total.....	71
Tabela 15 - Tabulação cruzada entre NF04 e NF05 da área 35A, em percentagem da área total.....	72
Tabela 16 - Tabulação cruzada entre PMF04 e PMF05 da área 35A, em percentagem da área total.....	73
Tabela 17 - Tabulação cruzada entre DC e PP04 da área 35A, em percentagem da área total.....	74
Tabela 18 - Tabulação cruzada entre DC e PP05 da área 35A, em percentagem da área total.....	74
Tabela 19 - Estatística descritiva das variáveis Diâmetro de Caule (DC), Produção por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) na área 35C no ano de 2005. Lages, 2006. ....	76
Tabela 20 - Parâmetros dos semivariogramas ajustados para as variáveis: Altimetria, Diâmetro de Caule (DC), Produção por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) na área 35C no ano de 2005. Lages, 2006. ....	78
Tabela 21 - Limites dos intervalos das classes para os mapas temáticos de 5 e 3 classes.....	80
Tabela 22 - Tabulação cruzada entre PP05 e NF05 da área 35C, em percentagem da área total.....	83

Tabela 23 - Tabulação cruzada entre PMF05 e PP05 da área 35C, em percentagem da área total.....	84
Tabela 24 - Tabulação cruzada entre PMF05 e NF05 da área 35C, em percentagem da área total.....	84
Tabela 25 - Tabulação cruzada entre DC e PP05 da área 35C, em percentagem da área total.....	85
Tabela 26 - Estatística descritiva das variáveis Diâmetro de Caule (DC), Produção por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) na área 11D no ano de 2005. Lages, 2006. ....	86
Tabela 27 - Parâmetros dos semivariogramas ajustados para as variáveis: Altimetria, Diâmetro de Caule (DC), Produção por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) na área 11D no ano de 2005. Lages, 2006. ....	89
Tabela 28 - Limites dos intervalos das classes para os mapas temáticos de 5 e 3 classes.....	91
Tabela 29 - Tabulação cruzada entre PP05 e NF05 da área 11D, em percentagem da área total.....	94
Tabela 30 - Tabulação cruzada entre PP05 e PMF05 da área 11D, em percentagem da área total.....	95
Tabela 31 - Tabulação cruzada entre NF05 e PMF05 da área 11D, em percentagem da área total.....	95
Tabela 32 - Tabulação cruzada entre DC e PP05 da área 11D, em percentagem da área total.....	96

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABPM Associação Brasileira de Produtores de Maçã

AP Agricultura de Precisão

As Coeficiente de Assimetria

CV Coeficiente de Variação

DC Diâmetro de Caule

DGPS Sistema de Posicionamento Global Diferencial

DP Desvio Padrão

DPI Divisão de Processamento de Imagens

EPAGRI Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

ESF Modelo Esférico

EXP Modelo Exponencial

FAA Federal Aviation Administration

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations

GAUS Modelo Gaussiano

GPS Sistema de Posicionamento Global

GUI Interface Gráfica com Usuário

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE Instituto Nacional de Pesquisa Espacial

K coeficiente de Curtose

KS Kolmogorov-Smirnov

LMI Limite Médio Inferior

LMS Limite Médio Superior

MDE Modelo Digital de Elevação

MNE Modelo Numérico de Elevação

MNT Modelo Numérico do Terreno

NDVI Índice de Vegetação Diferenciada Normalizada

NF Número de Frutos por Planta

NF04 Número de Frutos por Planta de 2004

NF05 Número de Frutos por Planta de 2005

PIF Produção Integrada de Frutas

PIM Produção Integrada de Maçã

PMF Peso Médio de Frutos por Planta

PMF04 Peso Médio de Frutos por Planta de 2004

PMF05 Peso Médio de Frutos por Planta de 2005

POT Modelo Potência

PP Peso por Planta

PP04 Peso por Planta de 2004

PP05 Peso por Planta de 2005

S/A Selective Availability

SIG Sistema de Informação Geográfica

WAAS Wide Area Augmentation System

WADGPS Wide Área Differential GPS

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>20</b>
2.1	A CULTURA DA MAÇÃ ( <i>MALUS DOMESTICA</i> BORKH.).....	20
2.1.1	Características botânica da macieira .....	20
2.1.2	Importância da cultura .....	21
2.2	AGRICULTURA DE PRECISÃO (AP).....	23
2.3	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) E O GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES EM CULTURAS PERENES .....	27
2.4	ANÁLISE ESPACIAL DA VARIABILIDADE .....	29
2.4.1	Mapas para análise espacial.....	30
2.4.2	Geoestatística .....	32
2.5	PRINCIPAIS SISTEMAS DE SOFTWARE APLICADOS EM AGRICULTURA DE PRECISÃO .....	35
2.5.1	Sistemas proprietários .....	35
2.5.2	Sistemas baseados em software livre.....	35
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS .....	38
3.1.1	Área 35A .....	38
3.1.2	Áreas 35C e 11D .....	39
3.2	MAPEAMENTO .....	40
3.2.1	Imagem IKONOS .....	40
3.2.2	Georreferenciamento das amostras.....	41
3.2.3	Altimetria .....	42
3.3	AMOSTRAGEM .....	43
3.4	COLHEITA DAS FRUTAS .....	44
3.5	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	45
3.5.1	Peso de frutos por planta (PP).....	45
3.5.2	Número de frutos por planta (NF) .....	46
3.5.3	Peso médio de frutos por planta (PMF) .....	46
3.5.4	Diâmetro de caule (DC) .....	46
3.6	ANÁLISE ESPACIAL .....	47
3.6.1	Estatística descritiva .....	47
3.6.2	Geoestatística .....	48
3.6.3	Mapas de classes ou mapas temáticos .....	49
3.6.4	Tabulação cruzada .....	51

<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>52</b>
4.1	ANÁLISES SOBRE A ÁREA <b>35A</b> .....	52
4.1.1	Krigeagem.....	62
4.1.2	Mapas de classes ou temáticos .....	64
4.1.3	Tabulação cruzada .....	67
4.1.3.1	Variáveis do mesmo ano .....	67
4.1.3.1.1	PP x NF (2004 e 2005).....	67
4.1.3.1.2	PMF04 x PP04 e NF04.....	68
4.1.3.1.3	PMF05 x PP05 e NF05.....	69
4.1.3.2	Variáveis em anos diferentes .....	70
4.1.3.2.1	PP04 x PP05 .....	70
4.1.3.2.2	NF04 x NF05 .....	71
4.1.3.2.3	PMF04 x PMF05.....	72
4.1.3.2.4	DC x PP04 e PP05 .....	73
4.2	ANÁLISES SOBRE A ÁREA <b>35C</b> .....	74
4.2.1	Krigeagem.....	79
4.2.2	Mapas de classes ou temáticos .....	80
4.2.3	Tabulação cruzada .....	82
4.2.3.1	PP05 x NF05 .....	82
4.2.3.2	PMF05 x PP05 e NF05.....	83
4.2.3.3	DC x PP05.....	84
4.3	ANÁLISES SOBRE A ÁREA <b>11D</b> .....	85
4.3.1	Krigeagem.....	89
4.3.2	Mapas de classes ou temáticos .....	90
4.3.3	Tabulação cruzada .....	94
4.3.3.1	PP05 x NF05 .....	94
4.3.3.2	PMF05 x PP05 e NF05.....	94
4.3.3.3	DC x PP05.....	96
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>97</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>99</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Na agricultura existe uma competitividade muito acirrada entre os setores produtivos. A necessidade de se adequar as exigências internacionais de mercado e manter preços ideais para venda, fazem os administradores rurais procurarem novas técnicas para os sítios de produção.

Na serra catarinense, a cultura da maçã é um exemplo de adequações a normas de produção exigidas para exportação a países da Europa, principalmente. Conceitos como Produção Integrada de Frutas (PIF), Produção Integrada de Maçã (PIM) e EUREPGAP Fresh Fruit and Vegetables, indicam que os sítios de produção devem ser submetidos a avaliações e controles, com objetivo de implementar métodos e técnicas ecologicamente seguros. Seus correspondentes certificados exigem que o produtor minimize as aplicações de agroquímicos, bem como os efeitos negativos desses produtos sobre o meio ambiente e saúde humana (NETO et al., 2005).

A gestão de sítios específicos nas unidades produtivas é uma abordagem recente, oriunda do conceito de Agricultura de Precisão (AP). AP pode ser definida como um conjunto de métodos, técnicas e tecnologias aplicadas ao gerenciamento de pequenas unidades espaciais de produção. Seus principais objetivos são otimizar a utilização de insumos e minimizar os prováveis impactos negativos sobre o meio ambiente e saúde humana. Seus principais instrumentos de decisão são os mapas de variabilidade espacial, os quais indicam ao decisor o comportamento geográfico

do fenômeno. A AP enfatiza que o manejo das lavouras pode ser melhor conduzido se a variabilidade espacial da produtividade e dos fatores a ela relacionados forem conhecidos, tais fatores podem ser tratados localmente ou os sítios de produção podem ser divididas em unidades de gerenciamento diferenciado (MOLIN et al., 2005). Segundo Queiroz et al. (2000) o objetivo da AP consiste em manusear pequenas áreas, dentro do campo de produção, visando reduzir o uso de produtos químicos e aumentar a produtividade.

Os mapas de variabilidade auxiliam a etapa de Inteligência do processo decisório (SIMON, 1960), durante o qual o decisor deve identificar, formular e classificar o problema (PORTO & AZEVEDO, 1997), com auxílio de dados obtidos do mundo real. A princípio, quanto mais informações, melhor conhecimento do problema e melhor a qualidade da decisão a ser tomada. Normalmente, o decisor possui capacidades cognitivas limitadas, fazendo com que o mesmo deva contar com ferramentas de suporte. Sistemas de Informações Geográficas, aliadas as tecnologias de Geomática, possibilitam ao decisor adquirir e manipular grande quantidade de informações na forma de dados geográficos (posição, geometria e atributos), relativos a entidades com expressão espacial. Com auxílio destas tecnologias, o decisor também pode realizar tarefas preditivas ou de simulação, gerando cenários de possíveis alternativas de decisões.

Do ponto de vista do gerenciamento localizado de sítios de produção de frutas, poucos trabalhos têm procurado explorar o uso do conceito de AP e das geotecnologias, como meio de suporte ao produtor para minimizar custos, conhecer as diferentes zonas de manejo e possivelmente para implantação e manutenção das certificações.

Apesar de AP não ser uma exigência para tais certificações, algumas



iniciativas têm procurado explorar o seu potencial em culturas perenes. Trabalhos com mapeamento de produção, que é um dos pontos de partida para AP, vêm sendo utilizado em colheita mecanizada de café (LEAL, 2002) e colheita de laranja (BALASTREIRE et al., 1999; FARIAS, P. et al., 2003), aliando técnicas e instrumentos de AP nos sítios produtivos. Na cultura da maçã, esta necessidade é evidente, na medida em que no Brasil há uma carência de estudos visando aplicar conceitos de AP nesta cultura.

O presente trabalho teve como objetivo geral explorar o conceito de AP na cultura da macieira.

Como objetivos específicos mapear e avaliar os comportamentos espaciais de variáveis de produção, em três blocos de produção comerciais, sendo um deles avaliado em duas safras consecutivas. Procurou-se realizar um estudo exploratório de ferramentas de software e de metodologias, com as quais se pudesse realizar análises espaciais de algumas variáveis agrônomicas da cultura e verificar possíveis relações espaciais entre as variáveis.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A CULTURA DA MAÇÃ (*Malus domestica* BORKH.)

#### 2.1.1 Características botânica da macieira

A macieira é uma espécie de fruteira lenhosa, decídua, temperada que é muito adaptável a diferentes climas, podendo ser cultivada desde os trópicos até altas latitudes.

Á família a qual pertence é das Rosaceae que abrange aproximadamente 100 gêneros e um número maior que 2000 espécies em todo o mundo. Nessa família os fatores de distinção entre as subfamílias são a forma do receptáculo floral, o número, a posição relativa dos carpelos e o caráter dos frutos (EPAGRI, 2002).

Pomoideae é a subfamília que a macieira pertence, caracterizada por profundo receptáculo em forma de taça, onde as paredes inferiores se unem aos carpelos, que acabam se unindo entre si e contêm geralmente dois óvulos. O fruto é um pomo, formado por um grande receptáculo carnudo entorno dos ovários. O endocarpo é coriáceo ou pétreo e possui uma semente. As plantas se caracterizam por árvores, com folhas alternadas, simples, caducas, estipuladas, penínervias de bordos dentados e tomentosas no lado inferior. As flores são brancas ou rosas, inferovariadas, dispostas em inflorescência de umbela, pentâmera, actinomorfas, hermafroditas e caracterizadas por 5 a 2 carpelos. Possui cálice persistente e a corola caduca. Possuindo essa formula floral:  $K_5 ; C_5 ; A_{\text{muitos}} ; G_{(5-2)}$  (EPAGRI, 2002).

Em literatura encontro-se vários nomes científicos pelos quais a macieira já foi

denominada, tais como: *Pyrus malus* Lineu, *Malus pumila* Miller, *Malus sylvestri* Miller, *Malus malus* Britton, *Malus communis* Poiret e *Malus domestica* Borkhausen, sendo o último proposto em 1803 e, conforme o Código Internacional de Nomenclatura Botânica, é a primeira denominação válida publicada para macieira cultivada, anulando todas as denominações publicadas a partir daquela data (EPAGRI, 2002).

### 2.1.2 Importância da cultura

Dos 5,3 milhões de hectares cultivados com macieira no mundo, 60,2% situam-se na Ásia; 29%, na Europa; 7,4%, na América; 2,7%, na África; e 0,7%, na Oceania. Os EUA possuem (160 mil ha), México (62 mil ha), Argentina (54 mil ha), Chile (36 mil ha), Brasil (31 mil ha) e Canadá (21 mil ha), em valores aproximados de 2003 (FAO, 2004).

Em 2004, a produção brasileira foi de 980.203 t de maçã, com Santa Catarina produzindo 583.205 t, numa área de 17.644 ha, que representa 59,5% da produção nacional (IBGE, 2005). O Rio Grande do Sul produziu 353.140 t, 36%, o Paraná 41.297 t, 4,2%, São Paulo 1.875 t e Minas Gerais 686 t, sendo os dois últimos 0,3% da produção nacional (Figura 1).

Estes dados indicam a importância nacional do Estado de Santa Catarina na produção de maçã. Isso se deve às condições climáticas favoráveis para a cultura e à concentração de grandes empresas produtoras e receptoras de produção. Segundo a EPAGRI (2003), o Estado possuía 1.627 produtores com previsão de aumento para 1.738 em 2004 (Tabela 1).

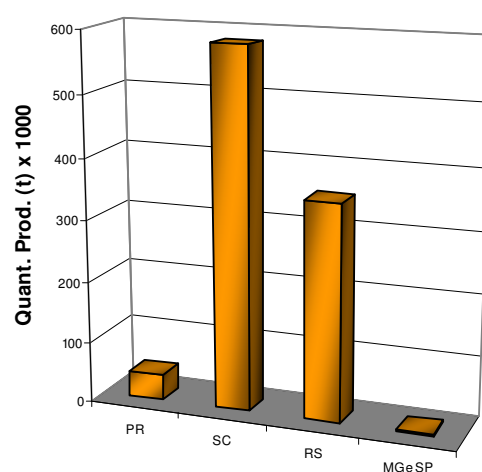


Figura 1 - Quantidade produzida de maçã (toneladas) pelos Estados produtores.

Fonte: IBGE, 2005.

Tabela 1 - Distribuição dos produtores de maçã no Estado de Santa Catarina no biênio 2003/2004.

Municípios	Produtores em 2003	Previsão para 2004
São Joaquim	720	780
Bom Jardim da Serra	230	260
Urupema	164	153
Urubici	97	104
Fraiburgo	85	90
Videira	75	79
Tangará	50	50
Rio Rufino	36	37
Caçador	30	32
Rio das Antas	25	25
Painel	24	25
Água Doce	17	17
Lages	9	9
Pinheiro Preto	8	10
Lebom Régis	8	8
Campo Belo	1	1
Outros	48	58
<b>Total</b>	<b>1.627</b>	<b>1.738</b>

Fonte: EPAGRI, 2003.

Tais produtores se concentram nas Mesorregiões Oeste e Serrana do estado, os quais se distinguem entre si em estruturas fundiárias, clima, estrutura produtiva e distribuição de cultivares.

Segundo dados de Aquino & Benitez (2005), a maioria dos pomares da Mesorregião Oeste se concentra em propriedades de seis grandes pomicultoras localizadas principalmente no município de Fraiburgo. Em 2003, a região participou com 48,5 % da área cultivada do Estado, que era de 16.348 hectares, e com 50 % da produção estadual, de um total de 475.095 t, com um valor de R\$ 144,3 milhões, 48,6 % de um total de R\$ 296,8 milhões.

A maioria das propriedades na Mesorregião Serrana é de pequenos produtores, concentrados nos municípios de São Joaquim, Bom Jardim da Serra e Urupema. No município de São Joaquim, os maiores produtores são: Sanjo – Cooperativa Agrícola São Joaquim, Cooperserra – Cooperativa Regional Serrana, Hiragami, Cooperativa Agrícola Frutas de Ouro Ltda., Mareli Agropastoril Ltda., Yakult S/A Indústria e Comércio e Mafrai Fruticultura Ltda. (ABPM, 2004). Em 2003, esta região participou com 51,5 % da área cultivada do Estado e com 50 % da produção estadual, com um valor de R\$ 152,6 milhões, 51,4 % do valor da produção estadual.

## 2.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO (AP)

O conceito de AP possui definições variadas (TSCHIEDEL & FERREIRA, 2002). Segundo Manzatto et al. (1999), AP pode ser definida como a aplicação de insumos em local exato, no momento adequado, em quantidades necessárias à produção agrícola, abrangendo áreas cada vez menores e mais homogêneas, tanto quanto a tecnologia e os custos envolvidos permitam. Para Balastreire (1998), AP se

trata de um conjunto de técnicas que permite o gerenciamento localizado de culturas. AP é tecnologia que objetiva aumentar a eficiência com base no manejo diferenciado de áreas agrícolas (QUEIROZ et al., 2000). AP é um conjunto de técnicas que procuram diminuir ineficiências na produção agrícola e converter em retorno econômico para o produtor (SEARCY, 2000). Ela se caracteriza como uma filosofia de administração, que somente será relevante se o produtor se dedicar à melhoria da eficiência da produção. Molin (2000) define como elenco de tecnologias e procedimentos utilizados para que sistemas de produções agrícolas sejam otimizados, tendo como objetivo principal o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores a ela relacionados. Para ROLAS (2004), AP consiste em aplicação de tecnologias de avaliação e manejo da variabilidade espacial dos parâmetros das culturas e do solo. São utilizados sistemas georreferenciados de coleta de amostras de solo e de aplicação de insumos a taxas variáveis, ou seja, com doses ajustadas à condição agronômica de cada ponto dentro de uma lavoura. O objetivo da AP é aplicar, de forma localizada, sementes, fertilizantes e outros insumos em função de variáveis de célula, a fim de se fazer o melhor uso das potencialidades do solo (GOERING, 1992).

Os conceitos de AP têm por princípio a existência de variabilidade da produtividade das culturas e atributos de planta e solo, podendo ser classificadas em espacial, temporal e preditiva (BLACKMORE & LARSCHEID, 1997). A variabilidade espacial pode ser constatada nos sítios de produção e expressa através de mapas. A variabilidade temporal pode ser definida como a diferença de valores de um atributo de um ponto, no sítio de produção. Esta pode ser observada, por exemplo, quando da comparação de mapas de produtividades de anos consecutivos. A preditiva é a diferença entre a previsão de algum valor de atributo e o valor que

efetivamente ocorreu. Para que se possam gerenciar as variabilidades são necessárias compreendê-las e medi-las.

AP fundamenta-se na existência da variabilidade espacial dos fatores produtivos e, portanto, da própria quantidade produzida pela cultura. A representação gráfica da variabilidade espacial através de mapas é uma das ferramentas mais importantes para sua análise (BALASTREIRE et al., 1997).

Um novo significado está sendo dado pela AP ao gerenciamento da produção agrícola, por se perceber a existência da variabilidade espacial dos fatores de produção (HAN et al., 1994; SEARCY, 1995). A área de produção começa a ser vista como conjunto de pequenas subáreas, tratadas individualmente e consideradas as menores unidades gerenciais, a fim de que seja incrementada a rentabilidade econômica de cada subárea.

Goering (1992) constatou aumento da produtividade fazendo uma melhor distribuição na aplicação de fertilizantes, sem que houvesse o aumento da quantidade utilizada. Silva (2000) afirma que nem sempre este controle localizado visa obter aumento de renda, mas sim minimizar impactos ambientais prejudiciais em consequência da aplicação incorreta de insumos.

Uma das tecnologias que contribuiu muito para AP começou a surgir em 1989, quando o Sistema de Posicionamento Global (GPS) se tornou disponível de forma limitada e foi testado como meio de localizar equipamentos agrícolas no campo (COLVIN et al, 1996). O Sistema de Posicionamento Global (GPS) pode ser apontado como a principal tecnologia responsável pela viabilização técnica da AP. Este sistema tornou possível a determinação precisa e acurada da posição geográfica de pontos nos sítios de produção, com rapidez e segurança.

O GPS é um sistema de navegação orientado por satélites que foi

desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD). Tal sistema teve como propósito, em sua concepção na década de 70, o uso exclusivamente militar. O primeiro satélite do sistema foi lançado em 1978 e considerado em capacidade operacional total em 1995 (LEICK, 2004), com uma constelação composta de 24 satélites que possibilitou uma cobertura total do globo terrestre. Os satélites estão distribuídos em seis órbitas de  $55^\circ$  de inclinação em relação ao plano do Equador. Essa disposição permite que em qualquer lugar no globo terrestre estejam disponíveis, no mínimo 4 satélites. Atualmente a constelação é de 27 satélites com alguns funcionando de reserva (MOLIN, 2001). A altura da órbita dos satélites é de 20.200 km em relação à superfície terrestre e cada satélite possuem um ciclo orbital de 12 horas.

O erro por disponibilidade seletiva S/A (Selective Availability) era a principal fonte de erro de posicionamento que, somados a outros erros de sinal, davam aos receptores acurácia de aproximadamente 60 a 100 metros. Apesar do DoD ter eliminado a S/A em maio de 2000, os receptores possuem atualmente acurácias de 5 a 15 metros no modo C/A. Esse nível de precisão possibilitou um incremento de uso do sistema, principalmente na AP, a exemplo de sua utilização no georreferenciamento de grades de amostragens. Porém, para algumas práticas de manejo tal precisão não é a ideal. Para se resolver esse problema, passou-se a utilizar um método que melhorasse a acurácia dos aparelhos denominado de correção diferencial. A idéia de correção diferencial começou em 1989 com o conceito de WADGPS (Wide Area Differential GPS). Baseados nesse conceito, vários sistemas foram implementados ao redor do globo. A FAA (Federal Aviation Administration) desenvolveu um sistema chamado de WAAS (Wide Area Augmentation System) para a aviação civil, que auxília as aeronaves nas



aproximações (LEICK, 2004). O sistema utiliza satélite geoestacionário sobre a linha do Equador, que recebe correções do sinal GPS de estações de monitoramento em terra, distribuídas no território dos Estados Unidos. Elas possuem coordenadas conhecidas e registram a diferença das coordenadas fornecidas pelo rastreamento GPS. Essa diferença é enviada ao satélite geoestacionário e retransmitida ao receptor do usuário que corrige seu posicionamento aumentando a acurácia. O sinal WAAS é transmitido na mesma frequência do sinal GPS na banda L1 (1.575,42 MHz) (MOLIN, 2001).

O setor industrial agrícola, em contato com essa tecnologia, passou a desenvolver máquinas e implementos específicos que atendessem a um mercado que exigia controles mais apurados das práticas agrícolas. A inclusão do GPS e do DGPS às máquinas e sensores, possibilitou a elaboração de mapas de produtividade em tempo real, assim como mapas de alguns atributos do solo e planta. Viabilizou também a utilização de implementos de aplicação a taxas variadas de fertilizantes e pulverizações em quantidades mais racionais, de acordo com a demanda específica de um sítio. O alvo das indústrias no Brasil, principalmente, está focado para o sistema produtivo de grãos, tanto em tratores e colhedoras com diversos sensores, como implementos para semear, adubar e pulverizar. Para o setor de culturas perenes, em especial as culturas lenhosas, praticamente não se encontra equipamentos adaptados para AP no Brasil.

### 2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) E O GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES EM CULTURAS PERENES

SIG tem a capacidade de gerenciar dados geográficos, dados esses que

descrevem entes do mundo real pela sua posição, geometria, relacionamentos espaciais e atributos (BURROUGH,1986). A capacidade de gerenciamento usualmente inclui coleta, edição, armazenamento, recuperação, manipulação e apresentação de uma variedade de dados espaciais, demonstrados em imagens de satélite, mapas, gráficos, modelos numéricos do terreno (MNT) e outros, além de ferramentas avançadas de análise e visualização (NETO, 2000).

Silva (1999) cita várias definições de SIG e relata que a definição de Sistema de Informações Geo-referenciadas ou Sistema Informações Geográficas possui um grande desafio pois:

- Os SIG são tecnologias recente e, nas últimas três décadas, houve um crescimento rápido tanto teórico quanto tecnológico e organizacional da teoria da comunicação.
- A orientação comercial da utilização dos SIG gerou figuras de linguagem que aumentam ou diminuem em demasia a realidade dos fatos.
- O aumento em número de consultores em SIG provocou o aparecimento de informações conflitantes do real significado de SIG.
- A multidisciplinaridade de seu uso possibilitou que grupos heterogêneos formassem diversos conceitos sobre SIG.

Vários trabalhos de utilização de SIG na agricultura podem ser vistos em Ortiz (2004) e Assad & Sano (1998). Os autores descrevem trabalhos com produção de diferentes mapas como de colheita, fertilidade do solo, invasoras e aplicação de insumos. Culturas perenes têm potencial para se beneficiar da utilização de SIG em sua cadeia de produção, pois há uma quantidade de fatores climáticos, biológicos, humanos e de mercado que interferem no processo decisório.

Leal (2002), utilizou SIG (SSToolBox®) para a interpolação dos valores de

produção de café colhido mecanicamente com pesagem automática no campo, com um sistema desenvolvido com células de carga. O trabalho mostrou que a produtividade média da área foi de  $4.226 \text{ Kg.ha}^{-1}$ , mas a produtividade na área variou de  $1.284$  a  $6.326 \text{ Kg.ha}^{-1}$ . Os primeiros trabalhos realizados na fruticultura foram com a produção de mapas de colheitas de citrus (BALASTREIRE et al, 1999).

Na cultura da maçã na região Serrana de Santa Catarina, Rudorff et al. (2003), fizeram uso de SIG para auxiliar no gerenciamento de quadras na Fazenda Rio Verde, em Fraiburgo, SC. Braga (1995) fez uso de SIG para gerenciar dados climáticos e fenológicos da cultura da maçã, com o intuito de fazer previsões das fenofases, rendimentos e safras. Segundo o autor, as previsões podem ser feitas com até 120 dias de antecedência do evento.

A utilização SIG para cálculo do Índice de Vegetação Diferenciada Normalizada (NDVI), através de Sensoriamento Remoto, também tem sido utilizada na definição de pontos de amostragens para monitoramento de rendimento e qualidade em pomar de maçã (BEST, 2004) e para zoneamento do manejo em viticultura. Na viticultura permitiu demarcar zonas para manejo diferenciado em áreas, na busca de zonear áreas para produção de uvas para vinhos de qualidade dentro de um sítio de produção (PÉREZ-QUEZADA, 2005).

## 2.4 ANÁLISE ESPACIAL DA VARIABILIDADE

Análise espacial é o estudo das propriedades e relacionamentos de um ou mais fenômenos, levando em consideração a localização espacial. Através da análise espacial é possível estimar propriedades e relacionamentos em locais não amostrados, tal que os fenômenos possam ser expressos na forma de mapas. A

análise espacial possibilita tanto uma visão holística do fenômeno, como uma visão específica mais detalhada de um local em particular. Usualmente, em AP, análise espacial é praticada a partir de um conjunto de amostras georreferenciadas, submetidos a tratamentos estatísticos e geoestatísticos, com a finalidade de se avaliar a grau de dependência espacial dos atributos medidos. A maior parte das ocorrências de fenômenos, estes naturais ou sociais, apresentam entre si uma relação que depende da distância (CÂMARA et al., 2004). Por exemplo, a presença de pragas ou doença em um ponto de monitoramento em um talhão de produção, é mais provável que locais próximos ao ponto estão sendo afetados do que pontos mais afastados.

#### 2.4.1 Mapas para análise espacial

A análise espacial deve ser feita sobre um modelo que considere a dependência espacial presente no fenômeno. Inicia-se com uma análise exploratória e visual dos dados. As formas mais utilizadas para caracterizar os problemas de análise espacial consideram três tipos de dados (CÂMARA et al., 2004):

a) *Eventos ou Padrões Pontuais* – ocorrências identificadas através de pontos localizados no espaço, chamados processos pontuais. Exemplos: localização de crimes, ocorrências de doenças e localização de espécies vegetais.

b) *Superfícies Contínuas* – estimadas a partir de conjunto de amostras pontuais de campo, com distribuição espacial regular ou irregular. Exemplos desse tipo são levantamentos de recursos naturais como mapas geológicos, topográficos, ecológicos, fitogeográficos e pedológicos ou de atributos agronômicos como produtividade, incidência de pragas, perdas na colheita, entre outros.

c) *Áreas com Contagens e Taxas Agregadas* – dados relativos a

levantamentos populacionais, que referem-se a indivíduos localizados em pontos específicos do espaço, dados esses como censos e estatísticas relacionadas a população. Estes dados são atribuídos à unidades de análise, normalmente representadas por polígonos fechados, por exemplo, quadras de produção de maçã.

Mapas de superfícies contínuas resultam da estimativa de valores de atributos, medidos nos locais de amostragem, em locais não amostrados. Para cada ponto  $i$  no espaço  $(X_i, Y_i)$  resulta um atributo  $(Z_i)$ , cujo conjunto  $(i = 1, 2, 3, \dots)$  produz um Modelo Numérico de Elevação (MNE) ou Modelo Digital de Elevação (MDE). Usualmente tais modelos estão na forma de grades, as quais podem servir de base para a geração de modelos derivados com diferentes representações. É o caso dos mapas de isolinhas, mapas de níveis de cinza e mapas de classes ou temáticos.

Mapas de isolinhas normalmente resultam em difíceis interpretações já que sua leitura não é intuitiva, precisando de um tempo de análise maior para sua compreensão. Quando analisado em conjunto com mapa de nível de cinza, melhora a compreensão das regiões de valores altos e baixos (Figura 2-a). Mapas de classes ou temáticos representam regiões de intervalos de valores definidos por metodologia ou pelo decisor, para que o problema se expresse de maneira mais clara e as regiões dos valores de interesse se destaquem (Figura 2-b). Mapas temáticos simplificam e sintetizam a ocorrência de fenômenos além de possibilitar a valoração qualitativa do mesmo.

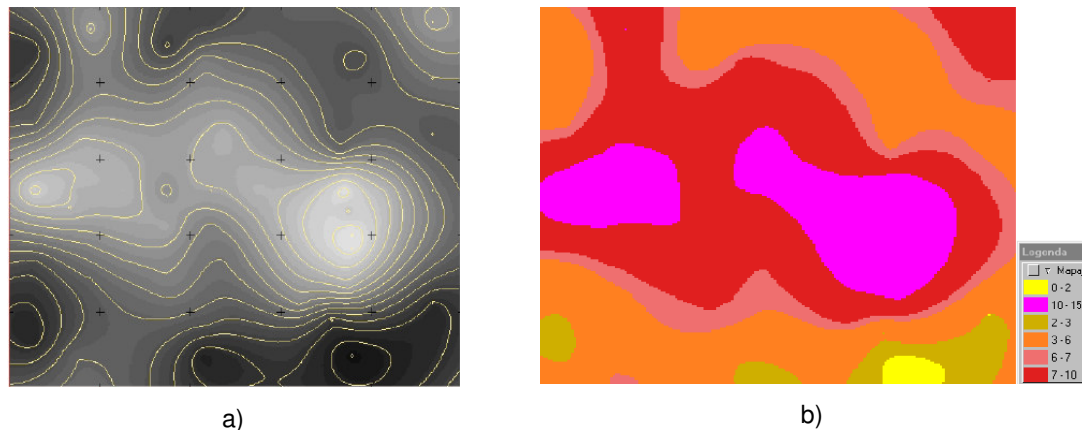


Figura 2 - a) Mapa de isolinhas com nível de cinza; b) Mapa temático (classes).

Fonte: Lopes, 2003.

Na geração do MDE, a interpolação é feita na rede formada pelos pontos amostrados, para se obter os valores em locais não amostrados. A interpolação pode ser feita através de interpoladores como média ponderada, média simples, vizinho mais próximo, entre outros, ou usando o método geoestatístico da krigagem. Este último possibilita interpolar valores em qualquer posição no campo de estudo, sem tendência e com variância mínima (VIEIRA, 1995). Para tal deve-se conhecer o semivariograma da variável em estudo, de forma a se analisar a dependência espacial entre as amostras.

#### 2.4.2 Geoestatística

A Geoestatística surgiu na África do Sul com Krige (VIEIRA, 1995), quando trabalhando com a concentração de pepitas de ouro, concluiu que a variância não conseguia fazer sentido se não levasse em consideração as distâncias entre as amostras.

Geoestatística se preocupa com o comportamento das chamadas variáveis regionalizadas e fundamentalmente pode se basear nos pressupostos seguintes

(LANDIM et al., 2002):

- Ergodicidade: a esperança referente à média de todas as possíveis realizações da variável é igual a média de uma única realização dentro de um certo domínio.
- Estacionariedade: na região em que se pretende fazer estimativas, o fenômeno é descrito como homogêneo dentro desse espaço.
- Hipótese Intrínseca: as diferenças entre valores apresentam fraco incremento, isto é, as diferenças são localmente estacionárias.

Baseado em Krige, Matheron (1963 & 1971) desenvolveu a teoria das variáveis regionalizadas que contém os fundamentos da geoestatística.

Uma variável regionalizada é uma função espacial numérica que varia de um local para outro com uma continuidade aparente e cuja variação não pode ser representada por uma função matemática simples (INPE, 2005). Essa continuidade ou autocorrelação pode ser medida através do semivariograma. O semivariograma é o gráfico que representa a semivariância dos dados ( $\gamma(h)$ ), e é estimada pela expressão abaixo:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

onde:

$\gamma(h)$  é a semivariância;

$Z(x_i)$  e  $Z(x_i + h)$  são os pares de valores medidos separados por um vetor  $h$ ;

$N(h)$  é número de pares de valores medidos  $[Z(x_i) - Z(x_i + h)]$  separados por um vetor  $h$ ;

$Z$  é a variável em estudo.

Na Figura 3, está ilustrado um semivariograma teórico, onde a semivariância cresce em função de  $h$  até um determinado ponto onde não se observa mais a continuidade espacial. Esse ponto no eixo  $h$  é denominado de alcance (*range*) do semivariograma ( $a$ ), e no eixo  $\gamma(h)$  é denominado patamar (*sill*) ( $C_0 + C_1$ ) e é aproximadamente igual à variância dos dados (VIEIRA, 1995). O valor positivo de  $\gamma(h)$  quando  $h$  tende a zero denomina-se efeito pepita (*nugget effect*) ( $C_0$ ). Seu valor revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores que a distância entre as amostras. Parte dessa descontinuidade também pode ser atribuída a erros de medições. O componente estrutural também chamado de contribuição ( $C_1$ ) é a porção da variação que é explicada pela continuidade espacial.

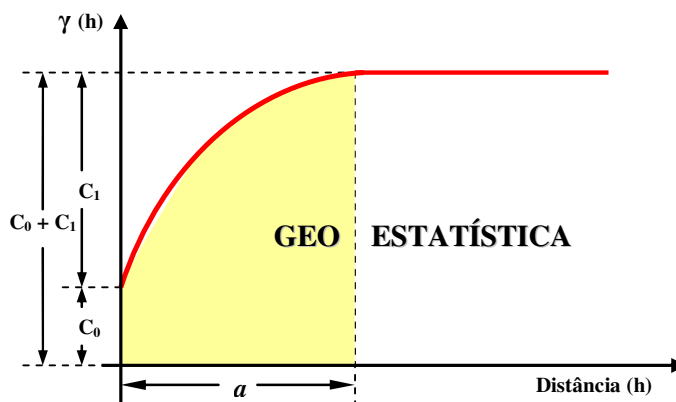


Figura 3 - Semivariograma e seus componentes.

Fonte: Adaptado de Guerra, 1988 citado por Farias & Albuquerque, 2003.

Segundo Farias & Albuquerque (2003), os métodos adotados pela geoestatística conseguem unir o aspecto espacial (topológico) com o aspecto aleatório (probabilístico), baseados na teoria das variáveis regionalizadas.



## 2.5 PRINCIPAIS SISTEMAS DE SOFTWARE APLICADOS EM AGRICULTURA DE PRECISÃO

### 2.5.1 Sistemas proprietários

Existe uma gama de softwares específicos alguns dos quais customizados para a prática de AP. Dentre os mais conhecidos no mercado estão SSToolBox<sup>®</sup> (Site-Specific Technology Development Group, Inc.), Farm Works Software<sup>®</sup> (CTN Data Service, Inc.) e soluções propostas por empresas fabricantes de máquinas agrícolas como FieldStar<sup>®</sup> (AGCO), e GreenStar<sup>®</sup> (Deer & Company).

Tais produtos oferecem ao usuário ferramentas para geração de mapas de variabilidade, gerenciamento de dados, simulações de cenários e diferentes maneiras de apresentação dos dados. Porém, para adquirir um desses produtos, existe um custo financeiro ao usuário.

### 2.5.2 Sistemas baseados em software livre

Em se pensar na diminuição de custos para obtenção de ferramentas computacionais para tomada de decisões, hoje o grande público tem a disposição softwares gratuitos, que podem ser usados para esse fim. Programas esses sem restrições de uso e sem ônus financeiro ao usuário, podendo esse fazer até modificações nos programas nos denominados software livre.

Software livre é definido como software cujo autor o distribui e outorga à todos a liberdade de uso, cópia, alteração e redistribuição de sua obra. Isso só é possível pela distribuição dos programas na forma de texto legível por humanos (código fonte) e o formato executável pelo computador (HEXSEL, 2002).

Também existem softwares de distribuição gratuitas que não são classificados

como livres, pois não é disponibilizado o código fonte do software, esses são denominados de Freeware. Um bom exemplo nacional desse grupo de softwares é o SIG Spring<sup>®</sup> (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) (CÂMARA et al., 1996).

Esse programa é um Freeware, de domínio público, com disponibilidade sem restrições podendo ser retransmitido, porém não permite que o usuário execute modificações no programa. O programa pode ser utilizado dentro de uma proposta de não despendar custo ao usuário na aquisição do SIG como forma de estimular o uso de tecnologias de análise espacial, com vistas a melhoria dos sistemas produtivos agrícolas.

O sistema Spring<sup>®</sup> é um produto desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), na Divisão de Processamento de Imagens (DPI) e conta com a participação da Embrapa/CNPTIA, IBM Brasil, TECGRAF e PETROBRAS/CENPES.

O Spring<sup>®</sup> se classifica como um SIG no estado-da-arte, com funcionalidades para processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais (INPE, 2005).

O Spring<sup>®</sup> é um banco de dados geográfico de 2ª geração que pode ser instalado em ambientes Windows e Unix e possui as seguintes características:

- Opera como um banco de dados geográfico e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo do banco;
- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais e realiza a integração de dados de Sensoriamento Remoto num SIG;
- O sistema é capaz de operar com funcionalidade plena tanto em

plataforma Windows, como em UNIX.

- Provê uma interface gráfica com usuário (GUI) que combina aplicações comandadas por “menus” e uma linguagem de consulta e manipulação espacial (Figura 4).

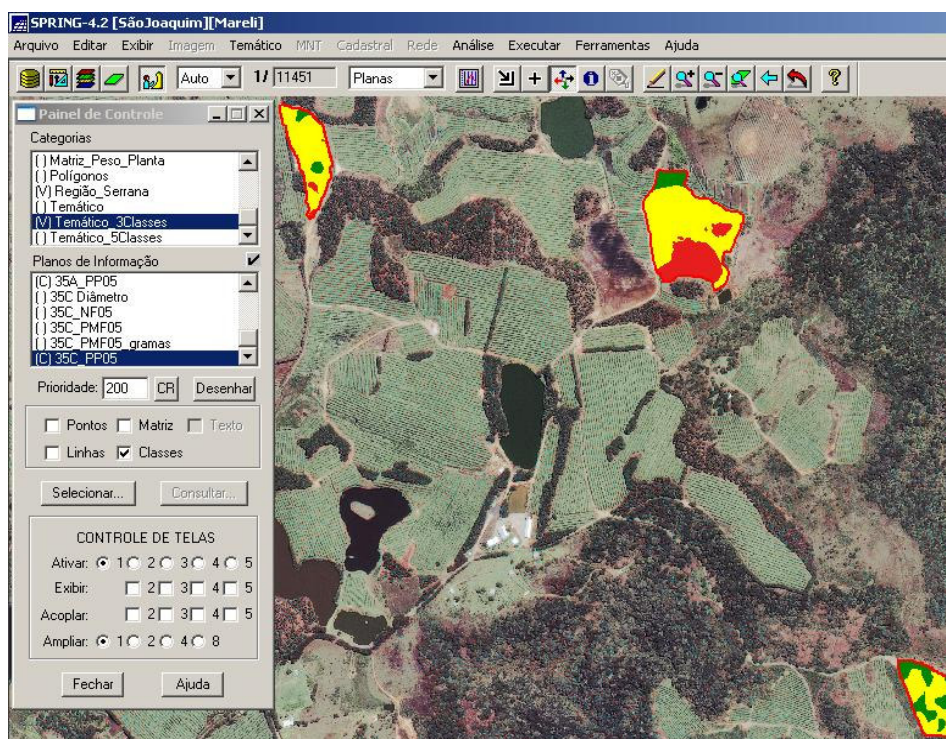


Figura 4 - Interface do Spring®.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS

Para realização do trabalho se utilizou de três áreas de produção comercial da cultivar Fuji na Fazenda da Empresa Mareli Agropastoril Ltda. A fazenda está localizada no município de São Joaquim, região Serrana de Santa Catarina, situada nas coordenadas de 28° 21' 42" de latitude Sul e 49° 56' 02" de longitude Oeste e com altitude média de 1364 metros. O solo da área é classificado como Cambissolo Háplico Distroférico típico. A produção média da Fazenda para cultivar Fuji na safra de 2003/2004 foi de 48,6 t.ha<sup>-1</sup>.

##### 3.1.1 Área 35A

A primeira área analisada corresponde à área **35A**, cuja nomenclatura foi estabelecida por pertencer a divisões de manejo da fazenda, sendo a área pertencente a Parcela 3, Quadra 5 e Bloco A. A mesma possui 4 ha, com 66% ocupada pela cultivar Fuji e 33% pela cultivar Gala com 16 anos de idade (Figura 5), dispostas em duas fileiras de Fuji para uma fileira de Gala. As cultivares foram enxertadas sobre porta enxerto M-7, tendo em média 4 m de altura. O espaçamento é de 6,0 m entre linhas e 2,75 m entre plantas.

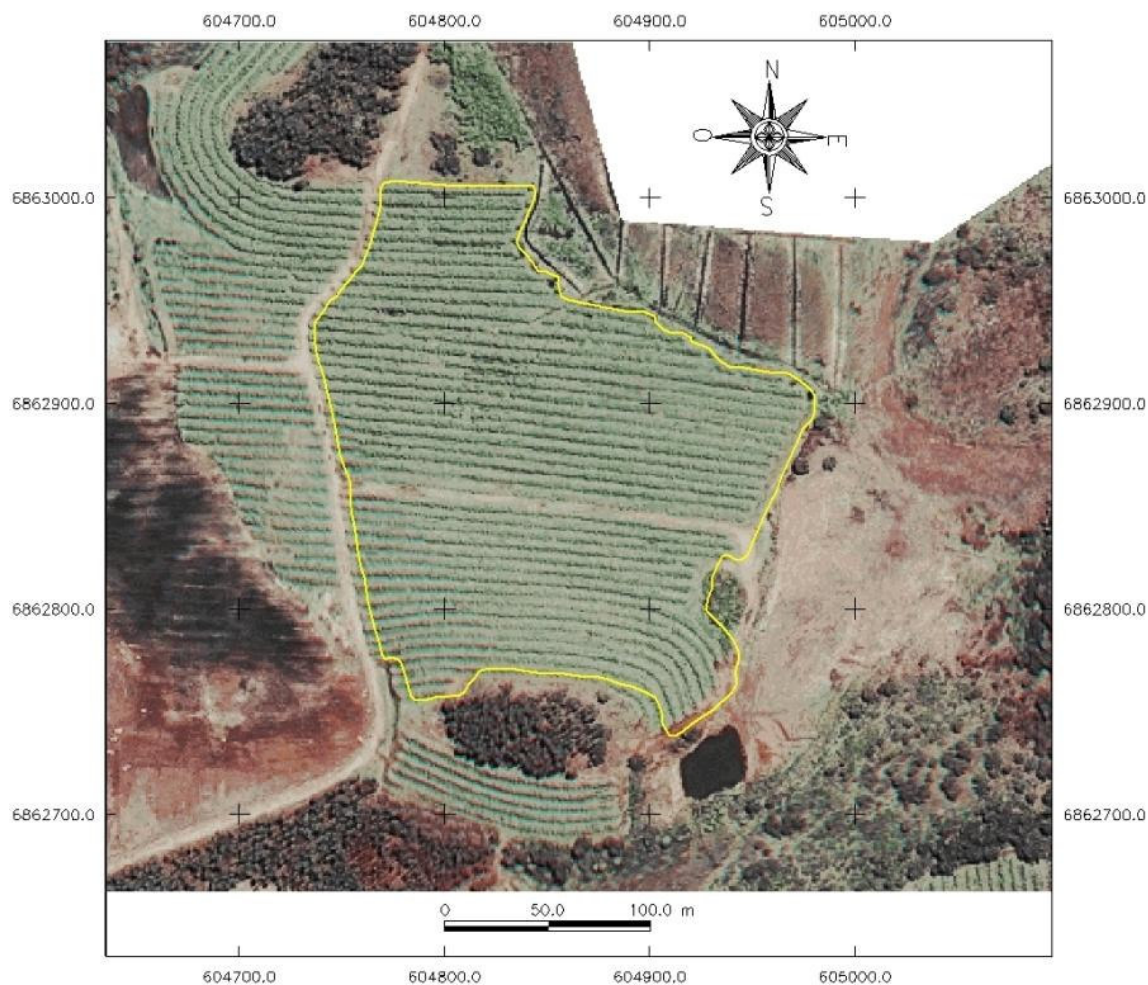


Figura 5 - Área 35A, produto obtido a partir de uma imagem IKONOS com resolução espacial de 1 m. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada.

### 3.1.2 Áreas 35C e 11D

Área denominada **35C**, pertence a Parcela 3, Quadra 5 e Bloco C, com 1,6 ha. Área **11D**, com 1,5 ha, pertence a Parcela 1, Quadra 1 e Bloco D. Ambas possuem 85% da área ocupada pela cultivar Fuji e 15% pela cultivar Gala com 16 anos de idade. As cultivares foram enxertadas sobre porta enxerto M-7, possuem em média 4 m de altura. O espaçamento é de 5,5 m entre linhas e 2,5 m entre plantas (Figura 6).



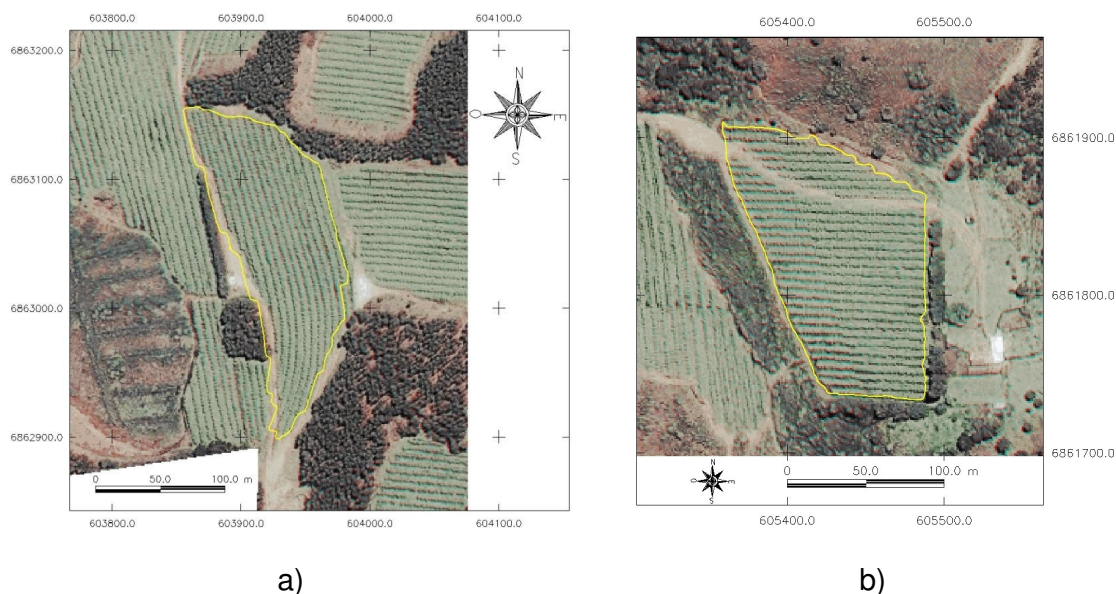


Figura 6 - a) Área 35C, b) Área 11D; produto obtido a partir de uma imagem IKONOS com resolução espacial de 1 m. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada.

### 3.2 MAPEAMENTO

#### 3.2.1 Imagem IKONOS

Para mapeamento da fazenda e como fonte de informação foi obtida uma imagem de satélite IKONOS de 16/10/2004, georreferenciada, compostas pelas bandas 3, 4 e 5, do espectro visível, quando combinadas formam uma composição colorida. A imagem possui resolução espacial de 1m, ou seja, cada pixel da imagem corresponde a uma área real de 1m x 1m (Figura 7).

Após alguns testes verificou-se a necessidade de se georreferenciar a imagem novamente para melhor enquadramento da fazenda, uma vez que o terreno é ondulado, causando deslocamento dos pontos imageados para posições irreais.

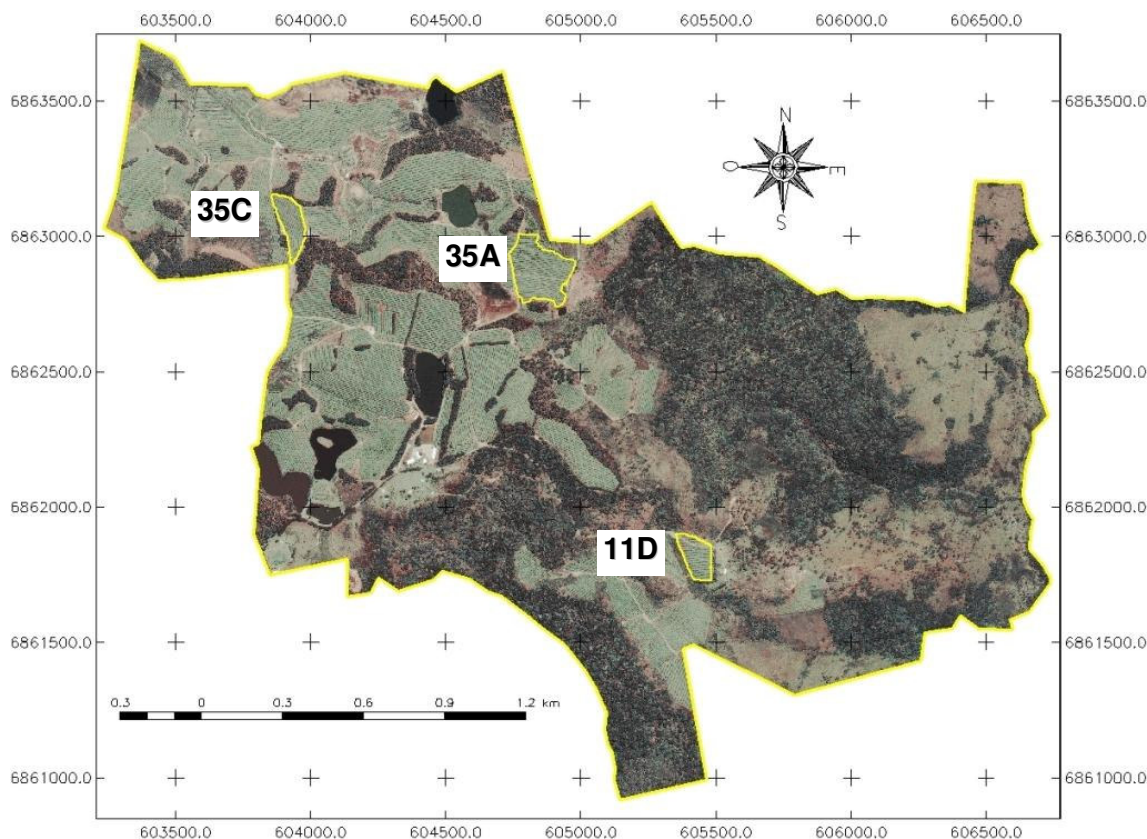


Figura 7 - Fazenda da Empresa Mareli, com destaque para as três áreas pesquisadas, produto obtido a partir de uma imagem IKONOS com resolução espacial de 1 m. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada.

### 3.2.2 Georreferenciamento das amostras

Utilizou-se para o georreferenciamento da imagem das três áreas e das árvores amostradas, um DGPS (Sistema de Posicionamento Global Diferencial), marca Raven<sup>®</sup>, receptor de sinal WAAS (Wide Area Augmentation System) com correção em tempo real.

A antena receptora foi conectada a um Pocket PC iPAC marca HP<sup>®</sup> 2200 (Figura 8). Os dados recebidos pela antena eram enviados ao Pocket PC e interpretados pelo programa Farm Site Mate (Farm Works Software<sup>®</sup>). O aparelho é destinado para ser acoplado em tratores e colhedoras agrícolas e foi adaptado para

ser transportado em uma mochila.

Os dados foram levantados pelo aparelho no Datum WGS84, projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), fuso 22, hemisfério sul, sendo armazenados como pontos e polígonos em arquivos no formato Shape (.shp) (ESRI, 1999).

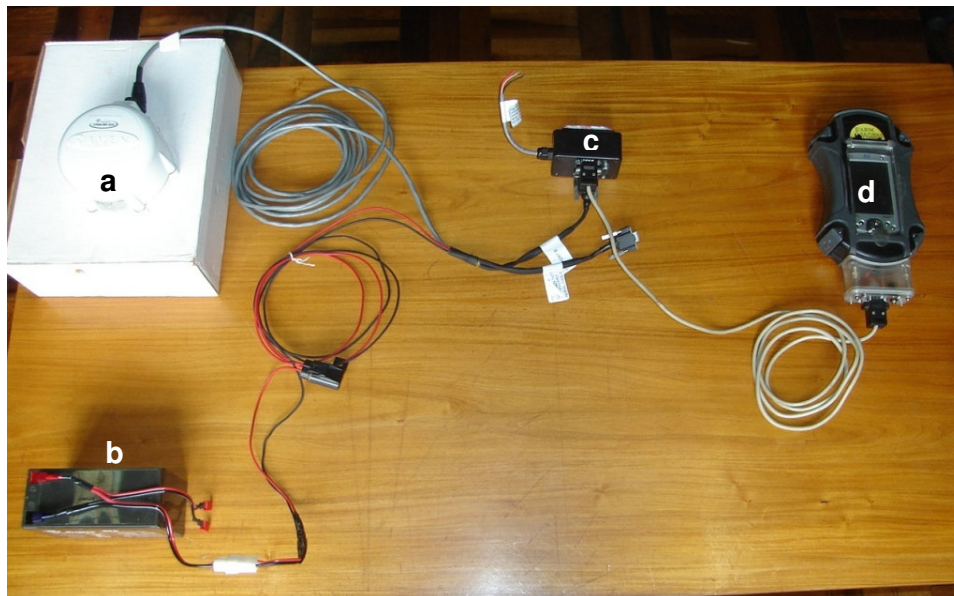


Figura 8 - DGPS utilizado para o georreferenciamento das áreas e plantas amostradas; (a) Antena receptora de sinal GPS e WAAS; (b) Bateria de 12 Volts; (c) Terminal de distribuição de sinal; (d) Capa protetora com Pocket PC iPAC.

As áreas analisadas tiveram seus perímetros percorridos com o aparelho e as árvores da amostragem foram georreferenciadas. Ao se importar os dados para o programa Spring<sup>®</sup> a correção para o Datum SAD69 foi automática.

### 3.2.3 Altimetria

Executou-se um levantamento altimétrico com Estação Total Leica<sup>®</sup> TCR 305, já que a altimetria obtida por DGPS se mostrou inconsistente. Utilizaram-se dois primas refletores e duas astes. Fixou-se três marcos de concreto no entorno da área



35A para posterior georreferenciamento (Figura 9). A altimetria obtida por estação total foi realizada somente na área 35A.



Figura 9 - a) Estação Total sobre um marco visando o pomar; b) implantação de marco de concreto.

### 3.3 AMOSTRAGEM

Optou-se por uma amostragem regular na linha de plantas tendo em vista que não foi encontrada em literatura qual seria o espaçamento ideal para análise espacial de colheita na cultura da maçã.

Na área 35A o espaçamento entre linhas era de 6m, sendo dispostas 2 linhas de Fuji para 1 linha de Gala. A amostragem foi realizada somente na cultivar Fuji a cada 3 linhas, ou 18m de espaçamento. Na linha se buscou um espaçamento próximo a 18m dividindo esse valor pelo espaçamento entre plantas que é de 2,75m. Obteve-se o valor de 6,54; que foi arredondado para 7 plantas. Com isso o espaçamento foi de 18m entre linhas e 19,25m entre plantas da linha amostrada. A área representada por cada planta amostrada foi de 346,5 m<sup>2</sup>.

Nas áreas 35C e 11D, utilizou-se o mesmo sistema, amostrando-se uma linha a cada três e uma planta a cada sete na linha amostrada, resultando um

espaçamento de 16,5m entre linhas e 17,5m entre plantas. Com uma área, por planta amostrada de 288,75 m<sup>2</sup>.

As densidades de amostragem nas áreas foram de 28,8 pl ha<sup>-1</sup> na área 35A e 34,6 pl ha<sup>-1</sup> nas áreas 35C e 11D.

As plantas amostradas foram etiquetadas com uma fita e receberam uma codificação com o nome da área com três dígitos, o número da linha com dois dígitos e o número da planta em relação ao começo da linha com três dígitos (Figura 10).

<u>3 5 A</u>	<u>2 1</u>	<u>0 4 4</u>
Nome da área	Nº linha	Nº da planta

a)



b)

Figura 10 - a) Modelo do código utilizado; b) árvore com etiqueta e código.

### 3.4 COLHEITA DAS FRUTAS

As colheitas foram executadas por funcionários da empresa que colhiam manualmente apenas as plantas marcadas. Cada funcionário utilizou uma sacola de lona com abertura na parte inferior para facilitar o esvaziamento da mesma. A colheita foi efetuada em duas etapas, uma primeira colheita apenas os frutos maduros prontos para comercialização e uma segunda, duas semanas após a

primeira, retirando todos os frutos restantes da planta.

O período em que as colheitas foram efetuadas estão na Tabela 2. A colheita de 2004 foi efetuada apenas na área 35A.

Tabela 2 - Período de realização das colheitas nos anos de 2004 e 2005 nas áreas pesquisadas da empresa Mareli. Lages 2006.

Áreas	Ano			
	2004		2005	
	1ª colheita	2ª colheita	1ª colheita	2ª colheita
35A	12 e 13 de abril	29 e 30 de abril	4 e 5 de abril	19 e 20 de abril
35C	—	—	5 e 6 de abril	20 de abril
11D	—	—	5 de abril	20 de abril

### 3.5 VARIÁVEIS ANALISADAS

#### 3.5.1 Peso de frutos por planta (PP)

PP corresponde ao peso de frutos colhido em cada planta amostrada. As sacolas de colheita dos colhedores foram pesadas antes da colheita para determinar a tara. O peso médio de 0,98 Kg foi descontado do peso das sacolas com os frutos.

As sacolas com os frutos foram pesadas em uma balança de mola onde eram suspensas por um gancho (Figura 11).



Figura 11 - Processo de pesagem da sacola de colheita no momento da colheita.

### 3.5.2 Número de frutos por planta (NF)

Realizou-se a contagem do número de frutos por planta nos momentos das colheitas. Esses dados foram anotados em planilha e depois digitados em planilha eletrônica.

### 3.5.3 Peso médio de frutos por planta (PMF)

Com a planilha digital dos dados de campo efetuou-se a divisão entre Peso de frutos por Planta (PP) e Número de Frutos por planta (NF) para se obter o Peso Médio de Fruto por Planta (PMF).

$$PMF = \frac{PP}{NF} \quad (1)$$

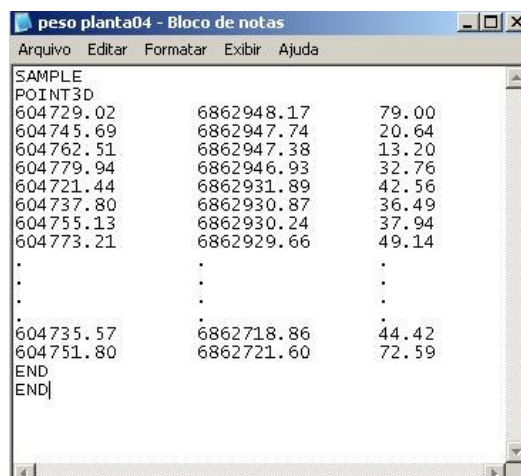
### 3.5.4 Diâmetro de caule (DC)

Com auxílio de um paquímetro graduado em milímetros, efetuaram-se duas

medidas transversais do diâmetro do caule, a 20 cm do solo, aproximadamente, e acima do ponto de enxertia. Considerou-se o valor médio das duas medidas.

### 3.6 ANÁLISE ESPACIAL

Todos os dados foram processados no software Spring® Versão 4.2 (INPE, 2005) e as regressões foram obtidas com auxílio do programa Microsoft Excel®. Os dados organizados em planilha eletrônica cujos os arquivos foram transformados no formato ASCII-SPRING a fim de serem importados como amostra MNT pelo programa Spring® (Figura 12).



```

peso planta04 - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
SAMPLE
POINT3D
604729.02      6862948.17      79.00
604745.69      6862947.74      20.64
604762.51      6862947.38      13.20
604779.94      6862946.93      32.76
604721.44      6862931.89      42.56
604737.80      6862930.87      36.49
604755.13      6862930.24      37.94
604773.21      6862929.66      49.14
.
.
.
604735.57      6862718.86      44.42
604751.80      6862721.60      72.59
END
END|
  
```

Figura 12 - Formato ASCII-SPRING.

#### 3.6.1 Estatística descritiva

Uma vez no Spring®, os dados foram submetidos ao aplicativo “Análise Exploratória”, o qual fornece Histograma, Gráfico da Probabilidade Normal, Diagrama de dispersão e a Estatística Descritiva com: número de amostras; número

de amostras válidas; média; variância; desvio padrão; coeficiente de variação (CV); coeficiente de assimetria (As); coeficiente de curtose (K); valor mínimo; quartil inferior; mediana; quartil superior e valor máximo.

A distribuição normal dos dados foi verificada conforme proposto por Spiegel (1985) e usado por Leal (2002) com valores de Assimetria (As) e Curtose (K) próximos de 0 e 3, respectivamente, e análise do Histograma. Também se verificou a normalidade da distribuição pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) a 5% de significância (ORTIZ, 2003; SOUZA et al., 2004), utilizando o pacote estatístico do Software Surfer<sup>®</sup> 7.0 (GOLDEN SOFTWARE, 1999).

### 3.6.2 Geoestatística

Para todas as variáveis que apresentaram ou não normalidade dos dados, foram executados os aplicativos de geoestatística no Spring<sup>®</sup>, gerando os semivariogramas experimentais para as variáveis e ajustando os melhores modelos teóricos: esférico, gaussiano, exponencial ou potência. A escolha do modelo se deu pelo ajuste automático do programa, que indica no relatório de dados o coeficiente de Akaike (AKAIKE, 1974), cujo menor valor pressupõe o melhor conjunto de parâmetros variográficos. Após a escolha, procedeu-se à validação do modelo com o Diagrama Espacial do Erro, Histograma do Erro, Estatísticas do Erro, Diagrama dos Valores Observados x Estimados e Resultados Numéricos.

Para análise do grau da dependência espacial utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), que considera dependência espacial forte, as variáveis em que o semivariograma apresenta efeito pepita ( $C_0 \leq 25\%$  do patamar ( $C_0 + C_1$ )), moderada quando está entre 25% e 75% do patamar e fraca quando o efeito pepita é  $\geq 75\%$  do patamar. Validado o modelo, executou-se a krigagem ordinária para a

obtenção dos modelos digitais de elevação (MDE).

### 3.6.3 Mapas de classes ou mapas temáticos

Com o objetivo de simplificar a apresentação dos mapas de isolinhas e apresentar os dados num formato mais intuitivo, gerou-se mapas de classes qualitativas das variáveis.

Mapas qualitativos são mais intuitivos do que mapas quantitativos. O decisor usualmente sente-se mais a vontade ao lidar com conceitos abstratos do tipo “Alto”, “Médio” ou “Baixo”, além de trabalhar com um grupo restrito de valores para sua avaliação. O mapa de classes qualitativos possibilita a identificação de subáreas de maior e menor potencial, com o intuito de munir o decisor de informação para manejos de forma localizada e individualizada, aumentando a acurácia do trabalho e possibilitando uma maior eficiência no manejo.

Para essa operação, utilizou-se o aplicativo “Fatiamento de MNT”. Devido não se encontrar na literatura informações sobre classificação de PP, NF e PMF, com vistas a análise espacial e tomada de decisões, optou-se pela utilização de 5 classes e 3 classes de valores qualitativos para fatiamento dos MDE (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores qualitativos usados no fatiamento dos MDE para 5 e 3 classes.

Classe	Valores Qualitativos	
	5 classes	3 classes
1	Muito Alto	Alto
2	Alto	Médio
3	Médio	Baixo
4	Baixo	
5	Muito Baixo	

Para definição dos limites das 5 classes de fatiamento da variável PP, se fez uso de uma média da produção das parcelas 1 e 3 que abrange as três áreas nos anos de 2004 e 2005, com o valor de  $42,8 \text{ t ha}^{-1}$  que foi convertido para  $\text{kg planta}^{-1}$ . Este limite foi aplicado na variável PP das três áreas. Este critério foi adotado como forma de simplificar o processo de classificação das áreas, tendo em vista que, por se tratarem de áreas distintas, não podem ser comparadas espacialmente.

Quanto ao NF, os limites de classes foram obtidos a partir do PP médio, oriundo da média de produção, aplicado na equação de regressão linear de PP com NF, obtida a partir das amostras coletadas em 2004 e 2005, nas áreas analisadas. Fez-se uso da média desses valores. Para PMF utilizou uma média dos valores médios de PMF das áreas analisadas.

Com base nas médias de cada variável se fez uso do desvio padrão médio (DP) da variável (Figura 13). Partindo do valor da média de produção adicionou-se e diminuiu-se meio DP para definir o limite médio superior (LMS) e limite médio inferior (LMI), respectivamente, definindo a classe médio. Do LMS somou-se um DP que definiu a classe alto e qualquer valor acima deste limite foi considerado na classe Muito Alto. Para definição da classe baixo foi subtraído um DP do LMI e qualquer valor menor que o limite dessa classe foi considerado na classe Muito Baixo.

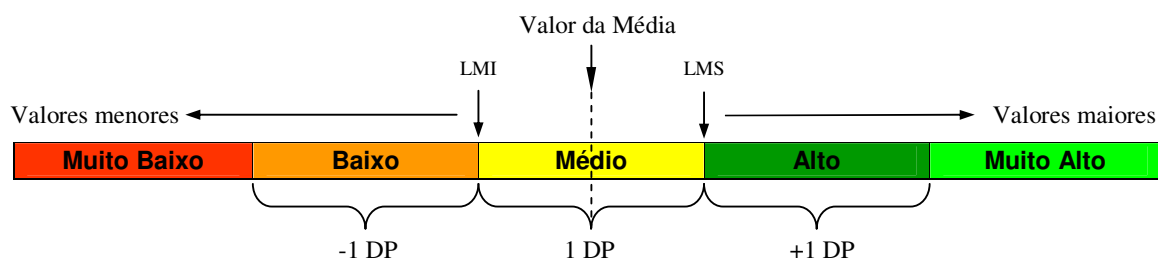


Figura 13 - Divisão dos intervalos de classes para mapas de 5 classes. Lages 2006.

Para os mapas de 3 classes, os intervalos de classes para PP e NF, aplicado



nas 3 áreas, foram definidos com valores de interesse para a empresa e PMF foi classificado por calibre conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação por calibre da maçã, com base no número de frutos contidos numa caixa modelo Mark IV, com capacidade para conter 18 kg do produto.

Calibre	Limite inferior (g)	Limite superior (g)	Classes
100	172	189	Alto
110	157	172	Médio
120	142	157	Baixo

Fonte: MAPA (2002).

Valores acima do limite superior da classe Alto e abaixo do limite inferior da classe Baixo foram integrados às respectivas classes devido à pequena ocorrência.

#### 3.6.4 Tabulação cruzada

Trata-se de um aplicativo do Spring<sup>®</sup> que realiza a intersecção de mapas de classes ou mapas temáticos. A operação de tabulação cruzada quantifica, em área de mapa, a intersecção de duas classes sobrepostas no mesmo local. Esta operação foi realizada apenas nos mapas de 3 classes das áreas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISES SOBRE A ÁREA 35A

Após a identificação das árvores efetuou-se o georreferenciamento de 134 plantas e o levantamento altimétrico. A distribuição dos pontos e relevo se encontram ilustrados na Figura 14.

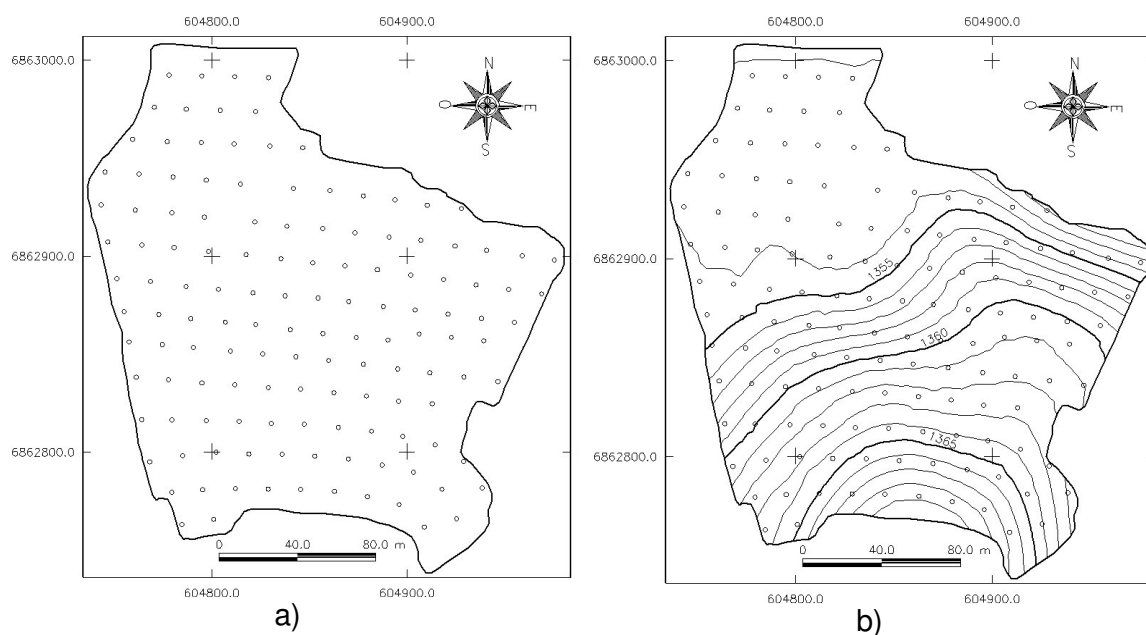


Figura 14 - a) Distribuição dos pontos amostrados na área 35A; b) Mapa de isolinhas do relevo. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.

Apenas a Altitude e Peso de fruto por planta em 2005 (PP05) não apresentaram distribuições normais pelo teste de KS a 5% de significância (Tabela 5).

Tabela 5 - Estatística descritiva das variáveis Altitude, Diâmetro de Caule (DC), Peso dos frutos por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) na área 35A nos anos de 2004 e 2005. Lages, 2006.

	Variáveis							
	Altitude (m)	DC (cm)	2004			2005		
			PP04 (Kg)	NF04	PMF04 (g)	PP05 (Kg)	NF05	PMF05 (g)
nº de amostras <sup>1</sup>	134	134	134	134	134	134	134	134
Média	1358,02	13,49	61,70	394,43	156	49,92	293,09	168,8
Mediana	1356,66	13,55	60,23	381,5	157	45,86	265,5	168,5
Variância	21,24	3,799	427,31	17573,66	116,63	615,02	18363,41	171,37
DP	4,6	1,95	20,67	132,57	10,8	24,8	135,51	13,1
CV (%)	0,003	14,4	33,5	33,6	6,9	49,7	46,2	7,75
As	0,62	0,06	0,11	0,18	-0,48	1,64	1,54	-0,02
K	2,18	2,5	3,42	3,39	5,06	6,92	6,7	2,8
Mínimo	1351,96	8,5	0,82	6	109	10,54	62	127
Máximo	1369,05	17,9	127,01	796	184	155,09	845	202
QI	1353,9	12,15	48,04	311	150	34,04	206,5	159
QS	1361,31	14,75	77,61	481	162	58,37	352	179
KS crítico 0,05	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116
KS	0,174*	0,079	0,039	0,055	0,055	0,14*	0,105	0,037

\*não significativo: distribuição difere da normal pelo teste de KS ao nível de significância de 5%.

<sup>1</sup> Número de Amostras, Média, Mediana, Variância, Desvio Padrão (DP), Coeficiente de Variação (CV), Coeficiente de Assimetria (As), Coeficiente de Curtose (K), Valor Mínimo, Valor Máximo, Quartil Inferior (QI), Quartil Superior (QS), teste de Kolmogorov-Smirnov (KS).

A distribuição normal também foi avaliada observando-se os valores de As e K. Nota-se uma distribuição normal nas variáveis que apresentam valores de As e K próximos de 0 e 3 respectivamente. As variáveis PP, NF em 2004 e 2005 e Altitude apresentaram  $As > 0$  sendo uma assimetria positiva, indicando uma maior concentração de amostras nos valores baixos, onde a Mediana é menor que a Média. DC apresentou assimetria próximo a zero, indicando assimetria nula. Para PMF04 o valor de  $As < 0$  apresenta uma assimetria negativa. Altitude e DC apresentaram distribuição de frequência platicúrtica, com  $K < 3$  e PP04, NF04 e PMF04 apresentaram distribuição de frequência leptocúrtica, com  $K > 3$ . A Figura 15 apresenta os histogramas e os gráficos de probabilidade normal de PP04, NF04 e

PMF04.

Os histogramas PP04 e NF04 demonstram uma distribuição normal e nos gráficos de probabilidade das duas variáveis nota-se uma tendência de aderência dos pontos à reta, indicando também que a distribuição se aproxima da normal. O histograma do PMF04 apresenta um alongamento a esquerda da curva, em direção aos valores baixos e maior frequência de valores altos, evidenciando a assimetria negativa. O gráfico de probabilidade indica tendência de aderência dos pontos à reta.

No ano de 2005 apenas PMF05 apresentou valores de As e K próximos de 0 e 3 respectivamente, indicando simetria dos dados e distribuição de frequência platicúrtica com  $K < 3$ , mas com valores de média e mediana praticamente iguais. Observando PP05 e NF05 em relação a assimetria apresentam valores  $As > 0$  indicando uma assimetria positiva. Com relação a K apresentaram valores maiores que 3 indicando uma distribuição de frequência leptocúrtica. Na Figura 16 estão apresentados os histogramas e os gráficos de probabilidade normal das variáveis de 2005, onde nota-se a assimetria positiva de PP05 e NF05 e pequena descontinuidade nos gráficos de probabilidade para as duas variáveis, o mesmo não ocorre com PMF05.

As variáveis PP04 e NF04 tiveram comportamentos estatísticos semelhantes, assim como PP05 e NF05. Comparando 2004 e 2005, contudo, diferiram entre si. Isto é evidenciado especialmente nos coeficientes As, K e CV bem como nos histogramas e gráficos de probabilidade normal. A causa provável para estas diferenças pode estar na menor produção em 2005, associada a maior variação entre as amostras, motivado pelo período de estiagem que atingiu o pomar nos meses de outubro a dezembro de 2004 que corresponde ao período de floração e

início do desenvolvimento de frutos (Figura 17).

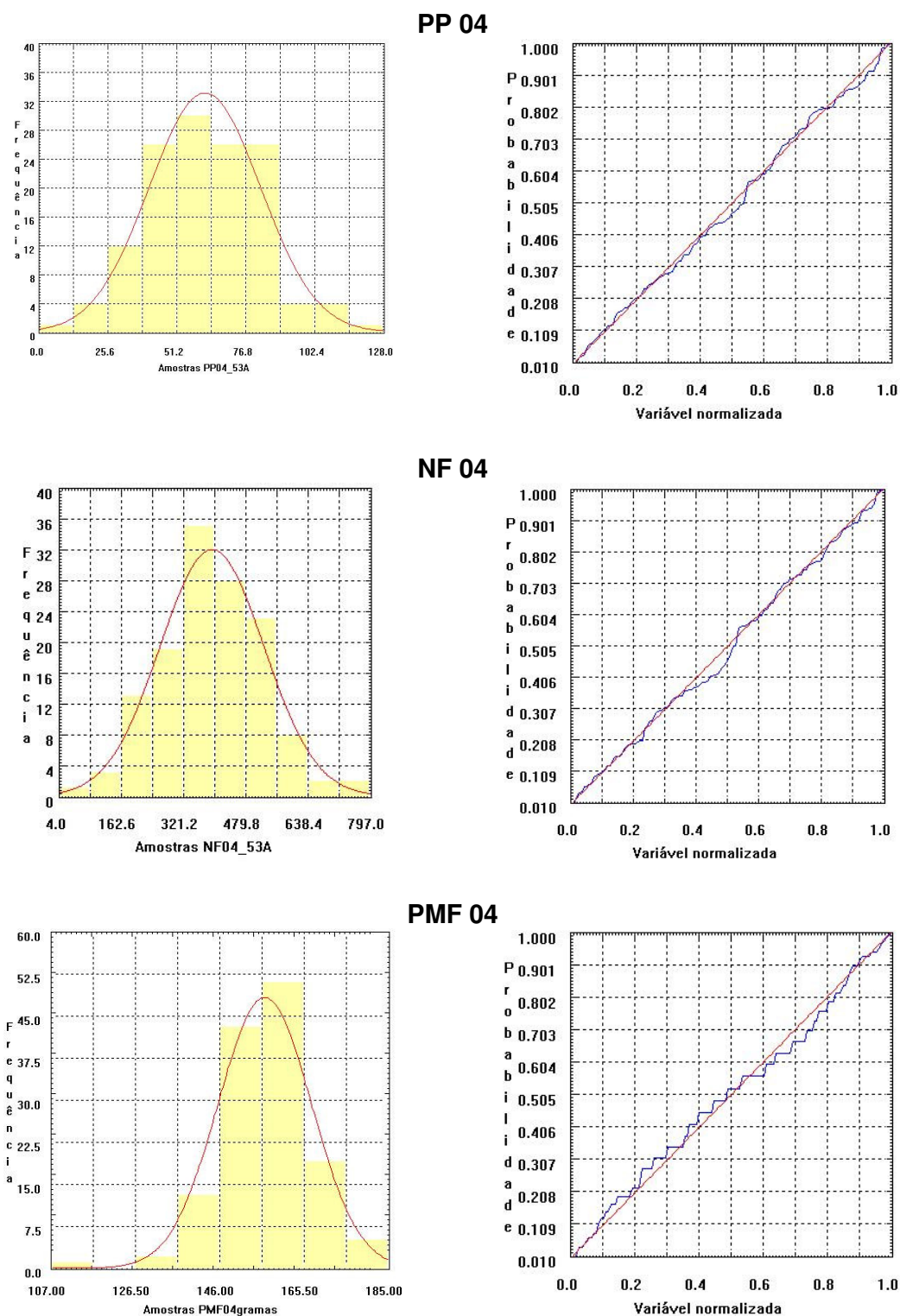


Figura 15 - Histogramas e gráficos de probabilidade normal de PP04, NF04 e PMF04 da área 35A.

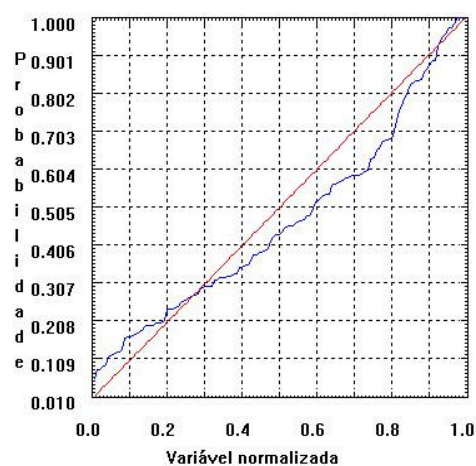
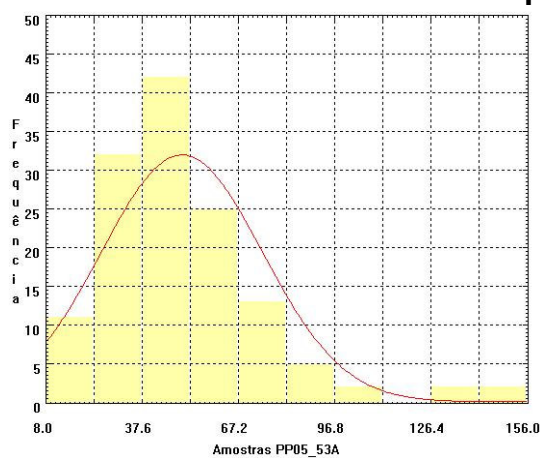
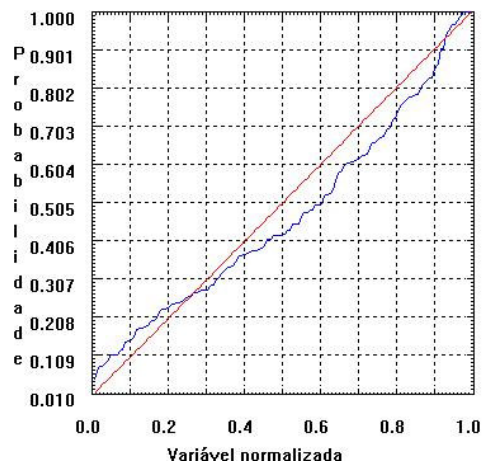
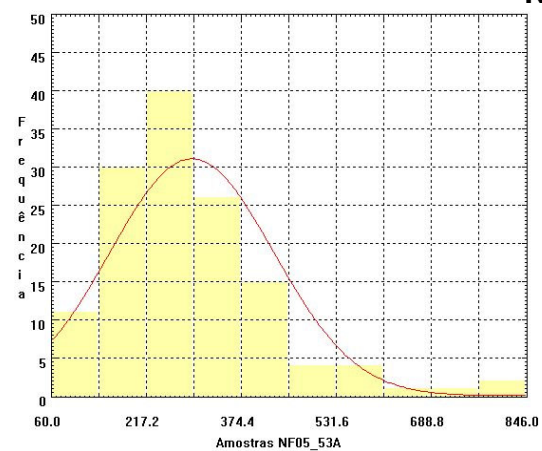
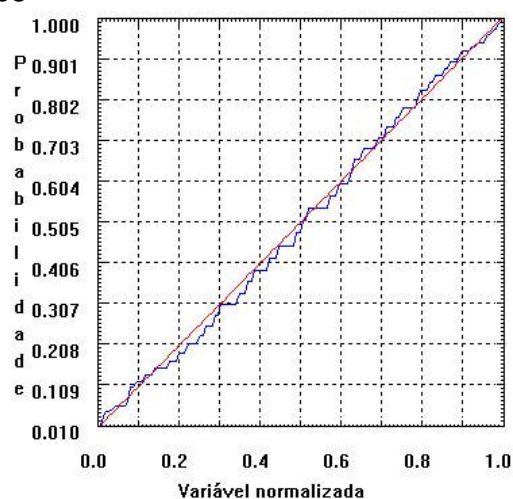
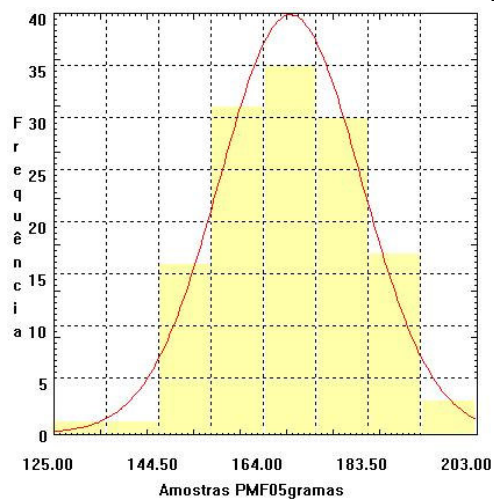
**PP 05****NF 05****PMF 05**

Figura 16 - Histogramas e gráficos de probabilidade normal de PP05, NF05 e PMF05 da área 35A.

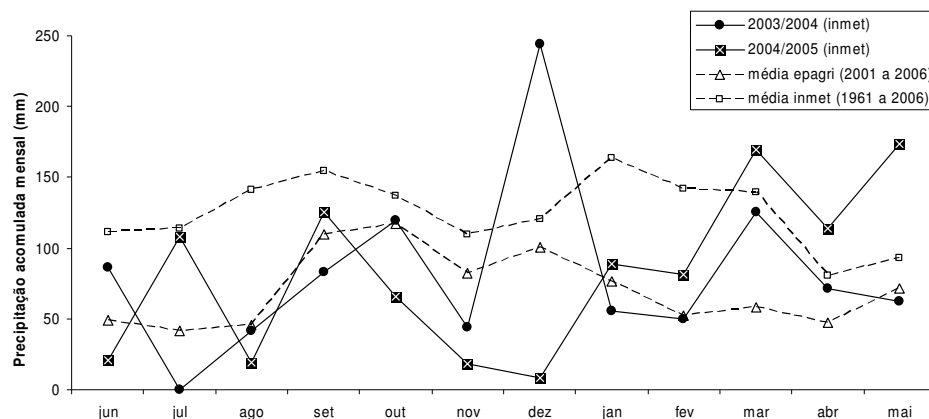


Figura 17 - Precipitações acumuladas para a safra de 2003/2004 e 2004/2005; e precipitações médias dos meses de duas bases de dados para a região de São Joaquim.

Fonte: Agritempo, 2006.

A precipitação acumulada ficou abaixo das médias históricas do Inmet e da Epagri. Nota-se que a região vem sendo afetada com baixos índices pluviométricos desde 2001, que é o ano que contem dados da estação da Epagri, em relação aos índices do Inmet. A precipitação é um dos fatores climáticos mais importantes para o desenvolvimento da macieira, principalmente no período de setembro a maio. Períodos de estiagem durante o estágio de crescimento dos frutos poderão afetar o tamanho dos mesmos ou também a diferenciação das gemas floríferas para o ano seguinte (EPAGRI, 2002). A falta de água no solo dificulta a absorção de nutrientes por parte das raízes, reduzindo o crescimento das plantas. Por outro lado, o excesso de umidade pode afetar a sanidade e até a produção se a incidência de moléstias for intensa. Chuvas contínuas durante a floração também afetam a polinização, e, em consequência, a produção. O excesso de umidade no solo diminui a absorção de nutrientes por causar asfixia nas raízes, além de favorecer o surgimento de doenças fúngicas (EPAGRI, 2002). As diferenças das variáveis entre 2004 e 2005 deverão estar evidenciadas pelos mapas respectivos das variabilidades espaciais que serão apresentados nos capítulos 4.1.1 e 4.1.2.

As variáveis PP04 e NF04 apresentaram um CV acima de 30% demonstrando um elevado grau de dispersão dos dados. PMF apresentou CV inferior a 8% em 2004 e 2005, indicando que esta variável é mais estável do ponto de vista do comportamento espacial que PP e NF. Para o ano de 2005, o CV de PP e NF aumentaram em relação ao ano anterior. Esse aumento pode ser atribuído ao período de estiagem que atingiu a safra colhida em 2005, provocando uma maior variação dos valores dentro da área.

Notou-se uma redução na média de PP e NF de 2004 para 2005 em, aproximadamente, 19% e 26% respectivamente, bem como um incremento na média de PMF, em 8%. Tal efeito é notado em trabalhos onde a redução do número de frutos e da produção por planta aumentam o peso médio de frutos (EBERT & KREUZ (1987), CAMILO et al. (1992)).

Porém ao se observar os coeficientes de determinação desses atributos, percebe-se nas Figura 18 (b) e (c) que o PMF praticamente não sofreu influência do NF e do PP nos dois anos de observação. Tanto plantas que possuíam valores de NF baixos, como as de valores altos mantiveram o PMF constante. O elevado número de frutos presentes por planta pode ter diluído as variações de PMF no pomar, pois cada planta foi avaliada como um todo e não em partes distintas. Isto pode indicar também um manejo de poda e raleio de frutos eficaz em toda a área, tendo em vista que os mesmos são manejos diferenciados por planta na busca do equilíbrio para não ocorrer alternância de produção. O aumento de PP é uma função de NF em macieira, também foi observado esse efeito em citros por Farias, P. et al., (2003). Na Figura 18 (a), estas variáveis mostraram-se altamente correlacionadas.

O DC mostrou-se mais influente na produção de 2005 (Figura 18 (d)), provavelmente devido às plantas de diâmetros superiores, mais vigorosas,



apresentarem maiores reservas de fotossimilados, utilizados quando ela se encontra em condição de estresse (TAIZ & ZEIGER, 2004).

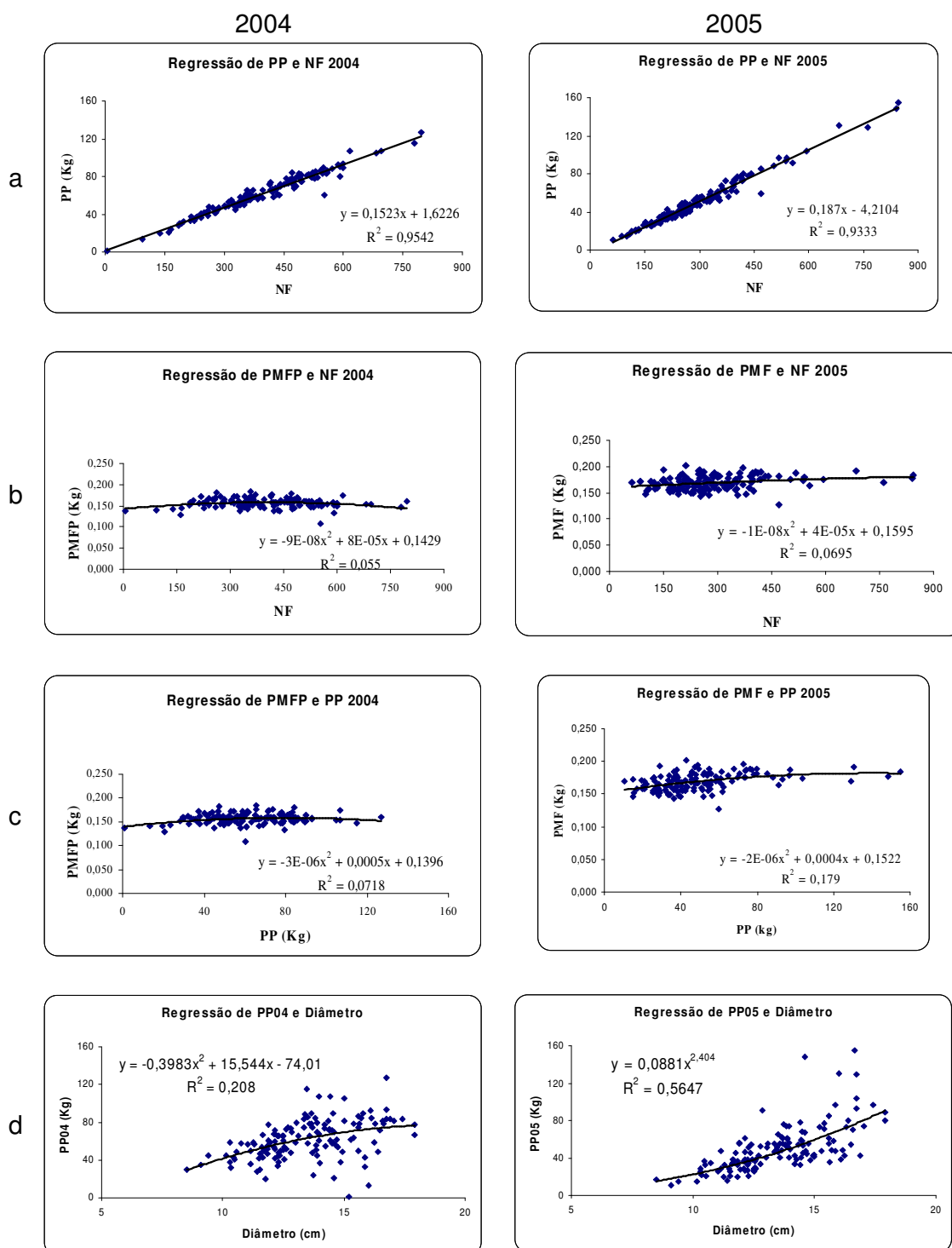


Figura 18 - Regressões de: a) PP x NF; b) PMF x PP; c) PMF x NF; d) PP x DC, nos anos de 2004 e 2005. Lages, 2006.

Após avaliação dos dados, geraram-se os semivariogramas experimentais padronizados pela variância, para cada variável, e para elaboração dos MDE. O uso dos semivariogramas padronizados permite verificar se há um mesmo padrão de variabilidade espacial nas variáveis analisadas. Os valores dos parâmetros dos semivariogramas estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Parâmetros dos semivariogramas ajustados das variáveis: Altura, Diâmetro de Caule (DC), Produção por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) na área 35A nos anos de 2004 e 2005. Lages, 2006.

Variável	M	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	(C <sub>0</sub> + C <sub>1</sub> )	a	C <sub>0</sub> / (C <sub>0</sub> + C <sub>1</sub> )	Classificação
Altitude	GAUS	0,037	2,675	2,712	278,22	0,01	Forte
DC	GAUS	0,044	0,906	0,95	41,3	0,05	Forte
<b>2004</b>							
35A							
35A PP04	ESF	0,219	0,758	0,977	68,92	0,22	Forte
35A NF04	ESF	0,147	0,81	0,957	46,7	0,15	Forte
35A PMF04	ESF	0,671	0,492	1,163	140,07	0,58	Moderado
<b>2005</b>							
35A							
35A PP05	GAUS	0,343	4,489	4,832	536,8	0,07	Forte
35A NF05	GAUS	0,482	1,86	2,342	310,27	0,21	Forte
35A PMF05	EXP	0,567	0,711	1,278	285,24	0,44	Moderado

GAUS: Modelo Gaussiano; ESF: Modelo Esférico; EXP: Modelo Exponencial; POT: Modelo Potência

No ano de 2004, o modelo que melhor se ajustou, pelo coeficiente de Akaike ao modelo experimental das variáveis da planta foi o modelo esférico. Este modelo também se destacou em Cambardella et al. (1994), Leal (2002), Carvalho et al. (2003), Farias, P. et al. (2003) e Ortiz, (2003). Para a Altura e DC o modelo gaussiano foi o que melhor se ajustou. Em 2005 o modelo gaussiano proporcionou melhor ajuste para PP e NF, sendo que para PMF foi o modelo exponencial.

O alcance é parâmetro que permite identificar a distância limite da

dependência espacial entre as amostras. A Altitude apresentou alcance aproximado de 280 m. Valores altos para o relevo eram esperados, pois o mesmo sofre variações suaves ao longo da superfície da área 35A. Os alcances de DC, de PP e de NF para 2004 se mostraram abaixo dos 70 m e em 2005 PP e NF apresentaram valores acima de 500m e de 300m, respectivamente. Isto indica uma maior continuidade espacial destas variáveis, possivelmente motivada pela carência hídrica do solo, devido ao período de estiagem que atingiu a cultura.

Com relação a proporção efeito pepita vs. patamar, pode-se analisar o grau de dependência espacial, utilizando a classificação proposta por Cambardella et al. (1994). A Altitude e o DC apresentaram dependência espacial Forte, assim como PP e NF nos dois anos. Em trabalho com café, Leal (2002) encontrou dependência Moderada para produtividade. O PMF também manteve a classificação nos anos consecutivos, com dependência espacial Moderada. Nota-se que para Altitude, o efeito pepita representa apenas 1% do patamar, isso é, 99% da variabilidade total é explicada pela correlação espacial. Ortiz (2003) constatou que o efeito pepita representava 0,05% do patamar para a variável de Altitude.

Quanto menor a relação do efeito pepita com o patamar, menores serão as diferenças entre os valores de amostras vizinhas, maior será a continuidade do fenômeno, menor a variância da estimativa e maior será confiabilidade das estimativas (VIEIRA, 1995 e 1997). A nulidade do efeito pepita em relação ao patamar indica que o erro experimental é praticamente nulo e que inexistência de variação significativa a distâncias menores que a amostrada (TRANGMAR et al., 1985).

#### 4.1.1 Krigeagem

Com os semivariogramas obtidos e validados os modelos, executaram-se as interpolações com krigeagem ordinária, buscando uma estimativa sem tendenciosidade e com mínima variância para os valores em locais não amostrados. Gerou-se o MDE de cada variável, no formato de grade regular (1m x 1m), sobre a qual as isolinhas foram geradas Figura 19 e Figura 20.

PP e NF apresentaram comportamentos espaciais bem distintos entre os anos de 2004 e 2005. No ano de 2004 mostraram maior variabilidade que em 2005. Para 2005, observou-se uma tendência na área de aumento nos valores na direção Norte, que pode ter sido influenciado pelo relevo. Esta mesma tendência se observa com as altitudes, porém de forma inversa, ou seja, as altitudes menores seguem a direção Norte. Conclui-se que, no ano de 2005, os maiores PP e NF ocorreram na parte baixa do terreno, caracterizado por ser uma área de várzea, drenada para possibilitar o cultivo da maçã. Já no ano de 2004, não ocorreu este efeito, pois toda a área apresentou valores diversificados.

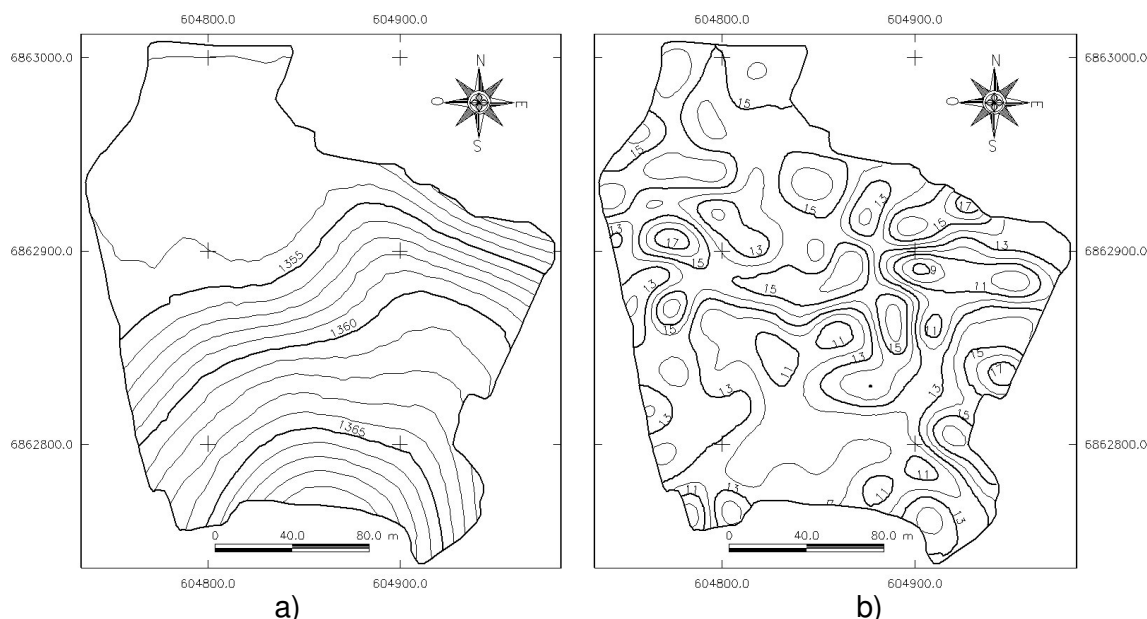


Figura 19 - a) Mapa de isolinhas da Altitude (m); b) Mapa de isolinhas de DC (cm). Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.

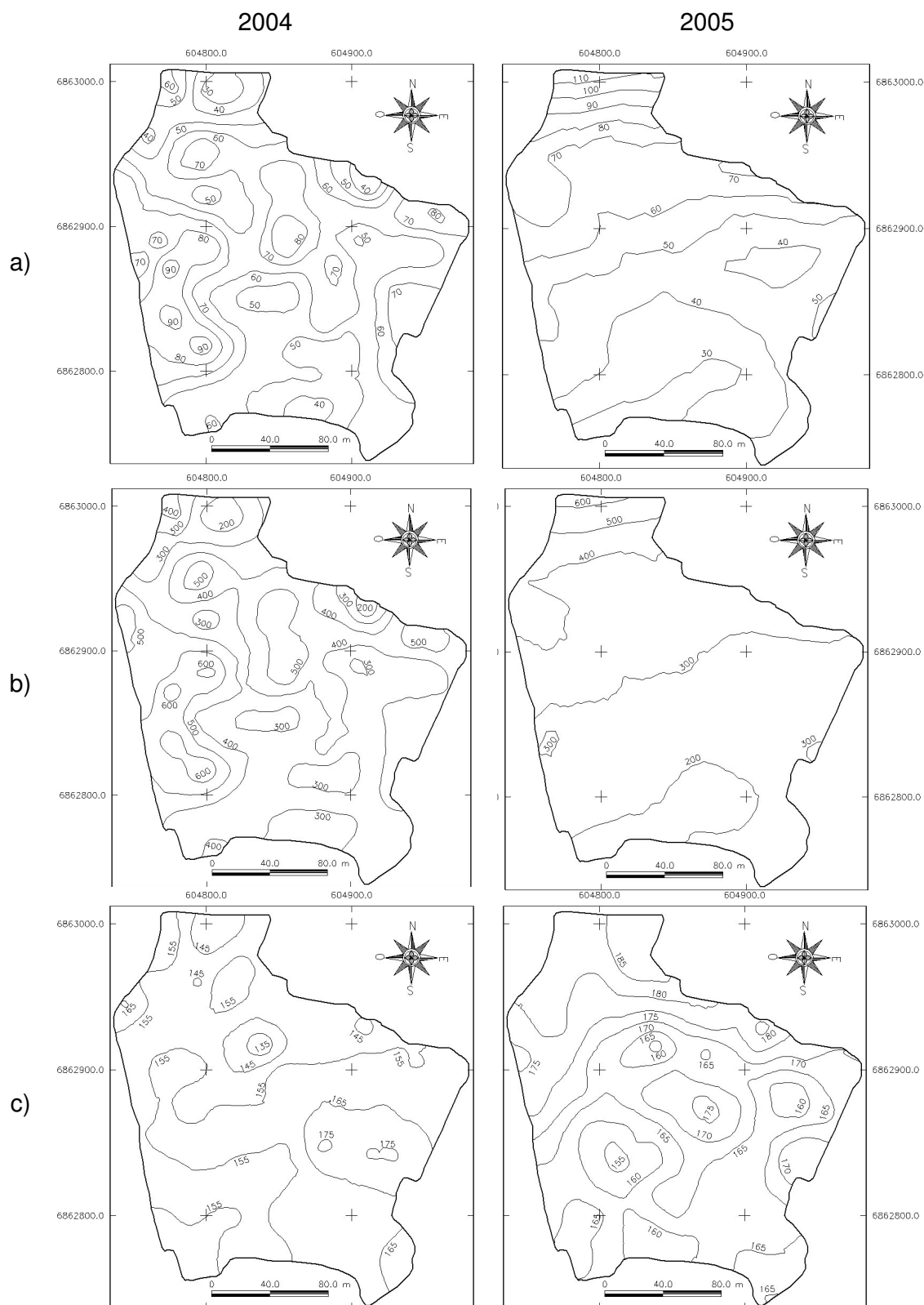


Figura 20 - Mapas de isolinhas da área 35A dos anos de 2004 e 2005: a) PP (Kg), b) NF e c) PMF(g). Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.

#### 4.1.2 Mapas de classes ou temáticos

Os limites que definem as classes dos mapas de 5 e 3 classes estão expostos na Tabela 7.

Tabela 7 - Limites dos intervalos das classes para os mapas temáticos de 5 e 3 classes.

<b>Classes</b>	<b>DC (cm)</b>	<b>PP (Kg)</b>		<b>NF</b>		<b>PMF (g)</b>	
	<i>3 Clas.</i>	<i>5 Clas.</i>	<i>3 Clas.</i>	<i>5 Clas.</i>	<i>3 Clas.</i>	<i>5 Clas.</i>	<i>3 Clas.*</i>
Muito Alto		> 106		> 598		> 180	
Alto	> 14,5	81 - 106	> 80	460 - 598	> 500	167 - 180	100
Médio	12,5 - 14,5	57 - 81	40 - 80	323 - 460	300 - 500	153 - 167	110
Baixo	< 12,5	32 - 57	< 40	185 - 323	< 300	140 - 153	120
Muito Baixo		< 32		< 185		< 140	

\*Classificação do PMF 3 Classes definido conforme Tabela 4.

Para DC não foi considerado 5 classes devido à pequena amplitude entre o maior e o menor valor medido.

Os mapas de classes das variáveis PP, NF e PMF para o ano de 2004 estão expostos na Figura 21, para 2005 na Figura 22 e do DC na Figura 23.

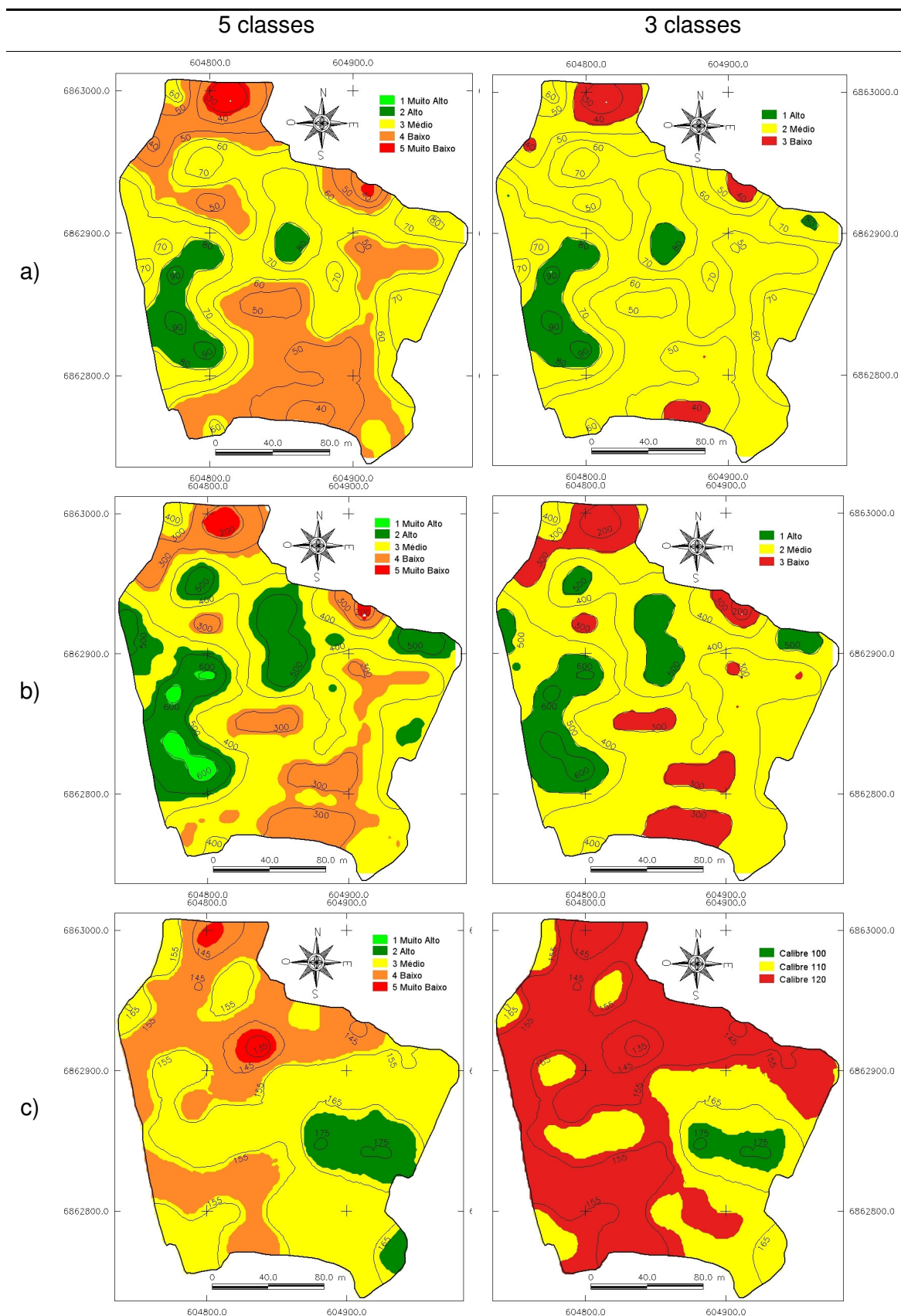


Figura 21 - Mapas temáticos de 5 e 3 classes no ano de 2004 para as variáveis: a) PP, b) NF e c)PMF. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.

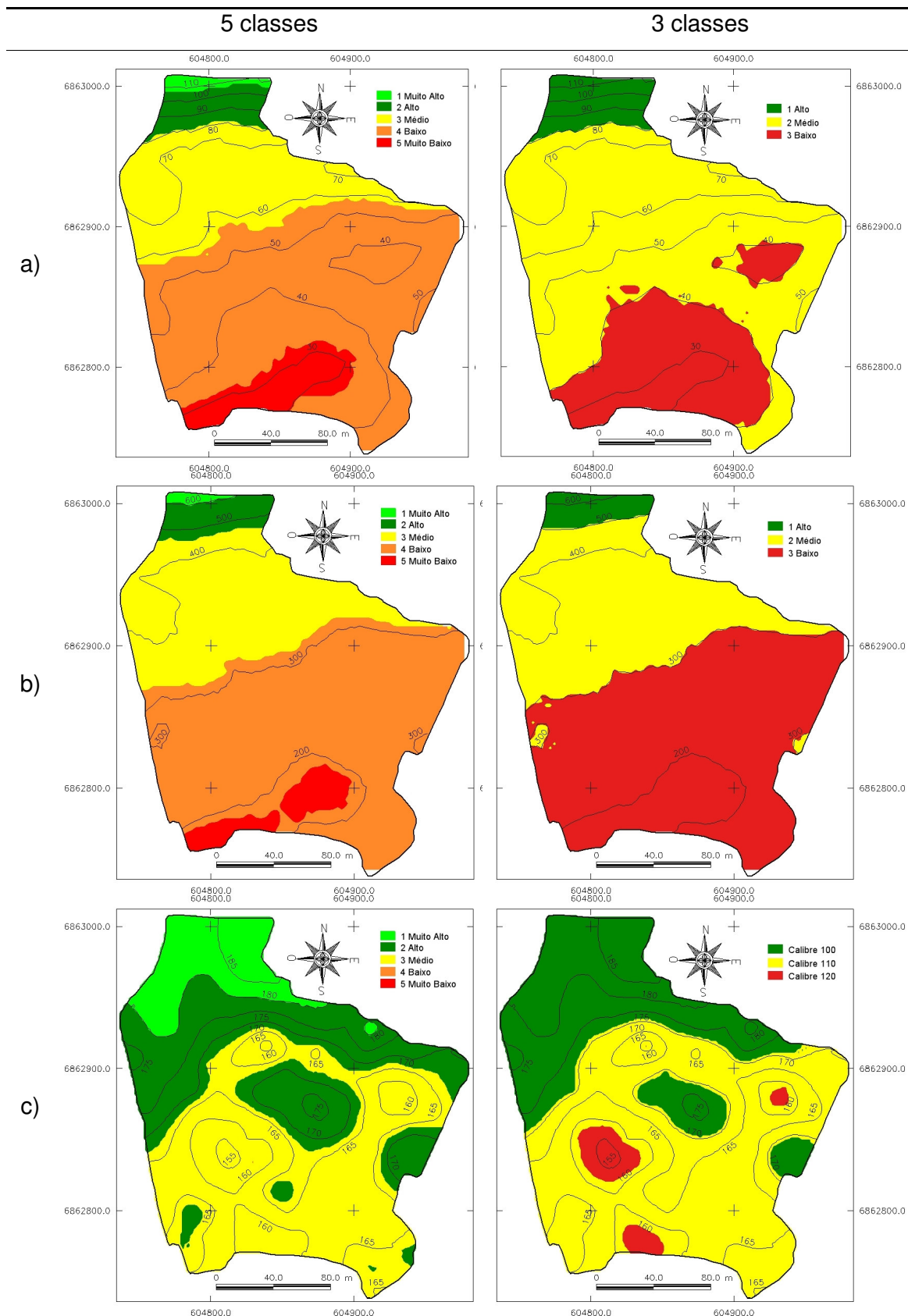


Figura 22 - Mapas temáticos de 5 e 3 classes no ano de 2005 para as variáveis a) PP, b) NF e c) PMF. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.



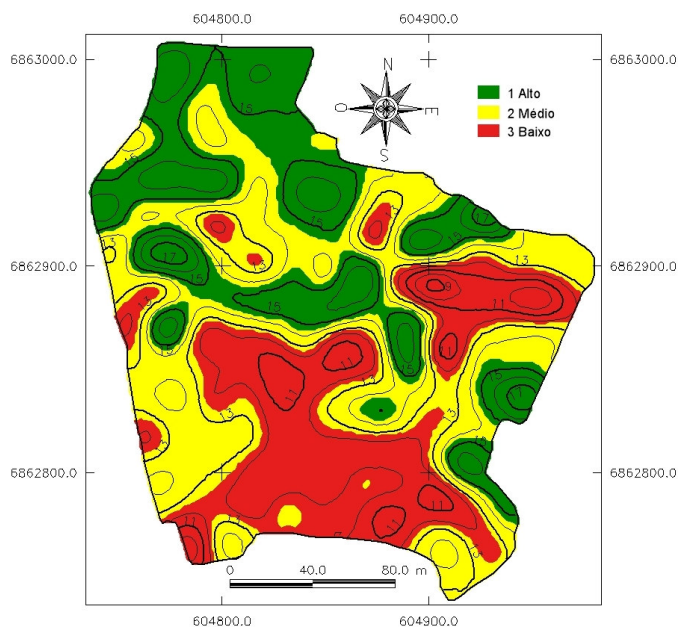


Figura 23 - Mapa temático de 3 classes para a variável DC. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.

Os mapas de classes ou temáticos facilitam o processo de análise dos processos decisórios. Dentro do ciclo diagnose – prescrição – implementação, os mapas de classes podem ser usados tanto como instrumentos de diagnose de situação, como mapas prescritivos ou recomendação. Neste trabalho o objetivo principal foi explorar métodos e técnicas que possibilitem a diagnose de algumas variáveis agrônômicas de um sistema de produção de maçãs, por isso que não foram gerados os mapas prescritivos.

#### 4.1.3 Tabulação cruzada

##### 4.1.3.1 Variáveis do mesmo ano

###### 4.1.3.1.1 PP x NF (2004 e 2005)

Variáveis altamente correlacionadas como NF e PP tanto em 2004 como 2005

tenderam a apresentar concentração ou os valores das ocorrências nas diagonais principais. (Tabela 8 e Tabela 9).

Tabela 8 - Tabulação cruzada entre PP04 e NF04 da área 35A, em percentagem da área total.

			NF04			
			> 500	500 - 300	< 300	
			Alto	Médio	Baixo	Total
PP04 (Kg)	> 80	Alto	8,5%	0,1%	0,0%	8,6%
	80 - 40	Médio	7,1%	69,9%	9,2%	86,2%
	< 40	Baixo	0,0%	0,0%	5,2%	5,2%
Total			15,6%	70,0%	14,4%	100,0%

Área Total: 4 ha = 100%

Tabela 9 - Tabulação cruzada entre PP05 e NF05 da área 35A, em percentagem da área total.

			NF05			
			> 500	500 - 300	< 300	
			Alto	Médio	Baixo	Total
PP05 (Kg)	> 80	Alto	3,7%	3,4%	0,0%	7,1%
	80 - 40	Médio	0,0%	33,7%	32,5%	66,2%
	< 40	Baixo	0,0%	0,0%	26,7%	26,7%
Total			3,7%	37,1%	59,2%	100,0%

Área Total: 4 ha = 100%

#### 4.1.3.1.2 PMF04 x PP04 e NF04

Mais de 80% das áreas que tiveram produção alto em 2004, apresentaram PMF baixo. Quase 90% das áreas que tiveram PP baixo apresentaram PMF baixo. Mais de 80% das áreas que tiveram baixo PMF apresentaram PP médio (52,2%; Tabela 10). Apesar do baixo PMF estas áreas apresentaram uma boa produção, pois é onde se concentra a maior parte de PP e NF considerados altos e médios

(Tabela 10 e Tabela 11).

Tabela 10 - Tabulação cruzada entre PP04 e PMF04 da área 35A, em percentagem da área total.

			PMF04			
			100	110	120	
			Alto	Médio	Baixo	Total
<b>PP04 (Kg)</b>	> 80	Alto	0,0%	1,4%	7,2%	<b>8,6%</b>
	80 - 40	Médio	3,8%	30,5%	52,2%	<b>86,5%</b>
	< 40	Baixo	0,0%	0,6%	4,3%	<b>4,9%</b>
<b>Total</b>			<b>3,8%</b>	<b>32,5%</b>	<b>63,7%</b>	<b>100,0%</b>

Área Total: 4 ha = 100%

Tabela 11 - Tabulação cruzada entre NF04 e PMF04 da área 35A, em percentagem da área total.

			PMF04			
			100	110	120	
			Alto	Médio	Baixo	Total
<b>NF04</b>	> 500	Alto	0,0%	1,8%	13,8%	<b>15,6%</b>
	500 - 300	Médio	3,8%	26,2%	40,3%	<b>70,3%</b>
	< 300	Baixo	0,0%	4,6%	9,5%	<b>14,1%</b>
<b>Total</b>			<b>3,8%</b>	<b>32,6%</b>	<b>63,6%</b>	<b>100,0%</b>

Área Total: 4 ha = 100%

#### 4.1.3.1.3 PMF05 x PP05 e NF05

O PMF em 2005 foi maior que 2004, porém houve uma redução na produção que podem ser notada com aumento da área com PP e NF baixo (Tabela 12 e Tabela 13). O PP e NF alto apresentaram PMF alto, já a maior parte do PMF alto e médio encontra-se com PP e NF médio e baixo.

Tabela 12 - Tabulação cruzada entre PP05 e PMF05 da área 35A, em percentagem da área total.

			<b>PMF05</b>			
			100	110	120	
			Alto	Médio	Baixo	<b>Total</b>
<b>PP05 (Kg)</b>	> 80	Alto	6,7%	0,0%	0,0%	<b>6,7%</b>
	80 - 40	Médio	28,1%	36,8%	1,5%	<b>66,4%</b>
	< 40	Baixo	0,1%	24,2%	2,6%	<b>26,9%</b>
<b>Total</b>			<b>34,9%</b>	<b>61,0%</b>	<b>4,1%</b>	<b>100,0%</b>

Área Total: 4 ha = 100%

Tabela 13 - Tabulação cruzada entre NF05 e PMF05 da área 35A, em percentagem da área total.

			<b>PMF05</b>			
			100	110	120	
			Alto	Médio	Baixo	<b>Total</b>
<b>NF05</b>	> 500	Alto	3,7%	0,0%	0,0%	<b>3,7%</b>
	500 - 300	Médio	26,2%	10,8%	0,0%	<b>37,0%</b>
	< 300	Baixo	5,3%	49,9%	4,1%	<b>59,3%</b>
<b>Total</b>			<b>35,2%</b>	<b>60,7%</b>	<b>4,1%</b>	<b>100,0%</b>

Área Total: 4 ha = 100%

#### 4.1.3.2 Variáveis em anos diferentes

##### 4.1.3.2.1 PP04 x PP05

A quadra 35A não é uma área de produções altas (Tabela 14). Nos dois anos, esta quadra teve produção alto em menos de 9% da área. Os mapas de classes indicam também que os locais que tiveram esta produção foram diferentes, em termos espaciais.

As produções em 2004 e 2005 distribuíram-se de forma semelhante nas classes alto, médio e baixo, sendo que, em 2005, a classe baixo se destacou em relação ao ano anterior. Em termos espaciais, 57% da área manteve-se com

produção média nos dois anos e no restante houve um aumento da área de produção baixo de 4,6% em 2004 para 26,7% em 2005. Este decréscimo de produção ocorreu em 25,5% da área, sendo que no ano anterior, apresentou produção médio. (Tabela 14).

As produções dos dois anos seguiram um padrão de comportamento semelhante ao do número de frutos. Esta observação é corroborada pelos coeficientes de determinação, cujos valores foram superiores a 90% (Figura 18 (a)).

Tabela 14 - Tabulação cruzada entre PP04 e PP05 da área 35A, em percentagem da área total.

			PP05 (Kg)			
			> 80	80 - 40	< 40	
			Alto	Médio	Baixo	Total
<b>PP04 (Kg)</b>	> 80	Alto	0,0%	8,6%	0,1%	<b>8,7%</b>
	80 - 40	Médio	4,1%	57,0%	25,5%	<b>86,6%</b>
	< 40	Baixo	3,0%	0,7%	1,1%	<b>4,7%</b>
<b>Total</b>			<b>7,0%</b>	<b>66,3%</b>	<b>26,7%</b>	<b>100,0%</b>

Área Total: 4 ha = 100%.

#### 4.1.3.2.2 NF04 x NF05

Em 2004, a quadra 35A apresentou NF na classe médio em 70,1% de sua área. No ano seguinte, somente 23,6% manteve-se na classe médio e 44,8% apresentou-se como baixo. Aproximadamente 60% da área total em 2005 teve número de frutos classificado como baixo (Tabela 15). Na face norte da área ocorreu inversão de produção, em relação ao ano anterior, uma vez que a classe alta de 2005 coincidiu em mais de sua metade com a classe baixa de 2004. Isso pode estar relacionado com um provável excesso de água no solo em 2004 e uma melhor aeração do solo em 2005, anos estes de boa distribuição de chuvas e seca,

respectivamente.

Tabela 15 - Tabulação cruzada entre NF04 e NF05 da área 35A, em percentagem da área total.

			NF05			
			> 500	500 - 300	< 300	
			Alto	Médio	Baixo	Total
NF04	> 500	Alto	0,0%	8,6%	7,0%	15,6%
	500 - 300	Médio	1,6%	23,6%	44,8%	70,0%
	< 300	Baixo	2,6%	4,8%	7,0%	14,4%
	Total		4,2%	37,0%	58,8%	100,0%

Área Total: 4 ha = 100%.

#### 4.1.3.2.3 PMF04 x PMF05

A distribuição de PMF nas classes 100, 110 e 120 diferiram de forma marcante entre os dois anos. Em 2004, mais de 90% da área produziu PMF de médio (32,7%) a baixo (63,5%). No ano seguinte houve uma inversão, na qual se observa que mais de 90% situou-se nas classes médio (60,8%) e alto (35,1%). Isto pode está associado ao raleio e poda mais intensa (GOMES, 2005) realizados na safra de 2005, onde notou-se uma redução na média do número de frutos de 394 para 293 frutos por planta. Em termos espaciais, em 26,7% da área que havia frutos de calibre baixo em 2004, em 2005 apresentou calibre alto; 34,2% da área que apresentou calibre baixo em 2004, passou a apresentar calibre médio em 2005. Em 2005 a área de calibre médio praticamente dobrou passando de 32,7% para 60,8% e a área de calibre alto passou de 3,8% para 35,1% da área total (Tabela 16).

Tabela 16 - Tabulação cruzada entre PMF04 e PMF05 da área 35A, em percentagem da área total.

			PMF05			
			100	110	120	
			Alto	Médio	Baixo	Total
PMF04	100	Alto	1,0%	2,7%	0,0%	3,7%
	110	Médio	7,4%	23,9%	1,5%	32,8%
	120	Baixo	26,7%	34,2%	2,6%	63,5%
Total			35,1%	60,8%	4,1%	100,0%

Área Total: 4 ha = 100%.

A análise da Tabela 14, Tabela 15 e Tabela 16 indica que a quadra 35A foi submetida a manejos diferenciados nos anos de 2004 e 2005. A maior ocorrência de frutos calibre alto no ano de seca é um forte indicativo desta decisão correta por parte do técnico local.

#### 4.1.3.2.4 DC x PP04 e PP05

Nos dois anos, DC distribuiu-se equitativamente nas três classes. Locais com DC alto apresentaram PP04 e PP05 médios, em cerca de  $\frac{1}{4}$  da área (25,8% e 24,3%, respectivamente) (Tabela 17 e Tabela 18). PP médio também ocorreu em cerca de 30% da área, onde DC apresentou-se médio (32,4% e 31,2% respectivamente).

Locais com DC baixo (< 12,5 cm) comportaram-se de forma distinta nos 2 anos. Em 2004, 28,5% da área total apresentou PP médio. No ano seguinte estas mesmas áreas se reduziram para 10,9%, enquanto houve um acréscimo das áreas com PP baixo de 1,1% em 2004, para 18,9% em 2005.

Tabela 17 - Tabulação cruzada entre DC e PP04 da área 35A, em percentagem da área total.

			PP04 (Kg)			
			> 80	80 - 40	< 40	
			Alto	Médio	Baixo	Total
DC (cm)	> 14,5	Alto	2,4%	25,8%	2,9%	31,1%
	14,5 - 12,5	Médio	6,0%	32,4%	0,6%	39,0%
	< 12,5	Baixo	0,3%	28,5%	1,1%	29,9%
Total			8,7%	86,7%	4,6%	100,0%

Área Total: 4 ha = 100%.

Tabela 18 - Tabulação cruzada entre DC e PP05 da área 35A, em percentagem da área total.

			PP05 (Kg)			
			> 80	80 - 40	< 40	
			Alto	Médio	Baixo	Total
DC (cm)	> 14,5	Alto	5,9%	24,3%	1,0%	31,1%
	14,5 - 12,5	Médio	0,8%	31,2%	7,1%	39,1%
	< 12,5	Baixo	0,0%	10,9%	18,9%	29,8%
Total			6,7%	66,4%	26,9%	100,0%

Área Total: 4 ha = 100%.

## 4.2 ANÁLISES SOBRE A ÁREA 35C

Com o mesmo procedimento executado na área 35A de uma fileira a cada 3 e uma planta a cada 7, identificaram-se as plantas e efetuou-se o georreferenciamento das mesmas, resultando em 50 plantas amostradas (Figura 24).



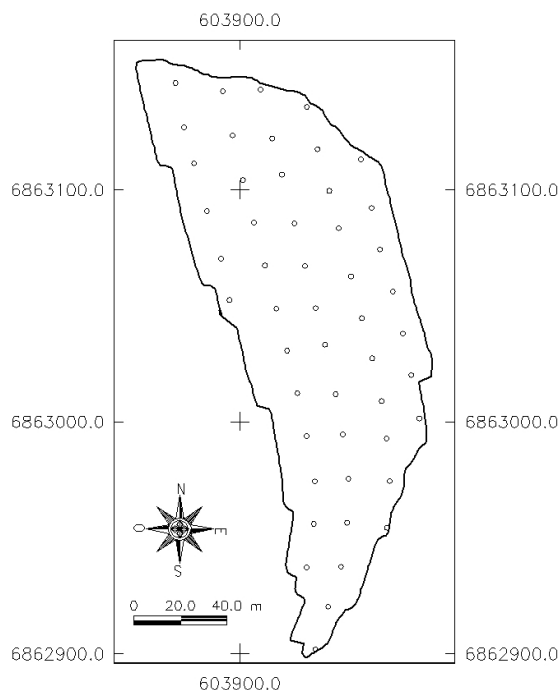


Figura 24 - Distribuição dos pontos amostrados da área 35C. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.

Os valores da estatística descritiva dos dados estão apresentados na Tabela 19. As variáveis apresentaram distribuição de frequência normal pelo teste de (KS) a 5% de significância. Nota-se que houve distribuição normal para as variáveis, pois possuem valores de (As) e (K) próximos de 0 e 3 respectivamente. DC, PP05 e PMF05 obtiveram assimetria positiva. Com relação a K, PP05 e PMF05 apresentaram valores maiores que 3 indicando uma distribuição de frequência leptocúrtica e DC apresenta distribuição platicúrtica. NF05 possui assimetria nula assim como distribuição de frequência mesocúrtica. A Figura 25 apresenta os histogramas e os gráficos de probabilidade normal para as três variáveis.

Os dois primeiros demonstram uma distribuição normal e nos gráficos de probabilidade das duas variáveis nota-se uma tendência de aderência dos pontos à reta, isso também indica que a distribuição se aproxima da normal. O histograma do PMF04 apresenta um alongamento a esquerda da curva, em direção aos valores

baixos e maior frequência de valores altos, evidenciando a assimetria negativa. O gráfico de probabilidade indica tendência de aderência dos pontos à reta.

O CV de PP05 e NF05 ficaram em aproximadamente 30%. DC e PMF05 foi inferior a 10%, valor considerado baixo.

Tabela 19 - Estatística descritiva das variáveis Diâmetro de Caule (DC), Produção por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) na área 35C no ano de 2005. Lages, 2006.

	<b>Variáveis</b>			
	<i>DC (cm)</i>	<i>PP05 (Kg)</i>	<i>NF05</i>	<i>PMF05 (g)</i>
nº de amostras <sup>1</sup>	50	50	50	50
Média	15,35	63,92	407,82	156,12
Mediana	15,22	63,67	410	156,0
Variância	1,88	379,02	13106,18	106,83
DP	1,37	19,47	114,48	10,34
CV (%)	8,9	30,46	28,07	6,62
As	0,23	0,33	-0,01	0,3
K	2,69	3,5	2,93	3,35
Mínimo	12,55	26,87	181	133
Máximo	18,7	121,99	694	187
QI	14,45	53,64	354	148
QS	16,6	73,41	457	163
KS crítico 0,05	0,188	0,188	0,188	0,188
KS	0,107	0,103	0,106	0,05

\*não significativo: distribuição difere da normal pelo teste de KS ao nível de significância de 5%.

<sup>1</sup> Número de Amostras, Média, Mediana, Variância, Desvio Padrão (DP), Coeficiente de Variação (CV), Coeficiente de Assimetria (As), Coeficiente de Curtose (K), Valor Mínimo, Valor Máximo, Quartil Inferior (QI), Quartil Superior (QS), teste de Kolmogorov-Smirnov (KS).

A área apresentou  $R^2$  de 95% e 31%, para PP x NF e PP x DC respectivamente (Figura 26). Mostrando que o DC também influenciou na produção da área. As correlações de PMF x PP e PMF x NF apresentaram valores de  $R^2$  de 17% e 4% respectivamente. Os valores e gráficos foram semelhantes aos

encontrados na área 35A em 2005.

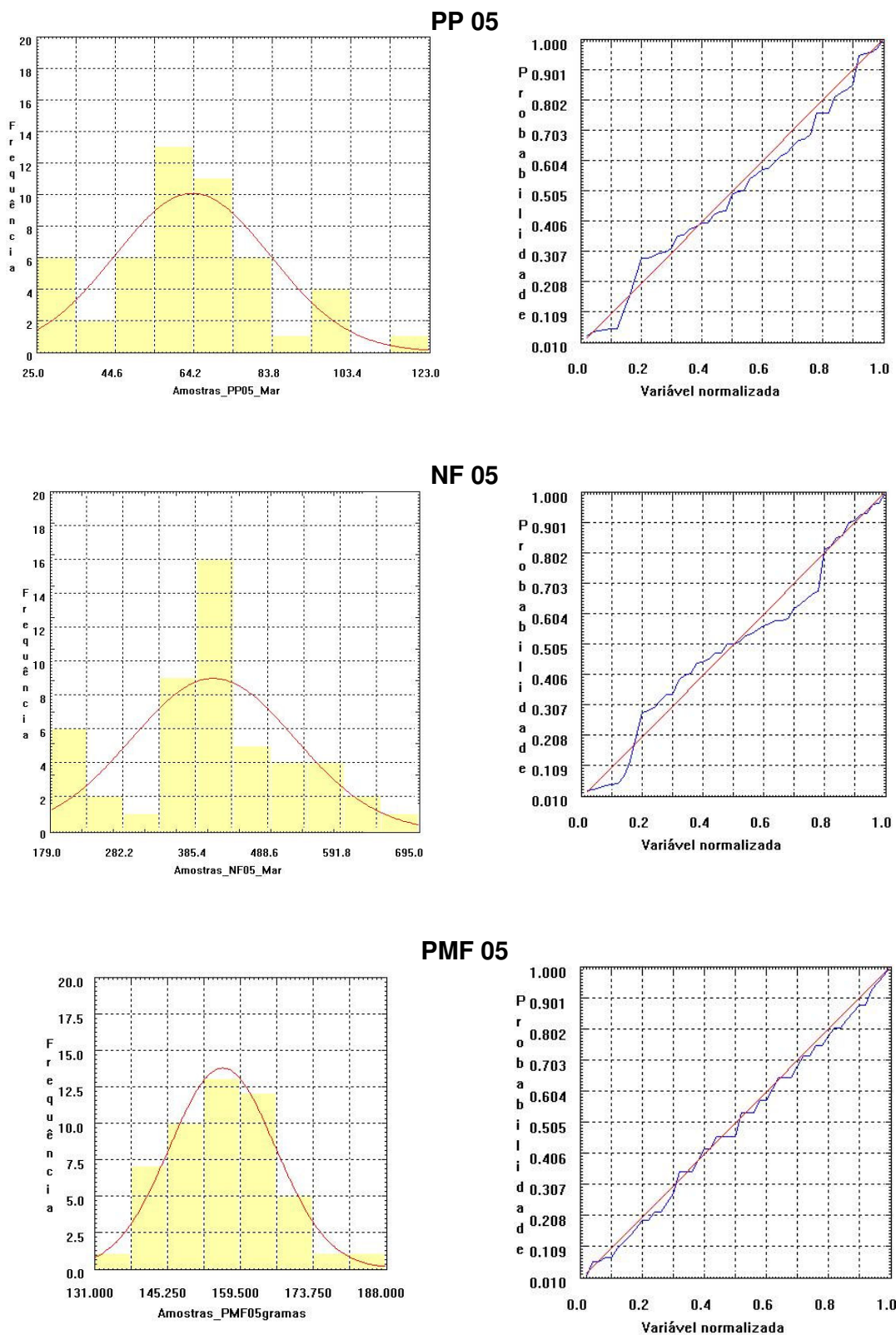


Figura 25 - Histogramas e gráficos de probabilidade normal de PP05, NF05 e PMF05 da área 35C.

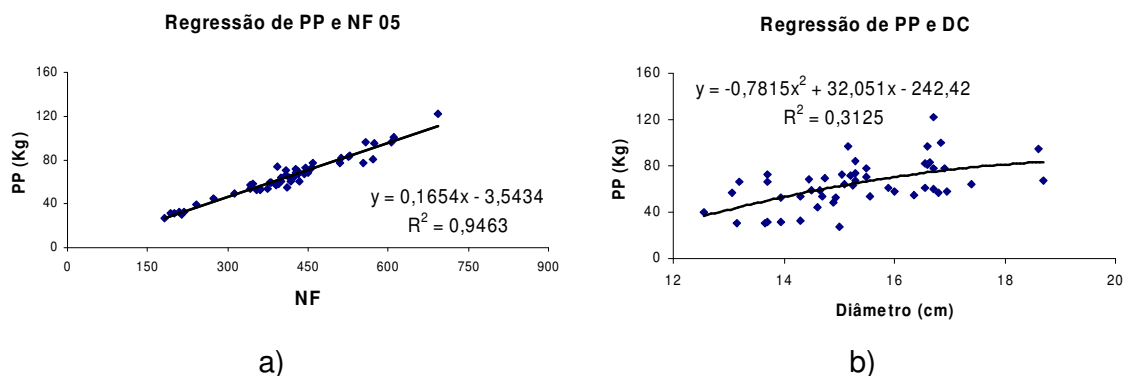


Figura 26 - Regressões de a) PP x NF e b) PP x DC. Lages, 2006.

Após avaliação dos dados gerou-se os semivariogramas padronizados para cada variável para elaboração dos MDE. Os valores dos parâmetros dos semivariogramas, de cada variável, são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Parâmetros dos semivariogramas ajustados para as variáveis: Altimetria, Diâmetro de Caule (DC), Produção por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) na área 35C no ano de 2005. Lages, 2006.

Variável	M	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	(C <sub>0</sub> + C <sub>1</sub> )	a	C <sub>0</sub> / (C <sub>0</sub> + C <sub>1</sub> )	Classificação
<i>35C</i>							
DC	ESF	0,001	0,998	0,999	48,84	0,001	Forte
35C PP05	ESF	0,22	0,678	0,898	40,1	0,24	Forte
35C NF05	ESF	0,509	0,455	0,964	51,89	0,53	Moderado
35C PMF05	ESF	0,466	0,548	1,014	67,63	0,46	Moderado

ESF: Modelo Esférico.

Para a área 35C o modelo que melhor se ajustou ao modelo experimental de todas as variáveis foi o modelo esférico coincidindo com o modelo das variáveis do ano de 2004 para a área 35A, exceto com o DC.

O alcance para as variáveis apresentaram-se entre 40 e 70 m. Com relação a classificação de dependência espacial PP e DC apresentaram dependência Forte enquanto NF e PMF apresentaram dependência Moderada.

### 4.2.1 Krigagem

Com a interpolação gerou-se os MDE para cada variável onde para uma primeira interpretação do comportamento espacial analisou-se os mapas de isolinhas conforme a Figura 27.

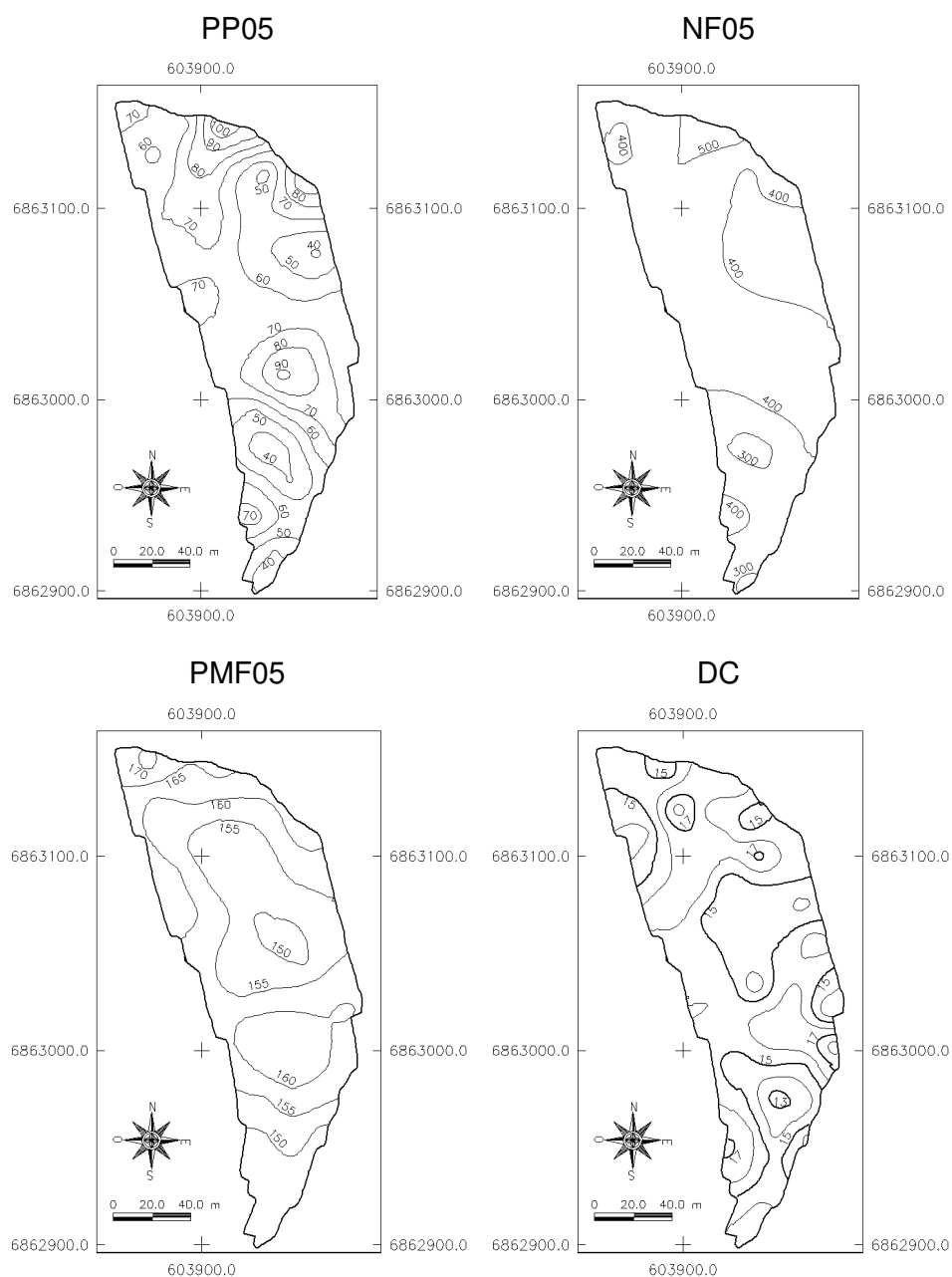


Figura 27 - Mapas de isolinhas de PP (Kg), NF, PMF (g) e DC (cm) da área 35C. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.

#### 4.2.2 Mapas de classes ou temáticos

Os limites das classes são os mesmos da Tabela 7, porém diferem apenas nos limites do DC (Tabela 21).

Tabela 21 - Limites dos intervalos das classes para os mapas temáticos de 5 e 3 classes.

<b>Classes</b>	<b>DC (cm)</b>	<b>PP (Kg)</b>		<b>NF</b>		<b>PMF (g)</b>	
	<i>3 Clas.</i>	<i>5 Clas.</i>	<i>3 Clas.</i>	<i>5 Clas.</i>	<i>3 Clas.</i>	<i>5 Clas.</i>	<i>3 Clas.*</i>
Muito Alto		> 106		> 598		> 180	
Alto	> 16	81 - 106	> 80	460 - 598	> 500	167 - 180	100
Médio	14,5 - 16	57 - 81	40 - 80	323 - 460	300 - 500	153 - 167	110
Baixo	< 14,5	32 - 57	< 40	185 - 323	< 300	140 - 153	120
Muito Baixo		< 32		< 185		< 140	

\*Classificação do PMF 3 Classes definido conforme Tabela 4.

Para DC não foi considerado 5 classes devido à pequena amplitude entre o maior e o menor valor medido.

Utilizando o mesmo procedimento da área 35A, executou-se o Fatiamento do MDE, e produziu-se os mapas classificados nas duas categorias de PP, NF e PMF (Figura 28), e para DC (Figura 29).

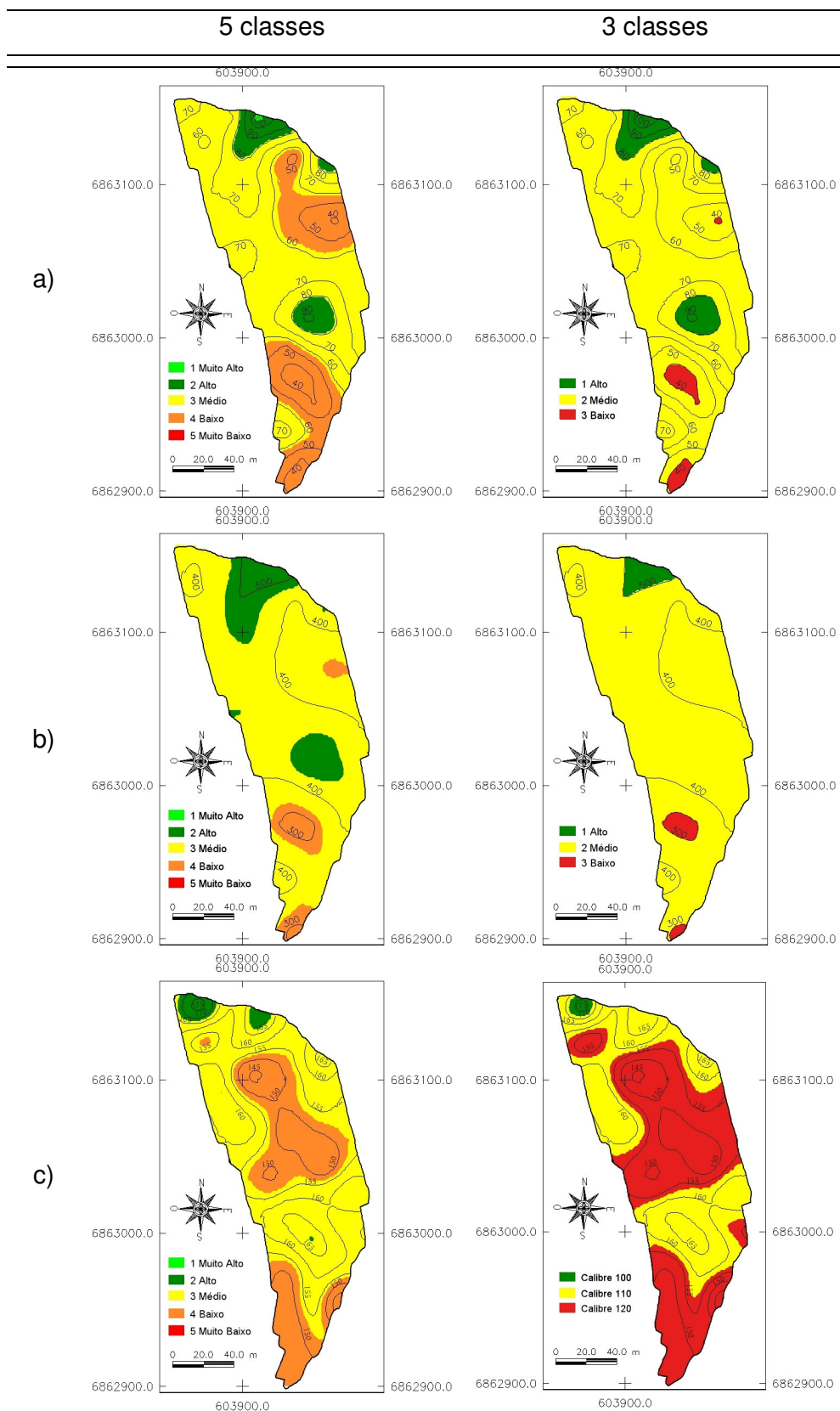


Figura 28 - Mapas temáticos de 5 e 3 classes no ano de 2005 para as variáveis: a) PP, b) NF e c)PMF. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.

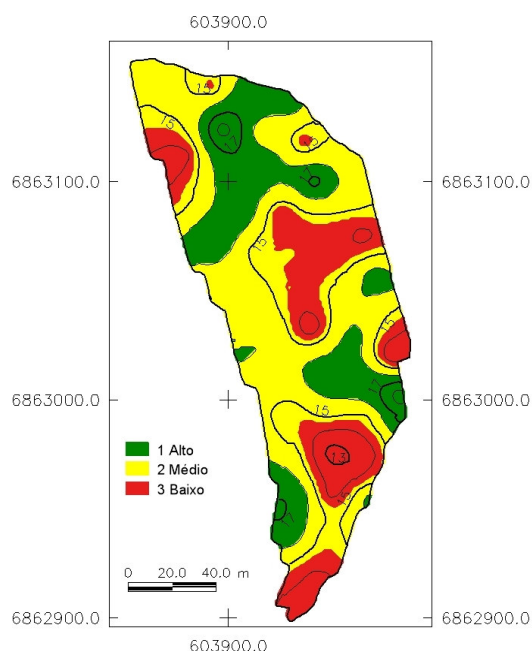


Figura 29 - Mapa temático de 3 classes de DC. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada.

Pode-se notar a semelhança dos mapas de PP e NF, evidenciando a alta correlação existente entre as duas variáveis. DC e PP 5 classes apresentam coincidências de áreas de alta produção com diâmetro alto e onde a produção apresentou classe Baixo coincidiu em lugares onde há a presença de diâmetro Baixo, sendo ao centro e ao sul da área.

#### 4.2.3 Tabulação cruzada

##### 4.2.3.1 PP05 x NF05

Esta área se destaca pela presença de quase sua totalidade com valores que compreendem a classe Médio, tanto em PP como em NF (Tabela 22). A área apresenta pouca variabilidade ou o intervalo das classes estão muito amplos que não seja possível evidenciar o comportamento da variabilidade. A tendência de variáveis altamente correlacionadas foi expressa na diagonal principal.



Tabela 22 - Tabulação cruzada entre PP05 e NF05 da área 35C, em percentagem da área total.

			NF05			
			> 500	500 - 300	< 300	
			Alto	Médio	Baixo	Total
<b>PP05 (Kg)</b>	> 80	Alto	2,9%	5,5%	0,0%	<b>8,4%</b>
	80 - 40	Médio	0,0%	88,3%	0,2%	<b>88,5%</b>
	< 40	Baixo	0,0%	1,1%	2,0%	<b>3,1%</b>
<b>Total</b>			<b>2,9%</b>	<b>94,9%</b>	<b>2,2%</b>	<b>100,0%</b>

Área Total: 1,6 ha = 100%

#### 4.2.3.2 PMF05 x PP05 e NF05

Fazendo uma análise da Tabela 23 e Tabela 24, nota-se que são semelhantes em termos de distribuição dos valores das proporções de áreas, no interior das tabelas. O PMF Médio abrangeu toda a classe Alto de PP e NF. Aproximadamente 40% da área da classe Médio de PP e NF corresponde a PMF Médio, e os outros 60% coincidem com a classe Baixo de PMF. Os valores considerados Baixo para PP e NF praticamente coincidem com PMF Baixo. A área apresentou apenas uma ocorrência de PMF Alto, caracterizando um evento isolado, podendo se caracterizar, que em 2005, a área 35C produziu frutos de PMF Médios e Baixos (calibres 110 e 120).

Tabela 23 - Tabulação cruzada entre PMF05 e PP05 da área 35C, em percentagem da área total.

			PMF05			
			100	110	120	
			Alto	Médio	Baixo	Total
<b>PP05 (Kg)</b>	> 80	Alto	0,0%	8,4%	0,1%	<b>8,5%</b>
	80 - 40	Médio	1,0%	35,4%	52,0%	<b>88,4%</b>
	< 40	Baixo	0,0%	0,5%	2,6%	<b>3,1%</b>
<b>Total</b>			<b>1,0%</b>	<b>44,3%</b>	<b>54,7%</b>	<b>100,0%</b>

Área Total: 1,6 ha = 100%

Tabela 24 - Tabulação cruzada entre PMF05 e NF05 da área 35C, em percentagem da área total.

			PMF05			
			100	110	120	
			Alto	Médio	Baixo	Total
<b>NF05</b>	> 500	Alto	0,0%	2,9%	0,0%	<b>2,9%</b>
	500 - 300	Médio	0,9%	41,0%	53,1%	<b>95,0%</b>
	< 300	Baixo	0,0%	0,4%	1,7%	<b>2,1%</b>
<b>Total</b>			<b>0,9%</b>	<b>44,3%</b>	<b>54,8%</b>	<b>100,0%</b>

Área Total: 1,6 ha = 100%

#### 4.2.3.3 DC x PP05

O PP Alto e Baixo apresentaram-se em quase sua totalidade onde DC foi Alto e Baixo respectivamente (Tabela 25). Em 50% da área total, PP e DC se correlacionaram com Valores Médio. DC também apresentou classe Alta e Baixo em 18,4% e 20,1% respectivamente, da área total, onde PP apresentou valores Médios.

Tabela 25 - Tabulação cruzada entre DC e PP05 da área 35C, em percentagem da área total.

			PP05 (Kg)			
			> 80	80 - 40	< 40	
			Alto	Médio	Baixo	Total
DC (cm)	> 17	Alto	7,2%	18,4%	0,0%	25,6%
	14,7 - 17	Médio	1,3%	49,9%	0,8%	52,0%
	< 14,7	Baixo	0,0%	20,1%	2,3%	22,4%
Total			8,5%	88,4%	3,1%	100,0%

Área Total: 1,6 ha = 100%

#### 4.3 ANÁLISES SOBRE A ÁREA 11D

Após a identificação das árvores efetuou-se o georreferenciamento das plantas. Onde resultou em 52 amostras, a distribuição dos pontos se comportou como mostra a Figura 30.

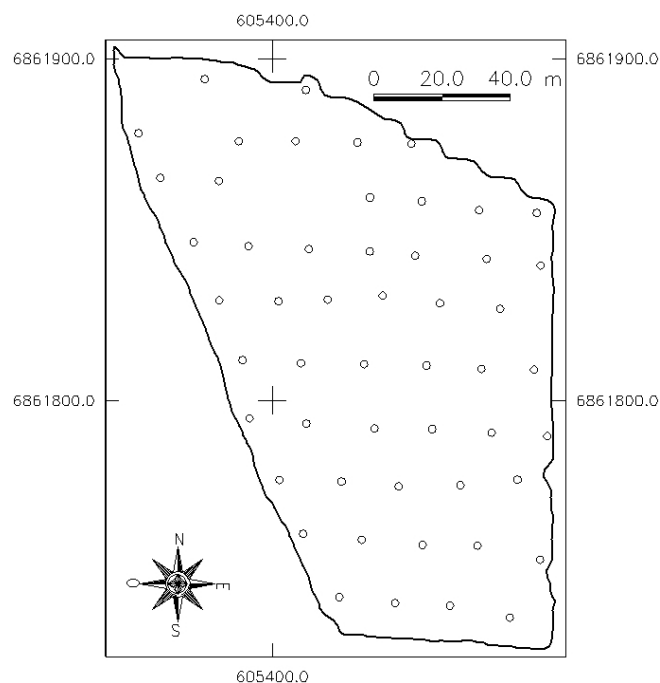


Figura 30 - Distribuição dos pontos amostrados da área 11D. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.

A estatística descritiva está apresentada na Tabela 26. Houve distribuição de frequência normal a 5% de significância, pelo teste de (KS). DC e PMF apresentaram assimetria nula e PP e NF assimetria positiva. A distribuição de frequência se apresentou platicúrtica para DC, PP e NF e leptocúrtica para PMF. Os gráficos de histogramas e de probabilidade de PP, NF e PMF estão apresentados na Figura 31.

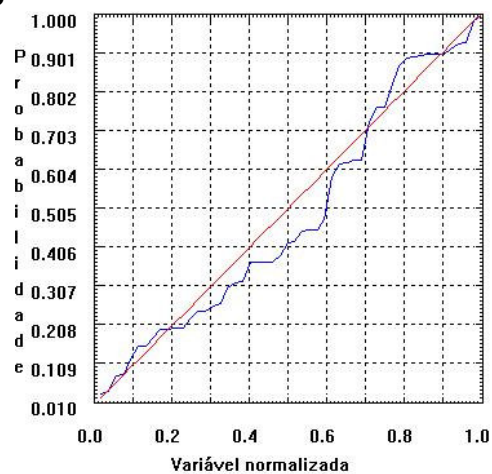
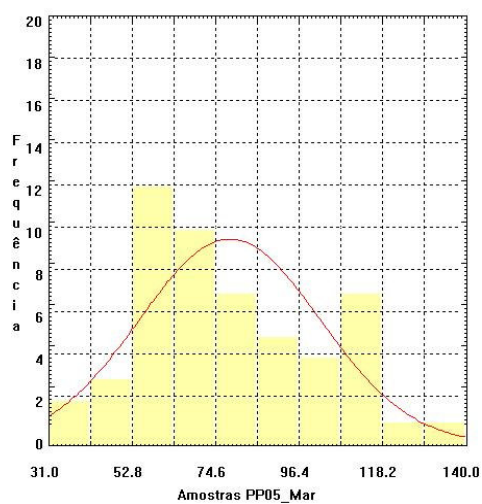
Tabela 26 - Estatística descritiva das variáveis Diâmetro de Caule (DC), Produção por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) na área 11D no ano de 2005. Lages, 2006.

	<b>Variáveis</b>			
	<i>DC (cm)</i>	<i>PP05 (Kg)</i>	<i>NF05</i>	<i>PMF05 (g)</i>
nº de amostras <sup>1</sup>	52	52	52	52
Média	15,83	78,30	497,10	158,10
Mediana	15,95	73,33	476,5	159,5
Variância	4,84	559,2	21516,86	223,39
DP	2,2	23,65	146,69	14,95
CV (%)	13,9	30,2	29,51	9,45
As	-0,09	0,39	0,23	0,1
K	2,44	2,52	2,2	4,82
Mínimo	11,4	33,33	213	120
Máximo	20,55	138,99	814	207
QI	14,13	60,9	382,5	151
QS	17,15	97,2	606	165,5
KS crítico 0,05	0,185	0,185	0,185	0,185
KS	0,072	0,128	0,081	0,118

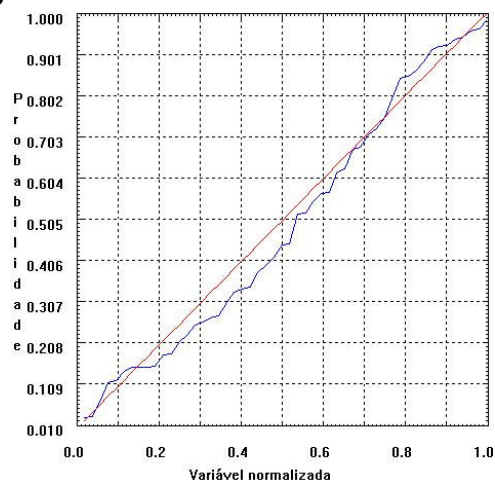
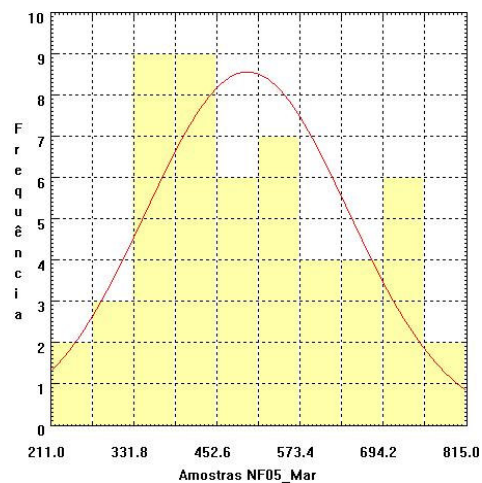
\*não significativo: distribuição difere da normal pelo teste de KS ao nível de significância de 5%.

<sup>1</sup> Número de Amostras, Média, Mediana, Variância, Desvio Padrão (DP), Coeficiente de Variação (CV), Coeficiente de Assimetria (As), Coeficiente de Curtose (K), Valor Mínimo, Valor Máximo, Quartil Inferior (QI), Quartil Superior (QS), teste de Kolmogorov-Smirnov (KS).

## PP 05



## NF 05



## PMF 05

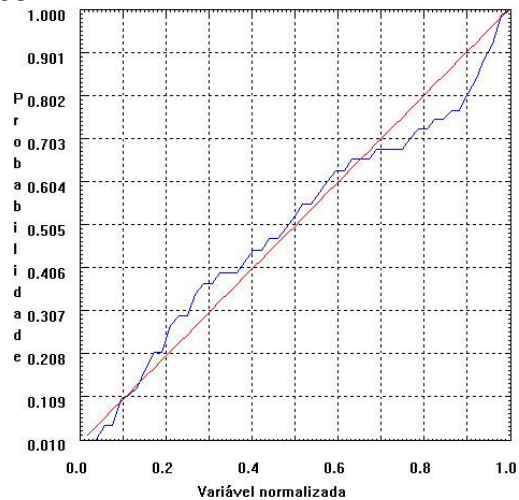
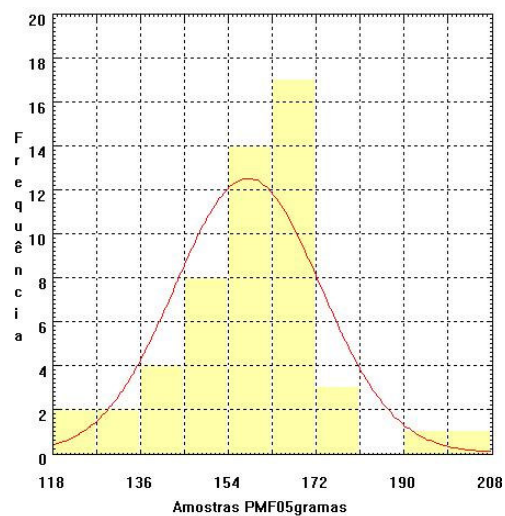


Figura 31 - Histogramas e gráficos de probabilidade normal de PP05, NF05 e PMF05 da área 11D.

Os CV de PP e NF se mostraram parecidos com os da área 35C, em aproximadamente 30%. PMF apresentou CV maior que nas áreas 35A e 35C. O DC obteve CV de 13,9%, próximo do encontrado na área 35A.

Os  $R^2$  de PP x NF e PP x DC apresentaram-se 90% e 55%, respectivamente (Figura 32). Valores semelhantes às áreas 35A e 35C, que apresentaram  $R^2$  para PP x NF acima de 90%. PP x DC mostrou-se semelhante ao comportamento da área 35A no ano de 2005, predizendo que o DC também apresentou influência na produção de 2005 da área 11D. PMF x PP e PMF x NF apresentaram baixo valor de  $R^2$ , sendo eles 3% e 2% respectivamente.

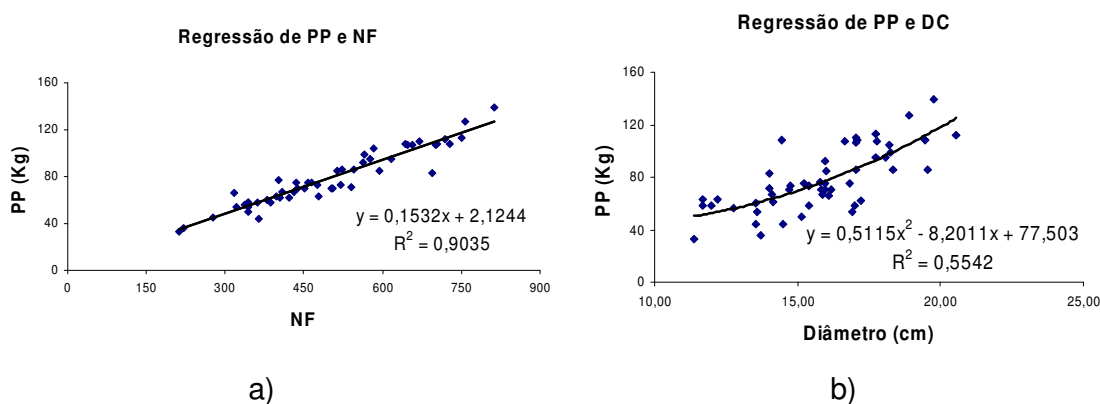


Figura 32 - Regressões de a) PP x NF e b) PP x DC. Lages, 2006.

Após avaliação procedeu-se a geração dos semivariogramas padronizados de cada variável para elaboração dos MDE. A Tabela 27 apresenta os valores dos parâmetros dos semivariogramas de cada variável.

Tabela 27 - Parâmetros dos semivariogramas ajustados para as variáveis: Altimetria, Diâmetro de Caule (DC), Produção por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) na área 11D no ano de 2005. Lages, 2006.

Variável	M	$C_0$	$C_1$	$(C_0 + C_1)$	a	$C_0 / (C_0 + C_1)$	Classificação
<i>11D</i>							
DC	ESF	0,054	0,864	0,918	49,75	0,06	Forte
11D PP05	EXP	0,073	0,908	0,981	44,55	0,07	Forte
11D NF05	GAUS	0,194	0,762	0,956	31,51	0,20	Forte
11D PMF05	GAUS	0,02	1,048	1,068	48,53	0,02	Forte

GAUS: Modelo Gaussiano; ESF: Modelo Esférico; EXP: Modelo Exponencial; POT: Modelo Potência

Para a área 11D os modelos que melhor se ajustaram foram o modelo esférico para DC, modelo exponencial para PP e gaussiano para NF e PMF.

O alcance para as variáveis apresentaram-se abaixo de 50 m, sendo o menor alcance o do NF com 31,5 m. As variáveis apresentaram dependência espacial classificadas como Forte.

#### 4.3.1 Krigeagem

Como resultado da interpolação executada no Spring obteve-se os MDE para cada variável onde se elaborou os mapas de isolinhas conforme Figura 33.

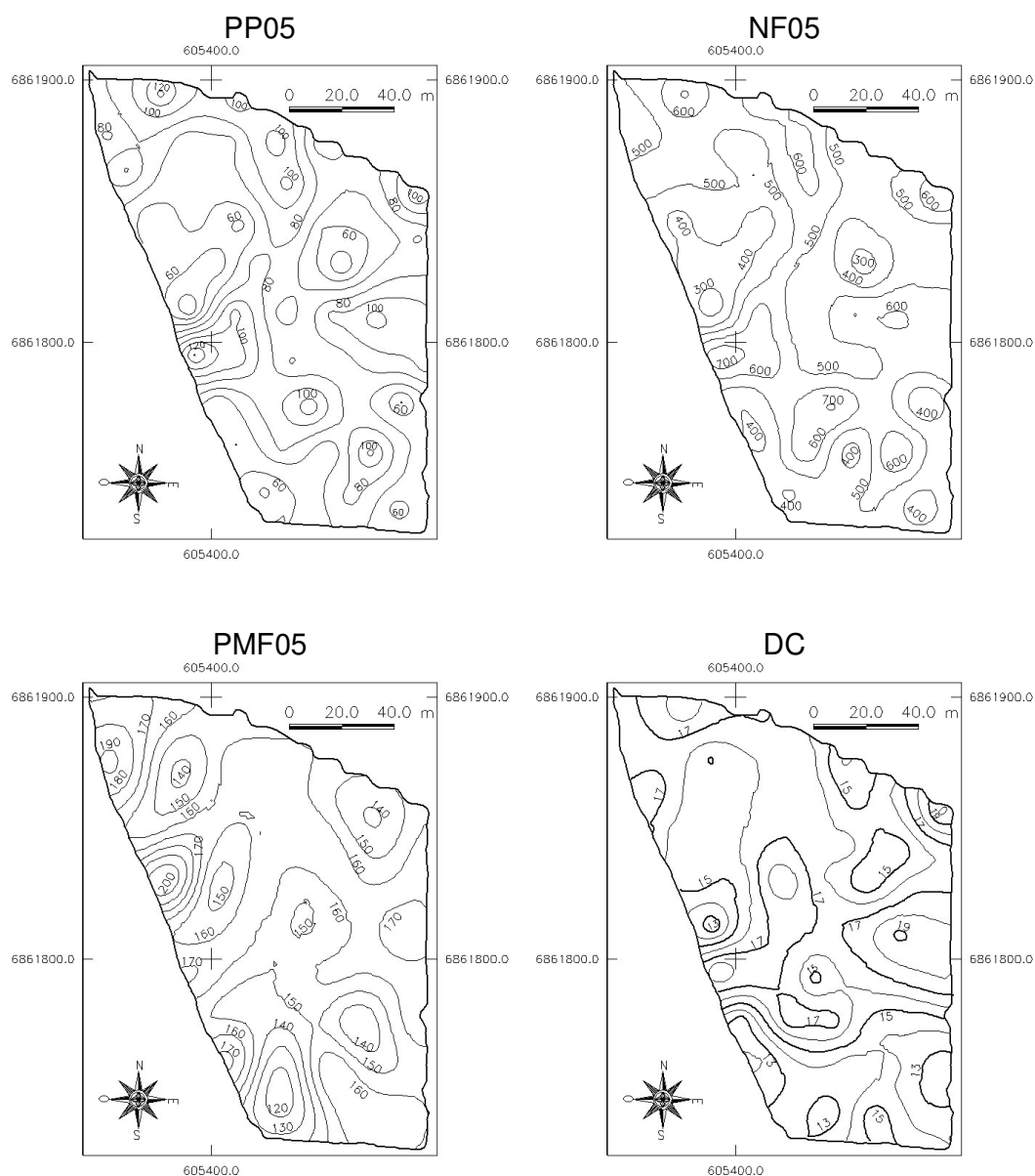


Figura 33 - Mapas de isolinhas de PP (Kg), NF, PMF (g) e DC (cm) da área 11D. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.

#### 4.3.2 Mapas de classes ou temáticos

Os limites das classes são os mesmos da Tabela 7, porém diferem apenas nos limites do DC (Tabela 28).



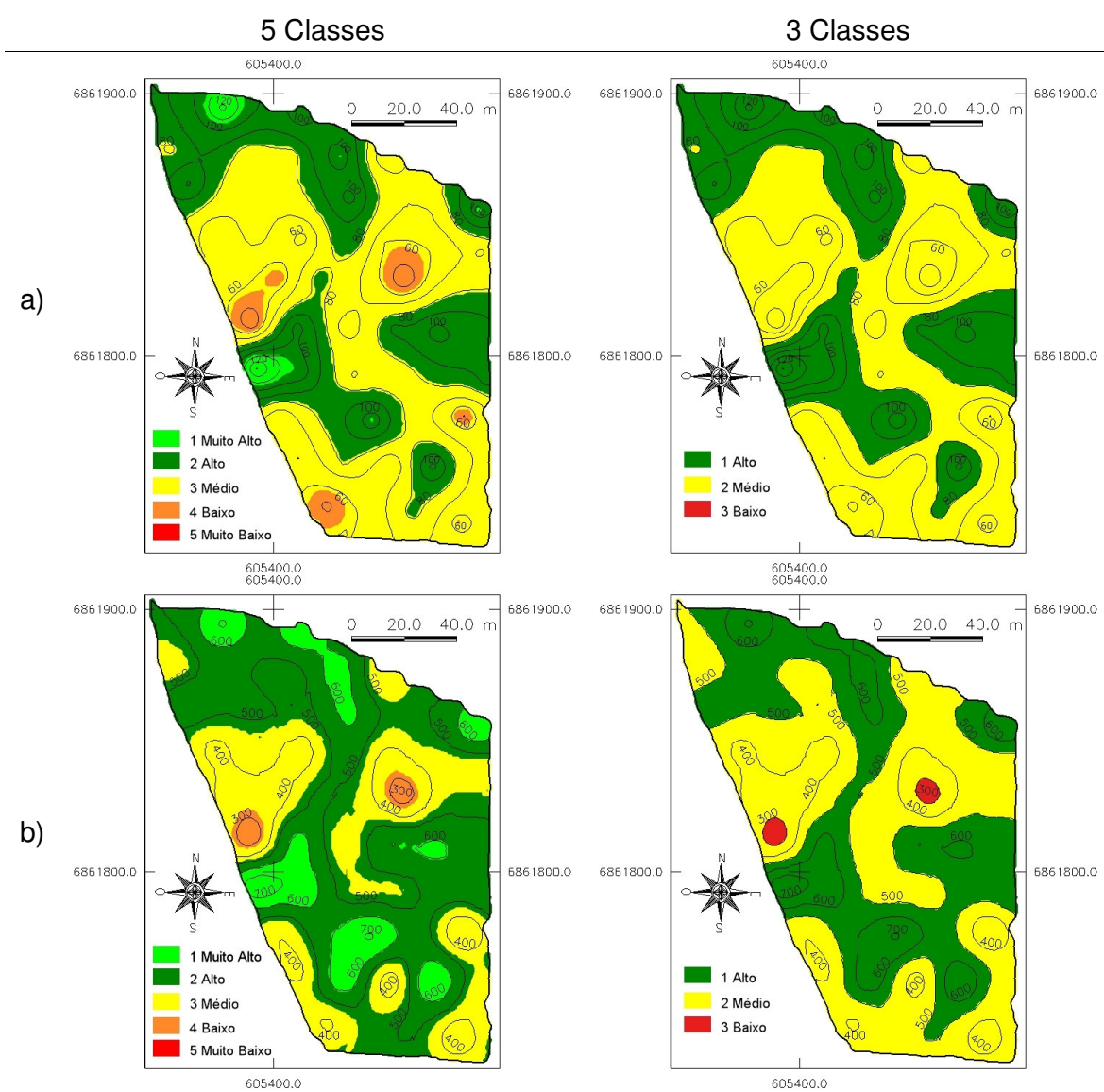
Tabela 28 - Limites dos intervalos das classes para os mapas temáticos de 5 e 3 classes.

<b>Classes</b>	<b>DC (cm)</b>	<b>PP (Kg)</b>		<b>NF</b>		<b>PMF (g)</b>	
	<i>3 Clas.</i>	<i>5 Clas.</i>	<i>3 Clas.</i>	<i>5 Clas.</i>	<i>3 Clas.</i>	<i>5 Clas.</i>	<i>3 Clas.*</i>
Muito Alto		> 106		> 598		> 180	
Alto	> 17	81 - 106	> 80	460 - 598	> 500	167 - 180	100
Médio	14,7 - 17	57 - 81	40 - 80	323 - 460	300 - 500	153 - 167	110
Baixo	< 14,7	32 - 57	< 40	185 - 323	< 300	140 - 153	120
Muito Baixo		< 32		< 185		< 140	

\*Classificação do PMF 3 Classes definido conforme Tabela 4.

Para DC não foi considerado 5 classes devido à pequena amplitude entre o maior e o menor valor medido.

Executando o procedimento de fatiamento do MDE usado nas áreas anteriores, produziu-se os mapas classificados nas duas categorias de PP, NF e PMF (Figura 34) e para DC (Figura 35).



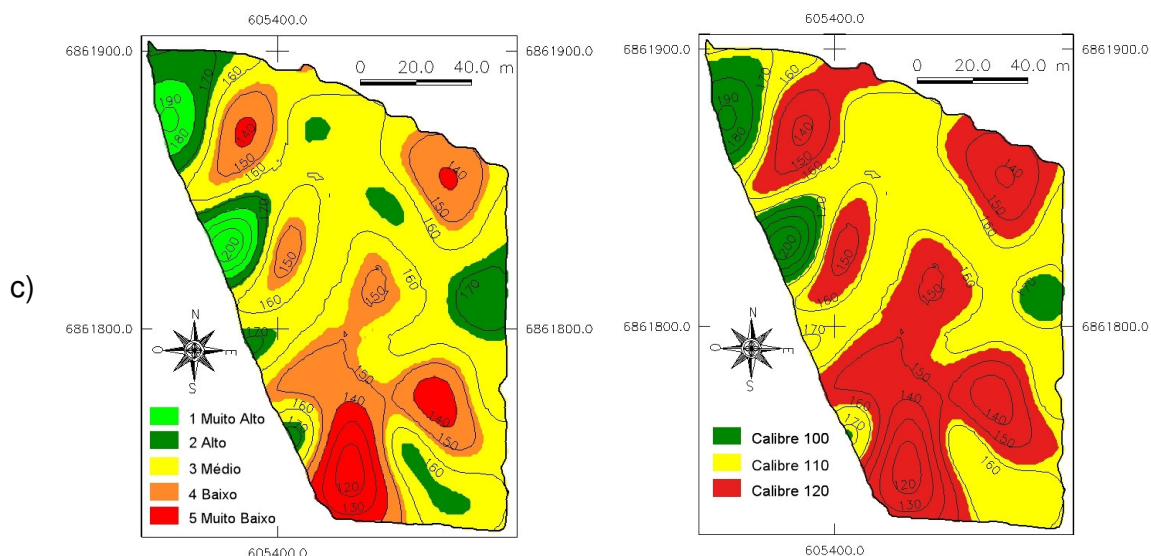


Figura 34 - Mapas temáticos de 5 e 3 classes no ano de 2005 para as variáveis a) PP, b) NF e c)PMF. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.

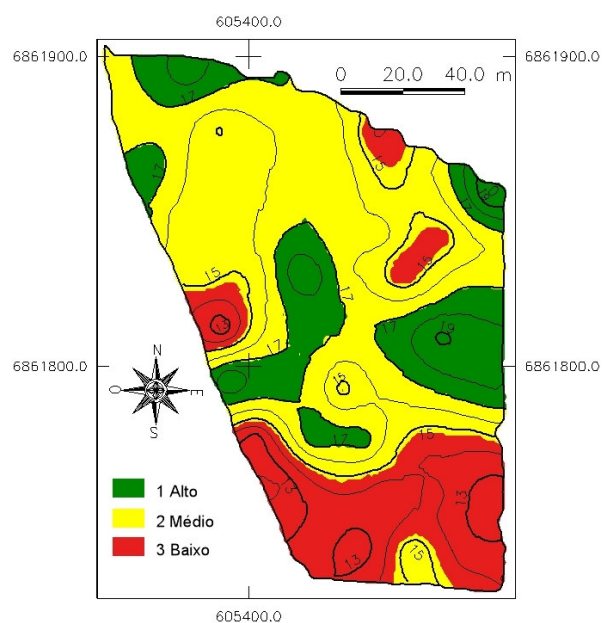


Figura 35 - Mapa temático de 3 classes para a variável DC. Malha UTM, fuso 22, datum SAD69, escala indicada. Lages, 2006.

Como nos mapas PP e NF das áreas 35A e 35C, a semelhança entre os mapas dessas variáveis nessa área é alta. PMF apresentou menor peso na face sul da área. Com relação ao calibre poucas áreas foram de alto calibre, 43% da área foi de calibre baixo e 48% de calibre médio. As regiões de calibre baixo coincidiram com área de produções altas e médias, evidenciando que o comportamento do PMF

é independente da PP. O DC apresentou-se baixo ao sul da área que coincidiu com produções médias na mesma área e o diâmetro considerado alto ao centro e ao norte do mapa coincidiu com produções altas nesses mesmos lugares, mostrando que plantas de maior vigor sustentam maiores produções.

#### 4.3.3 Tabulação cruzada

##### 4.3.3.1 PP05 x NF05

As variáveis apresentaram um comportamento semelhante e proporcional em termos de área consideradas Alto e Médio (Tabela 29). Isso também é notado na concentração dos valores na diagonal principal. PP não apresentou áreas com valores considerados baixo. A área 11D demonstrou ter produções acima da média em relação as áreas 35A e 35C.

Tabela 29 - Tabulação cruzada entre PP05 e NF05 da área 11D, em percentagem da área total.

			NF05			
			> 500	500 - 300	< 300	
			Alto	Médio	Baixo	Total
PP05 (Kg)	> 80	Alto	37,7%	4,2%	0,0%	<b>41,9%</b>
	80 - 40	Médio	8,5%	48,7%	0,9%	<b>58,1%</b>
	< 40	Baixo	0,0%	0,0%	0,0%	<b>0,0%</b>
Total			<b>46,2%</b>	<b>52,9%</b>	<b>0,9%</b>	<b>100,0%</b>

Área Total: 1,5 ha = 100%

##### 4.3.3.2 PMF05 x PP05 e NF05

A proporção de cada classe de PMF se dividiu em igual praticamente para as classes alto e médio de PP, porém 68% da área de PMF baixo encontra-se com PP

médio (Tabela 30).

Tabela 30 - Tabulação cruzada entre PP05 e PMF05 da área 11D, em percentagem da área total.

			<b>PMF05</b>			
			100	110	120	
			Alto	Médio	Baixo	<b>Total</b>
<b>PP05 (Kg)</b>	> 80	Alto	5,2%	23,1%	13,6%	<b>41,9%</b>
	80 - 40	Médio	3,3%	25,4%	29,4%	<b>58,1%</b>
	< 40	Baixo	0,0%	0,0%	0,0%	<b>0,0%</b>
<b>Total</b>			<b>8,5%</b>	<b>48,5%</b>	<b>43,0%</b>	<b>100,0%</b>

Área Total: 1,5 ha = 100%

A Tabela 31 mostra que com NF as áreas das classes de PMF se dividiram proporcionalmente entre os valores Alto e Médio de NF. Demonstrando que espacialmente o PP e NF não influenciaram no PMF, outros fatores que refletem no desenvolvimento dos frutos como clima, solo, manejo de adubação e condução da planta (EPAGRI, 2002; TAIZ & ZEIGER, 2004), podem ter contribuído para a variabilidade espacial do PMF.

Tabela 31 - Tabulação cruzada entre NF05 e PMF05 da área 11D, em percentagem da área total.

			<b>PMF05</b>			
			100	110	120	
			Alto	Médio	Baixo	<b>Total</b>
<b>NF05</b>	> 500	Alto	3,3%	22,1%	20,8%	<b>46,2%</b>
	500 - 300	Médio	5,2%	25,5%	22,2%	<b>52,9%</b>
	< 300	Baixo	0,0%	0,8%	0,1%	<b>0,9%</b>
<b>Total</b>			<b>8,5%</b>	<b>48,3%</b>	<b>43,1%</b>	<b>100,0%</b>

Área Total: 1,5 ha = 100%

#### 4.3.3.3 DC x PP05

A Tabela 32 mostra que a maior parte da área de DC Alto e Baixo correspondeu com PP Alto e Médio respectivamente. Apresentando assim uma possível correlação espacial desses atributos.

Tabela 32 - Tabulação cruzada entre DC e PP05 da área 11D, em percentagem da área total.

			PP05 (Kg)			
			> 80	80 - 40	< 40	
			Alto	Médio	Baixo	Total
DC (cm)	> 17	Alto	18,5%	3,2%	0,0%	21,7%
	14,7 - 17	Médio	21,0%	34,0%	0,0%	55,0%
	< 14,7	Baixo	2,3%	20,9%	0,0%	23,3%
	Total		41,9%	58,1%	0,0%	100,0%

Área Total: 1,5 ha = 100%

## 5 CONCLUSÕES

Todas as variáveis analisadas nas três áreas de produção apresentaram dependências espaciais.

As variáveis PP e NF mostraram-se altamente correlacionadas. O DC em 2005 mostrou-se mais influente na produção das áreas 35A e 11D. Tal efeito esteve relacionado com a estiagem que ocorreu no período, favorecendo as plantas com maiores reservas, já que em 2004 na área 35A o efeito do DC sobre a produção não foi elevado.

Os mapas de isolinhas e temáticos evidenciaram a variabilidade espacial existente nas áreas, e também a variabilidade da produção e da qualidade dos frutos da área 35A, nos dois anos de observação.

Para se buscar uma maior compreensão do comportamento das variáveis de produção, se faz necessário um acompanhamento mais prolongado para se mensurar a variabilidade temporal.

A análise por tabulação cruzada foi eficaz na comparação e identificação de correlações espaciais entre as classes de mapas temáticos. A análise espacial pode contribuir na identificação de inversões de produções entre anos consecutivos.

O SIG utilizado para processar, analisar e gerar produtos para tomada de decisões foi adequado para elaboração de mapas interpolados e análises de correlações de mapas temáticos, podendo vir a ser uma alternativa de baixo custo para manejo de sítios específicos de produção de maçã.

Há necessidades de mais estudos com variáveis de atmosfera, solo e planta que melhor expliquem as relações de causa e efeito na variabilidade espacial dos atributos de produção.

A interface do SIG deve sofrer melhorias, tornando-o mais intuitivo ao usuário e contribuindo desta forma para que o mesmo seja mais atrativo na sua utilização em Fruticultura de Precisão.



## 6 BIBLIOGRAFIA

ABPM. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MAÇÃ. **Caderno estatístico**. Fraiburgo: ABPM, 2004.

AGRITEMPO. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**. Disponível em <<http://www.agritempo.gov.br>>. Acessado em 20 de fev. de 2006.

AKAIKE, H. A New Look at Statistical Model Identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, 19 (6): 716-723, Dec. 1974.

AQUINO, F. M.; BENITEZ, R. M. **Cadeia produtiva da maçã: produção, armazenagem, comercialização, industrialização e financiamentos do BRDE na região sul do Brasil**. Porto Alegre: BRDE, 2005. 65 p.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na agricultura**. 2. ed., ver. E ampl. Brasília: EMBRAPA – SPI / EMBRAPA – CPAC, 1998: 434 p.

BALASTREIRE, L. A. **Agricultura de Precisão**. Piracicaba, 1998. 68 p

BALASTREIRE, L. A.; AMARAL, J. R.; ESQUERDO, J. C. D. M.; RODRIGUES, A. **Mapeamento da produtividade de uma cultura de laranja**. Artigo eletrônico, 1999. Disponível em: <<http://www.gpsglobal.com.br>>. Acessado em 01 jul 2004.

BALASTREIRE, L. A.; ELIAS, A. I.; AMARAL, J. R. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade da cultura do milho. **Engenharia Rural**, v.8, n. 1, p. 97-111, 1997.

BEST, S. Agricultura de precisión: una plataforma para la fruticultura de exportación. **Pomáceas, Boletín Técnico**, Centro de Pomáceas, Universidad de Talca: Talca - Chile; vol 4, n 5, set. 2004. ISSN 0717-6910.

BIFFI, L. J.; NETO, S. L. R.; NAGAOKA, A. K.; SANTOS, P. G.; GEBERT, D. M. Parâmetros de produção de maçã como suporte à decisão espacial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34, 2005, Canoas. **CD-ROM: Programa e resumos**. Canoas, ULBRA, 2005.

BLACKMORE, B. S.; LARSCHEID, G. Strategies for managing variability, In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE 1997, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific, 1997. p851-859.

BRAGA, H. J. **PREVISÃO AGRÍCOLA: UMA NOVA ABORDAGEM – Uso de scanner aerotransportável e redes neurais**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 1995. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/teses/braga/>>, Acessado em 30 jun 2004.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford, Clarendon, 1986.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; FUCKS, S. D.; CARVALHO, M. S. Análise Espacial e Geoprocessamento. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6). Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>> Acessado em 23 de ago de 2005.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. - SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, vol. 15, n.6, July 1996.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n.5, p. 1501-1511, 1994.

CAMILO, A.P.; DENARDI, F.; ZAFFARI, G.R.; KREUZ, C.L. Raleio de frutos na cultivar Golden Delicious. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.1, p.89-96, 1992.

CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 27: 695 – 703, 2003.

COLVIN, T. S.; JAYNES, D. D. B.; KARLEN, D. L.; LAIRD, D. A.; AMBUEL, J. R. Six year yield variability within a central Iowa field. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, Minneapolis, 1996. **Proceeding**. Minneapolis: ASA, CSSA, SSSA, 1996. p. 863-870.

CRESSIE, N. **Statistics for Spatial Data**. Chichester, John Wiley, 1991.

EBERT, A.; KREUZ, C.L. da. Raleio manual nas cultivares Gala, Golden Delicious e Fuji no alto Vale do Rio do Peixe. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.9, n.3, p.39-44, 1987.

EPAGRI. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **A cultura da macieira**. Florianópolis: GCM/Epagri, 2002. 743p.

EPAGRI. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Frutas de clima temperado : situação da safra 2002/2003 : previsão da safra 2003/2004**. Gerência Regional de Videira, dezembro 2003.

ESRI. Environmental Systems Research Institute, Inc. **ArcView GIS 3.2**. ESRI, Inc. 1999.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT FAO STATISTICAL DATABASES**. Disponível em:<<http://apps.fao.org>>. Acesso em 01 jun. 2004.

FARIAS, P. R. S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J. C. PERECIN, D. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, 2003, pp. 235-241.

FARIAS, R. N. S.; ALBUQUERQUE JÚNIOR, F. S. Uso da imagem SPOT no auxílio do estudo geoestatístico para caracterização do subsolo do município de Campos dos Goytacazes. In: **Anais XI SBSR**, Belo Horizonte, Brasil, 05 a 10 abril 2003, INPE, p. 839-846.

GOERING, C. E. How much and where. **Agricultural Engineering**. V.73, n.4, p. 13-15, July, 1992.

GOLDEN SOFTWARE Inc., Surfer for Windows - Version 7.0. **User's guide.**  
Golden: Colorado, 1999.

GOMES, F. R. C.; FACHINELLO, J. C.; MEDEIROS, A. R. M. de; GIACOBBO, C. L.; SANTOS, I. P. dos. Influência do manejo do solo e da intensidade de raleio de frutas, no crescimento e qualidade de pêssegos, cvs. Cerrito e Chimarrita. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 60-63, abril 2005.

HAN, S.; HUMMEL, J. W.; GOERING, C. E.; CAHN, M. D. Cell size for site-specific crop management. **Transactions of the ASAE**, v. 37, n. 1, p. 19-26, jan/fev. 1994.

HEXSEL, R. A. Software Livre: Proposta de ações de governo para incentivar o uso de software livre. **Relatório Técnico RT-DINF 004/2002**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002. 48p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de Dados Agregados – SIDRA**. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>  
Acessado em 20 de jun. de 2005.

ICEPA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. Florianópolis: Secretaria da Agricultura, 2002.

INPE. **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING)**, versão 4.2, 2005. <<http://www.dpi.inpe.br/spring.html>>

KRIGE, D.G. A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand. **Johannesburg Chemistry Metallurgy Mining Society South African**, 52 (6): 119-139, 1951.

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

LANDIM, P.M.B.; STURARO, J.R.; MONTEIRO, R. C. **Krigagem ordinária para situações com tendência regionalizada**. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 06, 12 pp. 2002. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: 27 de mar de 2004.

LEAL, J. C. G. **Mapeamento da produtividade na colheita mecanizada do café**. 2002. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

LEICK, A. **GPS satellite surveying**. 3 ed. New Jersey: Wiley, 2004. 435 p. ISBN 0-471-05930-7.

LOPES, E. S. S. **Procedimentos geoestatísticos com o “SPRING – INPE”**. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático, 59 p. 2003. Disponível em <[http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/spring\(1\).pdf](http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/spring(1).pdf)> Acesso em 25 de jun de 2005.

MANZATTO, C.V.; BHERING, S. B.; SIMÕES, M. **Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos**. EMBRAPA Solos, 1999. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/proj01/proj01.html>> Acessado em 24 nov. 2001.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 50, de 3 de setembro de 2002. Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação da maçã. **Diário Oficial da União**, Brasília, seção 1, p. 7, 5 set. 2002.

MATHERON, G. **Principles of geostatistics**. Economic Geology, 58 (8): 1246-1266, Dec. 1963.

MATHERON, G. **The theory of regionalized variables and its applications**. Paris, Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleu, 1971. 211p

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão: fundamentos e estado atual da arte. In: CÂMARA, G. M. **Soja: tecnologia da Produção II**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 2000. p. 423-437.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: o autor, 2001. 83 p.

MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; SCHMIDHALTER, U.; HAMMER, J. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n. 2, p.420-426, 2005.

NETO, S. L. R. **Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações**. 2000. 208p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

NETO, S. L. R.; BIFFI, L. J.; NAGAOKA, A. K.; SANTOS, P. G. dos. Desempenho espacial de variáveis agronômicas da cultivar fuji (Malus domestica borkh) durante dois anos de observações no planalto serrano de Santa Catarina. In. V CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA. II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO AGRONEGÓCIO COOPERATIVO. 2005, Londrina. **CD-ROM**. Londrina, 2005.

ORTIZ, J. L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo**. 2003. 205 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ORTIZ, J. L. **Mapeamento da Produtividade, dos Atributos do Solo e do Relevo e Aplicação Localizada de Fertilizantes**. Artigo eletrônico, 2004. Disponível em: <<http://www.gpsglobal.com.br>>. Acessado em 01 jul 2004.

PÉREZ-QUEZADA, J. F. Viticultura de precisión aplicada al viñedo. In. X CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10, 2005, Bento Gonçalves. **Anais**. Bento Gonçalves: GUERRA, C. C; SEBBEN, S. S., Embrapa Uva e Vinho, 2005. p. 137-143.

PORTO, R. L. L.; AZEVEDO, L. G. T. Sistemas de suporte a decisões aplicados a problemas de recursos hídricos. In: Porto, R. L. L., org. **Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos**. Porto Alegre, UFRGS-ABRH, 1997. p.43-95.

QUEIROZ, D. M. de; DIAS, G. P.; MANTOVANI, E. C. Agricultura de precisão na produção de grãos. In: BORÉM, A. B.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. T. **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000. p 1-42.

RIPSA – REDE INTERAGENCIAL DE INFORMAÇÕES PARA A SAÚDE. **Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde**. Ed. Organização Panamericana da Saúde. Brasília, 2000.

ROLAS. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10. ed. Porto Alegre, 2004.

RUDORFF, B. F. T.; AULICINO, L. C. M.; MOREIRA, M. A. Tecnologias Geoespaciais no Gerenciamento da Cultura da Maçã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 25, n. 1, p. 108-110, Abril 2003.

SEARCY, S. W. Agricultura de precisão: um desafio para a extensão e educação continuada. In: BALASTREIRE, L. A. **O estado-da-arte da agricultura de precisão no Brasil**. Piracicaba: L.A. Balastreire, 2000. p. 17-24.

SEARCY, S. W. Engineering systems for site-specific management: opportunities and limitations. In: INTERNATIONAL MANAGEMENT FOR AGRICULTURAL SYSTEMS, 1., madison, 1995. **Proccedings**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1995. p. 603-611.

SILVA, A. de B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Coleção Livro-Texto. Campinas, SP: Ed. da UNICAMP, 1999, 236 p.

SILVA, E. A. A. da. **Aplicação de um estimador robusto na análise de variabilidade espacial de parâmetros de agricultura de precisão**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Cascavel – PR, 2000.

SIMON, H. A. **The new science of management decision**. New York: Harper, 1960. 50p.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Rural**, v.34, n.6, nov-dez. Santa Maria, 2004. p. 1763-1771.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 2 ed. São Paulo: McGraw-hill, 1985. 454p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. Eliane Romanato Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; WADE, M.K.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, p. 45 – 94, 1985.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Revista Ciência Rural**, Jan./Fev. 2002, vol.32, n. 1, p.159-163. ISSN 0103-8478.

VIEIRA, S. R. Uso da geoestatística em estudos de variabilidade espacial. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1995. **Apostila**. Campinas: IAC, 1995. 68 p.

VIEIRA, S. R. **Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de latossolo roxo de Campinas (SP)**. Bragantina, v. 56, n.1, p. 181-190, 1997.

WHITE, J. W.; CORBETT, J. D.; DOBERMANN, A. Insufficient geographic characterization and analysis in the planning, execution and dissemination of agronomic research? **Field Crops Research**, v. 76, n. 1, 2002, pp. 45-54.

ZHANG, N.; WANG, M.; WANG, N. Precision agriculture - a worldwide overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 36, n. 2-3, 2002, pp. 113-132.