

**MARCIO EDUARDO BOEIRA BUENO**

**MODELOS MATEMÁTICOS COM DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE DADOS DO DI-  
AMETER PARA DETERMINAÇÃO DE COLHEITA DE MAÇÃ**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Leo Rufato

Coorientador: Dr<sup>a</sup>. Luciano Gebler

**LAGES, SC  
2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com  
auxílio do programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Bueno, Márcio Eduardo Boeira  
MODELOS MATEMÁTICOS COM DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE  
DADOS DO DA-METER PARA DETERMINAÇÃO DE COLHEITA DE  
MAÇÃ / Márcio Eduardo Boeira Bueno. - Lages , 2017.  
95 p.

Orientador: Leo Rufato  
Co-orientador: Luciano Gebler  
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal, Lages, 2017.

1. Malus domestica Borkh. 2. Sensoriamento  
Remoto proximal. 3. Geoestatística. 4. Mapas  
temáticos. I. Rufato, Leo. II. Gebler, Luciano. ,  
.III. Universidade do Estado de Santa Catarina,  
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título.

MARCIO EDUARDO BOEIRA BUENO

MODELOS MATEMÁTICOS COM DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE DADOS DO DI-  
AMETER PARA DETERMINAÇÃO DE COLHEITA DE MAÇÃ

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

**Banca examinadora**

Orientador: \_\_\_\_\_

(Dr. Leo Rufato)  
Universidade do Estado de Santa Catarina

**Membros**

*Alberto F. Brighenti*

(Dr. Alberto Fontanella Brighenti)  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

*[Handwritten signature]*

(Dr. André Luiz Kulkamp de Souza)  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

(Dra Aike Annelise Kretschmar)  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Dra Mayra Juline Gonçalves  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages, 22 de fevereiro de 2017.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha esposa Lucia e minhas filhas Eduarda e Lara pelo apoio e compreensão nas horas que não estive presente ao longo desta jornada.

Aos meus pais, que sempre me incentivaram a ir em busca dos meus sonhos.

Aos professores Leo Rufato e Luciano Gebler pela amizade, companheirismo e apoio incansável na concretização deste trabalho.

Ao grupo da Fruticultura da UDESC, pela ajuda e apoio nos trabalhos executados.

A empresa Rasip por permitir desenvolver os trabalhos em seus pomares.

A CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.

Enfim a todos que me ajudaram a realizar esse trabalho, meu muito obrigado!

## RESUMO

A maçã é um dos mais significativos exemplos de êxito alcançado no setor frutícola brasileiro. A manutenção desta competitividade da cultura requer a incorporação permanente de novas tecnologias de manejo dos pomares e da fruta após a colheita. Entre essas tecnologias, a definição de quando colher (avaliação da maturidade) e como segregar os frutos ao longo dos pomares são fundamentais para o planejamento da colheita bem como seu armazenamento. Os indicadores de maturação de maçãs que mais se relacionam com o ponto ideal de colheita comercial para máxima qualidade sensorial ou alto potencial de armazenagem são a firmeza de polpa, o índice iodo amido, o teor de sólidos solúveis e a cor de fundo da epiderme, todos eles métodos destrutivos. Desta forma o trabalho foi desenvolvido com o objetivo de elaborar mapas temáticos do ponto de colheita da maçã através de modelos matemáticos em áreas comerciais com o método não destrutivo do índice da diferença de absorbância (IAD) medido pelo radiômetro DA-Meter. A colheita pode ser planejada utilizando-se do índice IADs em função da estratificação do ponto de maturação dos frutos em relação a posição na copa. A construção dos mapas temáticos do ponto de colheita semanalmente permite verificar a evolução da qualidade da fruta ao longo da colheita, planejando o destino da fruta em função do seu estágio de maturação. Todos os níveis de coleta nas diferentes datas e setores apresentaram dependência espacial de moderada a forte, fato este que permite a construção dos mapas temáticos do ponto de colheita.

**Palavras-chave:** *Malus domestica* BORKH. Sensoriamento remoto proximal. Geoestatística. Mapas temáticos.

## ABSTRACT

The apple is one of the most significant examples of success achieved in the Brazilian fruit sector. Maintaining this crop's competitiveness requires the permanent incorporation of new management technologies for orchards and fruit after harvest. Among these technologies, the definition of when to harvest (evaluation of maturity) and how to segregate the fruits along the orchards are fundamental for the planning of the harvest as well as its storage. The maturation indicators of apples that most relate to the ideal commercial harvest point for maximum sensorial quality or high storage potential are pulp firmness, starch iodine content, soluble solids content and background color of the epidermis, All of them destructive methods. In this way the work was developed with the purpose of elaborating thematic maps of the apple harvest point through mathematical models in commercial areas with the non-destructive absorbance difference index (IAD) method measured by the DA-Meter radiometer. Harvesting can be planned using the IADs index as a function of the stratification of the fruit maturity point in relation to the position in the canopy. The construction of the thematic maps of the harvest point weekly allows to verify the evolution of the quality of the fruit throughout the harvest, planning the destination of the fruit according to its stage of maturation. All the collection levels in the different dates and sectors showed moderate to strong spatial dependence, which allows the construction of the thematic maps of the harvest point.

**Key words:** *Malus domestica* BORKH. Proximal remote sensing. Geostatistics. Thematic maps.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Semivariograma teórico para estimação da variabilidade espacial de qualquer parâmetro. Vacaria, 2017. ....	29
Figura 2 - Mapa de situação da Fazenda Guabiju da empresa Rasip. Vacaria, 2017. ....	38
Figura 3 - Identificação dos setores trabalhados no experimento. Vacaria, 2017. ....	39
Figura 4 – Distribuição dos pontos georreferenciado no setor 1. Vacaria, 2017. ....	40
Figura 5 - Distribuição dos pontos georreferenciados do Setor 5. Vacaria 2017. ....	40
Figura 6 - Amostragem em grades de 50 x 40 m, exemplo do Setor 5. Vacaria, 2017. ....	41
Figura 7 - Visão geral das filas (A) e na intersecção da grade as plantas marcadas para avaliação (B). Vacaria, 2017. ....	41
Figura 8 – Base instalada para o transporte de coordenadas, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	42
Figura 9 - Rover coletando as coordenadas das plantas amostradas, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	43
Figura 10 – Níveis de determinação do IAD pelo radiômetro DA-Meter, terço inferior < 0,80m, mediano 1,80-0,80m e terço superior > 1,80m. Vacaria, 2017. ....	44
Figura 11 – Leituras com o DA-Meter no campo, leitura média de 2 lados. Vacaria, 2017. ....	44
Figura 12 – Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 23/01/2017(1) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta e no dia 03/02/2017(2) representando o terço superior da planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	49
Figura 13 - Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 03/02/2017(3) representando a parte inferior da planta e no dia 07/02/2017(4) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	50

Figura 14 - Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 09/02/2017(5) e no dia 15/02/2017(6) ambos representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.....	51
Figura 15 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 23/01/2017(1) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta e no dia 03/02/2017(2) representando o terço superior da planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017. ....	52
Figura 16 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 03/02/2017(3) representando a parte inferior da planta e no dia 07/02/2017(4) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017. ....	53
Figura 17 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 09/02/2017(5) e no dia 15/02/2017(6) ambos representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.....	54
Figura 18 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 23/01/2017(1) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta e no dia 03/02/2017(2) representando o terço superior da planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017. ....	55
Figura 19 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 03/02/2017(3) representando a parte inferior da planta e no dia 07/02/2017(4) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017. ....	56
Figura 20 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 09/02/2017(5) e no dia 15/02/2017(6) ambos representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.....	57
Figura 21 - Mapa temático de sólidos solúveis coletado no dia 26/01/2017(1) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017. ....	61
Figura 22 - Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 03/02/2017 representando o terço superior da planta (2) e região mediana (3) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	62
Figura 23 - Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 08/02/2017 representando o terço superior da planta (4) e região mediana (5) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	63



Figura 24 - Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 10/02/2017 representando o terço superior da planta (6) e região mediana (7) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	64
Figura 25 - Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 15/02/2017 representando o terço superior da planta (8) e região mediana (9) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	65
Figura 26 - Mapa temático de firmeza de polpa coletado no dia 26/01/2017(1) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	66
Figura 27 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 03/02/2017 representando o terço superior da planta (2) e região mediana (3) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	67
Figura 28 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 08/02/2017 representando o terço superior da planta (4) e região mediana (5) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	68
Figura 29 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 10/02/2017 representando o terço superior da planta (6) e região mediana (7) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	69
Figura 30 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 15/02/2017 representando o terço superior da planta (8) e região mediana (9) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	70
Figura 31 - Mapa temático do índice iodo amido coletado no dia 26/01/2017(1) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	71
Figura 32 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 03/02/2017 representando o terço superior da planta (2) e região mediana (3) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	72
Figura 33 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 08/02/2017 representando o terço superior da planta (4) e região mediana (5) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	73
Figura 34 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 10/02/2017 representando o terço superior da planta (6) e região mediana (7) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	74

Figura 35 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 15/02/2017 representando o terço superior da planta (8) e região mediana (9) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análise estatística descritiva do Setor 1 por data de coleta dos IADs médios, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.....	46
Tabela 2 – Teste de médias setor 1 por data dos IDAs nos três níveis de coleta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.....	47
Tabela 3 – Parâmetros dos semivariogramas ajustados de sólidos solúveis (SS), firmeza de polpa (FP) e índice iodo amido (IIA) do clone Maxi Gala, Setor 1,na safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	48
Tabela 4 - Análise estatística descritiva do Setor 5 por data de coleta dos IADs médios, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.....	58
Tabela 5 - Teste de médias setor 5 por data dos IDAs nos três níveis de coleta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.....	59
Tabela 6 - Parâmetros dos semivariogramas ajustados de sólidos solúveis (SS), firmeza de polpa (FP) e índice iodo amido (IIA) do clone Maxi Gala Setor 5, na safra 2016-2017. Vacaria, 2017. ....	60

## SUMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
2.1 A CULTURA DA MACIEIRA .....	16
<b>2.1.1 Importância econômica</b> .....	16
<b>2.1.2 Clone Maxi Gala</b> .....	17
<b>2.1.3 Colheita</b> .....	17
2.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO .....	20
2.3 AMOSTRAGEM E GRADE AMOSTRAL .....	24
2.4 VARIABILIDADE E DEPENDÊNCIA ESPACIAL .....	25
<b>2.4.1 Geoestatística</b> .....	26
<b>2.4.2 Semivariogramas</b> .....	27
<b>2.4.4 Mapas temáticos</b> .....	30
<b>2.4.5 Sensoriamento remoto</b> .....	31
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	38
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....	38
3.2 ÁREA DO EXPERIMENTO .....	38
3.3 AMOSTRAGEM .....	39
3.4 GEORREFERENCIAMENTO DAS AMOSTRAS .....	42
3.5 AVALIAÇÕES .....	43
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA .....	45
3.7 MAPAS TEMÁTICOS .....	45
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	46
4.1 SETOR 1 .....	46
<b>4.1.1 Análise estatística descritiva</b> .....	46
<b>4.1.2 Geoestatística dos níveis avaliados</b> .....	47
<b>4.1.3 Mapas temáticos</b> .....	49
4.2 SETOR 5 .....	58
<b>4.2.1 Análise estatística descritiva</b> .....	58
<b>4.2.2 Geoestatística dos níveis avaliados</b> .....	59
<b>4.2.3 Mapas temáticos</b> .....	61

<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>76</b>
<b>6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>77</b>
<b>7 APÊNDICES .....</b>	<b>90</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A maçã é um dos mais significativos exemplos de êxito alcançado no setor frutícola brasileiro. Em menos de 30 anos o país alcançou a autossuficiência, deixando de ser importador para se tornar exportador de parte da produção. A aceitação da maçã brasileira, tanto no mercado interno como no internacional, é uma realidade irrefutável devido a sua atratividade e sabor diferenciado (FIORAVANÇO et al., 2010).

Fioravanço (2009) e Petri et al. (2011), entre outros autores, destacam alguns avanços tecnológicos considerados determinantes para o êxito da cultura no país. Em última análise, essas tecnologias possibilitaram: a) a expansão dos pomares para áreas menos aptas dentro das principais regiões produtoras do Brasil; b) o incremento da produção e produtividade dos pomares; c) o controle mais eficiente e racional de importantes pragas e doenças da cultura; d) o melhor abastecimento do mercado por meio da oferta regular de maçã durante praticamente todos os meses do ano; e e) a consolidação da imagem da fruta nacional como produto de qualidade.

A manutenção desta competitividade da cultura requer a incorporação permanente de novas tecnologias de manejo dos pomares e da fruta após a colheita (FIORAVANÇO et al., 2010). Entre essas tecnologias, a definição de quando colher (avaliação da maturidade) e como segregar os frutos ao longo dos pomares são fundamentais para o planejamento da colheita bem como seu armazenamento (COSTA, 2013).

Os indicadores de maturação de maçãs que mais se relacionam com o ponto ideal de colheita comercial para máxima qualidade sensorial ou alto potencial de armazenagem são a firmeza de polpa, o índice iodo amido, o teor de sólidos solúveis e a cor de fundo da epiderme (LITTLE; HOLMES, 2000; WATKINS, 2003). Todos estes são métodos destrutivos.

Hoje em dia, estão disponíveis instrumentos inovadores que permitem verificar a qualidade dos frutos e que podem ser utilizados para ajudar a escolher e definir a intensidade das operações culturais, a fim de obter a qualidade desejada dos frutos (KAWANO et al., 1994, NICOLAI et al., 2007, RUIZ ALTISENT et al., 2006). Estes dispositivos não requerem a destruição da amostra de fruta

considerada e podem permitir monitorar o crescimento e a evolução da maturação em planta. Como resultado, eles podem representar um importante apoio às decisões dos produtores.

Aliado a isso a fruticultura de precisão através de ferramentas adaptadas da agricultura de precisão permite verificar a espacialização de um determinado parâmetro amostrado através dos chamados mapas temáticos. Um mapa temático é formado por uma imagem, plotada em um eixo cartesiano, em que o eixo “Z” são as características ou os atributos em estudo, e os eixos “X” e “Y” são os representantes do espaço (longitude e latitude), representando assim a variabilidade espacial de determinado atributo no campo (DAINASE et al., 2004).

Na sua construção, frequentemente, são utilizadas técnicas geoestatísticas. Essas técnicas tiveram sua origem na área de mineração (KRIGE, 1951) e estão fundamentadas na teoria das variáveis regionalizadas, a qual considera a distribuição espacial das medidas, permitindo um raio de correlação espacial entre as amostras (KLEIN et al., 2007).

Desta forma este trabalho foi desenvolvido com o objetivo geral de elaborar mapas temáticos do ponto de colheita da maçã através da aplicação de modelos matemáticos em áreas comerciais com o método não destrutivo do índice da diferença de absorbância (IAD) medido pelo radiômetro DA-Meter.

Como objetivos específicos:

- Verificar a existência de diferenças entre os níveis de colheita (superior, mediano e inferior) na planta;
- Verificar o comportamento geoestatístico dos IADs;
- Criar mapas temáticos dos IADs;
- Avaliar de forma temporal os IADs medidos pelo DA-Meter;

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A CULTURA DA MACIEIRA**

#### **2.1.1 Importância econômica**

A cadeia produtiva da maçã possui inserção destacada no cenário da fruticultura brasileira, o que lhe confere inquestionável importância para o agronegócio nacional, em termos de produção, geração de empregos e exportação.

A produção mundial de maçã, no ano de 2012, foi estimada em 76 milhões de toneladas, sendo o Brasil o décimo primeiro maior produtor mundial, com aproximadamente 1,3 milhões de toneladas produzidas, o que corresponde a 1,7 % da produção mundial (FAOSTAT, 2014). A produção chinesa corresponde a 56% da produção mundial, sendo que nas últimas seis safras a produção aumentou 53% na China e 10% na União Europeia, portanto, em termos mundiais a produção é crescente (MAPA, 2013).

A área plantada de macieira, na safra de 2012/13, em nível mundial foi de 4,8 milhões de hectares e no Brasil 38 mil hectares (FAOSTAT, 2014). Nesta atividade, estão envolvidos mais de 3 mil produtores, gerando em torno de 150 mil empregos diretos e indiretos, no Brasil (PETRI et al., 2011). O agronegócio da maçã localiza-se no Sul do Brasil, sendo esta responsável por 98% da produção nacional (DAL'SANT, 2013), envolvendo seus três estados, notadamente nas regiões mais frias dos mesmos, que se encontram as condições climáticas mais adequadas para a sua produção (BONETI et al., 2006), destacando-se a região de Vacaria, no Rio Grande do Sul, São Joaquim e Fraiburgo, em Santa Catarina, e de Palmas, no Paraná (PETRI et al., 2011). O número de produtores fica entorno de 2.910, sendo que no estado de Santa Catarina estão aproximadamente 64% deles, seguido pelo Rio Grande do Sul e Paraná, com 29% e 5%, respectivamente (IBGE, 2014).

A produção comercial da fruta é dominada por seis cultivares, que respondem por 50% da produção mundial, mesmo existindo mais de 7500 cultivares disponíveis no mundo, porém apenas 40 têm importância econômica (BLEICHER, 2006). No Brasil, as principais cultivares produzidas são 'Gala', 'Fuji' e suas mutações somáticas (46% e 45%, respectivamente), que respondem por aproximadamente 90% da produção nacional de maçãs (PETRI; LEITE, 2008).



### 2.1.2 Clone Maxi Gala

O clone Maxi Gala tem sua origem de uma mutação espontânea do clone Imperial Gala, na empresa Rasip Agropastoril S.A. Destaca-se pela cor vermelha intensa, com estrias marcadas recobrando a maior parte da superfície dos frutos. Pode ser colhida com menor número de passadas e um pouco antes que os demais clones, desde que apresente índices de maturação suficientes para a colheita. A qualidade é excelente. A planta apresenta um vigor médio, com floração abundante. Seu ciclo é de 120 dias tanto em porta-enxerto M-9 quanto em Maruba/M-9 (FIORAVANÇO et al., 2010).

### 2.1.3 Colheita

De modo abrangente, a qualidade pode ser definida como o conjunto de características que diferenciam componentes individuais de um mesmo produto, e que tem influência na determinação do grau de aceitação do consumidor (USLOW, 2015).

As características físicas como massa, tamanho e coloração influenciam a aceitabilidade da fruta pelo consumidor, ao passo que as características intrínsecas, como açúcar e acidez, entre outros, perfazem as características organolépticas (sensoriais), importantes tanto na industrialização quanto no consumo das frutas *in natura* (Czelusniak et al., 2003).

Por outro lado a diminuição da qualidade ao longo do tempo limita o período em que o produto é comercializável e determina a frequência mínima de abastecimento do ponto de venda. Para isso, faz-se necessário o uso do armazenamento para fornecer ao mercado consumidor um produto de qualidade por um maior período de tempo (Brackmann et al., 2008).

O estágio de maturação no momento da colheita é um dos fatores que mais afetam a qualidade na colheita e após a armazenagem de maçãs (WATKINS, 2003; WATKINS et al., 2005).

A qualidade e o potencial de armazenagem de maçãs são influenciados pelo estágio de maturação em que os frutos são colhidos. Maçãs colhidas muito cedo apresentam boa conservação, mas normalmente são pequenas, com pouca coloração, sabor e aroma. São mais suscetíveis a escaldadura superficial durante o armazenamento. Maçãs colhidas tardiamente podem apresentar severo pingão de

mel, menor conservação da textura, acidez e açúcares e são mais suscetíveis a degenerescências durante a armazenagem (ARGENTA, 2010).

A qualidade dos frutos como conceito abrange a aparência visual, textura, aroma, compostos nutritivos, propriedades mecânicas, segurança e defeitos, que dão ao fruto um grau de excelência e um valor econômico (Abbott, 1999). Enquanto que a qualidade do fruto é considerada um componente importante do apelo do consumidor, uma proposição geral sobre a qualidade da fruta até agora tem se mostrado mais complicada, especialmente devido ao fato de que a cadeia de valor agregado do pomar aos consumidores envolve diferentes indivíduos (produtor, atacadista, varejista, consumidor).

Os produtores esperam alta produtividade, alta firmeza de polpa para superar danos de classificação, longa vida de prateleira, e pode confundir estes com a qualidade da fruta. A qualidade pode, portanto, ser um conceito sensível ao contexto, de modo que a determinação de quais traços medir e como medi-los é uma questão importante. Além disso, a qualidade da fruta também inclui propriedades nutricionais e benefícios para a saúde que estão se tornando fatores importantes na preferência do consumidor (Dragsted et al., 1993; Ames et al., 1993; Anderson et al., 2000).

O potencial de armazenamento das frutas depende de vários parâmetros, e um fator importante é a data de colheita. A eficácia do armazenamento pós-colheita depende em grande medida do estágio de maturação do fruto na colheita (Rutkowski et al., 2008). O armazenamento a longo prazo e a retenção da qualidade da maçã requerem que os frutos sejam colhidos num período de colheita ótimo bem definido (Peirs et al., 2001, Rutkowski et al., 2008). Assim, a predição apropriada do estágio de maturação na colheita é importante para o tratamento pós-colheita de maçãs.

A temporização inapropriada da colheita limita o potencial de armazenamento e afeta a qualidade organoléptica da maçã em última instância (Peirs et al., 2001). A data de colheita é geralmente estabelecida através do monitoramento de mudanças nos parâmetros de maturidade, tais como a firmeza, o índice de amido e o teor de sólidos solúveis totais (TSS) (Rutkowski et al., 2008; Molina-Delgado et al., 2009). A maturação da fruta da maçã pode também ser avaliada por alterações da cor da pele do fundo e do teor de clorofila na casca da maçã (Blanke e Notton, 1992; Rutkowski et al., 2008).

Para o armazenamento a longo prazo de maçãs com boa retenção de sua qualidade, é essencial que os frutos sejam colhidos na maturidade ideal (Streif, 1996). A previsão do estágio adequado de maturação na colheita também é essencial para o tratamento pós-colheita de maçãs com 1-metilciclopropeno (1-MCP). A eficácia do tratamento depende fortemente do estágio de maturação da fruta na colheita. Somente maçãs colhidas no estágio ótimo de maturação e tratadas com 1-MCP retém alta qualidade por um longo tempo (Lafer, 2006). Índices de qualidade de frutos como firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável (todos medidos de forma destrutiva) são comumente usados como um procedimento padrão para determinar a data de colheita ótima.

Uma série de métodos para prever a data de colheita ótima para maçãs foram listadas por Blanpied (1960). Existem várias fórmulas matemáticas, baseadas em dados de medições meteorológicas ou destrutivas, que são usadas para esse fim (Streif, 1996). Atributos sensoriais e expectativas dos consumidores são levados em consideração, bem como na tomada de decisão sobre o tempo de colheita da fruta (Molina et al., 2006; Casals et al., 2006). Demonstrou-se também que a maturação da fruta da maçã pode ser seguida por mudanças na cor da casca do fundo e no teor de clorofila na casca da maçã (Blanke e Notton, 1992; Faragher et al., 1984).

A qualidade confiável da maçã para armazenamento e para o consumidor requer boas decisões sobre quando colher (avaliação de maturidade) e sobre a segregação de maçãs para garantir atributos de qualidade uniformes para entrega ao comprador ou consumidor (segregação de qualidade na embalagem). O índice de clareamento do amido e a concentração interna de etileno têm sido utilizados como indicadores de maturidade por décadas (Blanpied e Silsby, 1992; Lau, 1998). No entanto, há desafios contínuos para gerenciar melhor a maturidade na colheita no pomar (agricultura de precisão) e entender quando os distúrbios de armazenamento podem se desenvolver. Muitos distúrbios de armazenamento estão relacionados com a casca do fruto (Meheriuk et al., 1994). Um aspecto da maturidade do fruto que não foi medido ou utilizado, embora citado por Blanpied e Silsby (1992), é o declínio da clorofila na casca que indica a maturidade do fruto.

## 2.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO

Nas últimas décadas, a agricultura vem passando por uma histórica transformação tecnológica, que se caracteriza pela mecanização de processos, utilização otimizada de insumos químicos, sistema de semeadura direta, biotecnologia e, por fim, pela agricultura de precisão (SANTI, 2007).

Os avanços das geotecnologias, dos sistemas de posicionamento global (GPS), das máquinas e implementos agrícolas, assim como a crescente demanda pela otimização do espaço e aumento da produtividade, têm direcionado o setor agrícola a buscar novas formas de manejo, priorizando maior eficiência e melhor controle da produção (SANTI, 2007).

Neste contexto, a agricultura de precisão surge como um conjunto de tecnologias avançadas que possibilita o gerenciamento localizado das culturas com o objetivo de monitorar a variabilidade espacial, visando à otimização da produção agrícola, à minimização do impacto ambiental provocado pela utilização de insumos agrícolas, à preservação ambiental e à redução dos custos de produção (BALASTREIRE, 2000).

Segundo Molin et al. (2002), a agricultura de precisão preconiza que o manejo das lavouras pode ser melhor conduzido se a variabilidade espacial da produtividade e dos fatores a ela relacionados forem conhecidos. A agricultura de precisão tem como base a aplicação de princípios e tecnologias para manejar a variabilidade espacial e temporal com o objetivo de aumentar a produtividade na agricultura e a qualidade ambiental.

A espacialização das informações em forma de mapas de produtividade, vigor vegetativo e caracterização da variação dos solos são de fundamental importância para o monitoramento, manejo e tomada de decisões. O mapa de produtividade é um importante componente para a agricultura de precisão, pois identifica e quantifica a variabilidade da produtividade das culturas e auxilia nos processos de gerenciamento. Os mapas de produtividade da cultura podem ser utilizados como pontos de partida na averiguação das causas da variabilidade da produtividade, bem como servirem de parâmetro para as tomadas de decisão de manejo.

A agricultura de precisão envolve tecnologias de sistemas de posicionamento global (GPS), sistemas informatizados de coleta de dados e programas para tratamento e mapeamento de dados (SILVA, 2005).

DALLMEYER & SCHLOSSER (1999) relatam que a agricultura de precisão engloba o uso de tecnologias atuais para o manejo do solo, insumos e culturas de modo adequado para as variações espaciais e temporais nos fatores que afetam a produtividade das mesmas. O que tem levado a esta nova filosofia de prática agrícola é o uso de três novas tecnologias, que são o sensoriamento remoto, o uso de sistemas de informações geográficas (SIG) e o sistema de posicionamento global (GPS).

No Brasil esse pacote tecnológico vem sendo utilizado principalmente em culturas altamente tecnificadas como culturas extensivas de grão, cana de açúcar e culturas perenes como café e laranja. A taxa variada de aplicação é, sobretudo, uma das técnicas mais utilizadas em sistemas que começam a implantar as técnicas da agricultura de precisão, isso porque normalmente apresenta resultados imediatos em relação à economia de insumos, o que viabiliza investimentos realizados em máquinas e equipamentos (MENEGATTI et.al., 2004).

Segundo Bassoi et al.(2014) os sistemas de produção atualmente existentes na fruticultura brasileira caracterizam-se pela execução de diversas práticas agrícolas durante o ciclo da cultura, tendo como preocupação a quantidade e a qualidade da produção, e a rentabilidade da atividade agrícola. Nesse contexto, cria-se uma oportunidade para a aplicação de agricultura de precisão, como forma de auxiliar a gestão do sistema de produção e a tomada de decisão pelo produtor.

A viticultura de precisão é uma das pioneiras na aplicação da agricultura de precisão, para Esser (2002), a vitivinicultura de precisão surgiu em países inovadores em desenvolvimento tecnológico, como é o caso da Austrália e dos Estados Unidos, onde os sistemas alcançaram resultados promissores e a adoção do mesmo tem sido aplicada com êxito.

Até o momento, é incipiente a utilização de tecnologias da agricultura de precisão na fruticultura por produtores brasileiros (BASSOI et al. 2014). Em alguns sistemas de produção as pesquisas já estão mais avançadas em termos de alternativas factíveis de implantação pelo produtor.

Em citros, Ribeiro et al. (2011), propuseram a aplicação de técnicas de processamento de imagens em folhas de citros digitalizadas, para diferenciar o greening de outras doenças similares. As folhas foram digitalizadas por um scanner de mesa e segmentadas por cor sobre as imagens digitalizadas, fazendo uso de uma rede neural artificial (RNA) Perceptron Multicamada (PMC) com algoritmo

*backpropagation*. A metodologia para segmentar as folhas, separando as manchas amarelas, marrons e verdes mostrou ser adequada.

Milori et al. (2011) avaliaram o desempenho da espectroscopia de fluorescência induzida por laser para o diagnóstico de mudas em fase assintomática de Citrus Greening. Os resultados indicaram que o diagnóstico pode ser feito desde o início do desenvolvimento da doença e com precisão muito superior ao que vem sendo obtido pelo método de controle por inspeção visual em fase sintomática.

Jorge & Inamasu (2014) propuseram o estudo e desenvolvimento de várias tecnologias de software e análise para mapeamento e diagnóstico precoce do greening, através de imagens multiespectrais. Foram desenvolvidas duas ferramentas de análise multiespectral denominada BFractal e WFractal. A ferramenta BFractal foi utilizada para realizar a análise de imagens multiespectrais obtidas no campo. Essa análise permite evidenciar mudanças não visíveis ocasionadas pelo Greening. Os acertos na identificação de plantas doentes constatadas pelo aparecimento dos sintomas em média tem sido na ordem de 90%.

Em uva de mesa Nascimento et al. (2014 a) estimaram a produtividade em pomar de videira de mesa através da contagem de cachos. A contagem foi feita em três ciclos de produção com um total de 1620 plantas. Avaliou-se a variabilidade espacial de diferentes intensidades amostrais do número de cachos. Os resultados indicaram que a estimativa de videira de mesa pôde ser obtida com confiança por meio da contagem de cachos em, pelo menos, metade das plantas presentes na área.

Em outro trabalho Nascimento et al. (2014 b) propuseram a identificação de zonas homogêneas quanto ao teor foliar de N total em diferentes intensidades amostrais ao longo do ciclo de cultivo da videira de mesa em Petrolina –PE. Como conclusão verificou-se que a densidade amostral influenciou no padrão de distribuição espacial dos dados coletados. A utilização da malha contendo 410 pontos amostrais apresentou um padrão de distribuição similar ao de 820 pontos, validando assim a utilização da menor densidade amostral.

Ainda Nascimento et al. (2014 c) propuseram a realização do manejo diferenciado da irrigação em um pomar de videira em Petrolina – PE através da aplicação dos conceitos geoestatísticos de zonas homogêneas do solo. Concluiu-se que o manejo diferenciado da irrigação com base no monitoramento da umidade do

solo em cada uma dessas zonas permitiu que aquelas que apresentaram maiores valores recebessem um menor volume de água.

Mendes et al.(2014) caracterizaram variabilidade espacial da fertilidade do solo em um pomar de videira de mesa sob irrigação, em Petrolina, PE. Como resultado verificaram a dependência espacial dos teores de K,Ca e Mg no solo nas duas profundidades avaliadas , sendo possível a construção de mapas com zonas homogêneas quanto a essas variáveis. No manejo da fertilidade do solo no pomar estudado deve ser considerado o desbalanço entre os teores de Ca, Mg e K no solo que podem acarretar prejuízos a produção.

Em outro trabalho Mendes et al. (2014) caracterizaram a variabilidade espacial dos teores foliares de nutrientes e da produtividade da cultura da videira de mesa cultivada sob irrigação em um Neossolo Quartzarênico, em Petrolina,PE. Verificou que a dependência espacial dos teores foliares de P,K,Ca,Mg,S,Cu,Zn,Fe,Mn e B e da produtividade em videira de mesa foi identificada, sendo possível a construção de mapas com zonas homogêneas quanto a essas variáveis.

Em uva de vinho, Miele et al. (2014) determinaram o efeito de cinco unidades de mapeamento de solos do Vale dos Vinhedos nas características físico-químicas do vinho Merlot. A análise de componentes principais discrimina cinco vinhos elaborados de diferentes agrupamentos de unidades de mapeamento de solo pela sua composição físico-química. A discriminação desses vinhos permite sua classificação hierárquica e orienta os enólogos a preparar cortes de vinhos com tipicidades diferenciadas e que visem a consumidores que tenham paladares distintos.

Alba et al. (2014) discutiram a definição de zonas de manejo por meio do agrupamento de dados multivariados dos atributos do solo através de SIG para gestão vitivinícola no Vale dos Vinhedos- RS. Segundo o autor as zonas de manejo poderão estar associadas com características específicas dos grãos de uva, em consequência com a produção de vinhos tipificados. A aplicação combinada de métodos estatísticos multivariados, geoestatística e SIG permitiu caracterizar três grupos principais de amostras com resposta aproximadamente uniforme dos atributos edáficos.

Em macieira, Scharammel & Gebler (2011), fizeram um estudo para verificar se é possível ao pequeno produtor de maçã aplicar os princípios da agricultura de

precisão através da aplicação de ferramentas de SIG a um custo reduzido, através da obtenção, organização e manuseio de informações livres ou de baixo custo. Verificou que o custo deixou de ser um fator limitante para a implantação de um sistema de planejamento ambiental em pequenas propriedades rurais através de SIG e Agricultura de Precisão. A necessidade de um histórico de produtividade da área é a grande dificuldade, sendo que os produtores não possuem o costume de armazenar dados.

Pereira et al. (2012) avaliaram se o uso da condutividade elétrica dos solos pode servir como ferramenta de apoio ao planejamento ambiental na verificação da variabilidade do meio ambiente. Verificou-se que o mapeamento da condutividade elétrica permite criar zonas de manejo homogêneas e amostragens estratégicas no pomar, otimizando o uso de insumos, reduzindo custos de produção e reduzindo as incertezas no momento da tomada de decisão do planejamento ambiental.

Kuse et al.(2012) avaliaram a variabilidade espacial, através de mapeamento, da densidade volumétrica do solo, resistência do solo a penetração, condutividade elétrica, produtividade e qualidade dos frutos em um talhão de um pomar de maçãs e verificou se houve correlação entre estes fatores através de uso de geoestatística. Concluiu-se que não houve correlação entre a produtividade e as características físico-químicas do solo.

Bueno at al. (2015) avaliaram o comportamento das variáveis produção (PROD), volume de copa (VC) e diâmetro de caule (DC) da variedade Maxi Gala com a utilização da técnica da cokrigagem. Concluíram que houve resposta e redução na coleta de amostras das variáveis mais difíceis; na safra de 2011, reduziu-se a coleta de 15 amostras da PROD, e na safra de 2012, reduziu-se a coleta de 20 amostras do VC.

### 2.3 AMOSTRAGEM E GRADE AMOSTRAL

A primeira etapa em qualquer estudo espacial é a definição do delineamento experimental, que envolve, entre outros procedimentos, a escolha da técnica de coleta de amostras e também da malha de amostragem. A malha de amostragem pode ser do tipo: aleatória, quando a distribuição dos pontos de coleta é casual; agregada ou agrupada, quando ocorrem grupos de pontos mais próximos entre si; e regular, quando os pontos estão regularmente espaçados (LANDIM et al., 2011).



Estatisticamente, amostragem tem por objetivo representar um todo (população estatística) com base na avaliação de apenas uma porção dele (amostra). No caso agrônômico, a amostragem representará um talhão baseado na observação em apenas alguns locais, seguindo uma metodologia específica para cada parâmetro avaliado ou cultura (MOLIN et al., 2015).

Um requisito básico na amostragem para fins de análise de dependência espacial utilizando métodos geoestatísticos é que as observações, ou seja, que as amostras sejam referenciadas (GUIMARÃES, 2004). A amostragem dentro desse sistema de gestão passa a ser georreferenciada, ou seja, cada amostra tem a sua posição no espaço definida em um sistema de localização (datum e coordenadas), normalmente registrada por meio de um receptor GNSS (MOLIN et al. 2015).

Na AP, as amostras são coletadas preferencialmente sobre uma grade onde são estipuladas distâncias entre os pontos amostrados, cada ponto é georreferenciado e representa uma área determinada pela distância entre os pontos vizinhos, chamada de grade de amostragem ou grade amostral, o qual recebe tratamento individual para confecção de mapas dos atributos de interesse. É um dos procedimentos mais importantes, pois de nada valem análises químicas sofisticadas e extremamente rigorosas, se as amostras coletadas não representam a área em estudo.

A estimativa do número adequado de amostras dos diversos atributos do solo, utilizando a geoestatística como ferramenta de decisão, já foi abordada em alguns estudos, visando minimizar os custos envolvidos, otimizando o processo de amostragem sem, no entanto, comprometer a sua confiabilidade (MCBRATNEY e WEBSTER, 1983; OLIVEIRA, 1991; SOUZA FILHO e OLIVEIRA, 1996; SOUZA et al., 1997; GONÇALVES et al., 1999).

## 2.4 VARIABILIDADE E DEPENDÊNCIA ESPACIAL

A ferramenta de análise geoestatística se constitui na maneira mais correta que se tem conhecimento para analisar a variabilidade espacial (VIEIRA, 2000). Há necessidade absoluta de conhecimento adequada da variabilidade espacial das características do ambiente agrícola, sem o qual existe o risco de aplicações inapropriadas dos resultados. Entre as aplicações da geoestatística voltadas para

prover informações em suporte da agricultura estão à caracterização e a modelagem espacial e temporal, das quais resulta a produção de mapas precisos para bases de informação da área de produção (McBRATNEY et al.2005).

O estudo da dependência espacial de variáveis, relacionadas com a agricultura, é importante e necessário, para caracterizar a área por meio da geração de mapas temáticos, os quais facilitam a compreensão do comportamento e da ocorrência dessas variáveis, sendo possível uma interferência no processo de produção (DURIGON, 2007).

Segundo Molin (2012) para se praticar adequadamente agricultura de precisão é necessário aceitar o fato e assumir o desafio de que a variabilidade espacial das lavouras é algo mais complexo do que mapear e intervir em P, K, Ca e Mg ou seja, podem existir muitos outros fatores que podem influenciar na variabilidade espacial das colheitas.

Desta maneira, através da geoestatística avalia-se a dependência espacial e a utiliza para interpolar valores para locais não medidos, e com isto se produz informações para construir mapas contínuos a partir da amostragem discretizada e para estruturar amostragens em função da variabilidade espacial (GREGO et al., 2014).

#### **2.4.1 Geoestatística**

A geoestatística surgiu na África do Sul, quando Krige (1951) trabalhando com dados de concentração de ouro, verificou que para encontrar sentido nas variâncias em estudo era preciso levar em conta as distâncias entre as amostras, e assim surgiu o conceito da geoestatística ou teoria das variáveis regionalizadas, que leva em consideração a localização geográfica e a dependência espacial (GREGO et al. 2014).

Geoestatística é o ramo da estatística que utiliza o conceito de variáveis regionalizadas na avaliação da variabilidade espacial. Não se limita apenas em obter um modelo de dependência espacial, pretende também estimar valores de pontos nos locais onde não foram coletados (SRIVASTAVA, 1996; GOOVAERTS, 1997).

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 à média de uma única realização dentro de 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.

#### 2.4.2 Semivariogramas

O semivariograma é a ferramenta usual de suporte às técnicas de krigagem, pois permite representar quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço (Druck et al., 2004), ou seja, reflete a estrutura do fenômeno estudado. Oliver (2013) afirma que o semivariograma é a ferramenta central da geoestatística, já que indica a forma como uma propriedade varia de um lugar para outro.

A hipótese básica sob a qual o geoestatística se baseia é que dados vizinhos são mais parecidos que dados distantes. O semivariograma é o medidor do grau de semelhança entre vizinhos. Ele pode ser estimado pela equação 1:

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

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.

Para que a variável avaliada tenha dependência espacial é necessário que o semivariograma seja crescente com a distância. Além disso, é exigido que a hipótese intrínseca seja válida ou seja, que o semivariograma, após com o aumento da distância, se estabilize no valor da variância dos dados. A maneira como o semivariograma cresce com a distância até o alcance é que define o comportamento espacial da variável estudada (VIEIRA, 2000).

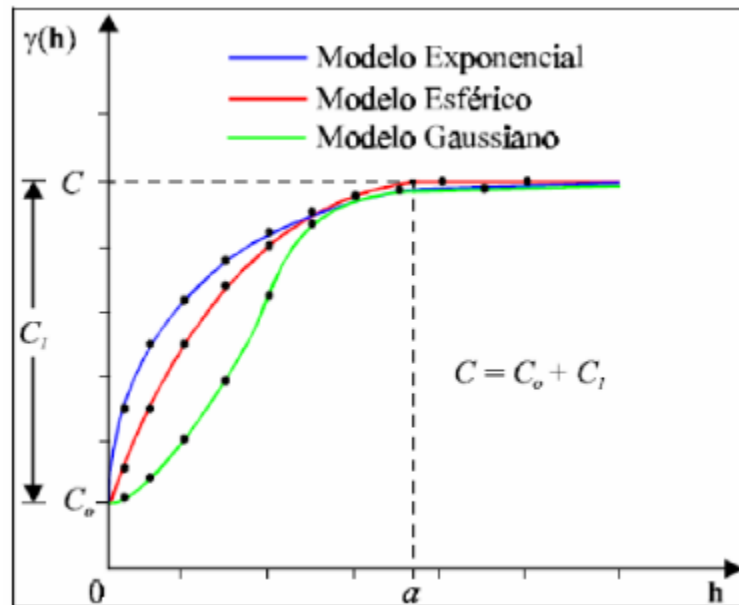
Analisando um semivariograma, um passo importante é a averiguação do seu comportamento em várias direções com o objetivo de determinar a máxima e a mínima continuidade da estrutura de variabilidade (GUIMARÃES, 2004). Em relação ao comportamento de um semivariograma ideal. Freitas (2000) relatou que a caracterização de um semivariograma é destacada pelos seguintes parâmetros:

- **Efeito Pepita** ( $C_0$ ) ou *Nugget Effect*: quando o semivariograma tende a zero e revela a descontinuidade do semivariograma para as distâncias entre amostras. Parte desta descontinuidade pode se dar também, devido a erros de medição, mas é impossível quantificar o que contribui mais, erros de medição ou variabilidade a uma escala menor do que aquela amostrada.
- **Alcance** ( $a$ ) ou *Range*: é a distância limitada da dependência espacial, ou seja, distância pela qual as amostras se encontram correlacionadas espacialmente.
- **Patamar** ( $C_0 + C$ ) ou *Sill*: corresponde ao alcance ( $a$ ), no gráfico do semivariograma. Considera-se que, a partir deste ponto, não exista mais dependência espacial entre as amostras. É aproximadamente igual à variância dos dados. O patamar também pode ser representado por  $(C_0+C)$ .
- **Contribuição** ( $C_1$ ): é a diferença entre o patamar e o efeito pepita.

Segundo Guimarães (2004), os principais modelos de semivariogramas utilizados na geoestatística são o modelo linear com patamar, o modelo esférico, o modelo exponencial, o modelo gaussiano e os modelos sem patamares.

Para o semivariograma, é ajustado um modelo que proporciona a máxima correlação possível com os pontos plotados. Espera-se que medições localizadas mais próximas sejam mais parecidas entre si do que aquelas separadas por grandes distâncias. Dessa maneira, é de se esperar que  $(h)$  aumente com a distância  $h$  (VIEIRA, 2000). Na forma Gráfica, o semivariograma apresenta, em condições ideais, o seguinte comportamento (Figura1).

Figura 1 – Semivariograma teórico para estimação da variabilidade espacial de qualquer parâmetro. Vacaria, 2017.



Fonte: Correa (2007).

O grau de dependência espacial é dado pela proporção ocupada pelos fatores  $C$  e  $C_0$  dentro do patamar ( $C'$ ) e pode ser classificado de acordo com a sugestão de Cambardella et al. (1994), adaptado por Zimback (2001), como:

- Dependência espacial fraca:  $\frac{C}{C+C_0} \times 100 \leq 25\%$
- Dependência espacial moderada:  $25\% < \frac{C}{C+C_0} \times 100 < 75\%$
- Dependência espacial forte:  $\frac{C}{C+C_0} \times 100 \geq 75\%$

### 2.4.3 A interpolação dos dados em geoestatística

O procedimento de interpolação geoestatístico, também chamado de krigagem, foi desenvolvido por Georges Matheron, que propôs esse nome em homenagem a Daniel G. Krige, o primeiro a introduzir o uso de médias móveis para evitar a superestimação sistemática de reservas de mineração (DRUCK et al., 2004).

O objetivo da interpolação por krigagem é estimar valores para qualquer local e a estimativa será a combinação linear de valores medidos. Havendo comprovadamente dependência espacial para a variável em estudo, por meio do ajuste de semivariograma, pode-se interpolar valores em qualquer posição no

campo de estudo, sem tendência, na média não deve super nem sub estimar valores, e com variância mínima, ou seja, a incerteza na estimativa tem que ser mínima (GREGO et al.,2014).

Segundo Molim et al. (2015) além de ser apontado como um método mais completo e confiável de interpolação, a krigagem apresenta a vantagem de reduzir a variação existente entre a variável intensamente amostrada, como dados oriundos de mapeamento de produtividade ou sensoriamento remoto, favorecendo a identificação da variabilidade em larga escala nas lavouras.

Segundo Vieira (2000), existem interpoladores que não consideram a dependência espacial, como inverso do quadrado da distancia, média móvel ponderada e outros que interpolam por meio de ajuste de polinômios. Entretanto, estes interpoladores não consideram a estrutura da variação espacial dos valores medidos revelado pelo semivariograma, e, portanto não determinam com exatidão a variação dos dados interpolados.

Segundo Soares (2006) o algoritmo mais usual de krigagem é a krigagem ordinária, onde não há necessidade de se conhecer o valor da média, isto é, a valor da media é constante, mas desconhecida. Já na krigagem simples, há a necessidade de se conhecer o valor da média, ou seja, ela é conhecida.

#### **2.4.4 Mapas temáticos**

Segundo Corá et al. (2006), os mapas temáticos podem ser divididos em três tipos: mapas de condição, que demonstram a distribuição espacial dos parâmetros de qualidade, antes de qualquer intervenção, os mapas de recomendação, que apresentam as informações sobre as quantidades de insumos ou as práticas agrícolas em que cada local específico da área deve receber, e, por fim, o mapa do desempenho, que permite ao produtor avaliar como a área se encontra, após o manejo de cada sítio específico, caracterizando também o mapa de condição para um próximo ciclo.

Um mapa temático é formado por uma imagem, plotada em um eixo cartesiano, em que o eixo “Z” são as características ou os atributos em estudo, e os eixos “X” e “Y” são os representantes do espaço (longitude e latitude), representando assim a variabilidade espacial de determinado atributo no campo (DAINASE et al., 2004).

### 2.4.5 Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto clássico, aquele com base quase que exclusivamente em imagens obtidas por câmaras instaladas em plataformas aéreas e orbitais, pode ser definido como a ciência ou a arte de se obter informações sobre um determinado objeto, área ou fenômeno, por meio de dados coletados por um equipamento (sistema sensor) que não entra em contato com o alvo (CREPANI, 1993).

Cada alvo tem uma característica única de reflexão e emissão de energia eletromagnética. A energia eletromagnética mensurada por esses sensores é baseada na radiação de fótons, sendo que essa energia é carregada pelo espaço através de ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos, caracterizada pela distância entre as cristas, que pode variar de uma fração de nanômetro até vários metros. Quanto menor o comprimento de onda, maior é sua frequência e maior a sua energia (HEEGE, 2013).

Por meio de sensores ópticos que captam esses sinais eletromagnéticos, pode-se identificar e entender o objeto com essa unicidade de comportamento. Portanto, dois alvos diferentes interagirão distintamente com a energia eletromagnética, pelo menos em algumas regiões específicas do espectro eletromagnético, permitindo assim sua identificação e diferenciação (NOVO, 1992).

Essa energia que interage com os alvos pode ter sua origem externa, geralmente o sol, ou ser emitida pelo próprio sistema sensor. No primeiro caso, o sistema sensor é chamado de passivo, e sendo amplamente usado pelos sensores embarcados em satélites, enquanto no segundo é denominado sistema ativo (MOREIRA, 2003).

Quando a energia proveniente do sol (radiação eletromagnética) ou de sistemas ativos atinge um objeto, ocorre a interação com o alvo e a energia tende a ser fracionada em três partes: absorvida, refletida e transmitida. A intensidade de cada fracionamento está relacionada com o comprimento de onda analisado e as propriedades físico-químicas do alvo, e no sensoriamento dedicado a Agricultura de Precisão (AP) prevalece o uso da refletida (MOLIN et al., 2015).

Os sensores ópticos que mensuram a forma como a radiação interage com os alvos, principalmente em relação a energia refletida, são também denominados radiômetros e variam em função das bandas espectrais (faixas do espectro) e dos

comprimentos de ondas com as quais trabalham, assim como da plataforma em que operam. Radiômetros que operam com poucos comprimentos de onda são chamados de sensores multiespectrais e radiômetros que operam com inúmeros comprimentos de onda são chamados de espectrorradiômetros ou radiômetros hiperespectrais (MOREIRA, 2003).

Quanto a plataforma em que os sensores ópticos e radiométricos operam, há basicamente três níveis de coleta de dados: orbital, aéreo e terrestre. De acordo com Moreira (2011), os sensores em nível orbital são geralmente radiômetros do tipo escâner instalados em satélites, os quais podem ser definidos como sensores imageadores; já em nível aéreo destacam-se as fotografias aéreas e os radiômetros hiperespectrais; em nível terrestre é comum o uso de radiômetros portáteis ou espectrorradiômetros que em algumas situações podem ser embarcados em máquinas agrícolas.

#### *2.4.5.1 Sensoriamento orbital e aéreo*

O sensoriamento remoto, por meio de imagens obtidas por sensores embarcados em satélites ou em veículos aéreos tripulados ou não, é capaz de obter informações valiosas sobre a cultura, o solo e o relevo de extensas áreas. Os dados podem ser coletados repetidamente ao longo do ano, muitas vezes adquirindo informações de toda uma fazenda em uma única imagem (principalmente as orbitais). Já no caso de o alvo ser a cultura, o sensoriamento remoto permite a obtenção de dados quando o porte das plantas impede a entrada de máquinas nas lavouras. Essas informações podem auxiliar e muito na gestão localizada das lavouras (MOLIN et al.,2015).

Dados de sensores com baixa resolução espacial são utilizados para avaliar temperatura dos oceanos em escala global, sendo muito utilizados em estudos climáticos, de eventos como El Nino, e modelos de previsão meteorológica e do clima. Outras aplicações incluem estudos para fins de planejamento urbano, analisando a expansão e a ocupação das terras. Para tais, normalmente são utilizadas imagens com maior resolução espacial, dependendo do tema a ser estudado. Avaliações da expansão da terra urbanizada podem ser realizadas utilizando imagens com 30 m de resolução espacial (HUPP; FORTES, 2013). Já imagens com maior resolução podem ser utilizadas para a quantificação da



urbanização viária (ALVAREZ; GALLO, 2012) e sua relação com a temperatura da superfície (GALLO;ALVAREZ; GARÇON, 2013); planejamento de sistemas de mobilidade urbana (SCHMITT et al., 2013) além de outras aplicações.

O Sensoriamento Remoto é muito utilizado em aplicações relativas a estudos de uso e cobertura das terras e de características da vegetação. Neste campo são realizados diversos estudos e aplicações, como a avaliação das alterações no uso e cobertura das terras em diversos locais (QUARTAROLI et al., 2006;RODRIGUES et al., 2012; BATISTELLA et al., 2002), a avaliação de parâmetros biofísicos e de evapotranspiração da vegetação (ANDRADE et al., 2009, 2012; FACCO et al., 2012) e estudos da abrangência de áreas agrícolas e de sua dinâmica temporal (JOHANN et al., 2012; VICTORIA et al., 2012; VICENTE et al., 2012).

Segundo Shiratsuchi et al. (2014), as imagens de sensores remotos apresentam diferentes características que fazem com que sejam uteis as mais variadas aplicações, desde estudos globais, programas de monitoramento contínuo de áreas, até estudos pontuais em escalas detalhadas como o ambiente urbano ou a agricultura de precisão (AP).

#### 2.4.5.2 Sensoriamento proximal

Os sensores ativos proximais têm sido muito utilizados no manejo de diferentes culturas por superarem limitações que os sensores passivos orbitais apresentam principalmente em termos de agilidade de disponibilização de informações para a tomada de decisão. Estes sensores trabalham com diferentes comprimentos de onda e as informações geradas normalmente são apresentadas na forma de índices vegetativos (SHIRATSUCHI et.al. 2014).

Diversas técnicas validadas para sensores remotos já estão disponíveis os veículos aéreos não tripulados (VANTS) e os sensores ativos de dossel ou *active crop canopy sensors* (ACS) tem uma grande importância para viabilizar a aplicação destas técnicas no manejo agrônomo sitio-específico de culturas agrícolas em nível de talhão (SHIRATSUCHI et.al. 2014).

Os ACS vêm sendo considerados por alguns como sensores remotos proximais, quando acoplados em máquinas agrícolas autopropelidas. A grande vantagem dos ACS é que eles são ativos e sua luz modulada não é influenciada pela luz do sol, podendo ser utilizados a qualquer hora (noite ou dia). Estes sensores

emulam a refletância do dossel em certos comprimentos de onda selecionados para diferenciar o conteúdo de clorofila e indiretamente a condição nutricional da planta em relação ao nitrogênio (N) (SHIRATSUCHI, 2011).

Existem inúmeras pesquisas sendo realizadas no intuito de se gerar formulas ou algoritmos para traduzirem dados de sensoriamento remoto com o uso de VANTs e ACS em doses de insumos, como N, herbicidas, inseticidas, etc (HOLLAND; SCHEPERS, 2010, 2012).

Estudos sobre o comportamento de diversos índices vegetativos (IV) para determinação de pigmentos foram realizados (LEMAIRE; FRANCOIS; DUFRENE, 2004), porem poucos trabalhos levaram em consideração ACS para calculo de IV.

O princípio de funcionamento que predomina entre os sensores de planta é baseado nas características de reflectância das culturas. A vegetação, de maneira geral, apresenta baixa reflectância e transmitância da radiação na faixa visível do espectro (400 nm a 700 nm) devido a forte absorção pelos pigmentos fotossintéticos (clorofila), principalmente na faixa do azul (450 nm), a qual é influenciada pela estrutura interna das folhas, principalmente em função da ausência de absorção pelos pigmentos e dispersão da energia eletromagnética no mesófilo das folhas (MOLIN et al., 2015).

#### 2.4.5.2.1 Sensores proximais de qualidade do produto

Sendo Molin et al. (2015), há uma tendência de remunerar o produtor de acordo com a qualidade de determinados produtos agrícolas comercializados. Desse modo, cada vez mais são demandados sensores que avaliem a qualidade do produto de forma especializada. Entretanto, essa é uma área do sensoriamento ainda incipiente quando comparada ao grande potencial que possui.

Nesse sentido, sensores vêm sendo desenvolvidos para possibilitar o mapeamento da qualidade do produto ao longo da lavoura, auxiliando a identificação do melhor momento de colheita de determinada porção da lavoura, assim como a realização da chamada “colheita seletiva”, na qual o produto colhido pode ser separado no momento da colheita, de acordo com certos padrões de qualidade. Isso possibilita maior qualidade do produto colhido e conseqüente rentabilidade (MOLIN et al.,2015).

Alguns equipamentos com essa finalidade já estão disponíveis. Há sensores de proteína nos grãos, voltados principalmente a cultura do trigo, os quais operam e são posicionados de forma semelhante aos sensores de umidade no elevador de grãos da colhedora. Seu princípio de funcionamento é baseado no comportamento espectral, ou seja, avalia a reflectância de luz incidente no tegumento dos grãos em determinados comprimentos de onda do espectro eletromagnético. Além das proteínas, esses sensores ópticos apresentam a possibilidade de realizar inferências sobre os teores de óleo e carboidratos nos grãos (MOLIN et al., 2015).

Outro equipamento disponível no mercado trabalha com o princípio de incitação de pigmentos existentes nos tecidos vegetais, sendo um deles a clorofila das folhas. Esse sensor foi desenvolvido inicialmente para a cultura da uva, e no caso da avaliação da qualidade de frutos, permite inferir qual a concentração de flavonoides e antocianinas neles presentes, o que indica seu grau de maturação e concentração de açúcares. Entretanto, o uso desses sensores pode ser estendido para qualquer cultura em que a pigmentação na superfície dos frutos indique certas propriedades de qualidade desses produtos (MOLIN et al., 2015).

#### 2.4.5.3 Métodos não destrutivos

O antigo Departamento de Ciências das Áreas Frutíferas e Florestais da Universidade De Bolonha desenvolveu um dispositivo simples (DA-Meter - Universidade de Bolonha patente WO / 2007/017732, Noferini et al., 2006) que permite definir a fase de amadurecimento alcançado pelos frutos de uma forma mais simples e rápida. Esta técnica permite definir um novo índice de amadurecimento, "*Absorbance Difference Index*" (IAD), estritamente relacionado à degradação do teor de etileno nas frutas e à degradação do teor de clorofila. O DA-Meter pode ser considerado um dispositivo capaz de coletar uma quantidade consistente de dados e facilmente "instruir" um sistema que também pode ser usado como um "sistema de suporte à decisão" em tempo real (COSTAMAGNA, 2013).

O instrumento denominado DA-Meter é um dispositivo VIS / NIR portátil e de fácil utilização capaz de medir um novo parâmetro, o índice de diferença de absorbância (IAD). O medidor DA é formado por LEDs de 6 diodos, todos posicionados ao redor do detector de fotodiodos, 3 LEDs de diodo emitem a 670 nm de comprimento de onda e os outros 3 emitem a 720 nm. O fruto, em um curto

espaço de tempo, é iluminado alternativamente com as 2 fontes de luz monocromáticas, e para cada uma a quantidade de luz reemitida pelo fruto medida. A luz é detectada por um fotodiodo posicionado centralmente a uma coroa de diodo, convertida em um sinal digital através de um conversor ADC (Conversor Analógico para Digital) e IAD, derivado através de um micro controlador. Com base nos espectros de absorção de frutos, a IAD é calculada como  $IAD = A(670) - A(720)$ , onde  $A(670)$  e  $A(720)$ , perto do pico de absorção da clorofila - A, foram os valores de absorbância  $A$  nos comprimentos de onda de 670 e 720 nm, respectivamente (COSTA, 2013).

O IAD diminui ao longo do desenvolvimento e maturação dos frutos. Como consequência, o DA-Meter permite agrupar frutos com base em sua fase de amadurecimento em classes homogêneas. O DA-Meter correlaciona-se com parâmetros importantes, que mudam com a maturação do fruto, como a produção de etileno, o estágio climatérico e, em certa medida, a firmeza da polpa, parâmetros difíceis de determinar com dispositivos não destrutivos. Além disso, o DA-Meter praticamente não requer qualquer calibração e pode ser usado ao longo da cadeia produtiva, do pomar com os frutos nas plantas até o ponto de venda (COSTA, 2013).

O DA-Meter pode ser usado para avaliar o tempo de colheita, uma vez que permite seguir a evolução do estágio de amadurecimento. O instrumento pode ser usado em um número selecionado de frutos nas plantas. Normalmente, a colheita de muitas espécies de frutos é estabelecida com base em parâmetros práticos. A IAD acompanha a evolução do estágio de maturação e permite escolher o tempo de colheita adequado correlacionando-o com os parâmetros normalmente utilizados para estabelecer o tempo de colheita (COSTA, 2013).

O uso de luz refletida foi estabelecido como uma abordagem para medir a clorofila na casca de maçãs (Kuckenbergh et al., 2008; Merzlyak et al., 2003; Rutkowski et al., 2008). A partir deste trabalho um novo instrumento não destrutivo para medir a maturidade da casca através do teor relativo de clorofila foi comercializado nos últimos anos por T.R. Turoni srl, Itália. É conhecido como um medidor DA, que representa a "diferença na absorbância", uma vez que o medidor mede a diferença absoluta em absorbância máxima de dois comprimentos de onda de luz que são indicativos de clorofila (TOUVONIN, 2012).

Os principais absorventes na faixa de comprimento de onda visível (Vis) em maçãs intactas são os pigmentos: clorofila (chl), carotenoides e antocianinas. A

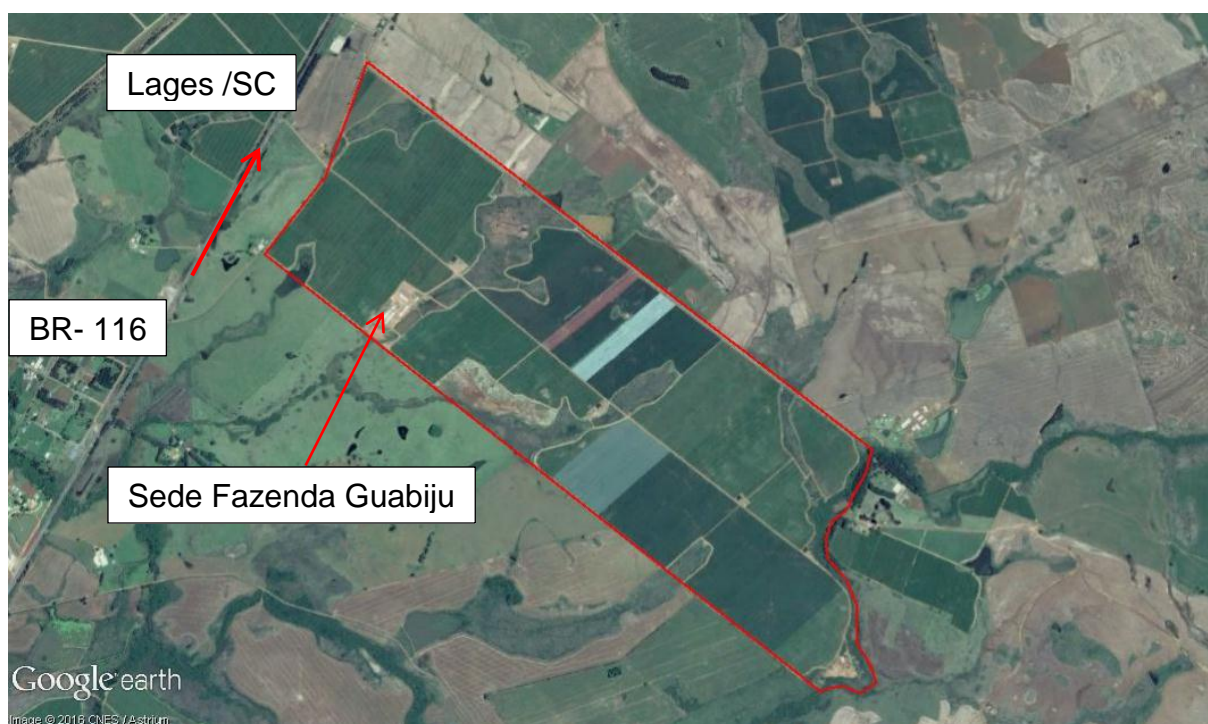
praticabilidade da espectroscopia UV-Vis como um método não destrutivo para detectar alterações nos pigmentos da pele já foi demonstrada (Kuckenberget al., 2008). A análise da clorofila tem sido aplicada ao estudo do estado de maturação do fruto, para as maçãs (Ziosi et al., 2008) e para as maçãs (Zude-Sasse et al., 2000; Merzlyak et al., 2005).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O experimento foi conduzido em uma área comercial de produção de maçãs da empresa Rasip Agrosilvopastoril S.A. na fazenda denominada Guabiju, no município de Vacaria, RS, situado a uma altitude média de 940 m apresentando como coordenadas geográficas  $28^{\circ}26'24,75''$  S e  $50^{\circ}51'51,60''$  O, durante a safra 2016/2017. A fazenda possui aproximadamente 258 ha distribuídos em 12 setores, plantados com os clones Maxi Gala, Fuji Suprema, Fuji Moore e Fuji Lee sobre porta enxertos M-9 e Maruba/M-9 (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de situação da Fazenda Guabiju da empresa Rasip. Vacaria, 2017.



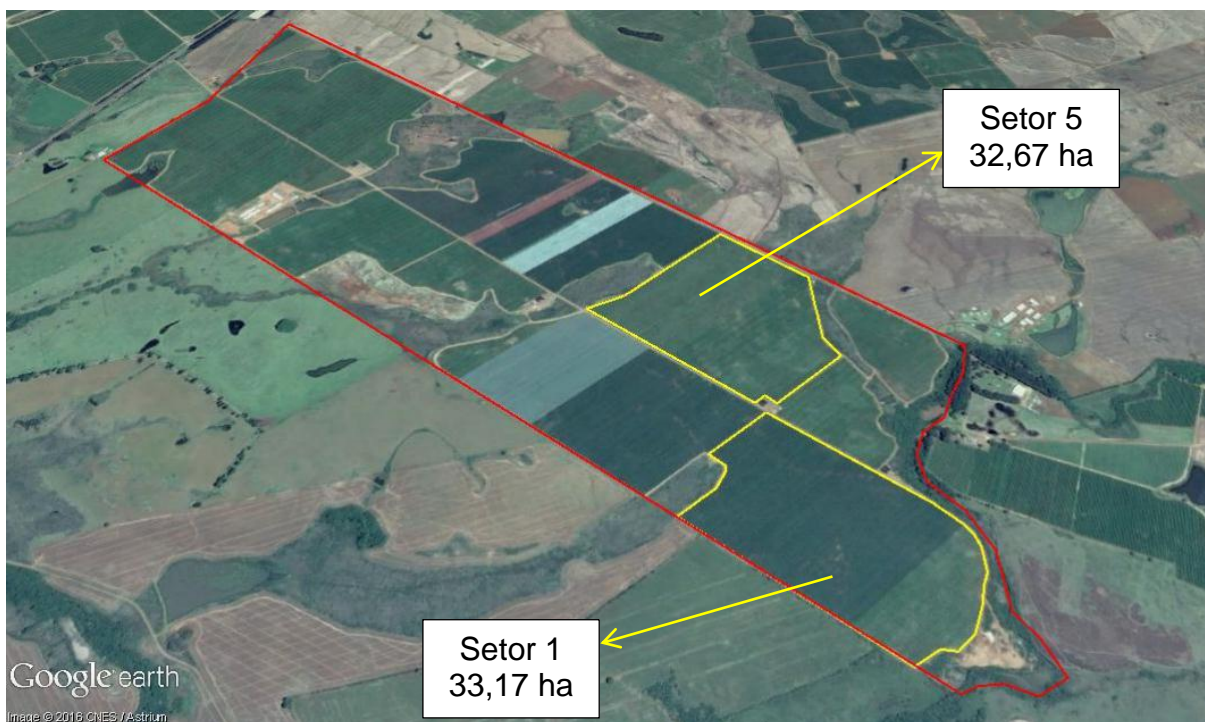
Fonte: Google Earth 2017

#### 3.2 ÁREA DO EXPERIMENTO

O trabalho foi realizado nos setores 1 e 5 (figura 3), totalizando 65,84 ha, representando 25 % da área total da fazenda. Esses setores são ocupados pelos clones Maxi Gala e Fuji Suprema/Moore/Lee na proporção de 4:1 enxertados sobre M-9 e Maruba/M-9. O setor 1 é coberto com tela antigranizo. O espaçamento para o

porta-enxerto M-9 é de 0,8 x 4,00m e para o porta-enxerto Maruba/M-9 é de 1,5 x 4,00m. O setor 1 foi plantado no ano de 2008 e 5 setor no ano de 2009.

Figura 3 - Identificação dos setores trabalhados no experimento. Vacaria, 2017.



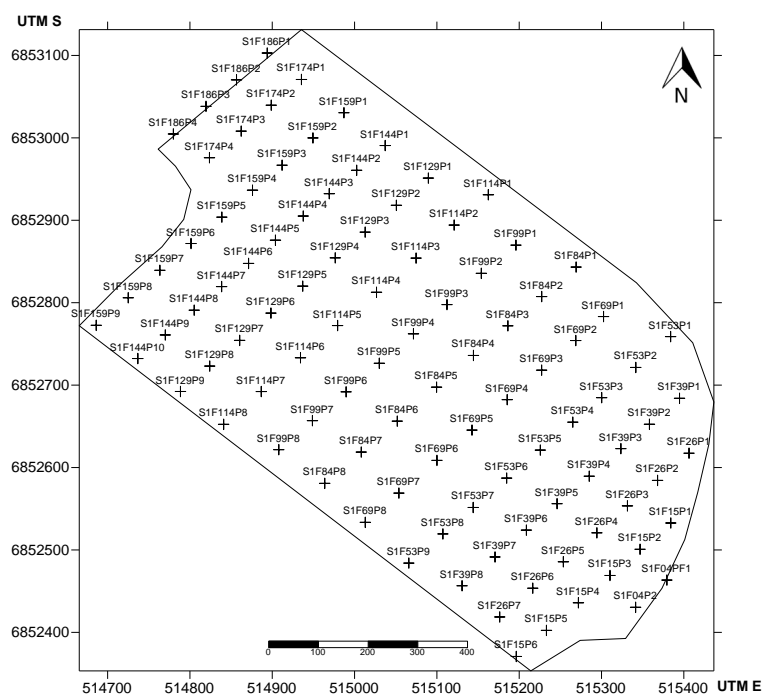
Fonte: Google Earth 2017.

### 3.3 AMOSTRAGEM

A amostragem foi realizada na forma de grade com 50 m ao longo das linhas de planta e 40 m entre filas conforme figura 6 e 7(A). A cada intersecção foi marcada a planta correspondente, do clone Maxi Gala conforme figura 7 (B).

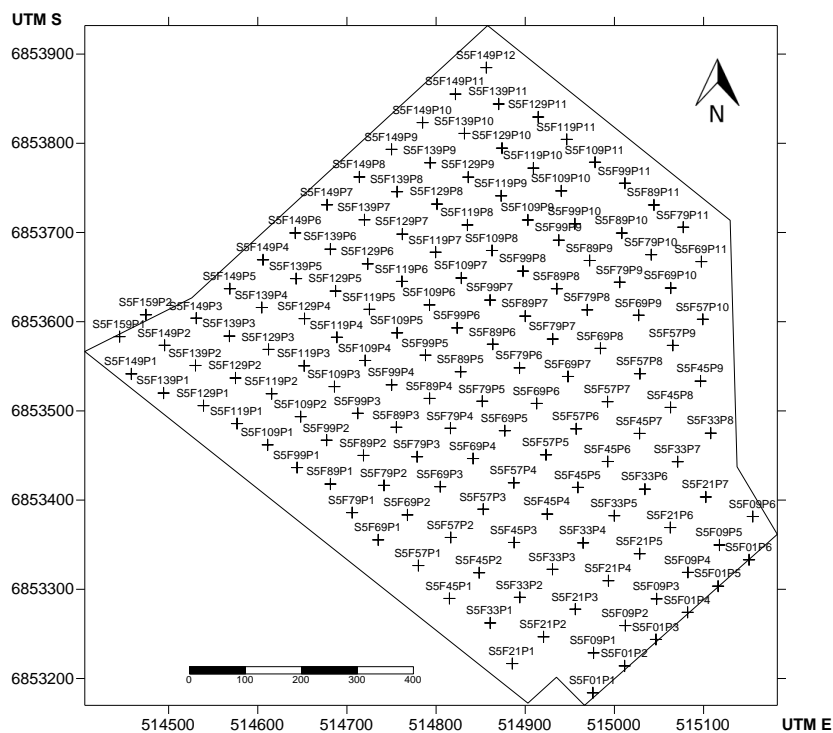
Os pontos de coleta dos índices de diferença de absorbância (IAD) foram amostrados nos setores 1 e 5 conforme as figuras 4 e 5.

Figura 4 – Distribuição dos pontos georreferenciado no setor 1. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

Figura 5 - Distribuição dos pontos georreferenciados do Setor 5. Vacaria 2017.



Fonte: elaborado pelo autor, 2017.



Figura 6 - Amostragem em grades de 50 x 40 m, exemplo do Setor 5. Vacaria, 2017.



Fonte: Google Earth, 2017.

Figura 7 - Visão geral das filas (A) e na intersecção da grade as plantas marcadas para avaliação (B). Vacaria, 2017.



Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

Desta forma foram amostrados no setor 1-100 plantas e no setor 5- 148 plantas, totalizando 248 plantas.

### 3.4 GEORREFERENCIAMENTO DAS AMOSTRAS

Utilizou-se para o georreferenciamento das plantas amostradas, um GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), marca *Topcon* (GPS Classe IV), modelo *Hiper Lite+*, pós-processado, com dupla frequência L1+L2 usando o sistema GPS (Americano) e o sistema GLONAS (Russo) com acurácia inferior a 0,5m.

O método utilizado para o levantamento das plantas amostradas foi o Posicionamento Relativo Estático. Neste método mantém-se um receptor coletando dados na estação de referência (BASE, figura 8) enquanto o outro receptor (ROVER figura 9) localiza através de coordenadas as plantas marcadas como amostra. Permaneceu o tempo necessário para fixar a ambiguidade. Foi posicionado a uma distância de 1,50 m perpendicular ao tronco em direção ao centro da fila para evitar problemas de sombreamento ocasionado pelos galhos das plantas.

As coordenadas foram levantadas no Datum SIRGAS 2000 (IBGE, 2011), projeção UTM (*Universal Transversa de Mercator*), fuso 22, hemisfério sul. Após coletadas foi feito o transporte de coordenadas através do PPP (posicionamento por ponto preciso) do IBGE. As coordenadas dos setores 1 e 5 encontram-se nos apêndices 1 e 2.

Figura 8 – Base instalada para o transporte de coordenadas, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

Figura 9 - Rover coletando as coordenadas das plantas amostradas, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

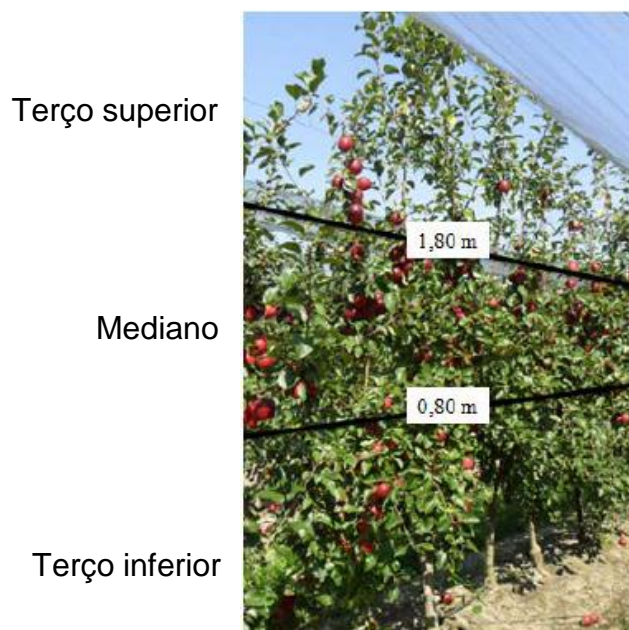


Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

### 3.5 AVALIAÇÕES

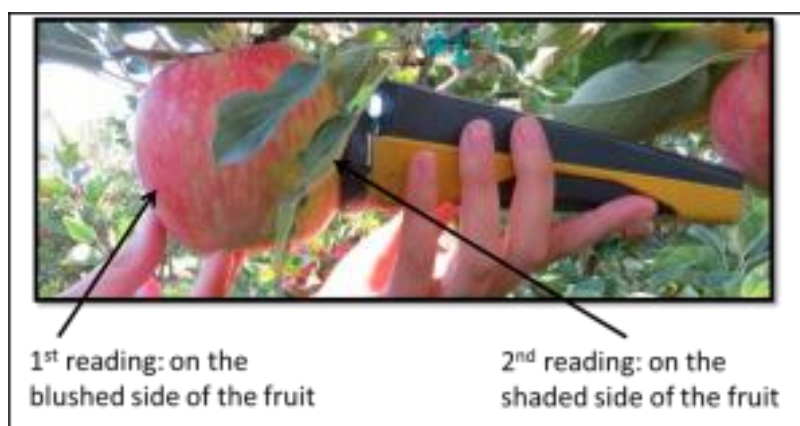
Através do radiômetro portátil DA-Meter, levantaram-se os índices de diferença de absorvância (IAD) nos frutos para verificar o grau de maturação dos setores envolvidos. Para tanto cada planta marcada foi dividida em três níveis, terço inferior  $<0,8\text{m}$ , mediano  $0,8$  a  $1,8$  m e terço superior  $>1,8$  m (MUSACCHI, 2014, figura 10). Em cada nível coletou-se o IAD médio de um fruto, medido nos dois lados (figura 11). Iniciou-se a coleta no dia 23/01/17 e prosseguiu-se até a conclusão da colheita. O intervalo das coletas baseou-se na programação de colheita da empresa e variou de 10, 7, 4, e 2 dias. Os resultados foram armazenados no próprio aparelho, depois baixados e ajustados em planilhas.

Figura 10 – Níveis de determinação do IAD pelo radiômetro DA-Meter, terço inferior <0,80m, mediano 1,80-0,80m e terço superior >1,80m. Vacaria, 2017.



Fonte: MUSACCHI, 2014.

Figura 11 – Leituras com o DA-Meter no campo, leitura média de 2 lados. Vacaria, 2017.



Fonte: MUSACHI, 2014.

Os IAD(s) levantados com o DA-Meter foram transformados nos índices de determinação de ponto de colheita utilizados no campo através dos modelos matemáticos desenvolvidos por Brighenti et al. (2017, no prelo) que seguem:

Sólidos solúveis:  $y = -2,6859x + 11,914$  ( $R^2 = 97,05\%$ );

Firmeza de polpa:  $y = -0,0252x^2 + 4,2169x + 14,4$  ( $R^2 = 95,62\%$ );

Índice iodo amido:  $y = -3,575x + 5,4908$  ( $R^2 = 98,71\%$ ).

### 3.6 ANALISE ESTATISTICA DESCRITIVA

Os IAD(s) foram avaliados através da estatística descritiva e como não apresentaram normalidade utilizou-se um teste não paramétrico de Friedman por meio do software Assistat (SILVA, 2016).

### 3.7 MAPAS TEMÁTICOS

Foram elaborados mapas temáticos dos níveis que apresentaram diferenças estatísticas através do teste de Friedman dos parâmetros sólidos solúveis, firmeza de polpa e índice iodo amido. Onde não houve diferença significativa elaborou-se o mapa temático da média.

As variações nas classificações por parâmetro foram definidas por 3 cores: o vermelho (fora do padrão desejado), amarelo (se aproximando do padrão desejado) e verde (dentro do padrão desejado).

O padrões utilizados basearam-se nos intervalos para armazenamento de frutos a longo prazo. São eles: sólidos solúveis (acima de 10,5 ° Brix), firmeza de polpa (acima de 18 libras) e índice iodo amido (2 a 3).

As análises geoestatísticas foram realizadas no programa GS+ (Gamma Design Software, 2004) versão 7.0, (ROBERTSON, 2004), pela determinação dos semivariogramas isotrópicos, com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca, de acordo com metodologia Burrough (1998). O ajuste dos modelos de semivariogramas foi escolhido em função do quadrado médio do erro, do erro padrão de predição e da autovalidação (*jackknife*).

O grau de dependência espacial das variáveis foi analisado com base na classificação de Cambardella et al. (1994), em que são considerados de fraca dependência espacial os semivariogramas com efeito pepita de 25% do patamar, moderada quando entre 25% e 75% e de forte quando >75%.

Após o ajuste dos semivariogramas, foi realizada a interpolação dos dados por krigagem ordinária usando o software Surfer 8.02 – Surface Mapping System (Golden Software, 2002), de forma a possibilitar a construção de gráficos bidimensionais e a consequente visualização da distribuição espacial dos IAD nos setores avaliados.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 SETOR 1

#### 4.1.1 Análise estatística descritiva e teste de médias

Os valores dos IADs médios foram analisados através da estatística descritiva conforme tabela 1.

Segundo Cavalcante et. al.(2007), a normalidade dos dados não se configura como uma exigência da geoestatística, o mais importante é a ocorrência do efeito proporcional; ou seja, se a média e a variabilidade dos dados são constantes na área de estudo. A importância da verificação de distribuição normal ou não normal dos dados permite averiguar se existem valores extremos (outlier máximo e outlier mínimo), que destoam do conjunto de dados, possibilitando dessa maneira a exclusão de valores discrepantes que podem ser decorrentes de erros de amostragem ou de erros analíticos (SIQUEIRA et. al., 2009).

Tabela 1- Análise estatística descritiva do Setor 1 por data de coleta dos IADs médios, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.

Testes	IAD Media 23/01/2017	IAD Media 03/02/2017	IAD Media 07/02/2017	IAD Media 09/02/2017	IAD Media 15/02/2017	IAD Media 22/02/2017
Número de dados	231	300	300	300	300	300
Soma dos dados	314,79	263,32	230,98	218,77	158,25	144,23
Menor valor (min)	0,55	0,15	0,06	0,03	0,03	0
Maior valor (max)	1,65	1,81	1,83	1,71	1,25	1,87
Amplitude (max - min)	1,10	16,52	1,76	1,67	1,22	1,87
Ponto médio	1,10	0,98	0,95	0,87	0,64	0,93
Média aritmética(M)	1,36	0,88	0,76	0,72	0,52	0,48
Lim.conf.inf.da M(95%)	1,34	0,85	0,73	0,69	0,49	0,44
Lim.conf.sup.da M(95%)	1,38	0,91	0,8	0,76	0,55	0,51
Mediana	1,38	0,90	0,77	0,75	0,51	0,43
Moda	1,31	0,80	0,22	0,54	0,12	0,1
Desvio médio	0,11	0,21	0,25	0,25	0,22	0,27
Desvio padrão(para N-1)	0,15	0,27	0,31	0,31	0,27	0,33
Desvio padrão(para N)	0,15	0,27	0,31	0,31	0,27	0,33
Variância(para N-1)	0,02	0,07	0,09	0,09	0,07	0,11
Variância(para N)	0,02	0,07	0,09	0,09	0,07	0,11
Coef.Variação(para N-1)	11,47	3,05	40,89	42,67	52,72	69,18
Coef.Variação(para N)	11,44	3,05	40,82	42,6	52,72	69,07
Coef.de assimetria	-1,27	-0,18	-0,09	0,03	0,31	0,58
Coef.de curtose	3,84	-0,07	-0,3	-0,38	-0,52	-0,02

Kolmogorov-Smirnov (D)	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO
Shapiro-Wilk (W)	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	NÃO

IAD: índice de diferença de absorvância.

Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

Aplicou-se o teste de Friedman nos IADs nas diferentes datas e nível de coleta conforme tabela 2. Pelos resultados observados as coletas do dia 03/02/2017 e 09/02/2017 apresentaram diferença significativa. Na primeira data o nível >1,80m diferenciou-se dos níveis abaixo. Na segunda data o nível >1,80m diferenciou-se dos níveis abaixo e o nível 1,80m – 0,80m diferenciou-se do nível abaixo.

Tabela 2 – Teste de médias setor 1 por data dos IDAs nos três níveis de coleta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

Tratamento	IAD	IAD	IAD	IAD	IAD
Níveis	23/01/2017	03/02/2017	07/02/2017	09/02/2017	15/02/2017
1	2,09 a	1,73 a	1,83 a	1,88 a	1,98 a
2	2,12 a	2,09 b	2,01 a	1,90 ab	1,98 a
3	1,78 a	2,17 b	2,16 a	2,22 b	2,04 a

1: >1,80m; 2: 1,80-0,80m; 3: <0,80m; IAD: índice da diferença de absorvância; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Teste de Friedman ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.1.2 Geoestatística dos níveis avaliados

Conforme tabela 3 o modelo que melhor se ajustou pelo coeficiente de Akaike, ao modelo experimental dos IADs conforme o nível de coleta e a média foi o modelo gaussiano.

O alcance (Ao) é de fundamental importância para a interpretação dos semivariogramas. Ele indica a distância até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si (SOUZA et al., 1997; VIEIRA, 1997), ou seja, o limite da dependência espacial da variável.

Determinações realizadas a distâncias maiores que o alcance tem distribuição espacial aleatória e, por isso, são independentes entre si, podendo ser aplicada a estatística clássica. Por outro lado, determinações realizadas em distâncias menores que o alcance são correlacionadas umas as outras, o que permite que se façam interpolações para espaçamentos menores que os amostrados.

Isto mostra que o alcance da dependência espacial depende da variável e que, se as amostragens realizadas nesta área considerassem o alcance, os dados obtidos poderiam representar melhor a realidade da área amostrada. Com o conhecimento do alcance da dependência espacial, define-se o raio de amostragem, para garantir em uma amostragem futura, nas áreas em questão, a independência dos pontos amostrais, diminuindo assim o trabalho na coleta e no número de amostras.

Foi verificado que o alcance variou de 32,7 a 67,4m. Portanto, para garantir a dependência espacial, pontos de amostragem deveriam ser coletados a uma distância menor que o alcance.

Conforme classificação de Cambardella et al. (1994), adaptado por Zimback (2001) os IADs apresentaram forte dependência espacial.

Tabela 3 – Parâmetros dos semivariogramas ajustados de sólidos solúveis (SS), firmeza de polpa (FP) e índice iodo amido (IIA) do clone Maxi Gala, Setor 1, na safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

Data	Variáveis	Nível	Modelo	Co/(Co+C)	Ao	Classif	r <sup>2</sup>
23/01/2017	SS	Media	GAUS	0,8275	32,7	FORTE	0,45
	FP	Media	GAUS	0,9996	47,9	FORTE	0,79
	IIA	Media	GAUS	0,9995	47,8	FORTE	0,79
03/02/2017	SS	1,8 m	GAUS	0,9981	40,2	FORTE	0,81
		<0,80 m	GAUS	0,9982	58,8	FORTE	0,74
	FP	1,8 m	GAUS	0,9992	40,1	FORTE	0,81
		<0,80 m	GAUS	0,9992	58,7	FORTE	0,74
	IIA	1,8 m	GAUS	0,9988	58,1	FORTE	0,84
		<0,80 m	GAUS	0,9990	58,8	FORTE	0,74
07/02/2017	SS	Media	GAUS	0,9997	67,4	FORTE	0,82
	FP	Media	GAUS	0,9986	67,2	FORTE	0,82
	IIA	Media	GAUS	0,9981	67,4	FORTE	0,82
09/02/2016	SS	Media	GAUS	0,9969	63,5	FORTE	0,78
	FP	Media	GAUS	0,9987	63,4	FORTE	0,78
	IIA	Media	GAUS	0,9983	63,2	FORTE	0,78
15/02/2017	SS	Media	GAUS	0,9996	50	FORTE	0,91
	FP	Media	GAUS	0,9812	50,3	FORTE	0,91
	IIA	Media	GAUS	0,9998	49,9	FORTE	0,91

Modelos ajustados aos semivariogramas experimentais: gaussiano; Ao: alcance; classificação da dependência espacial (forte>75%, moderada 75- 25%, fraca <25%); Zimback (2001); r<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.

Fonte: elaborado pelo autor, 2017.



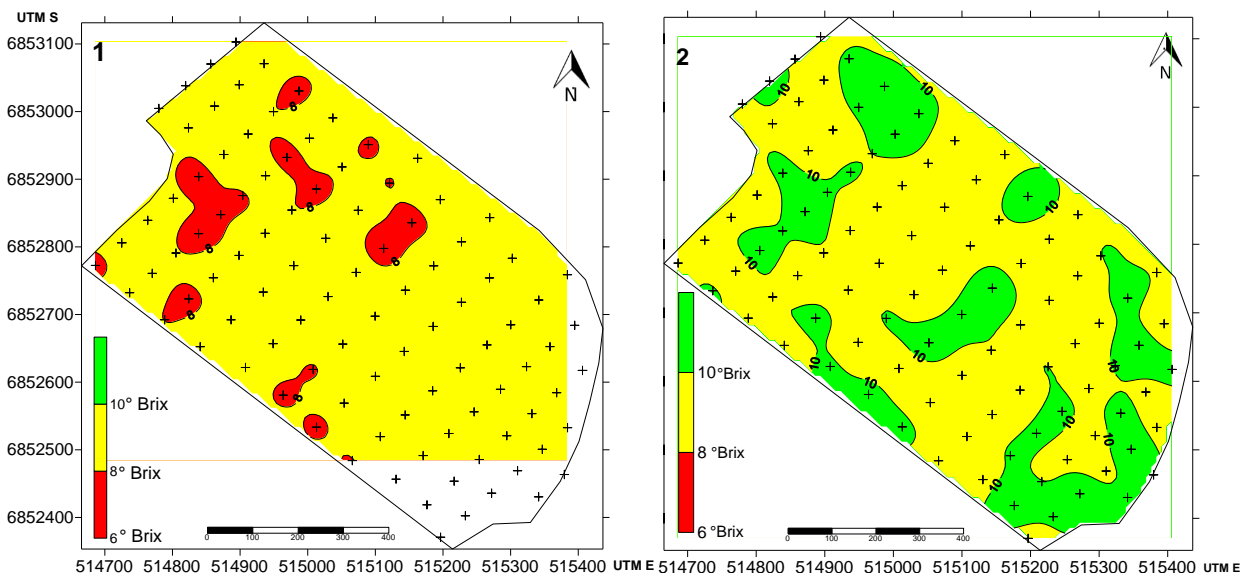
### 4.1.3 Mapas temáticos

#### 4.1.3.1 Sólidos solúveis

O padrão utilizado pela empresa com relação à sólidos solúveis no início da colheita é superior a 10,5° Brix para os clones de gala. O mapa 1 da figura 12 representa a primeira coleta de informações antes da colheita. O mapa foi gerado pela média dos 3 níveis de coleta devido ao fato dos mesmos não apresentarem diferença estatística. Neste momento o setor 1 encontrava-se com 20% da área com sólidos solúveis de 6 a 8 °Brix e 80% da área de 8 a 10° Brix.

O mapa 2 representa a coleta 10 dias após a primeira no terço superior da planta . Nesta data houve diferença significativa entre o terço superior e inferior. Neste momento 70% da área apresentava-se de 8 a 10° Brix e 30% acima de 10°Brix . Avaliando-se este parâmetro de forma isolada a colheita poderia ser iniciada.

Figura 12 – Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 23/01/2017(1) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta e no dia 03/02/2017(2) representando o terço superior da planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.

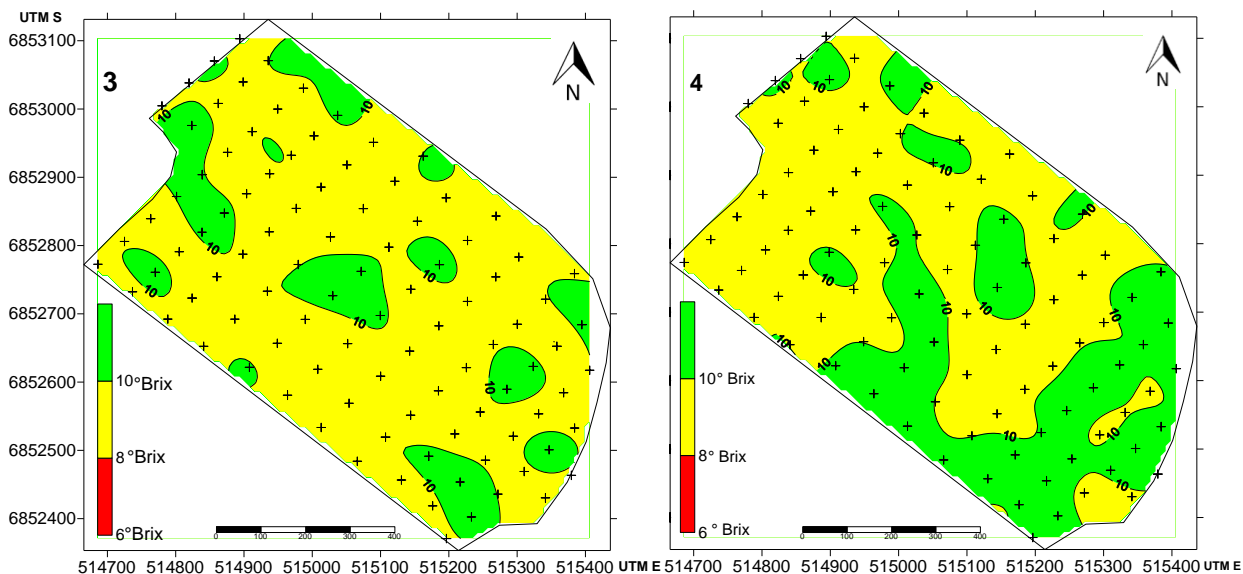


Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

O mapa 3 da figura 13 representando o terço inferior da planta na coleta do dia 03/02/2017 verifica-se uma área de 78% no intervalo de 8 a 10° Brix e 22% no intervalo de 10° Brix e acima. Nesta data houve uma diferença de 8% para menos

em relação ao terço superior. No mapa 4 representando a média dos três níveis de coleta observa-se uma área de 61% no intervalo de 8 a 10°Brix e 39% no intervalo de 10° Brix e acima .

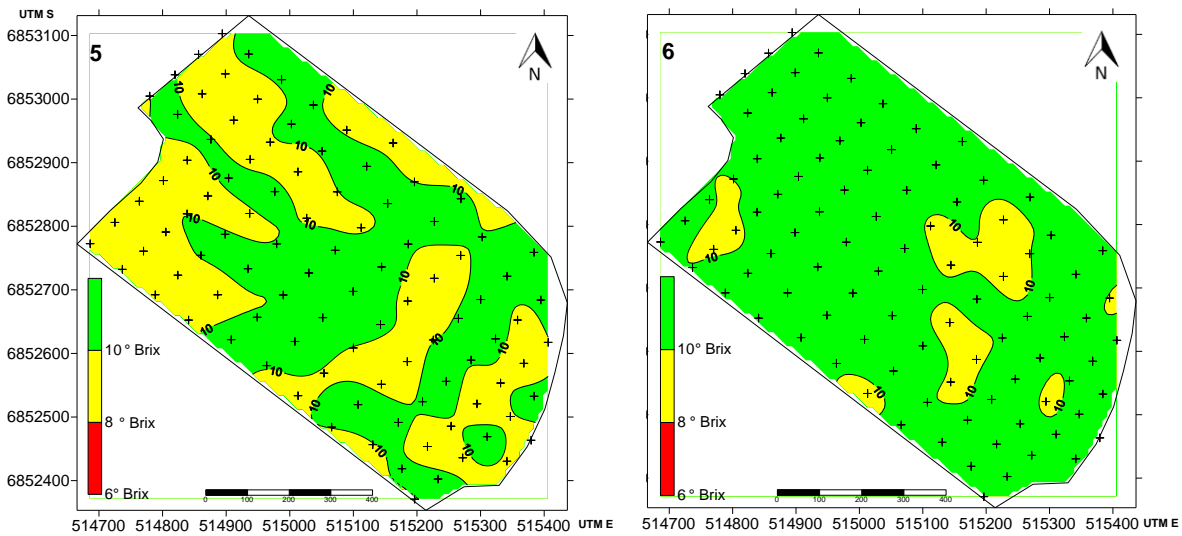
Figura 13 - Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 03/02/2017(3) representando a parte inferior da planta e no dia 07/02/2017(4) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.



Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

O mapa 5 da figura 14 representando a media dos 3 níveis de coleta no dia 09/02/2017 verifica-se que após 2 dias da ultima coleta a área de 6 a 8° Brix passou para 48% e a área de 10°Brix e acima já estava com 52%. No mapa 6 que representa a media dos 3 níveis de coleta na data de 15/02/2017 a área de 6 a 8° Brix estava com 12% e a área de 10° B e acima estava com 88%. Nesta data basicamente a empresa estava colhendo de forma uniforme este setor.

Figura 14 - Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 09/02/2017(5) e no dia 15/02/2017(6) ambos representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

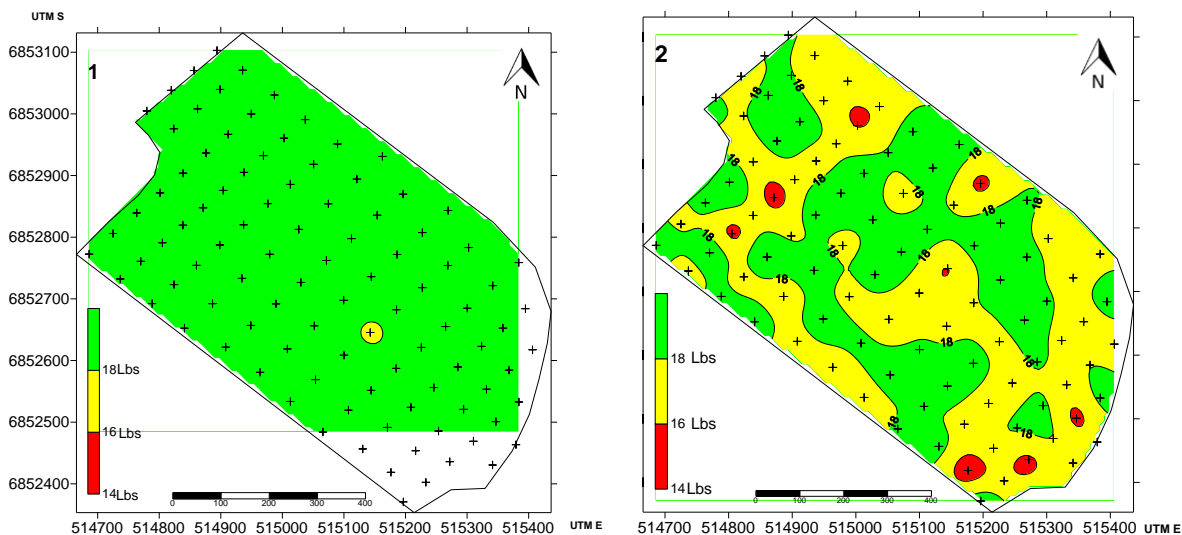


Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

#### 4.1.3.2 Firmeza de polpa

O padrão com relação à firmeza de polpa para início de colheita é superior a 18 libras para os clones de gala. O mapa 1 da figura 15 representa a primeira coleta de informações antes da colheita. O mesmo representa a média dos 3 níveis de coleta pois não houve diferença estatística entre eles. O mesmo evidenciou que 99% da área estão com firmeza de polpa acima de 18 libras ou acima. Apenas 1% da área está no intervalo de 16 a 18 libras. Nesta data este parâmetro está ideal para armazenamento a longo prazo. O mapa 2 da figura 15 representa o terço superior da planta em torno de 10 dias após a primeira coleta. A área de 18 libras e acima baixou para 44%, a área de 16 a 18 libras aumentou para 55% e tivemos 1% de 14 a 16 libras.

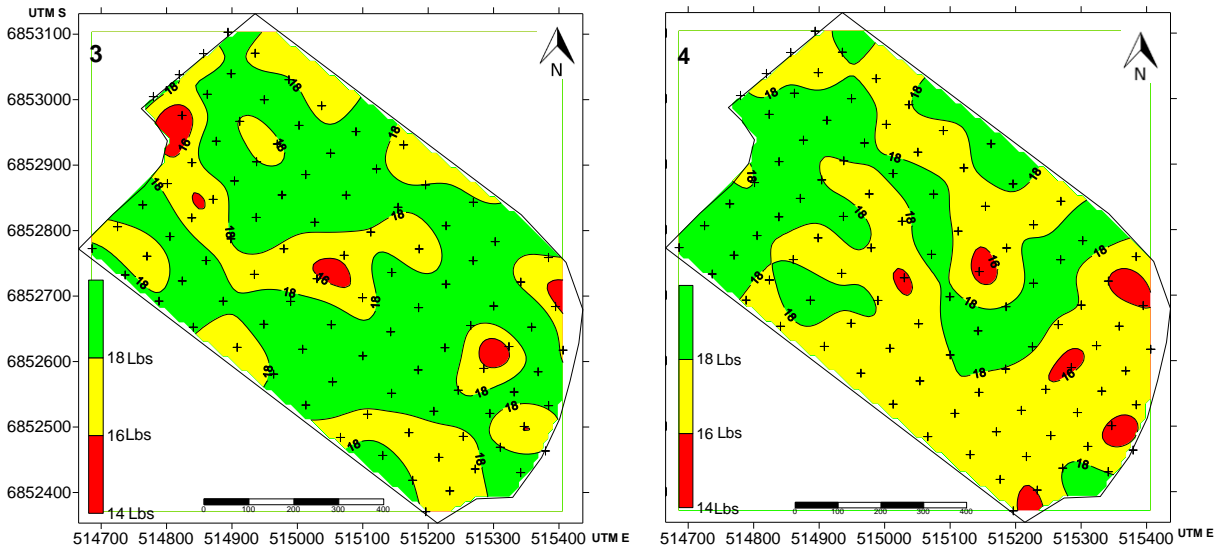
Figura 15 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 23/01/2017(1) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta e no dia 03/02/2017(2) representando o terço superior da planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

O mapa 3 da figura 16 representa a coleta na parte inferior da planta no dia 03/02/2017. A área apresentou de 18 libras e acima 50%, de 16 a 18 libras uma área de 48% e de 14 a 16 libras uma área de 2%. Pode-se evidenciar uma diferença de 6% a mais na parte de baixo com relação a parte superior no intervalo de 18 libras e acima. O mapa 4 da figura 16 representa a media dos três níveis na data de 07/02/2017, coletado 4 dias após o anterior. A área apresentou de 18 libras e acima 38%, de 16 a 18 libras 59% e de 14 a 16 libras 3%. Pode-se recomendar uma colheita localizada nestes 38% da área onde a maçã apresenta firmeza para armazenamento a longo prazo.

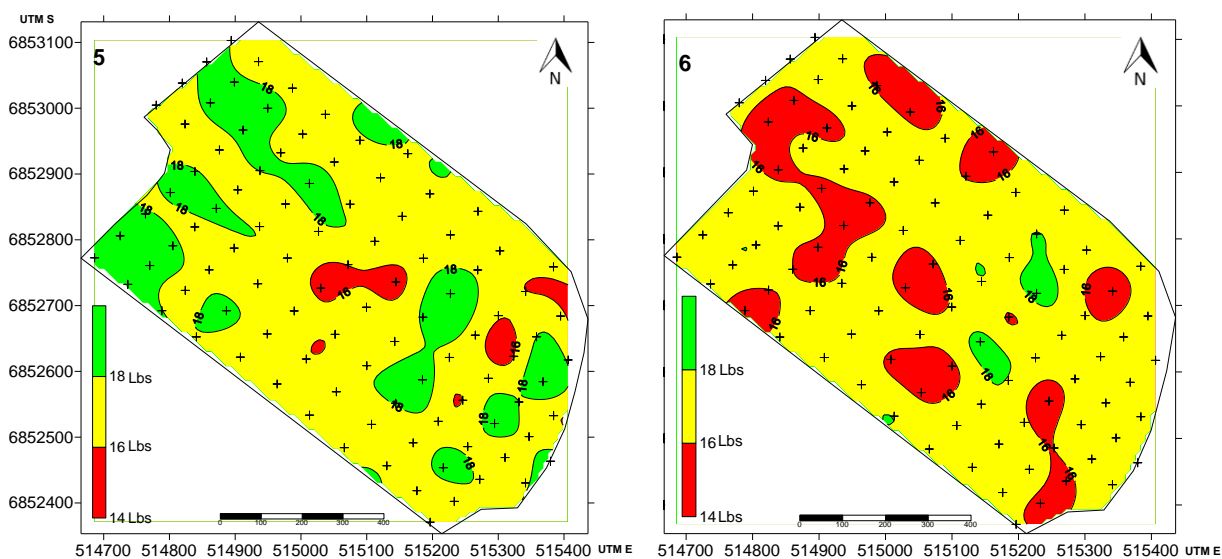
Figura 16 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 03/02/2017(3) representando a parte inferior da planta e no dia 07/02/2017(4) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

O mapa 5 da figura 17 representa a média dos três níveis de coleta na data de 09/02/2017. Verifica-se uma área de 23% no intervalo de 18 libras e acima, 73% no intervalo de 16 a 18 libras e 4% no intervalo de 14 a 16 libras. Mesmo com 2 dias de diferença a área no intervalo de 18 libras e acima reduziu 15%. O mapa 6 da figura 17 representa também a média nos três níveis de coleta no dia 15/02/2017. Observa-se uma área de 2% no intervalo de 18 libras e acima, 77% no intervalo de 16 a 18 libras e 21% no intervalo de 14 a 16 libras. A melhor fruta em termos de firmeza com relação ao padrão da empresa basicamente encerrou. A partir deste momento adotam-se outras estratégias de armazenamento.

Figura 17 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 09/02/2017(5) e no dia 15/02/2017(6) ambos representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

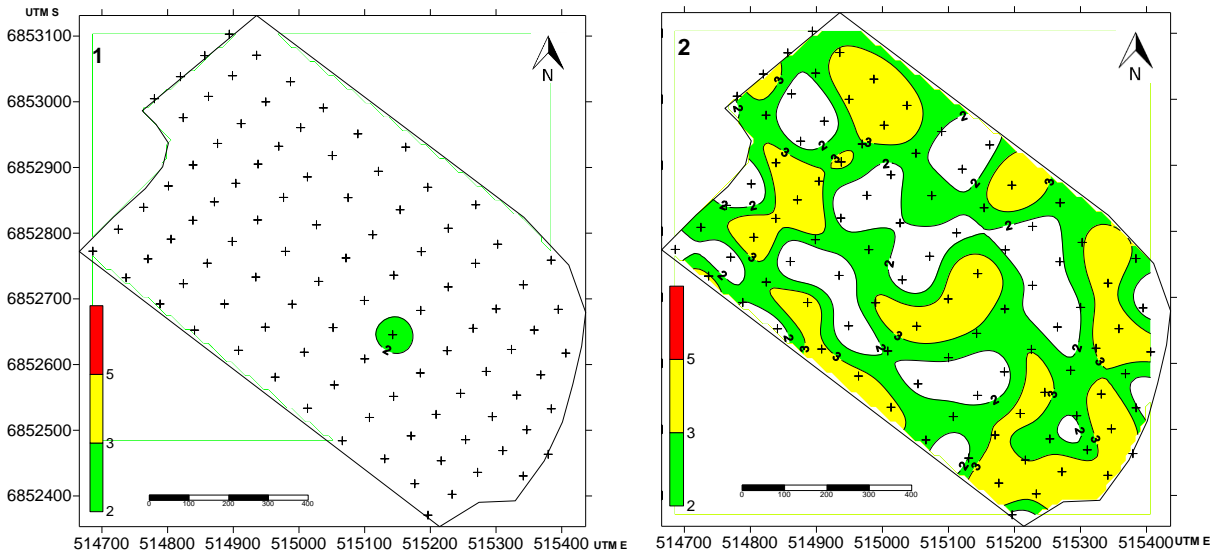


Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

#### 4.1.3.3 Índice iodo amido

O padrão com relação ao índice iodo amido é de 2-3 numa escala que vai de 1 a 5 para os clones de gala. O mapa 1 da figura 18 representa a primeira coleta de informações antes de iniciar a colheita. O mesmo representa a média dos 3 níveis de coleta pois não houve diferença estatística entre eles. O mesmo evidenciou que 99,2% da área está com o índice iodo amido abaixo de 2, que representa o primeiro intervalo do mapa. Apenas 0,8% da área está no intervalo de 2 a 3. Nesta data com base neste parâmetro não iniciar a colheita. O mapa 2 da figura 18 representa o terço superior da planta em torno de 10 dias após a primeira coleta. A área abaixo de 2 foi de 33%, a área no intervalo de 2-3 foi de 37% e tivemos 30% de 3 a 5.

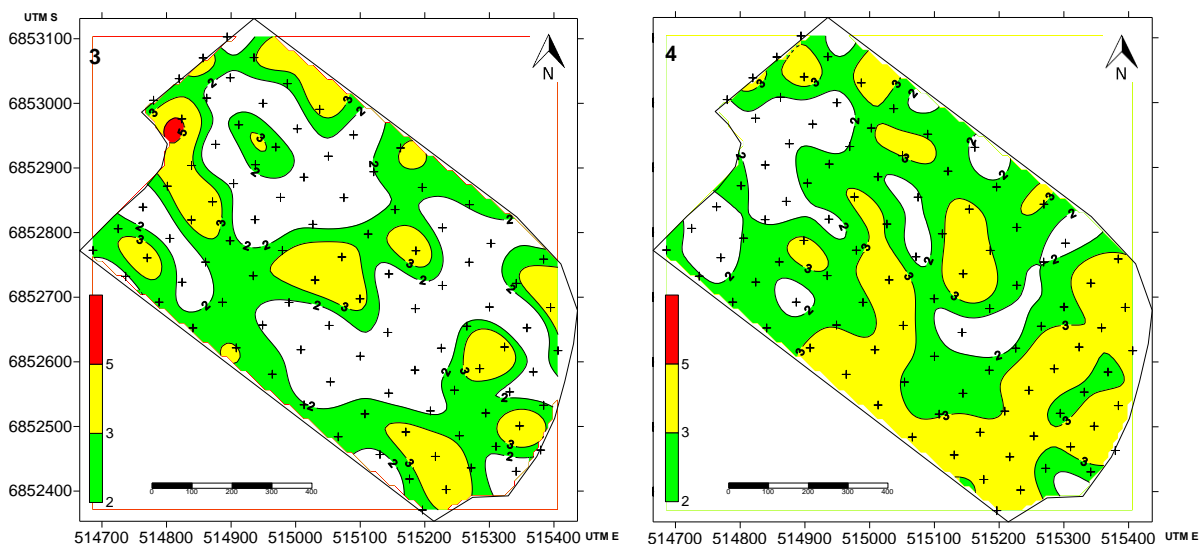
Figura 18 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 23/01/2017(1) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta e no dia 03/02/2017(2) representando o terço superior da planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

O mapa 3 da figura 19 representa a coleta na parte inferior da planta no dia 03/02/2017. A área apresentou 43,7% da sua área no intervalo abaixo de 2, 37% no intervalo de 2 a 3, 19% no intervalo de 3 a 5 e 0,3% de 5 e acima. Pode-se evidenciar uma diferença de 6% a mais na parte de baixo com relação a parte superior abaixo de 2. O mapa 4 da figura 19 representa a media dos três níveis na data 07/02/2017, coletado 4 dias após o anterior. A área apresentou 20% abaixo de 2, 44% no intervalo de 2<sup>a</sup> 3 e 36% no intervalo 3 a 5.

Figura 19 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 03/02/2017(3) representando a parte inferior da planta e no dia 07/02/2017(4) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

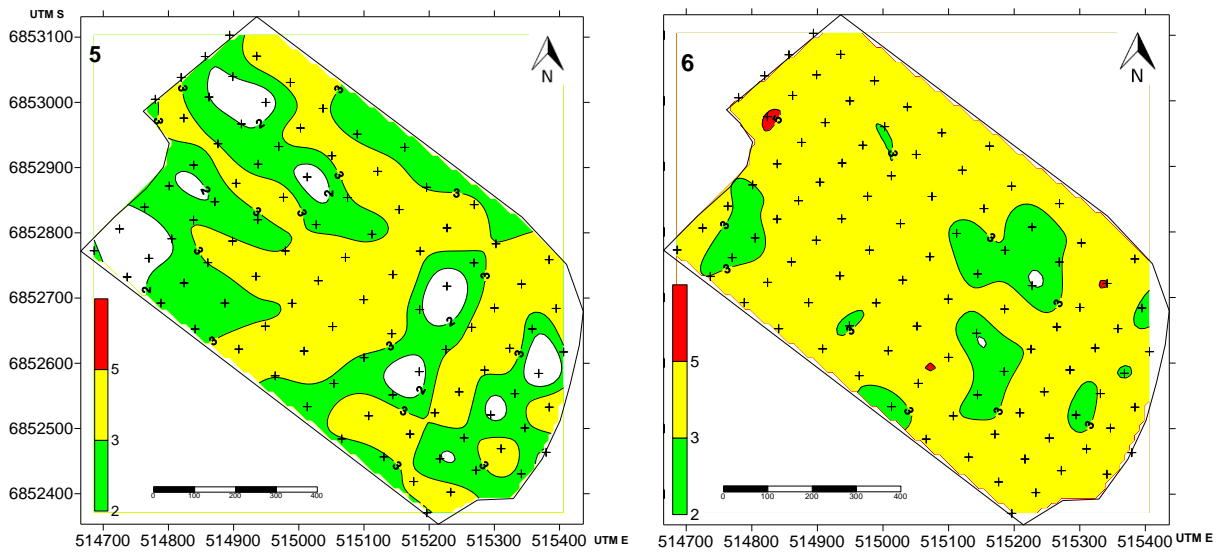


Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

O mapa 5 da figura 20 representa a média dos três níveis de coleta na data de 09/02/2017. Verifica-se uma área de 10% abaixo de 2, 42% no intervalo de 2 a 3 e 48% no intervalo de 3 a 4. Com 2 dias de diferença a área no intervalo de 2 a 3 reduziu apenas 2%. O mapa 6 da figura 20 representa também a média nos três níveis de coleta na data de 15/02/2017. Observa-se uma área de 018% abaixo de 2, 14,57% no intervalo de 2 a 3, e 85% no intervalo de 3 a 5 e 0,25% em 5 e acima. Nesta data a maturação encontra-se avançada.



Figura 20 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 09/02/2017(5) e no dia 15/02/2017(6) ambos representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.



Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

## 4.2 SETOR 5

## 4.2.1 Análise estatística descritiva e teste de médias

Tabela 4 - Análise estatística descritiva do Setor 5 por data de coleta dos IADs médios, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

Testes	IAD Media 26/01/2017	IAD Media 03/02/2017	IAD Media 08/02/2017	IAD Media 10/02/2017	IAD Media 15/02/2017
Número de dados	444	444	444	444	444
Soma dos dados	493,85	395,95	372,95	358,74	294,09
Menor valor (min)	0,34	0,04	0,15	0,12	0,02
Maior valor (max)	2,36	2,73	2,19	2,07	1,28
Amplitude (max - min)	0,02	2,69	2,04	1,95	1,26
Ponto médio	1,35	1,38	1,17	1,09	0,65
Média aritmética(M)	1,11	0,89	0,84	0,8	0,66
Lim.conf.inf.da M(95%)	1,08	0,86	0,81	0,78	0,63
Lim.conf.sup.da M(95%)	1,13	0,91	0,86	0,83	0,68
Mediana	1,12	0,89	0,84	0,81	0,64
Moda	1,06	1,01	1,05	1,1	0,74
Moda	1,07	-	1,11	1,12	-
Desvio médio	0,20	0,20	0,2	0,2	0,2
Desvio padrão(para N-1)	0,25	0,26	0,26	0,26	0,24
Desvio padrão(para N)	0,25	0,26	0,26	0,26	0,24
Variância(para N-1)	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06
Variância(para N)	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06
Coef.Variação(para N-1)	23,21	29,86	31,16	32,25	37,39
Coef.Variação(para N)	23,19	29,83	31,13	32,21	37,35
Coef.de assimetria	0,03	0,77	0,56	0,23	0,19
Coef.de curtose	0,82	5,59	1,16	0,79	-0,35
Kolmogorov-Smirnov (D)	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM
Shapiro-Wilk (W)	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM

IAD: índice da diferença de absorvância.

Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

Aplicou-se um teste de Friedman nos IADs em cada data e nível de coleta conforme tabela 5. Pelos resultados observados somente nas coletas dos dias 26/01/2017 e 08/02/2017 não houve diferença significativa entre os níveis.

Tabela 5 - Teste de médias setor 5 por data dos IDAs nos três níveis de coleta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

Tratamento Níveis	IAD Media 26/01/2017	IAD Media 03/02/2017	IAD Media 08/02/2017	IAD Media 10/02/2017	IAD Media 15/02/2017
1	2,05 a	1,74 a	1,91 a	1,85 a	1,84 a
2	2,05 a	2,31 b	2,07 a	2,17 b	1,96 ab
3	1,88 a	1,93 b	2,01 a	1,96 ab	2,18 b

1: 1,80m; 2: 1,80-0,80m; 3: <0,80m; IAD: índice da diferença de absorvância; CV: coeficiente de variação. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.2.2 Geoestatística dos níveis avaliados

Conforme tabela 6 os modelos que melhor se ajustaram pelo coeficiente de Akaike, ao modelo experimental dos IADs conforme o nível de coleta e a média foram o modelo gaussiano, exponencial e esférico.

O alcance (Ao) é de fundamental importância para a interpretação dos semivariogramas. Ele indica a distância até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si (SOUZA et al., 1997; VIEIRA, 1997), ou seja, o limite da dependência espacial da variável.

Determinações realizadas a distâncias maiores que o alcance tem distribuição espacial aleatória e, por isso, são independentes entre si, podendo ser aplicada a estatística clássica. Por outro lado, determinações realizadas em distâncias menores que o alcance são correlacionadas umas as outras, o que permite que se façam interpolações para espaçamentos menores que os amostrados.

Isto mostra que o alcance da dependência espacial depende da variável e que, se as amostragens realizadas nesta área considerassem o alcance, os dados obtidos poderiam representar melhor a realidade da área amostrada. Com o conhecimento do alcance da dependência espacial, define-se o raio de amostragem, para garantir em uma amostragem futura, nas áreas em questão, a independência dos pontos amostrais, diminuindo assim o trabalho na coleta e no número de amostras.

Foi verificado que o alcance variou de 27,2 a 69,8m. Portanto, para garantir a dependência espacial, pontos de amostragem deveriam ser coletados a uma distância menor que o alcance.

Conforme classificação de Cambardella et al. (1994), adaptado por Zimback (2001) os IADs apresentaram forte dependência espacial.

Tabela 6 - Parâmetros dos semivariogramas ajustados de sólidos solúveis (SS), firmeza de polpa (FP) e índice iodo amido (IIA) do clone Maxi Gala Setor 5, na safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

Data	Variáveis	Nível	Modelo	Co/(Co+C)	Ao	Classif	r <sup>2</sup>
26/01/2017	SS	Media	GAUS	0,9907	36,1	FORTE	0,89
	FP	Media	GAUS	0,9242	38,1	FORTE	0,89
	IIA	Media	GAUS	0,9452	37,4	FORTE	0,89
03/02/2017	SS	>1,80m	GAUS	0,9980	38,9	FORTE	0,9
		1,80-0,80m	EXP	0,9076	27,2	FORTE	0,35
	FP	>1,80m	GAUS	0,9992	38,5	FORTE	0,86
		1,80-0,80m	ESF	0,9993	57,3	FORTE	0,07
	IIA	>1,80m	GAUS	0,9989	38,6	FORTE	0,81
		1,80-0,80m	ESF	0,9990	60,4	FORTE	0,13
08/20/2017	SS	>1,80m	GAUS	0,9983	35,5	FORTE	0,88
		1,80-0,80m	GAUS	0,9976	39,2	FORTE	0,87
	FP	>1,80m	GAUS	0,9993	35,4	FORTE	0,88
		1,80-0,80m	GAUS	0,9990	39,3	FORTE	0,87
	IIA	>1,80m	GAUS	0,9990	35,3	FORTE	0,88
		1,80-0,80m	GAUS	0,9986	39,2	FORTE	0,87
10/02/2017	SS	>1,80m	GAUS	0,9977	33,9	FORTE	0,92
		1,80-0,80m	ESF	0,9196	69,8	FORTE	0,32
	FP	>1,80m	GAUS	0,9990	33,8	FORTE	0,92
		1,80-0,80m	ESF	0,9202	69,8	FORTE	0,32
	IIA	>1,80m	GAUS	0,9987	34,1	FORTE	0,92
		1,80-0,80m	ESF	0,9192	69,8	FORTE	0,32
15/02/2017	SS	>1,80m	GAUS	0,9977	33,2	FORTE	0,8
		1,80-0,80m	EXP	0,9076	27,2	FORTE	0,35
	FP	>1,80m	GAUS	0,9990	33,2	FORTE	0,8
		1,80-0,80m	EXP	0,9060	27,2	FORTE	0,35
	IIA	>1,80m	GAUS	0,9987	33,2	FORTE	0,8
		1,80-0,80m	EXP	0,9081	27,2	FORTE	0,35

Modelos ajustados aos semivariogramas experimentais: gaussiano, exponencial e esférico; Ao: alcance; dependência espacial (forte >75%, moderada 75- 25%, fraca <25%); Zimback (2001); r<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.

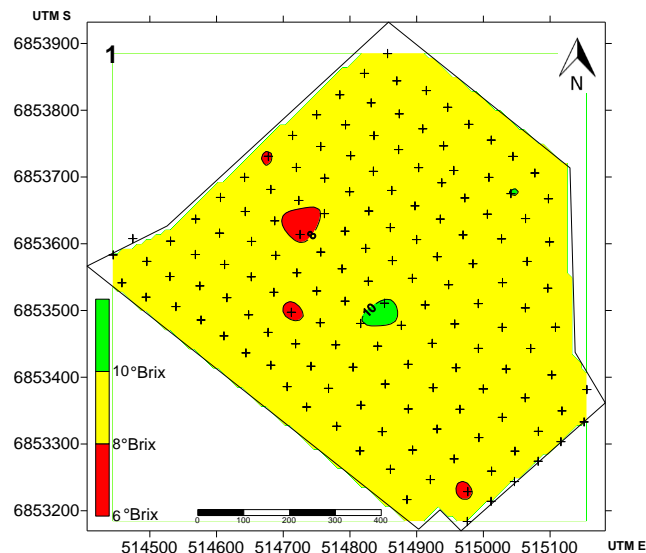
Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

### 4.2.3 Mapas temáticos

#### 4.2.3.1 Sólidos solúveis

O mapa 1 da figura 21 que representa a média dos 3 níveis de coleta na planta no dia 26/01/2017 observou-se 11% de sua área no intervalo entre 6 a 8 ° Brix, 84% no intervalo de 8 a 10 e 5% no intervalo de 10° Brix e acima. A primeira amostragem evidencia uma área ainda pequena para iniciar a colheita, levando em consideração este parâmetro.

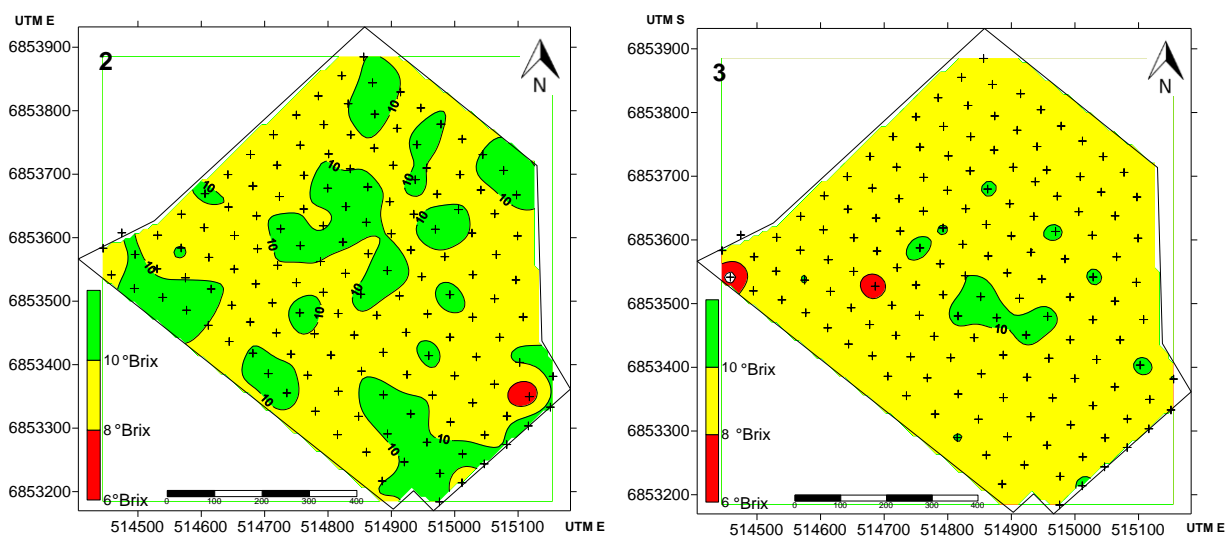
Figura 21 - Mapa temático de sólidos solúveis coletado no dia 26/01/2017(1) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.



Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

No mapa 2 da figura 22 representando o terço superior da planta no dia 03/02/2017 observa-se uma área de 5% no intervalo de 6 a 8° Brix, 65% no intervalo de 8 a 10 e 30 % no intervalo de 10° Brix e acima. Pensando em uma colheita estratificada o terço superior já apresentava o padrão para este parâmetro. O mapa 3 da figura 22 representado a parte mediana da planta no dia 03/02/2017 verifica-se uma área de 1% no intervalo de 6 a 8° Brix, 95% no intervalo de 8 a 10 / Brix e 4 % no intervalo de 10° Brix e acima. Ao contrário do terço superior a região mediana esta mais atrasada e sem o padrão para de colheita.

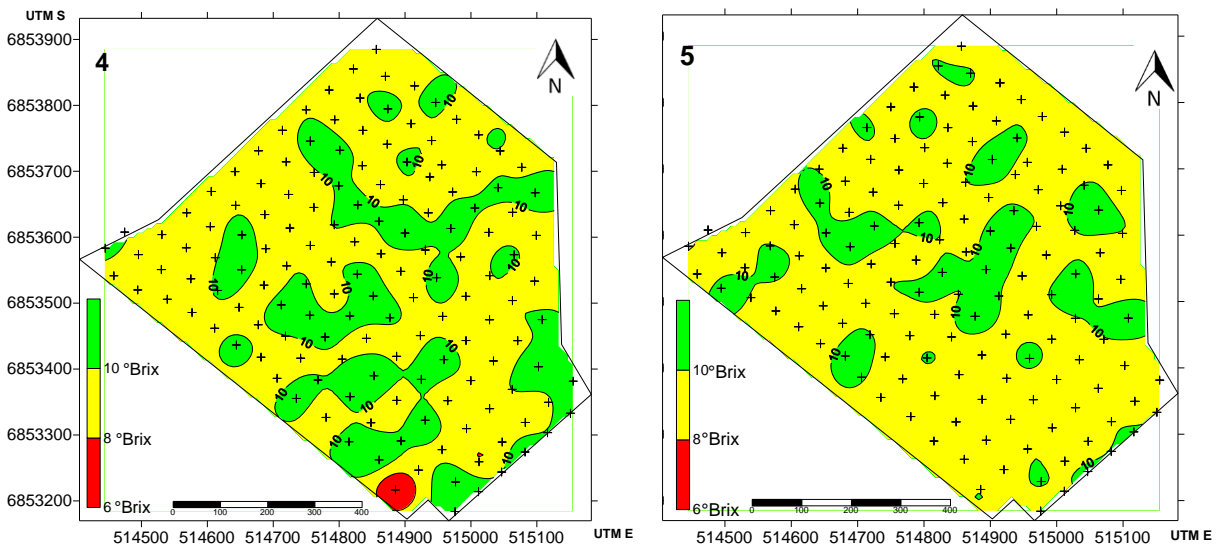
Figura 22 - Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 03/02/2017 representando o terço superior da planta (2) e região mediana (3) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

O mapa 4 da figura 23 representando o terço superior da planta no dia 08/02/2017 observa-se uma área de 1% no intervalo de 6 a 8° Brix, 69% no intervalo de 8 a 10° Brix e 30% no intervalo de 10° Brix e acima. O terço superior da planta manteve o padrão da última amostragem. O mapa 5 da figura 23 representando a região mediana da planta no dia 08/02/2017 verifica-se uma área de 80% no intervalo de 8 a 10 ° Brix e 20 % no intervalo de 10° Brix e acima. Com pelo menos 20 % na região mediana do padrão para este parâmetro a colheita nesta área já poderia começar.

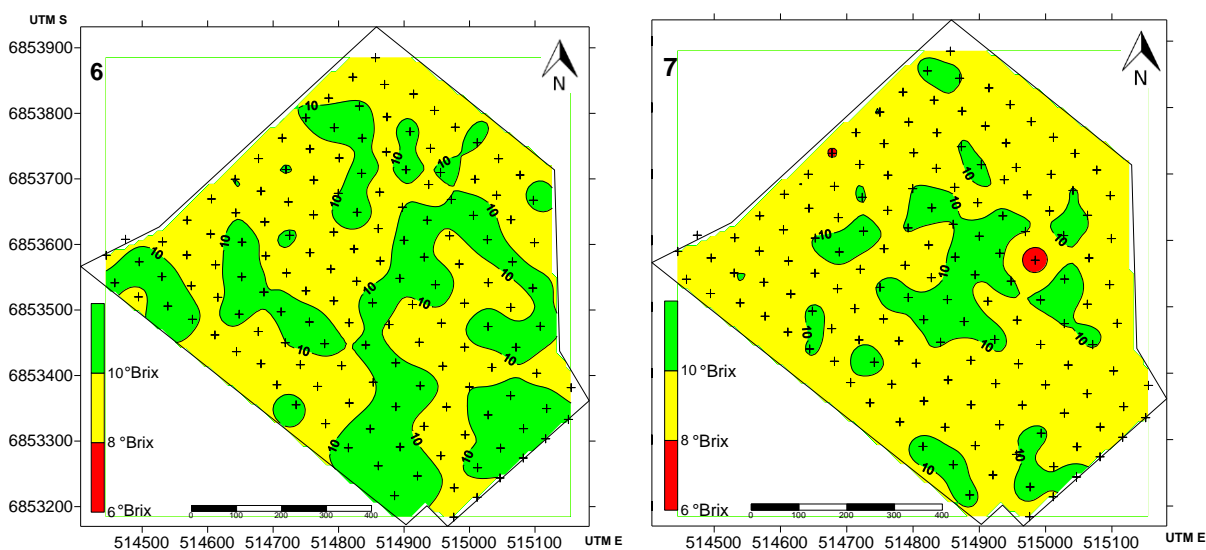
Figura 23 - Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 08/02/2017 representando o terço superior da planta (4) e região mediana (5) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

O mapa 6 da figura 24 representando o terço superior da planta no dia 10/02/2017 observa-se uma área de 40% no intervalo de 6 a 8° Brix e 60% no intervalo de 10° Brix e acima. Em dois dias de intervalo de coleta o padrão dobrou de valor no terço superior. O mapa 7 da figura 24 representando a região mediana da planta no dia 10/02/2017 verifica-se 0,5% no intervalo de 6 a 8 ° Brix, 81,5% no intervalo de 8 a 10° Brix e 18 % no intervalo de 10° Brix e acima.

Figura 24 - Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 10/02/2017 representando o terço superior da planta (6) e região mediana (7) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

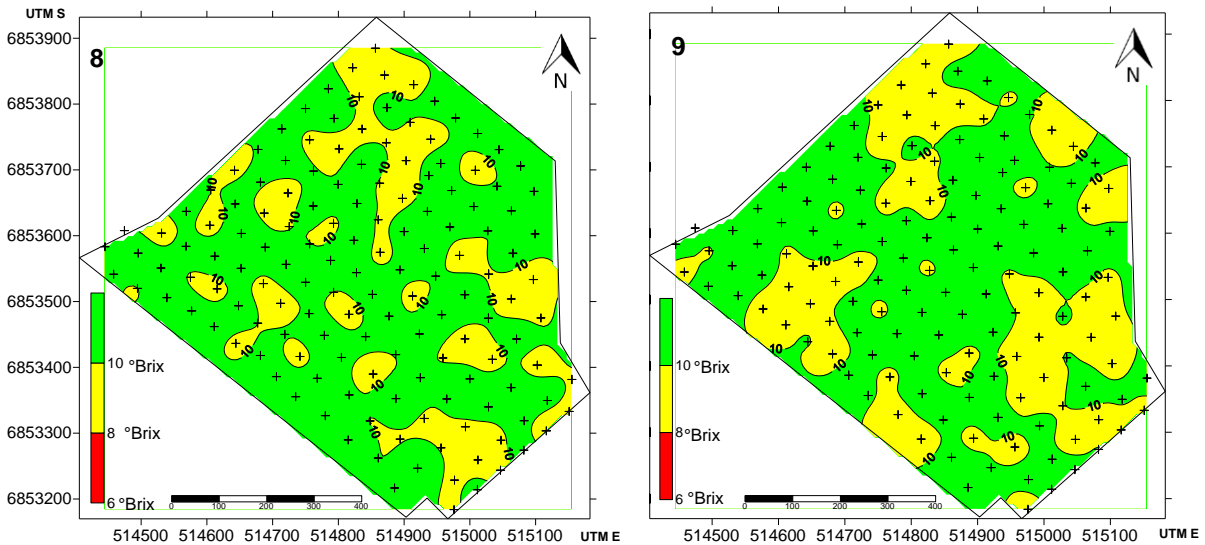


Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

O mapa 8 da figura 25 representando o terço superior da planta no dia 15/02/2017 observa-se uma área de 29% no intervalo de 68 a 10° Brix e 71% no intervalo de 10 ° Brix e acima. Nesta data foi a ultima coleta onde a empresa colheu toda a fruta. O mapa 9 da figura 25 representando a região mediana da planta no dia 15/02/2017 verifica-se uma área de 37% no intervalo de 8 a 10° Brix e 63% no intervalo de 10° Brix e acima.



Figura 25 - Mapas temáticos de sólidos solúveis coletados no dia 15/02/2017 representando o terço superior da planta (8) e região mediana (9) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

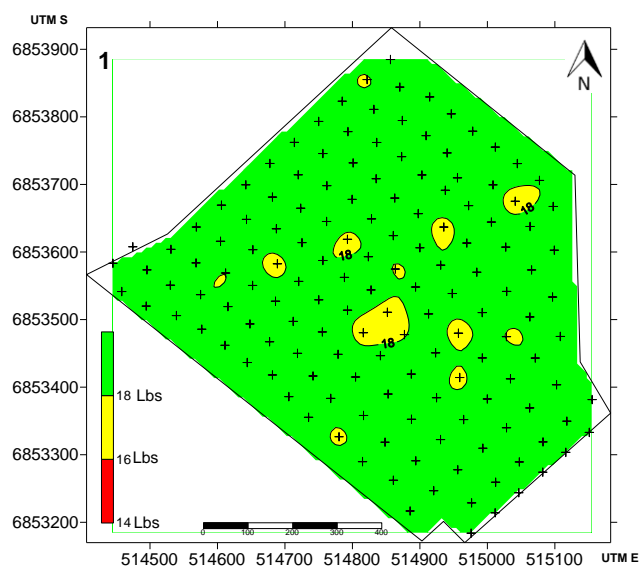


Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.2.3.2 Firmeza de polpa

O mapa 1 da figura 26, representando a média dos três níveis de coleta no dia 26/01/2017 observa-se uma área de 4,2 % no intervalo de 16 a 18 libras e 95,2 % no intervalo de 18 libras e acima. Por este parâmetro isolado o setor está no padrão de colheita porém se analisarmos anteriormente o mapa de sólidos solúveis na mesma data apenas 5% da área estava no padrão. Desta forma aguardamos o início da colheita.

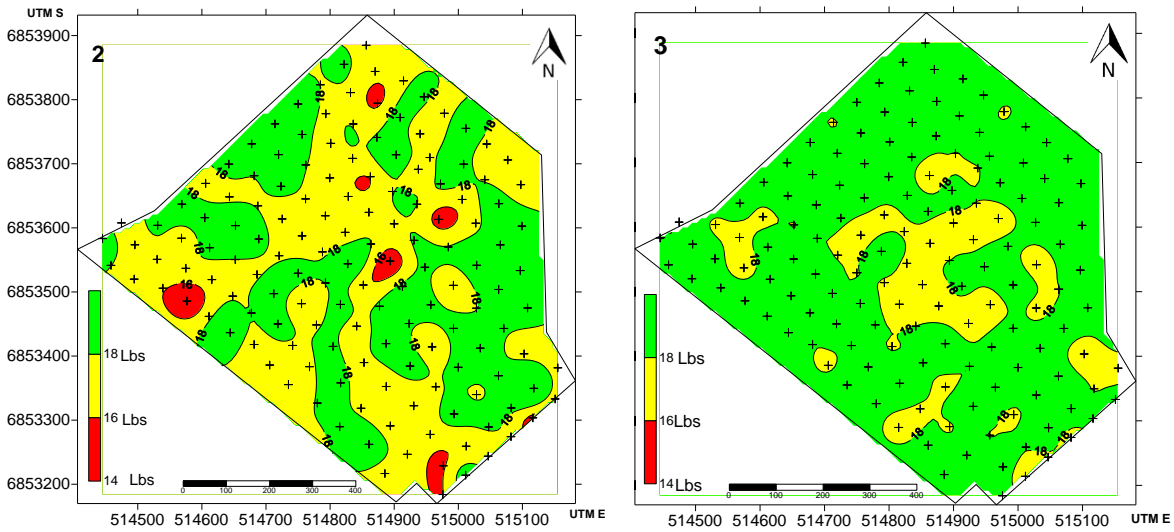
Figura 26 - Mapa temático de firmeza de polpa coletado no dia 26/01/2017(1) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

O mapa 2 da figura 27 representando o terço superior da planta no dia 03/02/2017 observa-se uma área de 3% no intervalo de 14 a 16 libras, 53% no intervalo de 16 a 18 libras e 44% no intervalo de 18 libras e acima. A firmeza de polpa reduziu a área em 10 dias de coleta em quase 50%. O mapa 3 da figura 27 representando a região mediana no dia 03/02 2017 verifica-se uma área de 20% no intervalo de 16 a 18 libras e 80 % no intervalo de 18 libras e acima. A firmeza de polpa na região mediana apresentou-se com uma maior área neste padrão.

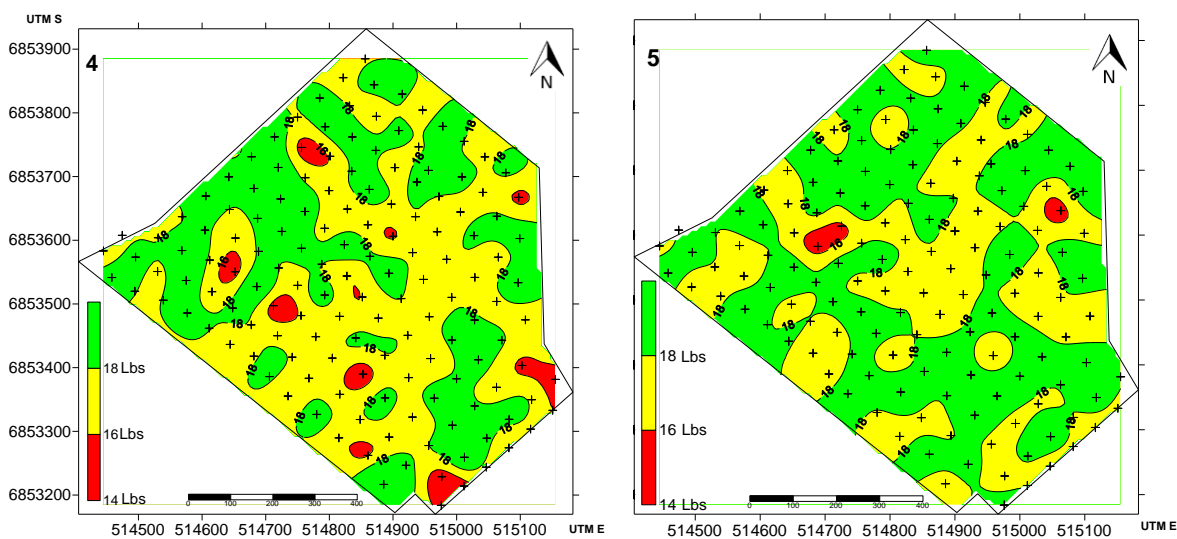
Figura 27 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 03/02/2017 representando o terço superior da planta (2) e região mediana (3) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

O mapa 4 figura 28 representando o terço superior da planta no dia 08/02/2017 observa-se uma área de 4% no intervalo de 14 a 16 libras , 54% no intervalo de 16 a 18 libras e 42% no intervalo de 18 libras e acima. No mapa 5 figura 28 representando a região mediana da planta no dia 08/02/2016 verifica-se uma área de 1 % no intervalo de 14 a 16 libras, 44 % no intervalo de 16 a 18 libras e 55% no intervalo de 18 libras e acima. Nesta data a firmeza de polpa padrão está nos dois níveis com áreas bem parecidas. A colheita pode ser feita de forma uniforme.

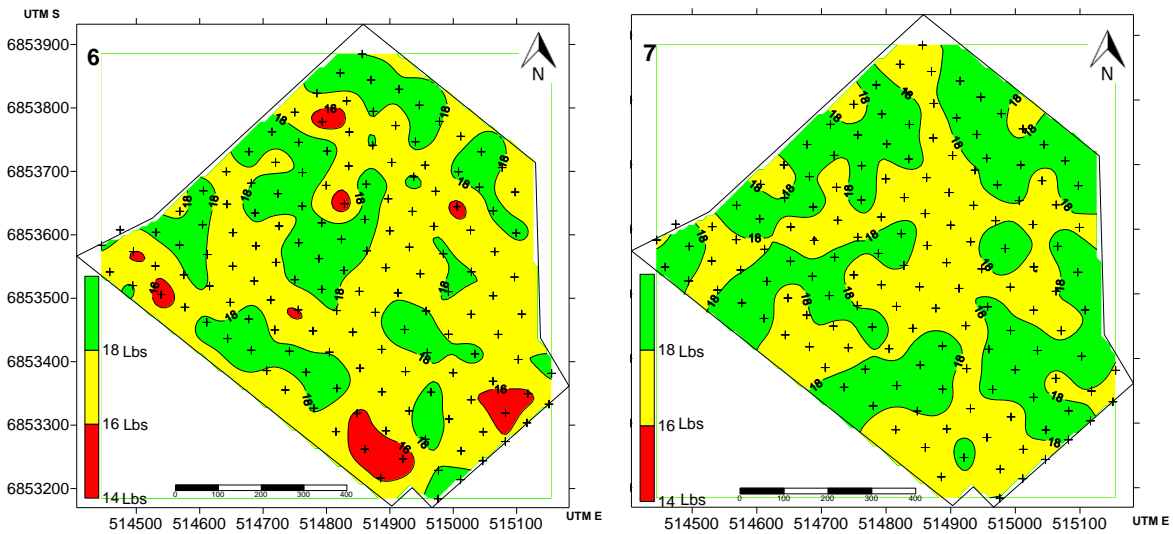
Figura 28 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 08/02/2017 representando o terço superior da planta (4) e região mediana (5) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

O mapa 6 da figura 29 representando o terço superior da planta na data de 10/02/2017 observa-se uma área de 5% no intervalo de 14 a 16 libras, 64% no intervalo de 16 a 18 libras e 31% no intervalo de 18 libras e acima. O mapa 7 da figura 29 representando a região mediana da planta na data de 10/02/2017 observa-se uma área de 50,5 % no intervalo de 16 a 18 libras e 49,5 % no intervalo de 18 libras e acima. Nesta data de coleta o padrão se mantém ainda num percentual bom das áreas para um trabalho diferenciado.

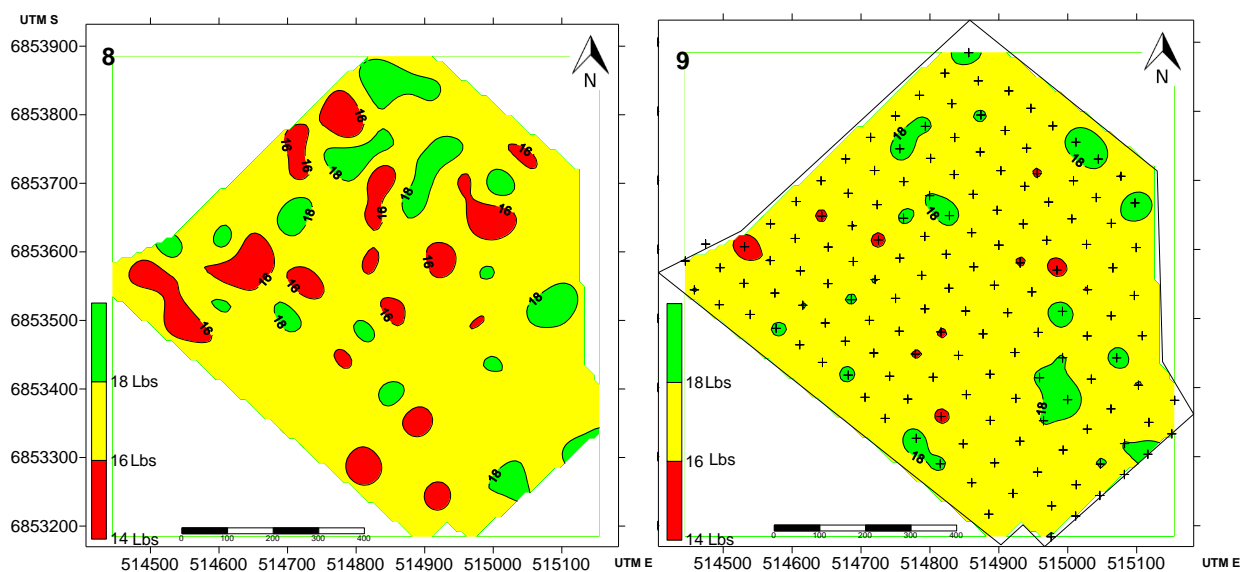
Figura 29 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 10/02/2017 representando o terço superior da planta (6) e região mediana (7) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

O mapa 8 da figura 30 representando o terço superior da planta no dia 15/02/2017 verifica-se uma área de 11% no intervalo de 14 a 16 libras, 80 % no intervalo de 16 a 18 libras e 9% no intervalo de 18 libras e acima. O mapa 9 da figura 30 representando a região mediana da planta na data de 15/02/2017 observa-se uma área de 1% no intervalo de 14<sup>a</sup> 16 libras, 93% no intervalo de 16 a 18 libras e 6% no intervalo de 18 libras e acima. Esta fruta está abaixo do padrão estabelecido pela empresa.

Figura 30 - Mapas temáticos de firmeza de polpa coletados no dia 15/02/2017 representando o terço superior da planta (8) e região mediana (9) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

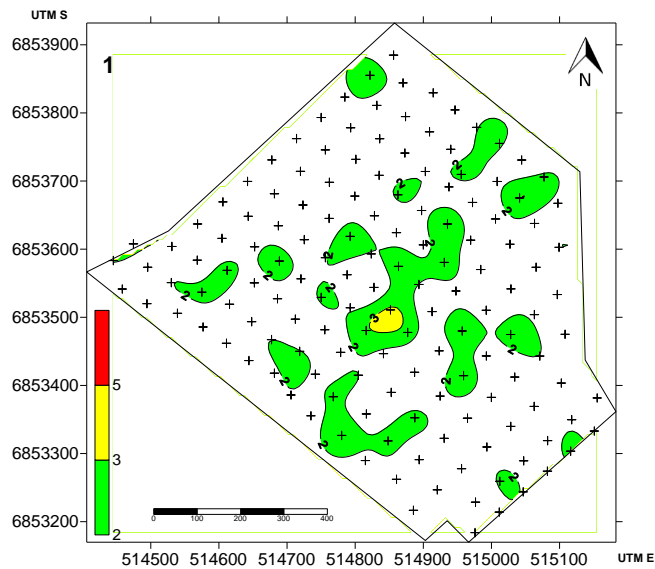


Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.2.3.3 Índice iodo amido

O mapa 1 da figura 31 representando a média dos 3 níveis de coleta na data de 26/01/2017 evidencia-se uma área de 82% abaixo de 2, 17,5 % no intervalo de 2 a 3 e 0,5% no intervalo de 3 a 5. Analisando este parâmetro de forma isolada mais de 15% da área está dentro do padrão.

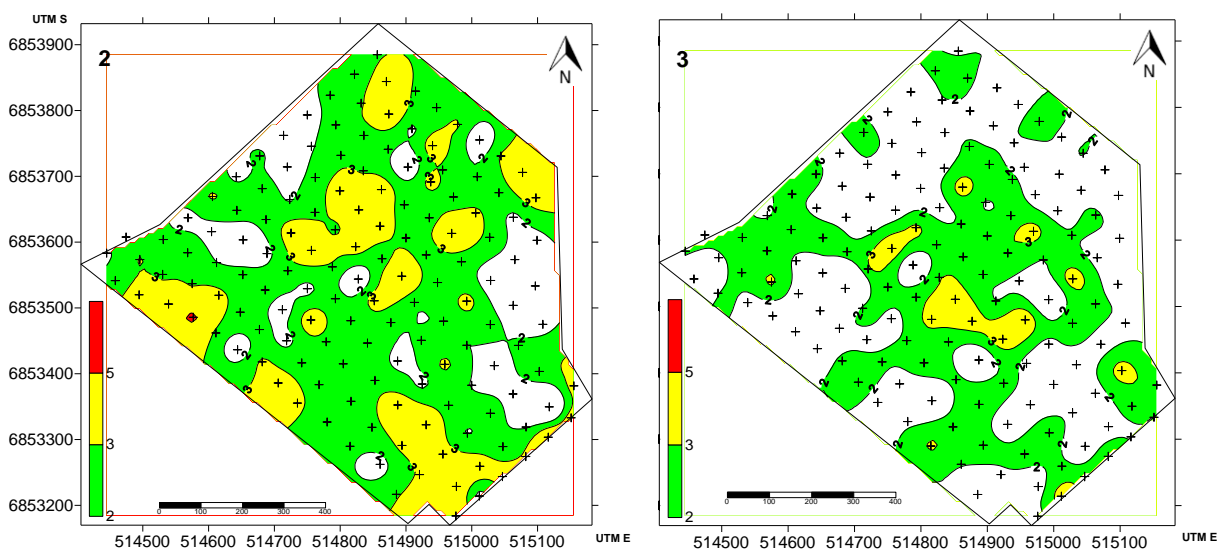
Figura 31 - Mapa temático do índice iodo amido coletado no dia 26/01/2017(1) representando a média dos 3 níveis de coleta na planta, clone Maxi Gala, safra 2016-2017.Vacaria, 2017.



Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

O mapa 2 da figura 32 representando o terço superior da planta na data de 02/02/2017 observa-se uma área de 18% abaixo de 2, 57 % no intervalo de 2 a 3 e 25% no intervalo de 3 a 5. O mapa 3 da figura 32 representando a região mediana da planta na data de 03/02/2017 verifica-se uma área de 54% abaixo de 2, 42% no intervalo de 2 a 3 e 4% no intervalo de 3 a 5. As áreas dentro do padrão tanto no terço superior da planta quanto na região mediana estão parecidas. A colheita pode ser uniforme por este parâmetro.

Figura 32 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 03/02/2017 representando o terço superior da planta (2) e região mediana (3) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.

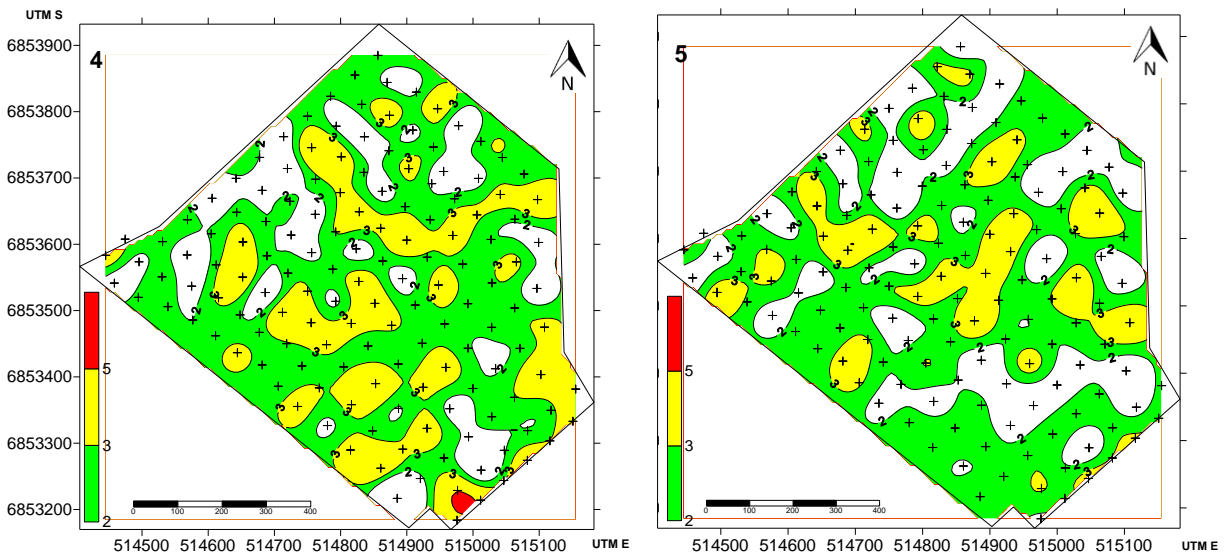


Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

No mapa 4 da figura 33 representando o terço superior da planta na data de 08/02/2017 verifica-se uma área de 22 % abaixo de 2, 51% no intervalo de 2 a 3 e 27% no intervalo de 3 a 5. O mapa 5 da figura 33 representando a região mediana da planta observa-se uma área de 30% abaixo de 2, 52% no intervalo de 2 a 3 e 18% no intervalo de 3 a 5. Bons percentuais de área ainda dentro do padrão. A região mediana sempre mais atrasada em relação ao terço superior.



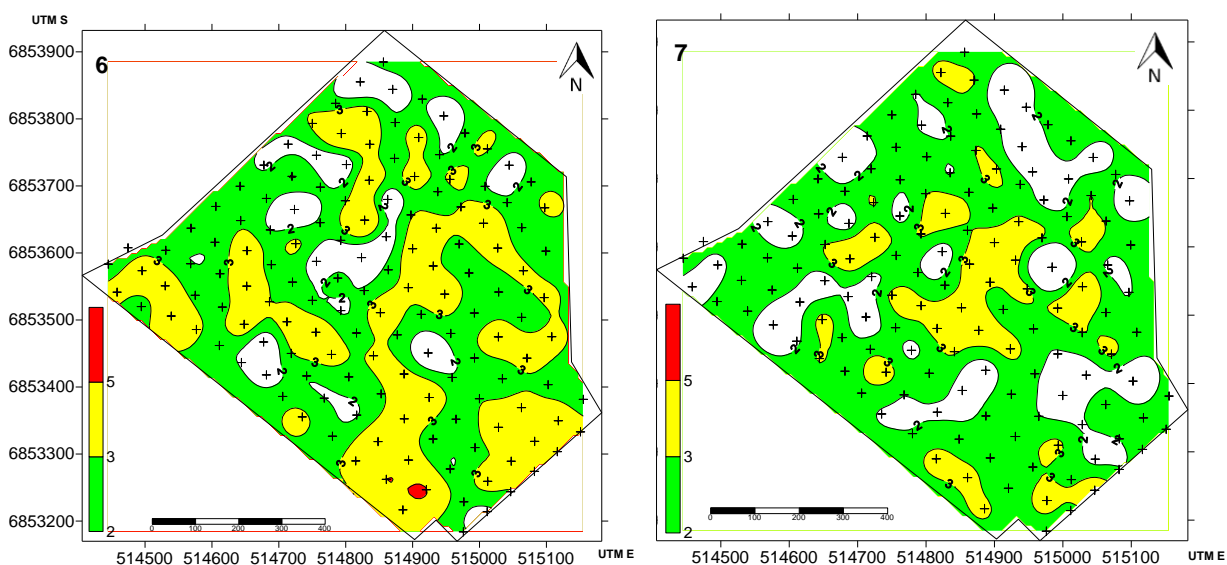
Figura 33 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 08/02/2017 representando o terço superior da planta (4) e região mediana (5) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

O mapa 6 da figura 34 representando terço superior da planta na data de 10/02/2017 verifica-se uma área de 11% abaixo de 2, 31% no intervalo de 2 a 3, 66% no intervalo de 3 a 5 e 1% no intervalo de 5 e acima. O mapa 7 da figura 34 representando a região mediana da planta na data de 10/02/2017 observa-se uma área de 7,9% abaixo de 2, 76,1% no intervalo de 2 a 3 e 16% no intervalo de 3 a 5. Nesta data a região mediana que estava mais atrasada atingiu boa área no padrão.

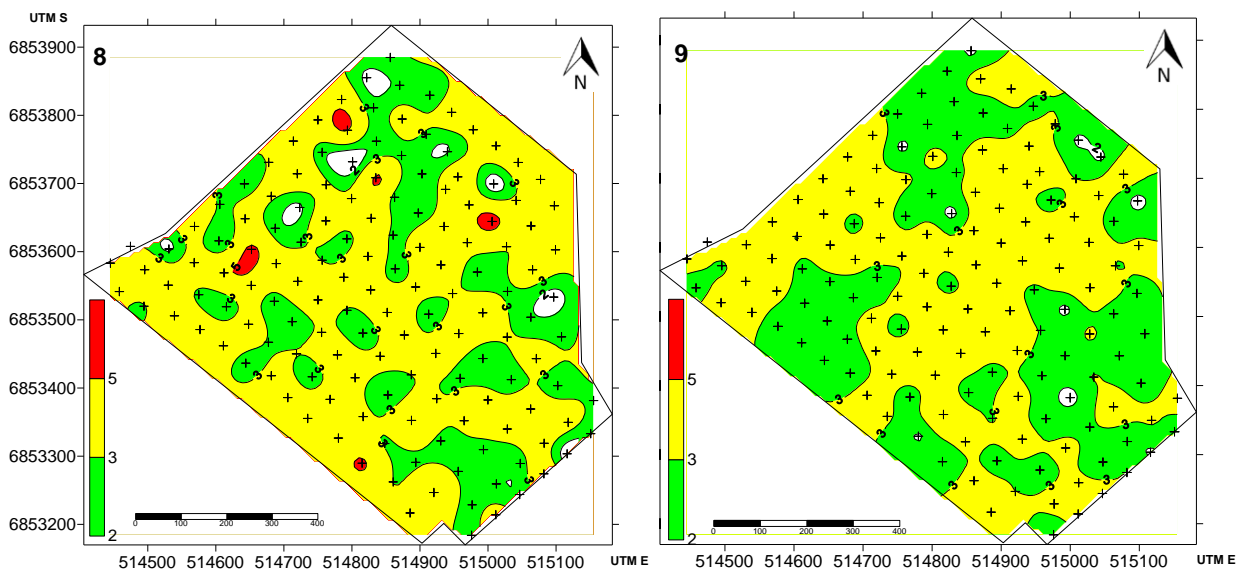
Figura 34 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 10/02/2017 representando o terço superior da planta (6) e região mediana (7) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

O mapa 8 da figura 35 representando o terço superior da planta na data de 15/02/2017 verifica-se uma área de 2% abaixo de 2, 31% no intervalo de 2 a 3, 66% no intervalo de 3 a 5 e 1% no intervalo de 5 e acima. O mapa 9 da figura 35 representando a região mediana da planta na data de 15/02/2016 observa-se uma área de 1% abaixo de 2, 43% no intervalo de 2 a 3 e 56% no intervalo de 3 a 5. Última amostragem no setor mostrando ainda áreas com padrão para este parâmetro.

Figura 35 - Mapas temáticos do índice iodo amido coletados no dia 15/02/2017 representando o terço superior da planta (8) e região mediana (9) clone Maxi Gala, safra 2016-2017. Vacaria, 2017.



Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

## 5 CONCLUSÃO

A colheita pode ser planejada utilizando-se do índice IADs em função da estratificação do ponto de maturação dos frutos em relação a posição na copa.

A construção dos mapas temáticos do ponto de colheita semanalmente permite verificar a evolução da qualidade da fruta ao longo da colheita, planejando o destino da fruta em função do seu estágio de maturação.

Todos os níveis de coleta nas diferentes datas e setores apresentaram dependência espacial de moderada a forte, fato este que permite a construção dos mapas temáticos do ponto de colheita.

Projeta-se a frente o ajuste de modelos matemáticos por clones de gala e para a variedade Fuji.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT J.A. Quality measurement of fruits and vegetables. POSTHARVEST BIOL. TECHNOL.1999,15: 207-225.

ALBA, J.M.F.; FLORES, C.A., MIELE, A.; VILLANI, L.M. **SIG para a gestão vitivinícola no Vale dos Vinhedos, RS.** Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2014.

ALVAREZ, I. A.; GALLO, B. C. **Árvores de Campinas:** quantificação da arborização urbana viária de Campinas. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2012. (Comunicado Técnico).

AMES, B.N., SHIGENAGA, M.K. and Hagen, T.M. Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. Proceedings of the National Academy of Sciences, 1993,90: 7915-7922.

ANDERSON J.W. et al. Cholesterol-lowering effects of psyllium intake adjunctive to diet therapy in men and women with hypercholesterolemia: meta-analysis of 8 controlled trials. American Journal of Clinical Nutrition, 2000,71:472-479.

ANDRADE, R. G.; BATISTELLA, M.; VICTORIA, D. C.; BARBOSA, R. A.; PAZ, A. R. **Uso de técnicas de sensoriamento remoto no mapeamento da evapotranspiração de pastagens.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2009. 44 p. (Documentos, 75).

ANDRADE, R. G.; SEDIYAMA, G. C.; PAZ, A. R.; LIMA, E. P.; FACCO, A. G. Geotechnologies applied to the assessment of biophysical parameters of the Pantanal biome. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1270-1278, 2012.

ARGENTA, L.C.; VIEIRA, M.J.; SCOLARO, A.M. **Validação de catálogos de cores como indicadores do estágio de maturação e do ponto de colheita de maçã.** Revista Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.23, n.3, 2010, p.71-77.

BALASTREIRE, L.A.; AMARAL, J.R.; ESQUERDO, J.C.D.M. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade de uma cultura de laranja. In: BALASTREIRE, L.A. *avanços na agricultura de precisão no Brasil no período de 1999-2001*. Piracicaba: ESALQ/LER, 2000. cap. 2, p. 151-7.

BASSOI, L.H.; MIELE, A.; JUNIOR, C.R.; GEBLER, L.; FLORES, C.A.; ALBA, J.M.F.; GREGO, C.R.; TERRA, V.S.S.; TIMM, L.C.; NASCIMENTO, P.S. **Agricultura de precisão na fruticultura**. Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2014.

BATISTELLA, M.; GUIMARAES, M.; MIRANDA, E. E.; VIEIRA, H. R.; VALLADARES, G. S.; MANGABEIRA, J. A. C.; ASSIS, M. C. **Monitoramento da Expansão Agropecuária na Região Oeste da Bahia**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. 39 p. (Documentos, 20).

BLANPIED G.D. Guides in determining maturity as an aid to picking and the relative merits of each method. Proceedings of the 1960 Annual Meeting, New York State Horticultural Society, 1960, pp. 1-7.

BLANPIED, G.D. and SILSBY, K.J, Predicting Harvest Date Windows for Apples. Cornell Cooperative Extension Information Bulletin 221, 12 pp, 1992.

BLANKE, M.M., NOTTON, B.A. Light transmission into apple fruit and leaves. SCI. HORTIC, 1992,51: 43-53.

BLEICHER, J. Histórico da macieira. In: EPAGRI. A cultura da macieira. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 29-36.

BONETI, J.I.S.; CESCO, J.D.; PETRI, J.L.; BLEICHER, J. Evolução da cultura da macieira. In: EPAGRI: A cultura da macieira. Florianópolis: Epagri, 2006, p.37-57.

BRACKMANN, A., WEBER, A., PINTO, J.A.V., NEUWALD, D.A., STEFENS, C.A., **Manutenção da qualidade pós-colheita de maçãs 'Royal Gala' e 'Galaxy' sob armazenamento em atmosfera controlada**. Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.9, 2008 ,p.2478-2484

BRIGHENTI, A.F., et al. Modelos matemáticos para estimação da colheita da maçã, no prelo, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 852 - Art. 1º Criar a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão – CBAP. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 set. 2012. Seção 1, n. 184. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do42.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do42.htm)>.

BUENO, M.E.B.; ABREU, J.T.; MEYER, G.A.; RUFATO, L.; BIFFI, L.J., **Comportamento espacial das variáveis produção, volume de copa e diâmetro de caule da variedade maxi gala com utilização da técnica de cokrigagem sobre pomar comercial em Vacaria RS.** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 37, n. 2, p. 396- 403, Junho 2015

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

CAMBARDELA, C. A. et al. Fieldscale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, Sept./Oct. 1994.

CASALS, M., et al. Establishment of a criterion to determine the optimal harvest date of 'Gala' apples based on consumer preferences. **J FRUIT ORNAM. PLANT RES.** 14, 2006, (Suppl.2): 53-63.

CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, n.31, p.1329-1339, 2007.

CORÁ, J. E.; BERARDO, J. M. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.374-387, 2006.

CORRÊA, A. N. **Abordagem de espaço de estados no relacionamento entre atributos físicos do solo e produtividade do trigo**, 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

COSTA, G.; NOFERINI, M. Use of non destructive devices as a decision support for fruit enhancement. Italy. **Acta Hort.** 998, ISHS, 2013.

COSTAMAGNA, F.; GIORDANI, L. Use of AD index to define harvest time and characterize ripening variability at harvest in Gala apple. Italy. **Acta Hort.** 998, ISHS, 2013.

CREPANI, E. **Princípios básicos de sensoriamento remoto.** São Jose dos Campos: Inpe, 1993.

CZELUSNIAK, C. et al. **Qualidade de maçãs comerciais produzidas no Brasil: aspectos físico-químicos**. Brazilian Journal of Food Technology, v. 6, n. 1, 2003, p. 25-31.

DAINASE, R. C. Análise do potencial de parâmetros equality spectro-temporais de imagens orbitais para mapeamento da produtividade em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004 1CD-ROM.

DALLMEYER, A.U.; SCHLOSSER, J.F. **Mecanización para la agricultura de precisión**. In: BLU, R. O.; MOLINA, L. F. **Agricultura de precisión - Introducción al manejo sitio-específico**. Chillán-Chile : INIA, 1999. Cap.3, p.75-104.  
DAL'SANT, S. R. Reguladores Vegetais na Frutificação e Produção da Macieira 'Imperial Gala'. [tese] Curitiba, 2013. p.48.

DRAGSTED, L.O., Strube, M. and Larsen, J.C.. Cancer-protective factors in fruit and vegetable: biochemical and biological background. Pharmacology & Toxicology, 1993; 72: 116-135.

DRUCK, S.: et al., Análise espacial de dados geográficos. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

DURIGON, R. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa L.*)**. 2007. 149 f, Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

FACC O, A. G.; RIBEIRO, A.; PRUSKI, F. F.; MONTEIRO, W. C.; LEITE, F. P.; ANDRADE, R. G.; MENEZES, S. J. M. C. Geoinformation techniques to estimate water balance in eucalyptus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1270-1278, 2012.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases. Disponível em: . Acesso em: 28 jan. 2017.

FARAGHER J.D. et al., Measurement and prediction of harvest maturity of Nondestructive determination of 'Golden Delicious' apple quality J. 1984 Fruit Ornam. Plant Res. vol. 16, 2008: 39-52 51

FIORAVANÇO, J. C. MAÇÃ BRASILEIRA: Da importação à auto-suficiência e exportação - A tecnologia como fator determinante. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, n.3, p.56-67, 2009



FIORAVANÇO, J.C., et al., Cultura da macieira no Rio Grande do Sul : Análise situacional e descrição varietal. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010.

FREITAS, V. A. **Análise de dados espaciais por meio de semivariogramas**. 2000. 30 f. Monografia (Graduação em Matemática) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

GALLO, B. C.; ALVAREZ, I. A.; GARCON, E. A. M. Comparação entre temperatura de superfície e presença de vegetação viária em dois bairros de Campinas-SP. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/capa.html>>. Acesso em: 25 jun. 2013.  
GOOVAERTS, P. Geostatistics for natural resources evaluation. New York: Oxford University Press, 1997. 476 p.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **GS+ : Geostatistics for the Environmental Sciences**. Gamma Design Software, Plainwell, Michigan USA, 2004.

GOLDEN SOFTWARE Surfer version 8.00 - Feb 11 2002. **Surface mapping system**. Colorado: Golden Software, Inc, 1993-2002. 1 CD-ROM.

GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V. & VIEIRA, S.R. Padrões de amostragem e intensidade de krigagem na caracterização do armazenamento de água no solo, em área irrigada por pivô central. R. Bras. Ci. Solo, 23:485- 495, 1999

GREGO, C.R.; OLIVEIRA, R.P.; VIEIRA, S.R. **Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão**. Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2014

GUIMARÃES, E.C. Geoestatística básica e aplicada. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 2004. 77p.

JOHANN, J. A.; ROCHA, J. V.; DUFT, D. G.; LAMPARELLI, R. A. C. Estimation of summer crop areas in the state of Parana, Brazil, using multitemporal EVI/Modis images. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1270-1278, 2012.

HEEGE, H.J. Precision in crop farming. London: Springer, 2013.

HOLLAND, K. H.; SCHEPERS, J. S. Derivation of a Variable Rate Nitrogen Application Model for In-Season Fertilization of Corn. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 5, p. 1415-1424, 2010. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2010.0015>

HOLLAND, K. H.; SCHEPERS, J. S. Use of a virtual-reference concept to interpret active crop canopy sensor data. **Precision Agriculture**, v. 14, n. 1, p. 71-85, 2012.

HUPP, C.; FORTES, P. T. F. O. Geoprocessamento como ferramenta para análise da ocupação urbana e relação com áreas de preservação permanente na sede do município de Alegre (ES). In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/capa.html>>. Acesso em: 25 jun. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Banco de dados agregados: orçamentos familiares. Disponível em:[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006\\_segunda\\_apuracao/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006_segunda_apuracao/default.shtm) >. Acesso em: 28 jan. 2017.

JORGE, L.A.; INAMASU, R.Y. **Deteção de Greening dos citrus por imagens espectrais**. Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2014.

KAWANO, S. , Present condition of nondestructive quality evaluation of fruits and vegetables in Japan, 1994. *JARQ* 28:212-216.

KLEIN, W. L. Altura do Ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae*) nos manejos convencional e de precisão, analisada pela geoestatística. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 299-309, out./dez. 2007.

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

Kuckenber, J., Tartachnyk, I., Noga, G., Evaluation of fluorescence and remission techniques for monitoring changes in peel chlorophyll and internal fruit characteristics in sunlit and shaded sides of apple fruit during shelf-life. *Postharvest Biol. Technol.* 48, 231–241, 2008.

KUSE, L. Da R. ; VIEIRA, A. L. ; GEBLER, L. ; GREGO, C. R. **Avaliação inicial da influência de parâmetro físico-químicos de solo na produção de um pomar de**

**maçãs.** CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2012, Ribeirão Preto; Anais; Ribeirão Preto: SBEA, 2012;

LAFER G. Storability and fruit quality of 'Golden Delicious' as affected by harvest date, AVG, and 1-MCP treatments. J FRUIT ORNAM. PLANT RES. 14 , 2006, (Supl. 2): 203-211.

LANDIM, P.M.B.; STURARO, J.R.; MONTEIRO, R. C. **Krigagem ordinária para situações com tendência regionalizada.** DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatématica, Texto Didático 06, 2002,p.12.

LAU, O.L.Effect of growing season, harvest maturity, waxing, low O2 and elevated CO2 on flesh browning disorders in 'Braeburn' apples. 1998, Postharvest Biology and Technology 14: 131-141.

LEMAIRE, G.; FRANCOIS, C.; DUFRENE, E. Towards universal broad leaf chlorophyll indices using PROSPECT simulated database and hyperspectral reflectance measurements. **Remote Sensing of Environment**, v. 89, n. 1, p. 1-28, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2003.09.004>

LITTLE, C.R.; HOLMES, R.J. Harvest maturity. In: LITTLE, C.R.; HOLMES, R.J. **Storage technology for apples and pears.** Knoxville: Department of Natural Resources and Environment, 2000. p.112- 152.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Maçã: Cenário da cadeia produtiva da maçã. Informativo da Secretaria de Política Agrícola. n. 54. ano 6. v. 54. 2013.

McBRATNEY, A.B. & WEBSTER, R. How many observations are needed for regional estimation of soil properties? Soil Sci., 135:177-183, 1983.

MCBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M.; ANCEV, T.; BOUMA, J. Future directions of Precision Agriculture. Precision Agriculture, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2005. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-005-0681-8>

MEHERIUK, M., et al. Postharvest Disorders of Apples and Pears. Agriculture Canada Publication 1737/E, 1994, 67 pp.

MENDES, A.M.S.; SILVA, D.J.; BASSOI, L.H. **Variabilidade espacial da fertilidade do solo em pomar de uva de mesa em Petrolina –PE**. Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2014 a.

MENDES, A.M.S.; SILVA, D.J.; BASSOI, L.H. **Variabilidade espacial dos teores de nutrientes e produtividade da videira em ambiente semiárido**. Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2014 b.

MENEGATTI, L. A. A.; MOLIN, J. P. **Remoção de erros em mapas de produtividade via filtragem de dados brutos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 8, n. 1, 2004, p.126-134.

MIELE, A.; FLORES, C.A.; ALBA, J.M.F. **Efeito da variabilidade espacial do solo do Vale dos Vinhedos na composição do vinho Merlot – Safra 2012**. Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2014.

MILORI, D.M.B.P.; BOAS, P.V.; VEMÂNCIO, A.L.; CARDINALI, M.C.B.; FERREIRA, E.J.; MARTINS, P.K.; ASTÚA, J.F.; BRESOLIN, J. **Diagnóstico de Citrus Greening (HLB) utilizando Espectroscopia de Fluorescência induzida por laser (LIFS)**. Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2011.

MERZLYAK, M.N.; SOLOCHENKO, A.E; GITELSON, A.A. Reflectance spectral features and non-destructive estimation of chlorophyll, carotenoid and anthocyanin content in apple fruit. 2003. Postharvest Biology and Technology 27: 197-211.

MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 83-92, jan. 2002.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão no Brasil: estado atual e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. Anais...

MOLIN, J.P., AMARAL, L.R., COLAÇO, A.F., Agricultura de precisão. 1 ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MOLINA-DELGADO, D., LARRIGAUDIÈRE, C., RECASENS, I., Antioxidant activity determines on-tree maturation in 'Golden Smoothie' apples. Journal of the Science of Food and Agriculture 89, 2009, 1207–1212.

MOLINA, D., et al., Quality indexes for 'Golden Smoothie' apples in relation to consumer evaluation. J. FRUIT ORNAM. PLANT RES. 14 , 2006, (Suppl. 2): 39-51.

MOREIRA, M.A., **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2ed. Viçosa, 2003.

MOREIRA, M.A., **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4ed. Viçosa, 2011.

MUSACHI, S. Optimization of Modi CIVG198 orchard management. EUA, 2014.

NASCIMENTO, P.S.; SILVA, J.A.; COSTA, B.R.S.; BASSOI, L.H. **Aplicação dos conceitos de geoestatísticos para o manejo da irrigação em videira no Vale do Submédio São Francisco**. Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2014 a.

NASCIMENTO, P.S.; SILVA, J.A.; COSTA, B.R.S.; BASSOI, L.H. **Definição da malha de amostragem do teor de nitrogênio em videira para obtenção de zonas de manejo**. Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2014 b.

NICOLAÏ, B.M., et al., 2007. Nondestructive measurements of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: a review. Postharvest Biology & Technology, 2007, 46:99-118.

NOFERINI, M.; FIORI, G.; COSTA, G. Method and apparatus for determining quality of fruit and vegetable products. WO/2007/017732. Alma Mater Studiorum - 2006, Università di Bologna.

NOVO, E.M.L.M., Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 2 ed. São Paulo, Edgard Blucher, 1992.

OLIVER, M.A. An overview of Precision Agriculture. In: OLIVER, M.A.; BISHOP, T.F.A.; MARCHANT, B.P. Precision Agriculture for sustainability and environmental protection. Abingdon, Oxon, UK: Routledge, 2013.p.01-58.

OLIVEIRA M.S. Planos amostrais para variáveis espaciais utilizando Geoestatística. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 1991. 110p. (Tese de Mestrado)

PEIRS, A., et al. FT-NIR spectroscopy to evaluate picking date of apples. *Acta Horticulturae*, 2001, 553, 477–480.

PEREIRA, L. De V. ; GEBLER, L. ; KUSE, L. Da R. ; VIEIRA, A. L. ; SILVA, V. C. **Da Mapeamento da condutividade elétrica do solo em pomar de maçã como ferramenta para a fruticultura de precisão.** In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2012.

PETRI, J.L; LEITE, G. B. Macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, 2008.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; COUTO, M.; FRANCESCATTO, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 048-056, Outubro 2011.

QUARTAROLI, C. F.; CRISCUOLO, C.; HOTT, M. C.; GUIMARAES, M. **Alterações no uso e cobertura das terras no Nordeste do Estado de São Paulo no período de 1988 a 2003.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. 57 p. (Documentos, 55).

RIBEIRO, P.P.E.; PAIVA, M.S.V.; INAMASU, R.Y.; JORGE, L.A.C. **Aplicação de técnicas de processamentos de imagens para diferenciação do Greening de outras pragas.** Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2011.

ROBERTSON, G. P. *GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User's Guide.* Plainwell, Gamma Desing Software, 2004. 152 p.

RODRIGUES, C. A. G.; GREGO, C. R.; ALMEIDA, C. G. F.; FURTADO, A. L. S.; TORRESAN, F. E. **Uso e cobertura das terras em área rural de Guararapes, SP: 1972, 1990 e 2009.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satelite, 2012. 24 p. (Embrapa Monitoramento por Satelite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 25).

RUIZ-ALTISENT, M., LLEO, L. and RIQUELME, F., Instrumental quality assessment of peaches: Fusion of optical and mechanical parameters. *Journal of Food Engineering.*, 2006 ,74:490-499.

RUTKOWSKI, K.P., MICHALCZUCK B. and P. KONOPACKI P. Nondestructive determination of 'Golden Delicious' apple quality and harvest maturity. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 2008, 16: 39-52.

SANTI, A. L. **Relação entre indicadores de qualidade do solo e a produtividade das culturas em áreas com agricultura de precisão**. 2007, 175 f, Tese (Doutorado em ciência do solo) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

SCHARAMMEL, B. M. ; GEBLER, L. **Utilização de ferramentas de SIG para Agricultura de Precisão no planejamento ambiental de uma pequena propriedade rural produtora de maçãs**. Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2011.

SCHMITT, A.; ROSENFELDT, Y. A. Z.; OLIVEIRA, M. O.; ROSOLEM, G. P. N.; LOCH, C. Proposta de mobilidade coletiva para a Região Metropolitana de Florianópolis pensada a partir de imagens do Satélite GeoEye e banco de dados de software SIG. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguacu. **Anais...** Sao Jose dos Campos: INPE, 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/capa.html>>. Acesso em: 25 jun. 2013.

SHIRATSUCHI, L. S. **Integration of plant-based canopy sensors for site-specific nitrogen management**. 2011. 157 f. Dissertacao (Mestrado)-University of Nebraska, Lincoln, 2011.

SHIRATSUCHI, BRANDÃO, Z.N.; L.S.; VICENTE, L.E.; VICTORIA, D.C.; DUCATI, J.R.; OLIVEIRA, R.P.; VILELA, M.F. **Sensoriamento Remoto : conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão**. Agricultura de precisão: Um novo olhar. EMBRAPA Instrumentação, São Carlos, SP, 2014.

SIQUEIRA, G.M.; VIEIRA, S.R.; DECHEN, S.C.F. Variabilidade espacial da densidade e da porosidade de um latossolo vermelho eutroférico sob semeadura direta por 20 anos. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p.751-759,2009.

SILVA, C. B. **Viabilidade econômica do uso da agricultura de precisão: um estudo de caso**. 2005. 87 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

SILVA, F.A.S.: AZSEVEDO C.A.V.. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. Afr. J. Agric. Res. Vol. 11(39), pp. 3733-3740, 29 September. 2016.DOI: 10.5897/AJAR2016.11522

SOARES, A. Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2006. 214 p.

SRIVASTAVA, R. M. Describing spatial variability using geostatistics analysis. In: SRIVASTAVA, R. M.; ROUHANI, S.; CROMER, M. V.; JOHNSON, A. I.; DESBARATS, A. J. (Ed.). Geostatistics for environmental and geotechnical applications. West Conshohocken: ASTM, 1996. p. 13-19. <http://dx.doi.org/10.1520/STP16110S>

SOUZA, L.; COGO, N.P. & VIEIRA, S.R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. R. Bras. Ci. Solo, 21:367-372, 1997.

SOUZA FILHO, M.D.I. & OLIVEIRA, M.S. Planejamento da amostragem de solos visando à estimação da média espacial do teor de cálcio utilizando a geoestatística. Ci. Agrotec., 20:387-393, 1996.

STREIF J. Optimum harvest date for different apple cultivars in the 'Bodensee' area. In: de Jager A., Johnson D., Hohn E. (Eds.). COST 94. The Postharvest Treatment of Fruit and Vegetables: Determination and Prediction of Optimum Harvest Date of Apple and Pears. ECSC-ECEAEC, Brussels, 1996, pp. 15-20.

TOIVONEN, P.M.A, et al., Evaluation of Non-destructive instruments for Assessing apple maturity and quality. Canadá, 2012.

USLOW, I. **Postharvest handling for organic crops** . Disponível em: <<http://ucanr.org/freepubs/docs/7254.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2015.

VIEIRA, S. R. **Variabilidade especial 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.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SCHAEFER, G.R., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1. p.1-54.

VICENTE, L. E.; GOMES, D.; VICTORIA, D. C.; GARCON, E. A. M.; BOLFE, E. L.; ANDRADE, R. G.; SILVA, G. B. S. NDVI temporal series from the SPOT Vegetation sensor and SAM algorithm applied to sugarcane mapping. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1270-1278, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900019>

VICTORIA, D. C.; PAZ, A. R.; COUTINHO, A. C.; KASTENS, J.; BROWN, J. C. Cropland area estimates using Modis NDVI time series in the state of Mato Grosso, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1270-1278, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900012>



ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência)-Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2001

ZIOSI, V.; et al. A new index based on vis spectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit. 2008. *Postharvest Biology & Technology* 49:31.

ZUDE SASSE ,M.;TRUPPEL,I.; HEROLD, B. An approach to non-destructive apple fruit chlorophyll determination. 2002.*POSTHARVEST BIOL. TECHNOL.* 25: 123-133.

WARRICK, W.N.; NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In. HILLEL, D. (Ed). *Applications of soil physics.* New York: Academic Press, 1980.p.319-344.

WATKINS, C.B. **Principal and practices of postharvest handling and stress.** In: FERREE, D.C.; WARRINGTON, I.J. *Apples: botany, production and uses.* Wallingford: CABI Publishing, 2003. p.585-614.

WATKINS, C.B.; ERKAN, M.; NOCK, J.F.; IUNGERMAN, K.A.; BEAUBRY, R.M.; MORAN, R.E. **Harvest data effects on maturity, quality, and storage disorders of 'Honeycrisp' apples.** *HortScience*, Salt Lake, v.40, n.1, 2005. p.164-169.

## 7 APÊNDICES

### Apêndice 7-Pontos georreferenciados com coordenadas planas UTM setor 1.

Nome	N(m)	E(m)	Altitude (m)
S1F04P1	6852463,456	515379,417	937,31
S1F04P2	6852430,452	515341,441	939,24
S1F15P1	6852532,708	515384,148	938,28
S1F15P2	6852500,825	515346,818	940,05
S1F15P3	6852469,054	515310,298	941,37
S1F15P4	6852435,902	515271,899	939,9
S1F15P5	6852402,434	515233,088	937,92
S1F15P6	6852370,772	515196,433	937,88
S1F26P1	6852617,386	515406,292	935,57
S1F26P2	6852584,404	515368,102	936,66
S1F26P3	6852553,461	515331,482	939,2
S1F26P4	6852520,778	515294,368	941,31
S1F26P5	6852485,643	515253,626	942,62
S1F26P6	6852453,609	515216,469	941,75
S1F26P7	6852418,691	515176,317	941,27
S1F39P1	6852684,047	515394,778	936,2
S1F39P2	6852652,551	515358,2	937,64
S1F39P3	6852622,942	515323,542	939,62
S1F39P4	6852589,504	515285,08	940,94
S1F39P5	6852556,148	515245,993	941,9
S1F39P6	6852524,081	515208,718	943,65
S1F39P7	6852491,466	515170,626	943,11
S1F39P8	6852456,577	515130,573	943,58
S1F53P1	6852758,851	515383,967	938,74
S1F53P2	6852721,44	515341,66	936,82
S1F53P3	6852684,777	515300,21	995,35
S1F53P4	6852655,069	515265,113	940,65
S1F53P5	6852621,172	515225,652	940,62
S1F53P6	6852587,188	515184,761	946,6
S1F53P7	6852551,534	515144,06	943,71
S1F53P8	6852519,447	515107,284	944,08
S1F53P9	6852484,07	515065,906	944,86
S1F69P1	6852783,192	515302,472	936,58
S1F69P2	6852754,089	515268,768	937,51
S1F69P3	6852718,164	515227,268	939,32
S1F69P4	6852682,364	515185,408	941,25
S1F69P5	6852645,429	515142,648	942,78
S1F69P6	6852608,684	515100,089	942,66
S1F69P7	6852568,992	515053,849	942,2
S1F69P8	6852533,524	515012,997	944,51
S1F84P1	6852843,241	515269,138	936,36

S1F84P2	6852807,444	515227,345	937,7
S1F84P3	6852771,963	515186,24	938,69
S1F84P4	6852735,999	515144,392	940,21
S1F84P5	6852697,553	515099,622	941,8
S1F84P6	6852656,302	515051,876	941,97
S1F84P7	6852618,781	515008,117	942,82
S1F84P8	6852580,819	514963,771	943,5
S1F99P1	6852869,829	515196,045	936,51
S1F99P2	6852835,657	515153,954	937,69
S1F99P3	6852797,688	515112,279	938,47
S1F99P4	6852762,235	515071,554	940,25
S1F99P5	6852726,542	515030,034	941,32
S1F99P6	6852691,855	514989,707	942,12
S1F99P7	6852656,89	514948,789	941,09
S1F99P8	6852621,678	514907,953	942,45
S1F114P1	6852930,955	515162,468	935,83
S1F114P2	6852894,185	515120,975	933,43
S1F114P3	6852854,107	515074,724	937,63
S1F114P4	6852812,68	515026,655	939,86
S1F114P5	6852772,276	514979,418	941,09
S1F114P6	6852733,173	514934,299	941,77
S1F114P7	6852692,196	514886,627	940,14
S1F114P8	6852652,442	514840,97	938,4
S1F129P1	6852951,207	515089,647	939,01
S1F129P2	6852918,203	515050,765	936,89
S1F129P3	6852885,618	515012,857	938,97
S1F129P4	6852854,42	514976,499	940,23
S1F129P5	6852820,094	514937,04	940,29
S1F129P6	6852787,377	514898,404	940,48
S1F129P7	6852754,294	514860,439	941,16
S1F129P8	6852723,104	514824,032	941,07
S1F129P9	6852692,27	514788,475	940,91
S1F144P1	6852990,692	515037,176	939,24
S1F144P2	6852960,675	515002,572	938,58
S1F144P3	6852932,265	514969,238	938,05
S1F144P4	6852905,142	514937,645	939,37
S1F144P5	6852875,873	514903,868	938,87
S1F144P6	6852847,656	514871,251	938,19
S1F144P7	6852819,543	514838,534	938,69
S1F144P8	6852790,927	514805,17	939,36
S1F144P9	6852760,864	514770,065	938,68
S1F144P10	6852732,256	514736,719	938,76
S1F159P1	6853030,524	514987,084	937,03
S1F159P2	6852999,913	514949,434	943,29
S1F159P3	6852966,822	514911,928	938,27
S1F159P4	6852936,551	514876,013	939,92

S1F159P5	6852903,822	514838,759	936,34
S1F159P6	6852871,83	514801,314	935,24
S1F159P7	6852839,319	514763,49	934,53
S1F159P8	6852805,992	514725,042	934,99
S1F159P9	6852772,582	514686,146	935,16
S1F174P1	6853070,841	514935,455	937,41
S1F174P2	6853039,646	514898,765	937,08
S1F174P3	6853008,174	514862,257	935,93
S1F174P4	6852975,896	514823,703	935,55
S1F186P1	6853102,943	514893,891	936,85
S1F186P2	6853070,36	514856,594	937,87
S1F186P3	6853038,244	514819,528	937,52
S1F186P4	6853004,708	514779,885	935,46

S: setor; F:fila; P:planta.

### Apêndice 8 - Pontos georreferenciados com coordenadas planas UTM Setor 5.

Nome	N(m)	E(m)	Altitude (m)
S5F01P1	6853183,922	514975,892	939,95
S5F01P2	6853214,106	515011,481	939,34
S5F01P3	6853243,768	515046,597	939,47
S5F01P4	6853274,171	515082,119	939,47
S5F01P5	6853303,536	515116,254	940
S5F01P6	6853333,047	515150,987	940,31
S5F09P1	6853228,715	514976,632	940,06
S5F09P2	6853259,346	515012,275	939,84
S5F09P3	6853289,302	515047,352	940,37
S5F09P4	6853318,962	515082,45	941,84
S5F09P5	6853349,642	515117,796	942
S5F09P6	6853381,6	515155,176	937,78
S5F21P1	6853216,739	514885,479	940,36
S5F21P2	6853246,735	514920,511	941,93
S5F21P3	6853277,719	514956,143	940,73
S5F21P4	6853309,637	514993,3	941,11
S5F21P5	6853339,89	515028,358	942,45
S5F21P6	6853369,216	515062,693	941,8
S5F21P7	6853403,482	515102,544	939,55
S5F33P1	6853262,243	514860,665	941,93
S5F33P2	6853291,011	514893,908	942,51
S5F33P3	6853322,407	514930,568	941,37
S5F33P4	6853352,015	514964,864	942,79
S5F33P5	6853382,502	514999,888	944,06
S5F33P6	6853412,289	515034,203	946,51
S5F33P7	6853443,063	515070,989	941
S5F33P8	6853475,04	515108,047	939,92
S5F45P1	6853289,722	514814,969	942,27

S5F45P2	6853318,552	514848,302	943,27
S5F45P3	6853352,486	514887,5	942,36
S5F45P4	6853384,346	514924,684	942,87
S5F45P5	6853414,252	514959,054	944,03
S5F45P6	6853443,243	514992,511	943,61
S5F45P7	6853474,732	515028,238	946,77
S5F45P8	6853503,901	515062,967	942,03
S5F45P9	6853533,393	515096,594	941
S5F57P1	6853326,623	514780,142	942,77
S5F57P2	6853358,095	514816,438	943,22
S5F57P3	6853389,816	514852,868	943,72
S5F57P4	6853419,353	514887,23	943,62
S5F57P5	6853450,756	514923,275	944,05
S5F57P6	6853479,9	514957,096	944,4
S5F57P7	6853510,351	514992,329	944,07
S5F57P8	6853541,7	515028,631	943,66
S5F57P9	6853573,459	515065,525	943,86
S5F57P10	6853602,738	515099,191	940,72
S5F69P1	6853355,403	514735,048	942,22
S5F69P2	6853383,387	514767,871	944,07
S5F69P3	6853415,034	514804,651	944,21
S5F69P4	6853446,613	514841,474	944,46
S5F69P5	6853477,781	514877,064	944
S5F69P6	6853508,366	514912,83	944,84
S5F69P7	6853538,581	514947,933	945,1
S5F69P8	6853570,121	514984,342	944,52
S5F69P9	6853607,283	515027,235	943,98
S5F69P10	6853637,769	515063,211	942,34
S5F69P11	6853667,382	515097,527	939,96
S5F79P1	6853385,94	514705,825	942,95
S5F79P2	6853416,513	514741,569	945,08
S5F79P3	6853448,584	514778,696	944,91
S5F79P4	6853480,572	514816,114	945,23
S5F79P5	6853510,857	514851,793	946,15
S5F79P6	6853548,207	514893,584	947,4
S5F79P7	6853580,576	514930,827	946,19
S5F79P8	6853613,261	514969,511	945,26
S5F79P9	6853644,333	515005,975	943,99
S5F79P10	6853675,137	515041,278	942,34
S5F79P11	6853705,953	515077,182	941
S5F89P1	6853418,022	514681,454	944,66
S5F89P2	6853450,079	514718,558	945,44
S5F89P3	6853481,69	514755,456	945,57
S5F89P4	6853513,985	514792,709	946,08
S5F89P5	6853543,882	514827,578	945,97
S5F89P6	6853574,805	514863,604	945,79

S5F89P7	6853606,271	514899,981	945,85
S5F89P8	6853636,95	514935,424	945,46
S5F89P9	6853668,626	514972,231	944,28
S5F89P10	6853699,385	515008,33	942,65
S5F89P11	6853730,861	515044,338	941,35
S5F99P1	6853436,465	514644,067	989,77
S5F99P2	6853467,159	514677,251	946,91
S5F99P3	6853497,322	514712,175	948,29
S5F99P4	6853529,239	514750,134	950,04
S5F99P5	6853562,473	514788,124	946,39
S5F99P6	6853593,052	514823,593	946,22
S5F99P7	6853624,23	514860,542	947,34
S5F99P8	6853656,761	514897,482	945,86
S5F99P9	6853691,403	514937,643	944,71
S5F99P10	6853709,741	514955,685	971,51
S5F99P11	6853755,281	515011,805	943,28
S5F109P1	6853461,933	514611,122	952,06
S5F109P2	6853493,531	514648,128	941,65
S5F109P3	6853527,247	514686,002	947
S5F109P4	6853556,509	514720,429	943,84
S5F109P5	6853587,462	514756,26	947,17
S5F109P6	6853618,82	514792,597	946,29
S5F109P7	6853648,992	514828,266	951,21
S5F109P8	6853679,824	514862,745	949,5
S5F109P9	6853714,049	514902,97	945,67
S5F109P10	6853746,638	514940,342	944,1
S5F109P11	6853778,83	514978,267	943,92
S5F119P1	6853485,774	514576,744	947,75
S5F119P2	6853519,236	514615,552	946,22
S5F119P3	6853550,517	514652,037	946,37
S5F119P4	6853582,562	514688,762	946,15
S5F119P5	6853613,889	514725,247	946,53
S5F119P6	6853645,173	514761,712	946,01
S5F119P7	6853677,917	514799,496	946,02
S5F119P8	6853708,438	514835,141	945,86
S5F119P9	6853741,096	514872,953	945,69
S5F119P10	6853772,208	514909,127	944,5
S5F119P11	6853804,41	514946,53	943,39
S5F129P1	6853505,892	514539,142	947,6
S5F129P2	6853536,867	514574,997	945,55
S5F129P3	6853568,931	514612,058	944,85
S5F129P4	6853603,451	514652,442	945,86
S5F129P5	6853634,341	514687,257	946,3
S5F129P6	6853664,827	514723,36	946,07
S5F129P7	6853698,188	514762,126	945,81
S5F129P8	6853731,887	514801,03	945,7

S5F129P9	6853762,093	514836,042	945,59
S5F129P10	6853794,591	514873,921	945,17
S5F129P11	6853829,489	514914,51	944,61
S5F139P1	6853519,99	514494,389	945,64
S5F139P2	6853550,9	514530,145	945,28
S5F139P3	6853583,884	514568,205	942,73
S5F139P4	6853615,905	514604,515	944,2
S5F139P5	6853648,308	514642,995	945,92
S5F139P6	6853681,328	514681,456	944,87
S5F139P7	6853714,26	514719,669	945,8
S5F139P8	6853745,711	514756,247	945,69
S5F139P9	6853778,16	514793,368	945,35
S5F139P10	6853811,066	514831,814	944,89
S5F139P11	6853844,047	514870,235	944,93
S5F149P1	6853541,494	514458,18	942,55
S5F149P2	6853573,538	514495,503	943,55
S5F149P3	6853603,958	514531,029	940,56
S5F149P4	6853669,379	514605,873	943,52
S5F149P5	6853636,986	514568,682	942,41
S5F149P6	6853699,473	514642,029	942,75
S5F149P7	6853731,022	514677,685	943,64
S5F149P8	6853762,251	514713,945	944,66
S5F149P9	6853793,229	514750,036	943,89
S5F149P10	6853823,218	514784,854	943,64
S5F149P11	6853855,195	514821,725	943,99
S5F149P12	6853884,873	514856,362	944,01
S5F159P1	6853583,267	514445,048	938,51
S5F159P2	6853607,759	514474,543	938,16

S: setor;F:fila;P:planta