

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Adubação em doses variadas em citros

Felipe de Araújo Lopes

Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Máquinas Agrícolas

**Piracicaba
2010**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Felipe de Araújo Lopes
Engenheiro Agrônomo

Adubação em doses variadas em citros

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ PAULO MOLIN**

Dissertação apresentada para obtenção
do título de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Máquinas Agrícolas

Piracicaba
2010

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Lopes, Felipe de Araújo

Adubação em doses variadas em citros / Felipe de Araújo Lopes. - - Piracicaba, 2010.
76 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.
Bibliografia.

1. Adubação 2. Agricultura de precisão 3. Citricultura 4. Fertilidade do solo 5. Mapas
6. Produtividade I. Título

CDD 634.3
L864a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

FICHA CATALOGRÁFICA

À pessoa mais justa e honesta que já conheci,

Mabel Pereira de Araújo (*in memoriam*).

Ao meu pai Mário e preciosos irmãos Mariana, Natália, Lucas e esperto sobrinho Pablo.

À minha linda e inteligente namorada Bruna,

dedico.

AGRADECIMENTOS

À **Deus** por sempre me proporcionar ótimas oportunidades e aos meus pais **Mário** e **Mabel** por ensinarem ser capaz de aproveitá-las com honestidade, respeito e persistência.

À minha grandiosa **família Araújo** e minha namorada **Bruna** por serem a minha fonte de energia e a quem devo as minhas conquistas.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP**, pela bolsa de estudo concedida.

À **Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, representada pelo Departamento de Engenharia Rural, por oferecer ótimo aprendizado pelas disciplinas que aproveitei, e seus funcionários, por serem prestativos quando solicitados nas suas funções.

Ao **Prof. Dr. José Paulo Molin**, pela orientação acadêmica, empenho no cronograma deste projeto e grande contribuição intelectual e técnica para esta conclusão.

À **Citrosuco**, à **Jacto** e ao **Centro de Citricultura “Silvio Moreira”** pela valiosa parceria nas atividades deste projeto.

Aos colegas do **Programa de Mestrado em Máquinas Agrícolas** e estagiários do **Grupo de Mecanização e Agricultura de Precisão (gMAP)**, que foram ótimas companhias, contribuíram com atividades de campo e sugestões técnicas para a execução do projeto.

A todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

“Tua caminhada ainda não terminou.
A realidade te acolhe
dizendo que, pela frente,
o horizonte da vida necessita
de tuas palavras

...

Não faças do amanhã o sinônimo de nunca,
nem o ontem te seja o mesmo que nunca mais.
Teus passos ficaram.
Olhes para trás... mas vá em frente,
pois há muitos que precisam
que chegues para poderem seguir-te.”

Sir Charles "Charlie" Spencer Chaplin

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 A citricultura comercial.....	17
2.1.1 Delimitação econômica.....	17
2.1.2 A produção de citros no Brasil.....	19
2.1.3 Cadeia produtiva do citros.....	21
2.1.4 Adubação dos citros.....	22
2.1.5 Mecanização da citricultura.....	24
2.2 Agricultura de precisão (AP).....	25
2.2.1 Mapeamento de produtividade.....	29
2.2.2 Mapeamento da fertilidade do solo.....	30
2.2.3 Aplicação localizada de insumos.....	31
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 Delimitação das áreas experimentais.....	33
3.2 Delimitação dos tratamentos.....	34
3.3 Amostras compostas georreferenciadas.....	35
3.4 Intervenções com adubações em doses variadas.....	37
3.5 Mapeamento da produtividade.....	40
3.6 Análise dos dados.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 Variabilidades dos teores dos atributos químico do solo.....	43
4.2 Intervenções em doses variáveis.....	51
4.3 Mapeamento da produtividade.....	55
4.4 Avaliação dos valores dos teores dos elementos químico das folhas.....	57
5 CONCLUSÕES.....	61
REFERÊNCIAS.....	63
ANEXOS.....	73

RESUMO

Adubação em doses variadas em citros

O cultivo dos citros é de grande importância no mundo, e no Brasil é uma das culturas mais representativas das exportações do país. A agricultura de precisão (AP) é descrita como um conjunto de ferramentas, que possibilitam gerenciar o sistema de produção a partir de informações georreferenciadas e manejar variabilidades espaciais das lavouras. A AP é utilizada em larga escala em culturas anuais, mostrando resultados quanto ao melhor gerenciamento das informações e racionalização dos insumos. Considerando a importância dos citros para a economia do estado de São Paulo e desejando-se aprimorar o seu processo produtivo, objetivou-se com este trabalho identificar as variabilidades espaciais dos atributos e elementos químicos no solo e nas folhas, e produtividade de pomares comerciais de laranja, comparando-se o manejo tradicionalmente utilizado pela fazenda com os efeitos das adubações em taxa variável. Para isso, foram utilizadas duas áreas localizadas na Fazenda Quatrimãs, no município de Botucatu-SP, de 25,7 hectares cada uma, diferenciadas pelo tipo de solo, altitude e ano de plantio, que foram acompanhadas por duas safras desde o ano de 2008. Foram estabelecidos dois tratamentos: aplicações em dose fixa (DF) e dose variável (DV). Na primeira safra, foram retiradas amostras de solo em três diferentes padrões e densidades, para contrastar os níveis de fertilidade na faixa de adubação na profundidade de 0-0,2 m (2 amostras ha^{-1}) e 0,2-0,4 m (1 amostra ha^{-1}), e no centro da rua de 0-0,2 m de profundidade (1 amostra ha^{-1}). A partir das análises das amostras retiradas na faixa de adubação na profundidade de 0-0,2 m, foram calculadas as recomendações de aplicação de calcário e de fontes de nitrogênio, fósforo e potássio para o tratamento DV, que foram aplicadas por uma máquina protótipo capaz de variar as doses automaticamente, baseadas no mapa de prescrição. Na safra 2009/2010 foram retiradas amostras de solo e folhas georreferenciadas, separando-se os tratamentos. As colheitas foram registradas em ambas as safras e forneceram dados para o mapeamento da produtividade das áreas. Os resultados das amostragens georreferenciadas de solo mostraram variabilidade espacial dos atributos. As médias dos valores de P foram classificadas como “médio”, nas áreas em ambos os tratamentos. Os valores médios de K variaram entre “alto” e “médio”, para DF e DV, respectivamente, na área de solo argiloso e “médio” para os dois tratamentos da área 2 (solo arenoso). Os níveis médios de V% foram classificados como “médio” na área 1 e “baixo” na área 2, sem diferença entre tratamentos. As adubações em taxa variável resultaram em economia de 230 kg ha^{-1} de nitrogênio, 5 kg ha^{-1} de fósforo e 257 kg ha^{-1} de potássio, em média, nos dois talhões, quando somadas as safras estudadas. As produtividades foram elevadas em mais que o dobro nas áreas, aumentando de 19,3 para 39,3 t ha^{-1} (DF) e 41,8 t ha^{-1} (DV) na área 1, e de 15,3 para 33,4 t ha^{-1} (DF) e 33,3 t ha^{-1} (DV) na média dos valores da área 2. Os teores foliares de N, P e K não diferiram entre os tratamentos e suas médias foram identificadas como altas nas duas áreas, indicando o potencial do uso desta ferramenta nas áreas estudadas.

Palavras-chave: Citricultura; Agricultura de precisão; Fertilidade; Mapa de produtividade

ABSTRACT

Variable rate fertilizer in citrus

The cultivation of citrus has great importance in the world and in Brazil is one of the most representative crops for exports. Precision agriculture (PA) is described as a set of tools that allow managing the production system based on georeferenced information related to the spatial variability of crops. The PA is used in large-scale on annual crops showing results concerning improved information management and the rationalization of inputs use. Considering the importance of citrus to the economy of the Sao Paulo state and wishing to improve production practices the aim of this work was to identify the spatial variability of the attributes and elements of soil, leaves and yield of commercial orange orchards and compare management traditionally used by the farm with the effects of variable rate fertilization. The work was conducted in two areas located in Botucatu-SP, 25.7 hectares each, differentiated by soil type, elevation and year of planting. The areas were monitored and interfered for two seasons since the year 2008. Two treatments were established: applications of a constant rate (CR) and spatially variable rate (VR). In the first year, soil samples were collected in three different patterns and densities at a depth of 0-0.2 m (2 samples ha⁻¹) and 0.2-0.4 m (1 sample ha⁻¹) in the fertilization strip and in the between tree's rows at 0-0.2 m depth (1 sample ha⁻¹). From the analysis of samples taken in the range of fertilization at a depth of 0-0.2 m recommendations were calculated for liming and sources of nitrogen, phosphorus and potassium for VR treating that were applied by a prototype machine capable of varying rates automatically based on the prescription map. In the 2009/2010 year, the georeferenced samples were collected from soil and leaves georeferenced separating the treatments. The samples were recorded in both seasons and provided data for yield mapping of the areas. The results of georeferenced soil samples showed spatial variability of attributes. The average values of P were classified as "medium", for the areas in both treatments. The average values of K ranged from "high" and "medium" for CR and VR, respectively, in clay soil area and "medium" for the treatments of area 2. Mean levels of V% were classified as "medium" in the area and a "low" in area 2, with no difference between treatments. The variable rate fertilization resulted in savings of 230 kg ha⁻¹ nitrogen, 5 kg ha⁻¹ of phosphorus and 257 kg ha⁻¹ potassium on average in the two plots. The yields increased from 19.3 to 39.3 t ha⁻¹ (CR) and 41.8 t ha⁻¹ (VR) in area 1 and from 15.3 to 33.4 t ha⁻¹ (CR) and 33.3 t ha⁻¹ (VR) of area 2. Leaf N, P and K did not differ between treatments and their averages were identified as high in both areas supporting the potential use of this tool.

Keywords: Citrus farming; Precision Agriculture; Fertility; Yield map

1 INTRODUÇÃO

Em meio à preocupação de garantir retorno financeiro nas exportações agrícola brasileiras, a citricultura se destaca como um dos pilares da economia do país, apresentando-se entre as seis maiores culturas em volume de produção (18,7 milhões de toneladas) e faturamento (US\$ 3,3 bilhões) (FAO, 2010). No Brasil, o sistema agroindustrial cítrica representa 1,87% da pauta total de exportações brasileiras, e 4,47% das exportações de produtos do agronegócio do país (NEVES E LOPES, 2004). A cadeia produtiva nacional detém um inigualável padrão de produção capaz de produzir todos os tipos e categorias de sucos de laranja, sendo responsável por um grande número de empregos.

Os citricultores se recuperam dos impactos da crise de 2009, animados com os preços atuais pagos pela indústria de suco de laranja, fazendo com que busquem modernizar seu sistema de produção. A procura pela mecanização do processo e a involução da crise gerou um aumento de 29,3% no segmento de máquinas e implementos no primeiro trimestre de 2010, com relação ao mesmo período do ano passado (FOLHA DE LONDRINA, 2010).

A citricultura comercial atual ainda é manejada com base em dados médios coletados sem registros ou planejamentos suficientes para o controle das variabilidades espaciais que ocorrem nas áreas. Por parte dos técnicos e produtores, é conhecido que ocorrem regiões de padrões aceitáveis de nutrição e de deficiências nutricionais até mesmo visíveis na mesma gleba, o que desperta o interesse em técnicas que possam solucionar tais dificuldades. No entanto, o profundo domínio dessas técnicas exige preparo técnico e organização de dados, a fim de se manejar os pomares comerciais de modo eficiente e racional. O potencial de novos sistemas de gerenciamento na cultura dos citros é grande, devido à demanda por fertilizações nos pomares, que causam impacto no custo operacional e possuem uma eficiência discutível, uma vez que seus cálculos de recomendação ainda são baseados em critérios tradicionais.

A agricultura de precisão (AP), que consiste em um sistema de manejo das variabilidades das lavouras, já tem sido utilizada em larga escala em culturas anuais, com alguma utilização também em culturas perenes. A AP parte do princípio do conhecimento das diferenças espaciais da produtividade e dos fatores a ela ligados e inclui o manejo diferenciado localmente dentro de uma mesma área, a partir de equipamentos compatíveis. Esse sistema de gerenciamento permite

ao produtor conhecer sua área agrícola, utilizando uma resolução maior que a usada atualmente.

Alguns autores identificaram variabilidades espaciais em atributos nutricionais de solo e folhas, assim como regiões de alta a baixa produtividade em pomares comerciais que, por tradição, recebem adubações com doses fixas, sem considerar regiões de maiores ou menores potenciais de produção que devem ser exploradas diferentemente. Estes trabalhos apóiam a viabilidade do uso das técnicas da AP em busca da qualidade de fruto, aumento da capacidade e rendimento operacional, e diminuição de custos de produção.

Esse trabalho se concentra no estudo de identificação das variabilidades espaciais de solo, folhas e produção em pomares de citros e propõe a comparação entre o manejo tradicionalmente utilizado nas áreas e o manejo com técnicas de agricultura de precisão. Objetivou-se identificar e entender as variabilidades da produtividade e de componentes da fertilidade do solo e folhas de um pomar comercial de laranja, utilizando-se o manejo convencional e a técnica da aplicação localizada e analisar suas influências na fertilidade e produção das áreas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica, inicialmente abordaram-se os aspectos econômicos da citricultura no mundo e no Brasil, de modo a justificar a importância do setor no contexto mundial e nacional. Os tópicos que seguem se referem à prática cultural da adubação e mecanização citrícola e novas tecnologias adaptáveis à cultura que estão relacionadas neste trabalho, em especial às práticas de AP.

2.1 A citricultura comercial

2.1.1 Delimitação econômica

Os citros, que compreendem as plantas do gênero *Citrus* e híbridos como as laranjas, tangerinas, limões, limas ácidas e doces (MATTOS JUNIOR et al., 2005a), ocupam a primeira posição entre as principais frutas produzidas no mundo, com 22% (108,6 milhões de toneladas) da produção mundial em 2004, de aproximadamente 503 milhões de toneladas. Da produção nacional, 58% são somente laranjas, que representam 12,5% da fruticultura mundial (FAO, 2010).

O Brasil, Estados Unidos e México, juntos, respondem por mais de 50% da oferta mundial de laranja (67,7 milhões de toneladas) e área explorada (4,2 milhões de hectares), evidenciando que é uma cultura de distribuição bastante concentrada (Tabela 1).

No início da década de 1960, os EUA respondiam por 29% (4,58 milhões de toneladas) dos 15,95 milhões de toneladas produzidas no mundo, e o Brasil vinha em segundo lugar, respondendo por 11% (1,76 milhões de toneladas) (FAO, 2010). Atualmente, o Brasil responde por cerca de 27% (18,4 milhões de toneladas) da produção mundial de laranja, seguido dos EUA, com 14% (9,1 milhões de toneladas), e da Índia, com 6% (4,4 milhões de toneladas). Em área colhida, o Brasil se destaca em primeiro lugar, atualmente com 20% (832,9 milhões de hectares), estando à frente da Índia, com 12% (502,8 mi ha), e China com 389,6 mi ha representando 9% do total mundial.

Tabela 1 - Produção total (em milhões de toneladas), área colhida (em mil hectares) e participação dos principais países produtores de laranja, em ordem decrescente, entre 2004 a 2008

Países	Produção total (milhões de toneladas)									
	2004		2005		2006		2007		2008	
	T	%	t	%	t	%	t	%	t	%
Brasil	18,3	28,2	17,9	28	18,0	28	18,7	29	18,4	27
Estados Unidos	11,7	18	8,4	13	8,2	12	7,4	11	9,1	14
Índia	3,3	5	3,3	5	3,4	5	4,3	7	4,4	6
México	4,0	6,1	4,1	7	4,2	6	4,2	6	4,3	6
China	2,3	3,6	2,7	4	3,1	5	3,2	5	3,5	5
Outros	25,3	39	26,5	42	28,7	44	27,8	42	28,0	41
Mundo	64,8	100	62,9	100	65,6	100	65,5	100	67,7	100
Área colhida (mil hectares)										
Brasil	823,2	22	805,7	21	805,9	20	821,2	20	832,9	20
Índia	377,9	10	378,0	10	441,1	11	476,4	11	502,8	12
China	339,5	9	359,8	9	364,9	9	402,0	10	389,6	9
México	335,0	9	317,3	8	321,5	8	330,3	8	331,3	8
Estados Unidos	308,8	8	298,5	8	227,3	6	270,3	6	265,9	6
Outros	1622,5	43	1686,5	44	1807,8	46	1865,5	45	1866,4	45
Mundo	3806,9	100	3845,8	100	3968,4	100	4165,8	100	4188,9	100

Fonte: FAO (2010)

Conforme demonstrado na Figura 1, Brasil e Estados Unidos responderam juntos por 88% na safra 2009/10, dos 2,16 milhões de toneladas de suco produzidos no mundo. A posição de liderança do Brasil foi conquistada graças a inovações em pesquisa e pesados investimentos em tecnologia e logística (NEVES E JANK, 2006).

No Brasil, este setor é responsável por movimentar R\$ 10 bilhões por ano, empregando em torno de 400 mil pessoas (NEVES E LOPES, 2004). As exportações de 1,6 milhões de toneladas, em média, de suco de laranja, nos últimos três anos, equivaleram a US\$ 1,7 bilhão ao ano de divisas (ALICE/SISCOMEX, 2010). A Europa se destaca como principal importador desta produção, respondendo por 70%, seguida pelos Estados Unidos, com 11% do volume total exportado pelo país (USDA, 2008).

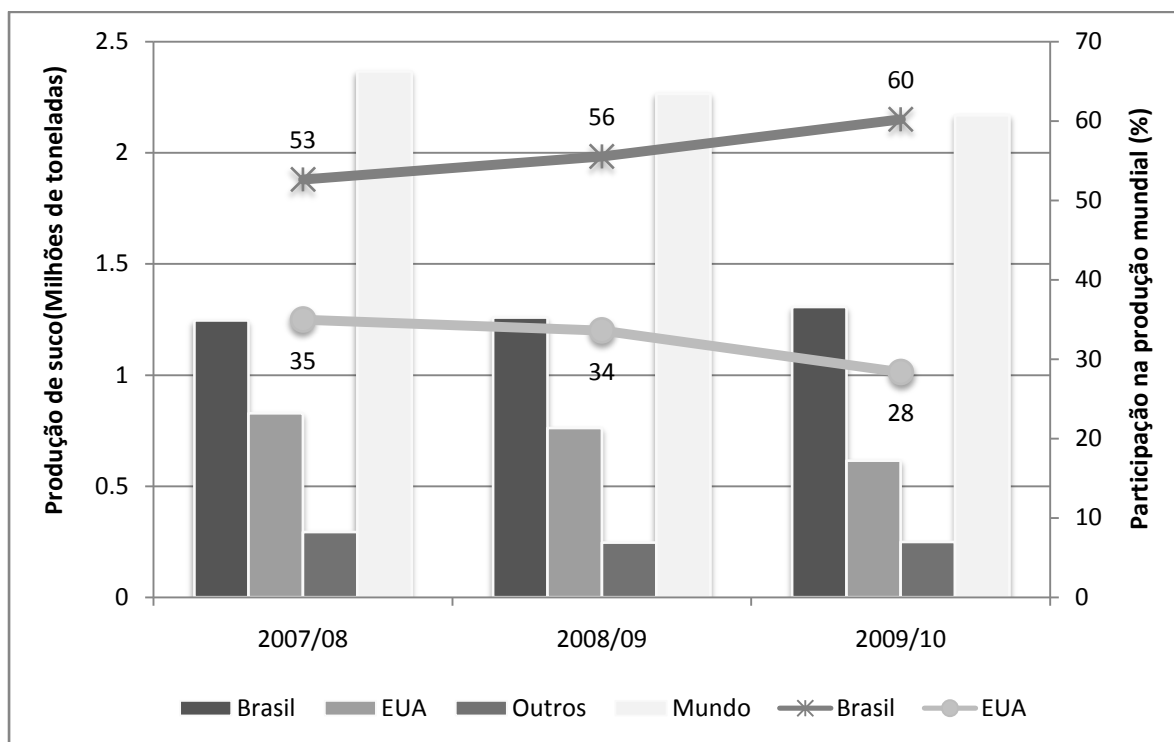


Figura 1 - Evolução da produção de suco de laranja pelo Brasil, Estados Unidos, outros países e participação atual na produção mundial, safra 2007/08 a 2009/10

Fonte: USDA (2010)

Nos países em desenvolvimento, segundo a FAO (2009), o consumo de suco pronto para beber deverá continuar aumentando e o mercado interno de sucos de laranja *in natura* desses países também deverá crescer. Este fato impulsiona o desenvolvimento de novas formas de controle de doenças, ferramentas de gerenciamento e manejo, a fim de possibilitar a continuidade da atividade no Brasil.

2.1.2 A produção dos citros no Brasil

O plantio de citros no país teve início somente no século XX, com a crise do café no final da década de 1920. São Paulo, com produtores italianos, e o Rio de Janeiro, com os portugueses, eram os principais mercados e pólos produtores no começo do século passado e, desde o seu início, os cultivos eram planejados para atender ao mercado externo, ainda que esse canal representasse apenas 15% da produção nacional na década de 1920. Alguns marcos históricos foram definindo a citricultura no Brasil e em São Paulo: a decadência do café na década de 1930,

que alavancou o setor citrícola no Estado; o recorde ainda não ultrapassado da exportação de 197 mil toneladas de laranja em 1939; a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), que causou a primeira crise de preços do setor, desanimando os produtores, que reduziram os tratos culturais; a redução drástica da área de citros em 1940, devido ao vírus da tristeza dos citros, superada com a descoberta de porta-enxertos tolerantes a essa doença, na mesma década, por pesquisadores do Instituto Agrônomo e do Instituto Biológico; o cancro cítrico, na década de 1950, que só veio a ter um controle mais efetivo a partir da década de 1970, com a criação do Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus); a década de 1960, considerada o divisor de águas na citricultura paulista, com a mudança do foco comercial de fruta fresca para a produção de matéria-prima voltada à indústria; a exportação de 5 mil t de suco de laranja concentrado congelado, em 1963, por uma empresa da Flórida, instalada em Araraquara, fazendo com que oito novas indústrias viessem a funcionar em 1976 no Estado (RODRIGUES et al., 1991).

Alguns fatores como o clima propício, condições de infra-estrutura econômico-social e agrícola, investimentos em pesquisa, adoção de novas tecnologias na condução dos pomares e utilização de mudas de melhor qualidade, garantidas pelo “Registro de Plantas Matrizes de Citros”, oriundas de viveiros telados e com melhores materiais genéticos, contribuiriam para o bom desempenho da atividade em São Paulo (ROSSETTI et al., 1965). Além disso, a instalação de um parque industrial voltado ao mercado externo de suco e a proximidade das metrópoles nacionais de maior poder aquisitivo tornaram São Paulo o maior pólo citrícola mundial.

Segundo o IBGE (2010), o estado de São Paulo produziu 79% do volume nacional de laranja no ano de 2009, enquanto os demais estados representam 21% da produção nacional de laranjas - com destaque para Bahia, Sergipe, Minas Gerais e Paraná.

O parque citrícola de São Paulo, na safra 2008/2009, somou 200 milhões de árvores em produção e 35,7 milhões de árvores cítricas novas, produzindo 382 milhões de caixas peso (40,8 kg – 1 caixa peso) (IEA, 2010). Ao considerar as Regiões Administrativas (RA), constituídas de conjuntos de municípios de áreas contíguas definidas pelo Poder Executivo de São Paulo (NEGRI NETO et al., 1993), a RA de Campinas possui a maior participação na produção do Estado, com 24% (98 milhões de caixas peso) do total produzido em 2009 (Figura 2). Das 11 RA, as três mais produtivas, juntas, somam 56% da produção total do Estado (IEA, 2010).

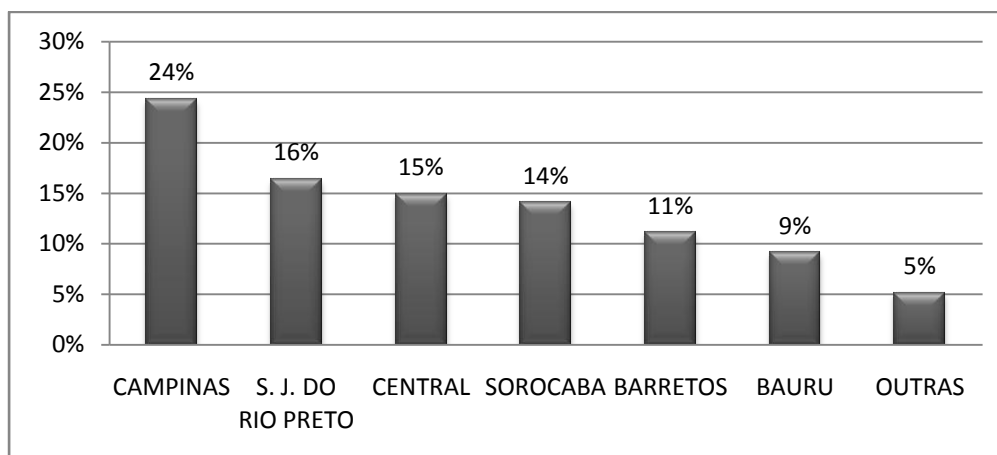


Figura 2 - Participação das Regiões administrativas de São Paulo na produção total estadual de cítricos na safra 2008/2009 (IEA, 2010)

O cinturão citrícola paulista pode ser dividido em alguns principais pólos produtores, entre as RA que se diferenciam pela sua especialização comercial: Central, Barretos e São José do Rio Preto, com produção destinada à indústria de suco por concentrar as principais unidades processadoras; a Campinas denominada tradicionalmente como “sul citrícola”, com pomares voltados à produção do consumo fresco, como as tangerinas e as laranjas de mesa; e o novo pólo que inclui as RA de Bauru e Sorocaba, majoritariamente voltado ao processamento pelas indústrias (FIGUEIREDO, 2008).

Apesar de seu excelente desempenho, a citricultura, no entanto, enfrenta problemas em sua atividade sendo ameaçada, por uma série de pragas e doenças de difícil controle, que devem receber atenção objetivando minimizar os danos e os prejuízos causados nos pomares brasileiros. Contudo, o embasamento técnico-científico, espírito empresarial do agronegócio dos citros ajudarão a vencer desafios sucessivos e propor novas alternativas para o manejo da cultura, de modo a manter sustentável a cadeia produtiva dos citros por muitos anos.

2.1.3 Cadeia Produtiva dos citros

No agronegócio citrícola paulista, destaca-se que os principais participantes privados são os processadores, os comerciantes da fruta fresca, as indústrias de insumos e os citricultores focados na produção/comercialização de 70 a 80% da produção de laranja para indústria de suco concentrado. Quase toda a produção de suco (98% do volume) é vendida ao mercado

internacional, com a maior parte sendo engarrafada pelas empresas européias e norte-americanas. No mercado interno *in natura*, os “barracões”, estruturas particulares para classificação e comercialização de frutas de um grupo de produtores de determinada região, são os principais compradores da fruta que, por sua vez, enviam os lotes aos atacadistas e supermercados (BOTEON E NEVES, 2005; GUTIERREZ E ALMEIDA, 2005).

Segundo Senhoras et al. (2006), o desenvolvimento das atividades citrícolas depende da dinâmica industrial que estabelece os preços, para então serem definidas as épocas de colheita de cada variedade e entrega do produto à indústria.

Segundo Neves e Lopes (2004), os citricultores paulistas que possuem mais de 150 mil plantas, ou seja, área acima de 400 ha, representaram menos de 1% das propriedades citrícolas paulistas e foram responsáveis por 45% da produção de laranja em 2003. Portanto, é uma cultura conduzida, na sua maioria, por pequenos produtores. Entretanto, em volume, a produção está concentrada em grandes propriedades.

O custo de produção do citros é o principal fator de competitividade internacional do setor, e pode variar de acordo com a escala de produção, forma de comercialização, variedade do plantio, incidência de pragas e doenças, entre outros (BOTEON E NEVES, 2005).

A intensificação da industrialização da agricultura acaba levando o progresso técnico para o meio rural, acabando por trazer novas características, dentre as quais se destacam: a modificação dos sistemas tradicionais de comercialização; o aumento da utilização do sistema de crédito; o desenvolvimento das agroindústrias processadoras e o uso de tecnologia avançada no campo (insumos químicos, máquinas e implementos agrícolas) (SENHORAS et al., 2006).

2.1.4 Adubação dos citros

Entre os diversos fatores que influenciam direta e indiretamente o custo de produção e a produtividade de uma cultura, podem ser mencionadas características regionais e locais como o clima, a disponibilidade de água e o solo, através de suas características físicas, químicas e biológicas; além de características ligadas ao cultivo, entre elas o potencial genético da planta, o controle fitossanitário, tratamentos culturais e grau de tecnologia utilizada na cultura. Yamada (1989), destaca que a necessidade do conhecimento de nutrição mineral de plantas, mecânica e economia

agrícola são indispensáveis para o manejo otimizado dos citros.

Segundo MATTOS JUNIOR et al. (2005b), o manejo ideal visa ao suprimento de nutrientes em quantidades suficientes e sincronizadas com os períodos de maior demanda da planta. Com isso, otimizam-se a produção e a qualidade de frutos e os possíveis impactos ambientais são minimizados.

O conhecimento dos elementos constituintes dos tecidos das plantas, de sua essencialidade e estabelecimento da lei do mínimo por Liebig, na primeira metade do século XIX (PLOEG et al., 1999), constitui a agricultura moderna, que se baseia na adoção de estratégias de monitoramento (diagnóstico de campo e avaliação dos resultados das análises de solo e de folhas), na tomada de decisão (definição de doses, fontes, épocas de aplicação, frequência e localização dos fertilizantes), no modo de aplicação (métodos) e na análise de pontos críticos (determinação se a resposta desejada e seus componentes foram obtidos) (MATTOS JUNIOR et al., 2005b).

A nutrição dos citros com base nos resultados de análises químicas, com o objetivo de avaliar nutricionalmente as plantas e a disponibilidade de nutrientes no solo, desenvolveu-se a partir dos primeiros estudos sobre nutrição da cultura nos estados norte-americanos da Califórnia e Flórida entre as décadas de 1930 e 1960. Nesses estudos, avaliaram-se plantas crescidas em soluções nutritivas e no campo, para verificar o efeito do suprimento e omissão de nutrientes sobre sintomas visuais de desordens nutricionais, absorção, composição mineral e produção de frutos (BRYAN, 1957; CHAPMAN, 1960, 1968; SMITH, 1966 apud QUAGGIO et al., 2005).

No Brasil, o estabelecimento das recomendações de adubação para citros se deu com a criação do Grupo Paulista, que tornou disponível os primeiros conhecimentos sobre citros reunidos em tabelas de recomendação (GRUPO PAULISTA, 1990). As evoluções nas edições dos boletins se deram por conta da tendência de adensamento dos plantios, o reconhecimento da importância da adubação com fósforo (P) e o estabelecimento das curvas de calibração de análises de solo para P e potássio (K) pelo método da resina. Novos conhecimentos científicos e inovações tecnológicas sobre nutrição e adubação de citros estão divulgados no Boletim 100 (RAIJ et al., 1997) e no livro “Citros” (MATTOS JUNIOR et al., 2005c).

Figueiredo (2008) identificou que o custo dos fertilizantes pela cultura dos citros, desde a década de 70, teve aumento de quase 800% com grandes oscilações no período, enquanto que a quantidade consumida aumentou em torno de 450% (Figura 3). Segundo a autora, isto pode ser

explicado pela grande variabilidade no preço da tonelada de fertilizante ao longo do período, associada às oscilações tanto na taxa de câmbio e preço das matérias primas.

Considerando que os fertilizantes e corretivos agrícolas são os insumos mais importantes para aumentar a produtividade das culturas (LOPES E GUILHERME, 2000) e promover retornos adequados sobre os investimentos, estes devem ser aplicados corretamente, de modo a atingir alta eficiência. Segundo Alcarde (1998), entre os fatores diretos e indiretos que afetam a eficiência dos fertilizantes e corretivos agrícolas está a recomendação equilibrada, a forma e qualidade de aplicação e sua disposição na área da planta. A recomendação deve ser calculada, considerando não só a Lei do Mínimo, que alerta que: “o nutriente presente em menor quantidade (concentração próxima à mínima necessária) tende a ter efeito limitante sobre a planta”, mas também com base na Lei dos Incrementos Decrescentes, que estabelece que: “para cada incremento sucessivo da quantidade de fertilizante, ocorre um aumento cada vez menor na produção”.

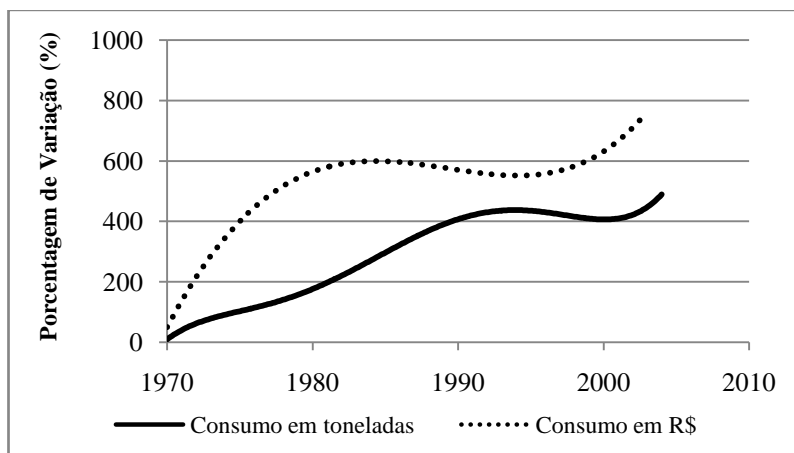


Figura 3 - Índice de variação do consumo de fertilizantes pela citricultura paulista em valor e em quantidade. Adaptado de Figueiredo (2008)

2.1.5 Mecanização da citricultura

Segundo Senhoras et al. (2006), merece destaque a importante demanda por máquinas e equipamentos pela atividade citrícola por ser altamente tecnificada.

O cultivo de citros em grande escala foi viabilizado pela mecanização de parte dos tratos

culturais com a aplicação da tecnologia disponível, a custos toleráveis, otimizando o desempenho dos insumos e disponibilizando mão-de-obra para o manejo de pragas e doenças (TERSI, 2005).

Rigolin e Tersi (2005) consideram três fases que definem as operações mecanizadas aplicadas na citricultura: implantação do pomar, replantio, e os tratamentos culturais para o pomar. A primeira fase, em que se prepara o solo, sistematiza-se a área e define-se o padrão de plantio, tem grande importância por comprometer todo o ciclo produtivo daquelas árvores que serão plantadas. O replantio, feito a partir de uma análise econômica detalhada, planejando também o aspecto operacional, constitui da substituição das plantas afetadas por doenças por mudas sadias. A terceira fase é subdividida entre o controle de plantas infestantes, controle de pragas e doenças e a aplicação de defensivos e fertilizantes. Os mesmos autores indicam que as fertilizações são caracterizadas por uma pequena evolução tecnológica em função da qualidade dos equipamentos disponíveis, dificuldade nas mudanças de regulagem, ausência de sensores que possibilitem a melhor localização dos fertilizantes ou interrupção da aplicação em falhas ou replantas, e uso de material suscetível à corrosão, reduzindo a vida útil dos equipamentos e exigindo um grande esforço em manutenção.

Segundo Balastreire (2000), as aplicações mecanizadas de corretivos e fertilizantes em culturas perenes são geralmente feitas com o auxílio de máquinas de dosagem volumétrica do tipo esteira transportadora, dotadas de mecanismo distribuidor de dois rotores.

2.2 Agricultura de precisão (AP)

Segundo Tschiedel (2002), a solução tradicionalmente adotada é a de focar grandes áreas e entendê-las como homogêneas, levando ao conceito da necessidade média para a aplicação dos insumos como fertilizantes, defensivos, água e etc, o que faz com que a mesma formulação ou quantidade do fertilizante seja utilizada para toda a área, atendendo as necessidades médias e não considerando as necessidades específicas de cada parte da lavoura.

O conceito de gerenciamento localizado surgiu em 1929, mas só se tornou possível com a disponibilidade a custos acessíveis dos microcomputadores, sensores e sistemas de posicionamento terrestres ou via satélites (COLVIN et al., 1996; STAFFORD, 1996). A crescente preocupação com fatores ambientais também foi um fato que impulsionou a utilização desse

conceito, identificado em trabalhos de alguns autores que usaram a técnica com a preocupação da qualidade da água (BLACKMER E SCHEPERS, 1996).

Bouma (1998) levantou as conseqüências agrônômicas das aplicações em doses variadas e caracterizou a AP como a única ferramenta que equilibra a produção com as necessidades ambientais na agricultura. Morgan e See (1997) a definiram como a "gestão de cada insumo de produção da cultura em um local específico para reduzir o desperdício, aumentar os lucros e manter o meio ambiente sem contaminações".

Segundo Kincheloe et al. (1994), a utilização de processos de gerenciamento e técnicas otimizadas pode contribuir para o aumento da produtividade agrícola das culturas, pelo aproveitamento máximo do potencial da área cultivada, além de melhorar a utilização dos insumos, com reflexos positivos nos impactos ambientais decorrentes do uso excessivo destes produtos, contribuindo para a auto-sustentabilidade.

A AP também denominada de *Precision Agriculture*, *Precision Farming*, *Site-Specific Crop Management* tem como principal estratégia aplicar os insumos na quantidade, local e momento corretos, visando às necessidades da produção agrícola, tanto quanto a tecnologia e os custos envolvidos o permitam (MANZATTO et al., 1999 apud TSCHIEDEL, 2002).

Segundo Batchelor et al. (1997), a AP é uma filosofia de manejo da fazenda que possibilita aos produtores serem capazes de identificar as variabilidades dentro das lavouras e, então, manejá-la para aumentar a produtividade e os lucros; mas também é considerada por muitos autores como um sistema de gerenciamento da produção (BALASTREIRE, 1998; HAN et al., 1994; SEARCY, 1995 apud LEAL, 2002) e uma estratégia de gestão, que utiliza tecnologias de informação para levantar dados de várias fontes para embasar as decisões associadas com a produção da cultura (NRC, 1997), que oferece uma alternativa para aumentar a eficiência dos insumos sobre os métodos de produção padronizados. Essas alternativas são favorecidas através da aquisição de informações sobre a variabilidade espacial dentro da área de produção e, em seguida, do uso dessas informações para orientar as entradas nos locais da variabilidade (KHANNA et al., 2000).

Tschiedel (2002) lembra que o tratamento correto dos dados pela AP é essencial para o sucesso do sistema. Com isso, destaca-se a importância dos sistemas de informações geográficas, que são essenciais para o processamento de dados georreferenciados e para a apresentação gráfica dos mesmos, pelo fato de permitir que diferentes parâmetros, do mesmo local, sejam

armazenados, visualizados e processados em diferentes camadas (PEDERSEN, 1994), podendo ser analisados conjuntamente com outros dados como solos, modelos digitais de elevação e restrições, para se modelar cenários futuros e avaliar a efetividade do manejo monitorado para cada área (LAMPARELLI et al., 2001). Estes programas computacionais também disponibilizam em seu pacote análises estatísticas completas e a análise da dependência espacial dos dados

Krige (1966) relata que a presença de dependência espacial requer o uso de um tipo de estatística chamada geoestatística. Segundo o autor, ela surgiu na África do Sul, quando trabalhava com dados de concentração de ouro, onde concluiu que não conseguiria encontrar sentido nas variâncias, se não levasse em consideração a distância entre as amostras. A geoestatística aplicada à Agricultura de Precisão tem por objetivo identificar, na aparente desordem entre as amostras, a medida de correlação espacial, realizar estimativas de valores em locais não amostrados, a partir de alguns valores conhecidos na população (krigagem), e identificar inter-relações de propriedades no espaço (análise de correlação entre atributos), além de permitir estudar padrões de amostragem adequados (VIEIRA, 2000).

A AP foi, por muitas vezes definida somente pelas tecnologias que permitem a sua realização, como o GPS (Sistema de Posicionamento Global) e os sistemas de dose variável; entretanto, além destas, compreende o uso de geotecnologias como sistemas informatizados de coleta de dados, sensores locais, orbitais e não-orbitais, programas para tratamento e mapeamento de dados e sistemas eletrônicos de acionamento e controle de máquinas agrícolas (LAMPARELLI et al., 2001), compostos de micro-controladores, sensores e atuadores acoplados às máquinas agrícolas (CLARK E MCGUCKIN, 1996).

Segundo Leal (2008), a acurácia do sistema para aplicações de taxa variável depende de vários fatores, dentre eles: configuração do sistema GPS no momento do posicionamento; frequência do sinal GPS utilizado para o posicionamento (L1, L2 ou C/A); configuração do receptor GPS, como taxa de aquisição, máscara de elevação, etc; interferência do multicaminhamento no sinal GPS; método utilizado para a correção diferencial (satélite, rádio, pós-processado). O GNSS engloba os sistemas de navegação americano GPS, GLONASS, da Federação Russa, e também o GALILEU, da União Européia.

Os citricultores estão sempre buscando formas de aumentar os lucros através da maximização de produtividade, e ao mesmo tempo reduzir os custos de produção pela melhoria da gestão de insumos. Por outro lado, estão cada vez mais ambientalmente conscientes e, como

resultado da gestão de insumos, preferem implementar práticas ambientalmente mais amigáveis (SEVIER E LEE, 2003).

Segundo Plant (2001), há três critérios que devem ser avaliados a fim de justificar o investimento e adoção de técnicas da AP na citricultura. Em primeiro lugar, deve haver um nível significativo de variabilidade no pomar, que chega a afetar o rendimento da cultura. Em segundo lugar, essa variabilidade deve ser identificada e quantificada. Por fim, a variabilidade medida deve ser manejada pela modificação das práticas de produção e estratégias para aumentar lucros e reduzir os impactos ambientais.

Os primeiros estudos com AP em citros investigaram a influência das variabilidades espacial e temporal da produção. Nestes estudos, Batchelor e Reed (1918) perceberam que a alta variabilidade espacial dos atributos químicos do solo tendia a tornar árvores, mais próximas no espaço, semelhantes na sua capacidade produtiva, mostrando uma tendência de grupos de árvores dispostas em seqüência nas fileiras de plantio ao longo do pomar.

Trabalhos de AP na citricultura têm mais comumente utilizado o mapeamento da produtividade e atributos do solo para a inserção dessas práticas nos pomares. Há relatos de estudos que obtiveram mapas de produtividade georreferenciando containeres de produção (WHITNEY et al., 1998), definiram zonas de gerenciamento em talhões a partir do monitoramento da produtividade (HORROM, 2000), identificaram variabilidade espaço-temporal da produção (PARISE, 2004), obtiveram mapas de produtividade e tamanhos de frutos (FARIAS et al., 2003), identificaram a variabilidade dos teores dos nutrientes encontrados no solo dos pomares (SOUZA et al., 1997). Estes estudos indicam a existência da correlação espacial nas variáveis que afetam a produtividade nos pomares de citros.

Assim como em outras culturas, em áreas de citros, a implantação da AP implica em algumas considerações, pois se trata de um ciclo de tarefas que tem como início o mapa de produtividade, por representar a informação mais completa na visualização da variabilidade espacial das lavouras, materializando a resposta da cultura (MOLIN E MASCARIN, 2007).

2.2.1 Mapeamento de Produtividade

A correta geração e interpretação de dados referentes à variabilidade espacial das lavouras é a etapa mais trabalhosa e mais importante do processo de implantação da AP, sempre visando à busca dos responsáveis pela variabilidade e visando a sua intervenção quando viável, ou a convivência quando esses fatores não permitem intervenção prática e econômica (MOLIN, 2000).

Segundo Mascarin (2006), a colheita manual é atualmente realizada na quase totalidade das propriedades citrícolas nacionais, o que permite a seleção qualitativa dos frutos removidos das plantas, assim como na Espanha, que tem sua produção destinada ao consumo *in natura* (JUSTE et al., 1991), e no estado norte-americano da Flórida (ROKA E LONGWORTH, 2001).

Um dos primeiros trabalhos para o mapeamento da produtividade de laranja foi realizado por Whitney et al. (1998), Miller e Whitney (1998), seguido por Horrom (2000). Os métodos utilizados mostraram-se adequados para as condições em que foram propostos, porém com limitações. No Brasil, Balastreire et al. (2002) também obtiveram mapas de produtividade utilizando técnicas diferenciadas e que exigiram adaptações e mudanças na prática da operação de colheita.

Molin e Mascarin (2007) obtiveram resultados válidos quando geraram mapas de produtividades para uma lavoura de citros, desenvolvendo um método não intrusivo, seguindo o processo vigente de colheita, em que as frutas colhidas em uma área específica são depositadas em sacolões (*big bag*) que têm posições georreferenciadas. Os autores identificaram regiões de alta e baixa produtividade, demonstrando a não uniformidade e a necessidade de tratamentos diferenciados dentro da lavoura.

No mapeamento da produtividade, o primeiro componente é o componente humano, que envolve a colheita dos frutos das árvores que são colocados em sacolões. A segunda parte é a operação mecanizada do carregamento e transporte dos sacolões até o compartimento de remessa para a indústria (WHITNEY E HARRELL, 1989).

Os métodos para mapeamento da produtividade em pomares colhidos manualmente na Flórida, segundo Cugati (2005), envolvem fichas perfuradas com a produtividade estimada e horas trabalhadas para cada operador e sacolão colhido. Segundo o autor, esses métodos possibilitam erros humanos, devido à dependência de entrada de dados pelos operadores. A fim de minimizar esta possibilidade, Tumbo et al. (2002) desenvolveram pesquisas com mapeamento

da produtividade de citros baseado em um sistema automático com sensores montados em um caminhão de carregamento e transporte, com o objetivo de armazenar a posição georreferenciada por GPS e dados de peso dos sacolões da colheita.

Schueller et al. (1999) relatam que, sob desigualdade de produção em pomares de citros, o aproveitamento dos insumos aplicados uniformemente torna-se ineficiente em algumas áreas. O desperdício e a contaminação do meio ambiente podem ser incrementados nessas condições.

2.2.2 Mapeamento da fertilidade do solo

Tradicionalmente, as técnicas estatísticas empregadas na agricultura pressupõem estacionaridade e independência dos dados de atributos do solo. Entretanto, essas propriedades podem apresentar dependência espacial em escalas que variam da ordem de poucas moléculas a alguns quilômetros (WHITE et al. 1997; CASTRIGNANO et al., 2000; YANG et al., 2001 apud CERRI, 2001).

A variabilidade das propriedades do solo tem sido abordada por vários autores que atribuem a diversos fatores, como as características do material de origem e os fatores de sua formação. Peck e Melsted (1973) encontraram amplitude entre valores de pH variando de 5,5 a 8,0, quando amostraram duas áreas de 16,2 ha utilizando uma grade sistemática de 25,2 x 25,2 metros que tiveram valores médio de 6,6 e 6,2 para as duas áreas.

Miranda et al. (2005) afirmaram que a variabilidade das características de uma área é capaz de influenciar fatores de produção ligados à disponibilidade de nutrientes. Uma vez constatada a variabilidade espacial destes fatores e da produtividade das culturas, a localização das regiões de alto e baixo potencial produtivo pode trazer benefício pela adoção de estratégia de manejo localizado.

A produção vegetal intensiva requer fornecimento regular e balanceado de nutrientes. Desequilíbrios externos no fornecimento de nutrientes levam as plantas a sofrerem estresses metabólicos danosos ao seu desenvolvimento, causando sintomas de deficiência ou de excesso, que podem causar perda de produção e qualidade. A partir de critérios ajustados de amostragem, a análise química de plantas é uma ferramenta essencial para a avaliação do balanceamento de nutrientes (Bataglia, 2005). A partir dessas constatações deve ser conduzida a adubação.

Considerando que o custo dos insumos contribui, em média, com 30% do custo de produção e os fertilizantes com 13% desse custo na cultura do citros (AGRIANUAL, 2008), a otimização da eficiência nutricional é fundamental para melhorar a produtividade e reduzir o custo de produção.

2.2.3 Aplicação localizada de insumos

Os distribuidores nacionais de fertilizantes sólidos se agrupam quanto à fonte de potência, tipo de mecanismo dosador e tipo de mecanismo distribuidor. Quanto ao acionamento de seus órgãos ativos, os distribuidores dividem-se entre tracionado por animal, tracionados pela barra de tração ou montados no engate de três pontos do sistema hidráulico, ambos ligados à tomada de potência do trator ou auto-propelidos (caminhões aplicadores). Os mecanismos dosadores podem ser gravitacionais, que controlam o fluxo vertical do produto do reservatório pela abertura de um orifício, ou volumétrico, que através de uma esteira ou correia transportadora retiram o produto do reservatório com vazão controlada por uma lâmina raspadora de altura regulável. A distribuição do produto pode ser realizada por queda livre, quando o produto já dosado é depositado diretamente em linhas sobre o solo; por aplicação a lanço pela força centrífuga, quando se utiliza de discos horizontais com aletas para o lançamento radial do produto ou movimento pendular por um tubo que oscila horizontalmente; e ainda, pneumaticamente, quando os grânulos do fertilizante depois de dosados são introduzidos em canais, onde o ar é soprado em alta velocidade.

Segundo Balastreire et al. (2000), é possível se fazer aplicações localizadas de insumos através da construção de equipamentos alternativos e, neste caso, incluem um DGPS, um monitor ou *notebook*, um arquivo de controle gerado a partir do mapa de prescrição, uma interface de comunicação entre o *notebook* e o controlador, e os atuadores que acionam os dosadores de insumos. No caso de produtos sólidos, a sua vazão pode ser regulada por motores hidráulicos acoplados ao sistema dosador das máquinas de distribuição a lanço, comumente empregadas nesta operação em pomares.

Cugati (2005) afirma que novos sistemas de dosagem ligados a tecnologia de aplicação em taxas variadas (*VRT – Variable Rate Technology*) podem operar em qualquer mapa-base ou em aplicações em tempo real. Estes sistemas são projetados para aceitar entradas de receptores GPS e sensores de presença ou tamanho de planta.

A aplicação de fertilizantes sólidos em taxa variável é atualmente estudada para uso em pomares (NIEDERHOLZER, 2007). Zaman et al. (2006) correlacionaram o volume de copa das plantas de citros com a produtividade. Os autores relatam que, a partir do mapeamento do volume da copa da planta e aplicação em dose variável de fertilizantes em um pomar comercial, a quantidade a ser aplicada de N e K foi reduzida em 38%, evitando provocar a falta do nutriente disponível para a planta. Para isto, são necessárias melhorias na capacidade de processamento e resposta do equipamento utilizado, para se garantir acurácia na adubação localizada (SHUMANN et al., 2006).

Miller et al. (2004) mostraram que diversos componentes podem contribuir para o atraso no tempo de resposta da mudança das doses do sistema de aplicação em taxa variada, como os sensores, controle e sistema hidráulico, componentes mecânicos, tempo de caída do produto da esteira para o mecanismo distribuidor, e deste pro solo.

Schumann et al. (2006), em experimentos de aplicações em taxa variável em função do volume da copa da planta no estado norte-americano da Flórida, determinaram que para essa aplicação o tempo de resposta para mudança de doses precisa ser menor que 1 segundo e que para zonas de doses maiores seria aceitável até 4 segundos.

A variabilidade espacial na produtividade do citros verificada por Schueller et al. (1999), Whitney et al. (2000 e 2001) e Molin e Mascarin (2007), e a economia de insumos, levantada por Zaman et al. (2006), fortalecem o conceito da utilização de práticas de AP para o gerenciamento localizado dos pomares. Com isso, torna-se evidente a importância do desenvolvimento e execução de pesquisas para o aprimoramento das práticas utilizadas nesta cultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho teve início em junho de 2008 com as atividades de coleta de dados a campo, nas áreas experimentais de propriedade da Citrusuco Paulista (Grupo Fischer). Duas safras agrícolas (2008/2009 e 2009/2010) dos pomares foram acompanhadas, envolvendo as operações de amostragens de solo e folha, colheita e adubações.

3.1 Delimitação das áreas experimentais

As áreas experimentais estão localizadas na Fazenda Quatirmãs, no município de Botucatu-SP, de coordenadas geográficas 22°57'26,35"S 48°39'2,9"O (sede), e constam de dois talhões de 25,7 hectares cada um. A variedade cultivada nas áreas é a Rubi, que é identificada como precoce na classificação de maturação do fruto. As áreas se diferenciam pelo tipo do solo, altitude, idade e espaçamento das plantas (Tabela 2).

Tabela 2 - Descrição das áreas experimentais em que o trabalho foi conduzido

Áreas	Altitude média (m)	Solo predominante	Ano de plantio	Espaçamento (m)
1	745	Argiloso	2003	6,8 x 4,0
2	760	Arenoso	2004	7,5 x 3,5

Na Figura 4 estão demonstrados os contornos das áreas experimentais e as linhas referentes às ruas centrais de cada tratamento. As áreas se distanciam em linha reta em aproximadamente 1.400 m; caracterizam-se como áreas de fileiras de plantio bastante sinuosas e espaçamento tradicional diferente da tendência atual, de adensamento dos pomares.

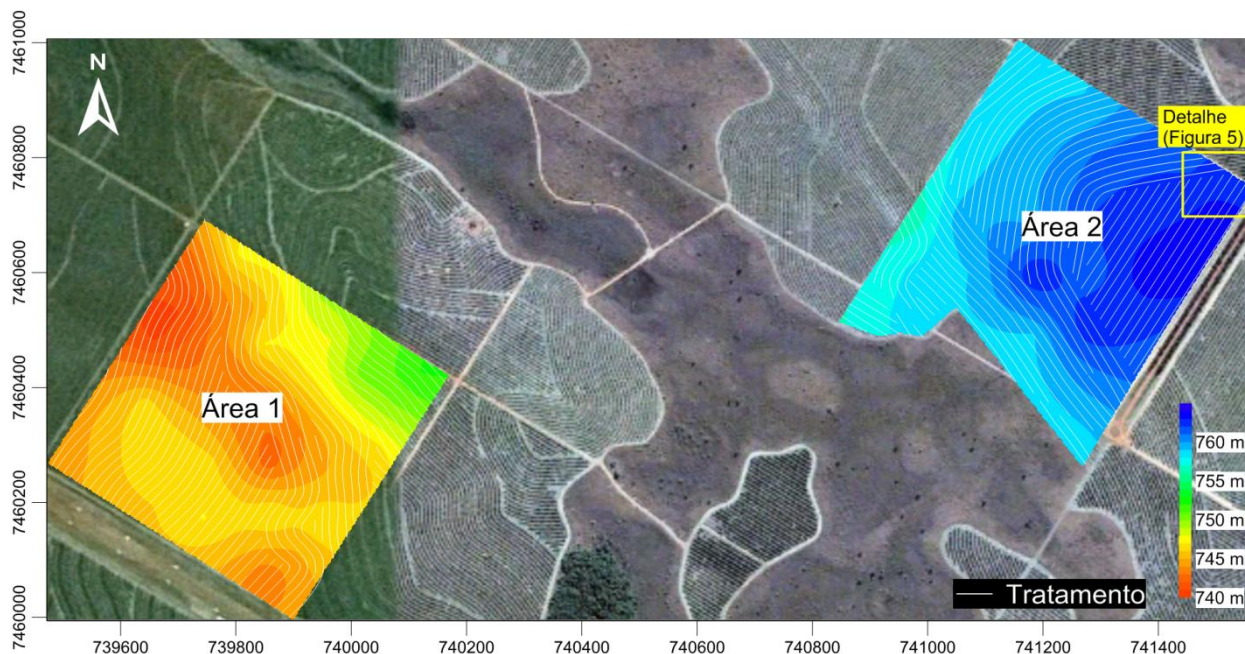


Figura 4 - Disposição espacial das áreas experimentais e mapa altimétrico

3.2 Delimitação dos tratamentos

Os tratamentos se diferiram quanto ao manejo das adubações sólidas de calcário, nitrogênio, fósforo e potássio, constando, cada tratamento, de um par de fileiras vizinhas de plantas. O tratamento proposto, denominado de “Dose Variável”, consistiu de um manejo utilizando ferramentas de AP, sendo as recomendações de adubação baseada em amostragens georreferenciadas de solo e folhas. O tratamento testemunha, denominado de “Dose Fixa”, é o manejo tradicionalmente utilizado pela fazenda. Os tratamentos se intercalam nas áreas (Figura 5) e ambos continuaram a receber aplicações comuns para o manejo de pragas, plantas daninhas e pulverizações convencionais.

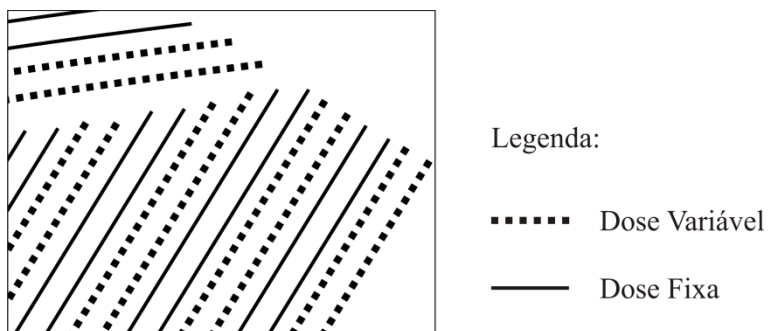


Figura 5 - Detalhe das fileiras de plantas separadas pelos tratamentos DF e DV

3.3 Amostragens compostas georreferenciadas

No primeiro ano, foram retiradas amostras de solo utilizando três padrões e densidades diferentes, para serem levantados os teores dos atributos químicos do solo na região de aplicação de fertilizantes, nas profundidades de 0-0,2 m (padrão A) e 0,2-0,4 m (padrão C) e no centro da rua até 0,2 m (padrão B). No segundo ano, foram retiradas amostras somente na faixa de adubação na profundidade de 0-0,2 m (padrão A). Os padrões de amostragem, assim como as densidades de amostras para cada padrão nas áreas, no primeiro e segundo ano estão organizados na Tabela 3. As amostragens de solo no primeiro ano respeitaram a grade amostral pré-definida, que foi ajustada à rua intermediária aos tratamentos no segundo ano de coleta (Figura 6).

Tabela 3 - Padrões, densidades e totais de amostras retiradas em cada área nos dois anos

Ano	Padrão de amostragem ¹	Densidade (amostra ha ⁻¹)	Total de amostras
1	A	2	50
	B	1	25
	C	1	25
2	A	2	100*

¹ A) amostragem no perfil de 0 - 0,20 m na faixa de adubação; B) amostragem no perfil de 0 - 0,20 m no centro da rua; C) amostragem no perfil de 0,20 - 0,40 m na faixa de adubação

*número de amostras somados os tratamentos DF e DV

O número de amostras no segundo ano dobrou em consequência de já estarem estabelecidos os dois tratamentos e, portanto, em cada ponto da grade amostral foram retiradas duas amostras, uma de cada tratamento.

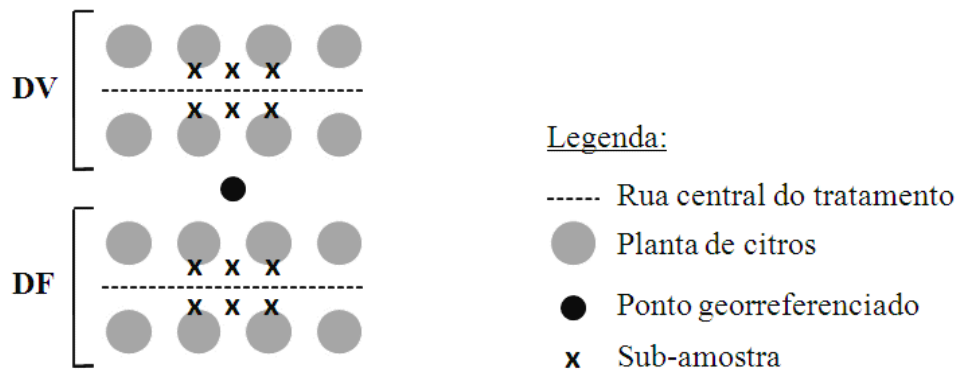


Figura 6 - Esquema do padrão de sub-amostras de solo no segundo ano para o tratamento proposto em dose variável (DV) e manejo da fazenda em dose fixa (DF)

O percurso até os pontos foi feito utilizando-se um aparelho receptor de sinal GPS modelo Garmin Vista Cx (Figura 7a). No primeiro ano, as amostras de profundidade 0-0,2 m (padrões A e C) foram compostas por 5 sub-amostras, retiradas com um quadriciclo 4x4 equipado com um mecanismo amostrador de solo de broca de rosca (Figura 7b), e no ano seguinte as amostras foram retiradas manualmente com o auxílio de um trado holandês (Figura 7c), com 6 sub-amostras para cada amostra em cada tratamento. As amostras de solo e folha foram encaminhadas ao laboratório para serem analisadas quimicamente, seguindo o padrão do Instituto Agrônomo de Campinas.



Figura 7 - Receptor GPS (a), quadriciclo usado na amostragem de solo mecanizada (b) e amostragem de solo manual com auxílio de trado holandês (c)

3.4 Intervenções com adubações em doses variadas

O tratamento proposto recebeu intervenções com calcário na correção do solo, adubações de fósforo e potássio nas duas safras e nitrogênio somente no segundo ano. Para calcário utilizou-se a adubadora própria da fazenda, modelo DC 5500, marca Tatu-Marchesan (Figura 8a), com aplicações realizadas com base em mapa de recomendação impresso e receptor GPS. Para as fertilizações foi utilizado um protótipo de adubadora de arrasto com dosador volumétrico de duas esteiras independentes com comportas ajustáveis (Máquinas Agrícolas Jacto S.A.) (Figura 8b). Nas ruas intermediárias dos tratamentos, a máquina foi configurada para aplicar somente em um dos seus lados. Para as intervenções no tratamento da fazenda (DF), utilizou-se a mesma máquina do calcário.

O equipamento para adubação possui dois sistemas dosadores de esteiras e comportas acionadas hidráulicamente, comandadas por um monitor conectado a um receptor de GPS (Figura 9). O mapa de aplicação fornece ao equipamento informações das doses recomendadas e o mesmo monitor calcula as doses efetivamente aplicadas.

A partir das análises de solo e folha (no segundo ano), foram calculadas as doses elementares de nitrogênio, fósforo, potássio e calcário para cada tratamento nas duas áreas. As doses aplicadas de calcário foram calculadas pela Equação 1 para a elevação da saturação de bases para 70%, que é o valor recomendado para a cultura (RAIJ et al., 1997). Os outros nutrientes foram calculados segundo Quaggio et al. (1997), que fornecem uma tabela com recomendações de quantidades separadas por faixas de produtividade esperada e teores encontrados nas análises de solo e folha (Tabela 4).

$$\frac{(V2 - V1) \times CTC}{PRNT \times 10} \quad (1)$$

sendo:

NC = necessidade de calcário, em t ha⁻¹;

V1 = saturação por bases atual do solo, da camada arável de 0 a 20 cm, %;

V2 = saturação por bases recomendada para os citros, cujo valor é 70%;

CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7,0, em mmol_c dm⁻³;

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.



Figura 8 - Máquina adubadora utilizada nas aplicações em dose fixa (a) e máquina adubadora protótipo (b) utilizada na aplicação de doses variadas de fertilizante sólido

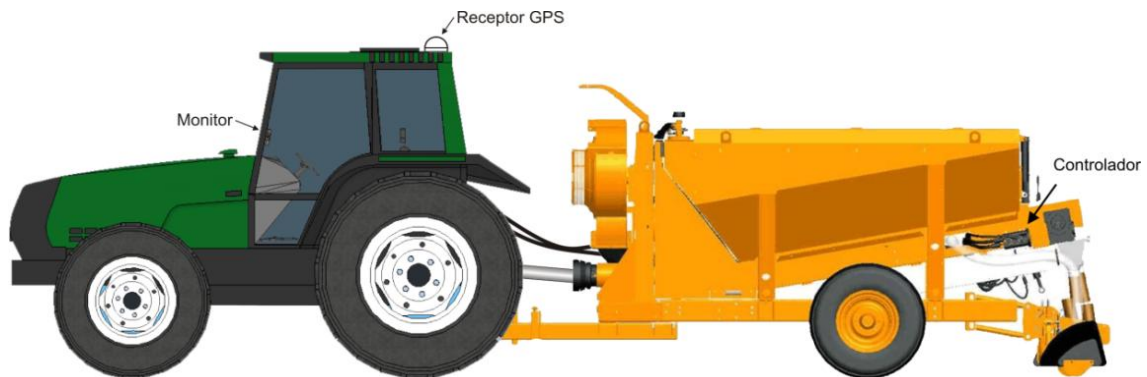


Figura 9 - Conjunto equipado para aplicação em doses variadas de fertilizante sólido

Tabela 4 - Recomendações para nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) para adubação de laranjas destinadas à indústria, adaptado de Quaggio et al. (2005)

Classes de produção t ha ⁻¹	N folhas, g kg ⁻¹			P-resina, mg dm ⁻³				K trocável, mmol _c dm ⁻³			
	<23	23-27	>27	<5	6-12	13-30	>30	<0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
	N			-	P ₂ O ₅			-	K ₂ O (kg ha ⁻¹)		
<15	100	70	60	60	40	20	0	60	40	20	0
16-20	120	80	70	80	60	40	0	80	60	40	0
21-30	140	120	90	100	80	60	0	120	100	60	0
31-40	200	160	130	120	100	80	0	140	120	80	40
42-50	220	200	160	140	120	100	0	180	140	100	50
>50	240	220	180	160	140	120	0	200	160	120	60

As recomendações seguiram o padrão da fazenda quanto ao parcelamento das doses durante o período de adubação na mesma época entre tratamentos, parcelando as doses de nitrogênio e potássio em três parcelas, sendo o fósforo aplicado em uma única parcela. Foram utilizados como fonte dos nutrientes o nitrato de amônia, o superfosfato simples e cloreto de potássio.

A fim de se encontrar as quantidades de elemento a serem aplicados para valores intermediários de cada faixa de teor do nutriente no solo ou folha, foram estabelecidas regressões lineares com os valores das tabelas para cada classe de produção. Com isso, uma equação foi gerada, para cada nutriente e produtividade esperada, e usada para os cálculos de adubações (Tabela 5).

Tabela 5 - Cálculo das quantidades para adubação de N, P e K em relação à produtividade esperada

Classes de produção	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg ha ⁻¹		
<15	-10x + 326,6	-2,211y + 66,21	-24,23z + 73,31
16-20	-12,5x + 402,5	-2,9y + 92,48	-31,53z + 101,3
21-30	-12,5x + 429,1	-3,588y + 118,7	-49,21z + 157,9
31-40	-17,5x + 600,8	-4,277y + 145,0	-41,91z + 169,9
42-50	-15x + 568,3	-4,966y + 171,3	-52,11z + 210,6
>50	-15x + 588,3	-5,654y + 197,6	-55,76z + 234,6

Nota: x – teor de N nas folhas (g/kg); y – valor de P da análise do solo (mg dm⁻³); z – valor de K da análise de solo (mmol_c dm⁻³).

3.5 Mapeamento da produtividade

A colheita das duas safras nas áreas do experimento, realizadas de forma manual, foram acompanhadas e registradas. Para isto, adaptou-se o procedimento descrito por Molin e Mascarin (2007), com o qual é possível gerar mapas de produtividades separados para cada tratamento, uma vez que eles ocupam a mesma área, a partir do cálculo da área representativa de cada sacolão de produção, utilizando a menor distância entre eles e a largura da faixa de colheita. Molin et al. (2006) também levantaram dois mapas de produtividade de uma lavoura de 8,64 ha de café, a fim de comparar as influências de tratamentos diferentes em condições de mesmo local.

Optou-se por adaptar o método inicial por se tratarem de áreas cujo plantio foi realizado obedecendo-se as sinuosidades da declividade do terreno, resultando em fileiras curvas de plantas, que poderiam comprometer o resultado dos mapas de produtividade das áreas experimentais. A adaptação consistiu em, além de georreferenciar o sacolão e estimar a sua produtividade por meio de uma régua graduada por volume (Figura 10a), anotar o número de plantas que foram necessárias para preencher o sacolão. Assim, sabendo a área de cada planta (espaçamento entre plantas e linhas), procedeu-se o cálculo da produtividade individual convertida para $t\ ha^{-1}$ (Figura 10b). No primeiro ano, quando os tratamentos ainda não estavam diferenciados, foi confeccionado somente um mapa de produtividade para cada área. Para a segunda colheita, foi necessário separar esses dados de maneira organizada para conseguir representar os dois mapas, um de cada tratamento. Esta etapa foi dividida em duas, a colheita principal (julho/agosto) e a coleta das frutas temporãs (novembro). Com isso, foram somados os mapas interpolados das duas atividades e totalizada a colheita da safra 2009/2010.

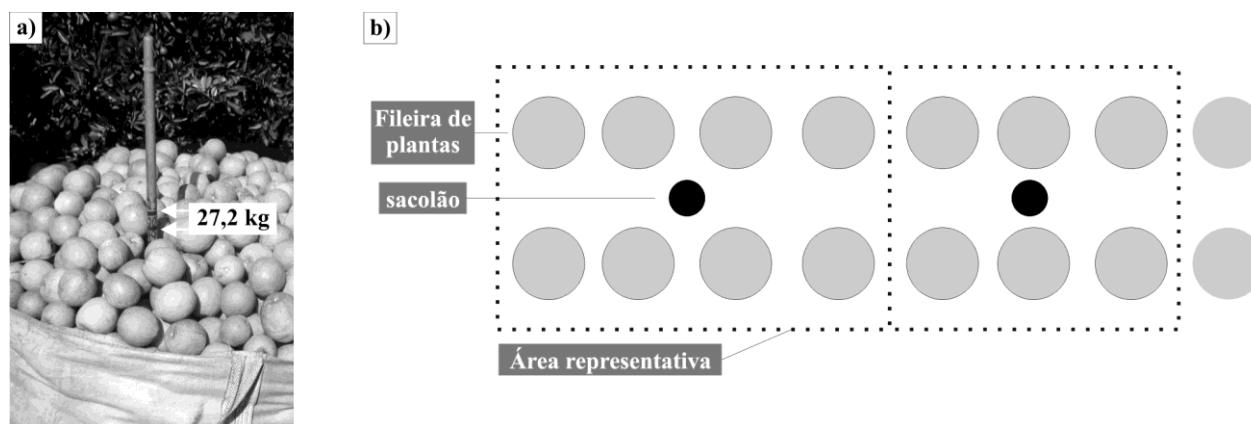


Figura 10 - a) Sacolão de colheita e régua graduada para a estimativa de produção; b) Esquema do método usado para cálculo da produtividade de cada sacolão

3.6 Análise dos dados

Procedeu-se à análise estatística dos dados coletados pelas metodologias de mapeamentos por amostragens para a verificação de seu comportamento quanto às medidas estatísticas de posição e de dispersão, antes de submetê-los à análise geoestatística. Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo programa Excel 2007 (Microsoft®).

Foram realizadas as análises de medidas de posição (média, valores máximo e mínimo) e de dispersão (desvio padrão e variância). Adotou-se a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980) para qualificar a variação de cada variável em função do seu coeficiente de variação (CV), que considera os valores do CV entre 12% e 60% como de média variabilidade e os valores abaixo e acima desse intervalo como de baixa e alta variabilidade, respectivamente.

A análise geoestatística foi realizada pelo programa Vesper 1.6 (Minasny et al., 2002). Submeteram-se à análise geoestatística os atributos ligados às intervenções participantes das análises de solo e folha e as produtividades. De posse dos dados das variáveis mapeadas, foram obtidos os semivariogramas experimentais. A estes semivariogramas experimentais foram ajustados os semivariogramas teóricos. Os semivariogramas teóricos são curvas ajustadas que proporcionam a máxima correlação entre os pontos dos semivariogramas experimentais. Realizou-se a escolha do melhor modelo do semivariograma teórico baseado na minimização da soma dos quadrados dos resíduos, em relação aos pontos do semivariograma experimental. Foram avaliados os modelos de semivariogramas esférico, exponencial, gaussiano e linear.

Também foi calculada a relação entre o efeito pepita e o patamar (C_0/C_0+C) para cada modelo ajustado. Esta relação mede o grau da dependência espacial do atributo amostrado (CAMBARDELLA et al., 1994), sendo que o grau de dependência espacial é classificado como: forte, quando o semivariograma apresentar efeito pepita menor ou igual a 25% do patamar, moderado quando esta relação estiver entre 25 e 75%, e fraco, quando o efeito pepita é superior a 75% do patamar. Assim, quanto menor esta relação, menos o efeito pepita está afetando a dependência espacial dos dados.

Após o ajuste dos semivariogramas teóricos, foram realizadas as interpolações para a geração dos mapas de variáveis de solo e folhas pelo processo de krigagem linear simples e no caso das produtividades, foi utilizado o método do inverso do quadrado das distâncias, supondo-se que, quanto mais próximo estiver um ponto do outro, maior é a correlação entre seus valores.

Os mapas foram elaborados em formato matricial (“raster”) com células de 10 x 10 m e foram georreferenciados no sistema de coordenadas UTM no Datum WGS-84 pelo programa Surfer 9.0 (Golden Software).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variabilidades dos teores dos atributos químico do solo

A Figura 11 mostra a disposição das amostras nas áreas 1 e 2 nas duas safras. Os resultados da análise estatística descritiva dos teores de P e K amostrados no primeiro ano nos diferentes padrões de retirada de amostras encontram-se na Tabela 6.

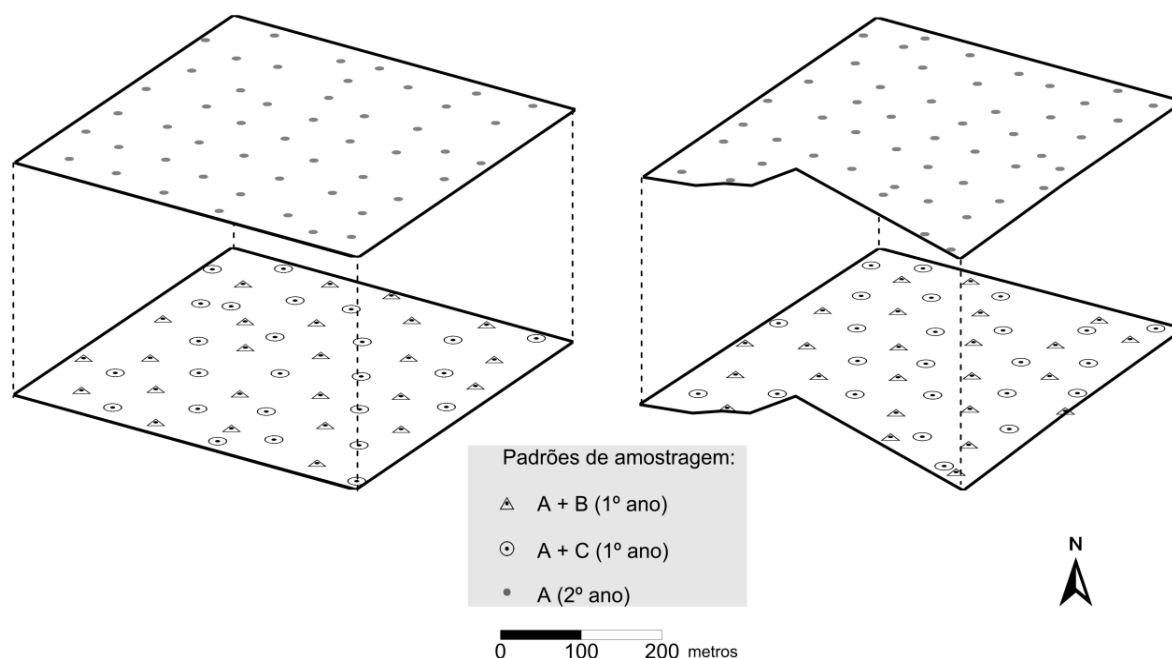


Figura 11 - Grades amostrais do primeiro e segundo ano conforme o padrão de amostragem

De acordo com os limites estabelecidos para os níveis de fertilidade do solo, para a cultura do citros no Estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997), os valores médios dos teores de P e K na camada de 0,0-0,2 m na região de adubação (padrão A) apresentaram-se médio na área 1 e médio e baixo na área 2, respectivamente.

Embora, em geral, a média dos valores das variáveis na região de amostragem na faixa de adubação situa-se nas faixas de fertilidade média, os valores de P apresentaram grande amplitude, com teores que variam de 6 a 59 mg dm⁻³ na área 1, por exemplo. Assim, existem regiões nesta área nas quais os teores de P passam pelos níveis baixo, médio e alto. A variável K apresentou menor amplitude, porém seu maior valor ocorreu na área 1 (padrão A), com teores variando de 1 a 6,7 mmol_c dm⁻³, situando-se na faixa de teores baixos a altos (RAIJ et al., 1997).

Tabela 6 - Classificação dos níveis de fertilidade do solo para citros e análise estatística descritiva dos teores de fósforo (P) e potássio (K) no solo nos padrões de amostragem A, B e C, na safra 2008/2009

Região de amostragem	Área 1						Área 2					
	P			K			P			K		
	mg dm ⁻³			mmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³			mmol _c dm ⁻³		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Média	13,80	8,08	7,08	2,80	1,01	2,66	13,13	5,79	10,33	1,28	1,23	1,06
Desvio padrão	9,06	6,91	1,32	1,38	0,58	1,35	6,54	2,80	4,21	0,67	0,32	0,52
Coefficiente de variação	65,67	85,52	18,65	49,32	57,63	50,82	49,87	48,30	40,73	52,43	26,16	48,85
Variância da amostra	82,12	47,74	1,74	1,91	0,34	1,83	42,84	7,82	17,71	0,45	0,10	0,27
Curtose	12,41	15,53	-0,26	0,71	6,30	1,54	3,15	2,17	1,91	5,23	0,05	1,97
Assimetria	3,08	3,65	0,31	1,12	2,24	1,22	1,40	1,57	1,44	2,14	-0,32	1,39
Amplitude	53,00	35,00	5,00	5,70	2,70	5,30	34,00	10,00	16,00	3,20	1,40	2,10
Mínimo	6,00	3,00	5,00	1,00	0,40	1,00	4,00	3,00	6,00	0,50	0,50	0,50
Máximo	59,00	38,00	10,00	6,70	3,10	6,30	38,00	13,00	22,00	3,70	1,90	2,60
Número de amostras	50	25	25	50	25	25	48	24	24	48	24	24
Classificação	Médio	Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Médio	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

Seguindo os critérios estabelecidos por Wilding e Drees (1983) para a análise dos coeficientes de variação, as variáveis P e K, nas duas áreas, apresentaram elevada variabilidade (CV>35%) em todos os padrões de amostragem, com exceção dos valores de K das amostras retiradas no centro das ruas da área 2. Este comportamento pode estar ligado às fertilizações feitas pela média de uma análise de solo por área, que é o método padronizado pela fazenda.

As análises retiradas no segundo ano (Tabela 7) mostraram níveis médios semelhantes entre tratamentos que se classificam como “médio” para P e K nas duas áreas. A saturação por bases apresentou-se “média” e “baixa” para as áreas 1 e 2, respectivamente. O coeficiente de variação aumentou para o fósforo na área 1, do primeiro para o segundo ano, sendo maior no tratamento DV, mostrando que a adubação feita com essa técnica realmente maneja de forma local os nutrientes.

A distribuição de frequência dos valores de teores de N e K e níveis de V% no solo é apresentada na Figura 12.

Tabela 7 - Análise estatística descritiva dos teores de fósforo (P), potássio (K) e saturação de bases (V%) para o padrão de amostragem “A” nas áreas 1 e 2, para os tratamentos dose fixa (DF) e dose variável (DV), na safra de 2009/2010

Área 1						
Tratamento	P		K		Saturação de bases	
	mg dm ⁻³		mmol _c dm ⁻³		%	
	DF	DV	DF	DV	DF	DV
Média	15,18	15,76	3,66	2,81	63,86	58,37
Desvio padrão	17,80	25,02	1,14	0,93	18,94	17,28
Coefficiente de variação	117,24	158,74	31,23	32,96	29,67	29,60
Variância da amostra	316,72	625,90	1,31	0,86	358,85	298,63
Curtose	36,83	45,12	0,79	7,38	0,24	-0,91
Assimetria	5,69	6,57	0,92	1,99	-0,99	-0,07
Amplitude	128,00	181,00	5,40	5,40	75,59	68,85
Mínimo	2,00	4,00	2,00	1,60	13,92	23,26
Máximo	130,00	185,00	7,40	7,00	89,51	92,11
Número de amostras	50	50	50	50	50	50
Área 2						
Média	16,84	12,00	1,95	1,49	40,63	35,84
Desvio padrão	11,37	8,18	0,56	0,47	14,00	17,04
Coefficiente de variação	67,51	68,16	28,78	31,86	34,45	47,55
Variância da amostra	129,24	66,90	0,32	0,22	196,01	290,40
Curtose	17,88	18,58	-0,04	1,26	0,13	0,48
Assimetria	3,52	3,67	0,63	1,08	0,33	1,09
Amplitude	76,00	54,00	2,40	2,10	65,05	75,85
Mínimo	3,00	3,00	1,10	0,70	16,91	11,04
Máximo	79,00	57,00	3,50	2,80	81,96	86,89
Número de amostras	50	50	50	50	50	50

Para a análise da dependência espacial, os semivariogramas foram obtidos para as variáveis P, K, V% e N foliar para ambas as áreas para os anos 2008 e 2009. Nas Tabelas 8 e 9 são apresentados os parâmetros do efeito pepita, patamar, alcance (m) e o componente estrutural $[C1/(C0+C1)]$, que indica o quanto da variação total dos dados é explicada pela continuidade espacial.

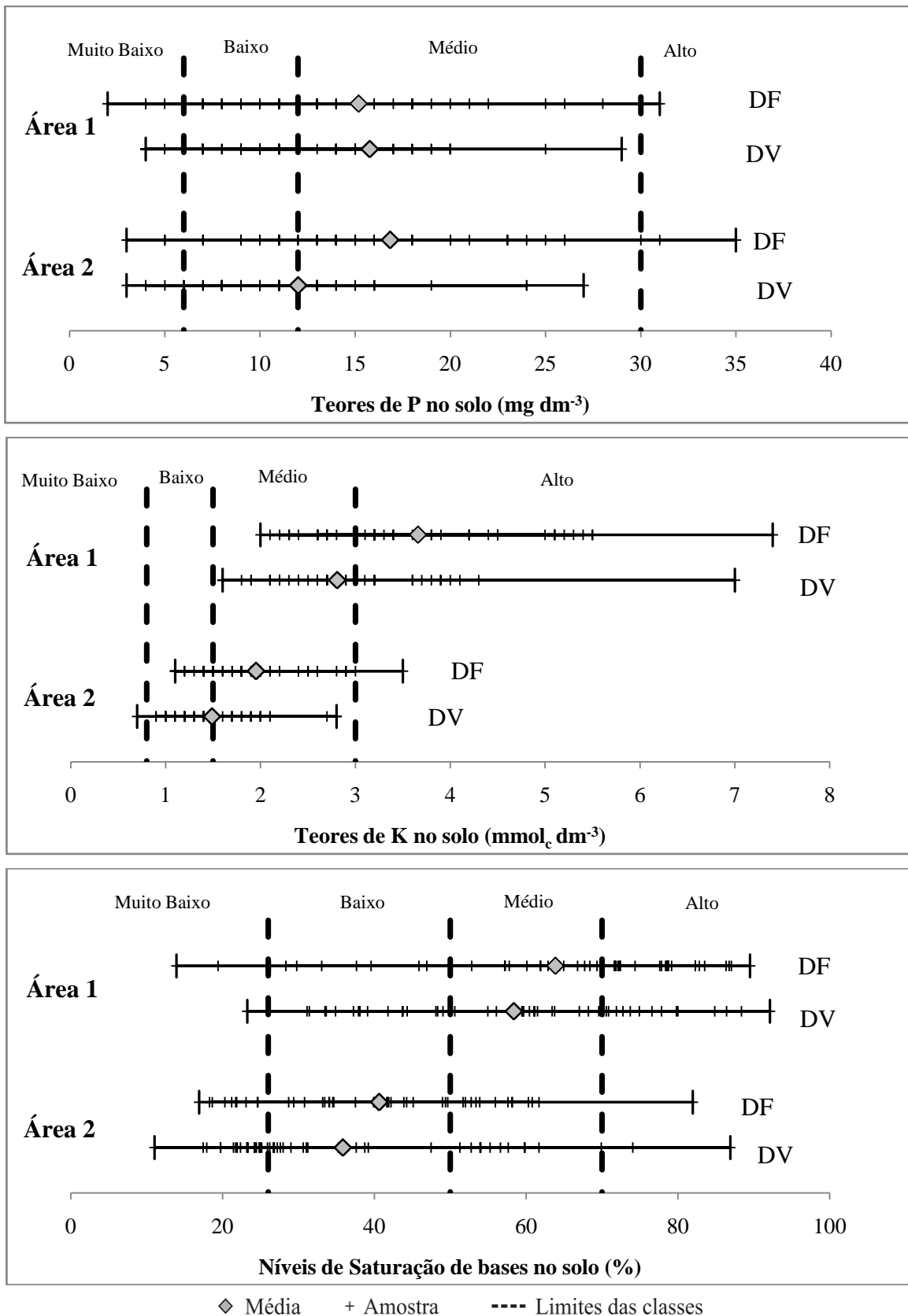


Figura 12 – Classificação dos teores de P, K e níveis de V% no solo segundo Raij et al. (1997)

Apenas os dados de V% obtidos das análises de solo da área 1 em 2009 mostraram dependência espacial alta, considerando as classes criadas por Cambardella et al. (1994) para o componente estrutural. Com exceção deste elemento e do K obtido na área 2 na safra 2009/2010, que teve baixa dependência, os demais elementos apresentaram média dependência baseados espacial.

Tabela 8 - Parâmetros dos semivariogramas dos teores de P, K e V% da amostragem de solo para a geração dos mapas de recomendação da adubação (padrão A) para as áreas 1 e 2, na safra 2008/2009

	Área 1			Área 2		
	P	K	V%	P	K	V%
Modelo	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico
Efeito Pepita (C0)	32,23	7,82E-03	112,5	24,73	1,13E-03	116,2
Patamar (C1)	57,8	1,31E-02	59,89	9,58	6,71E-04	82,91
Alcance (A)	402,3	163	339,5	161,7	152,6	163,2
C1 / (C0+C1)	0,64	0,63	0,35	0,28	0,37	0,42

Tabela 9 - Parâmetros dos semivariogramas dos teores de P, K e V% da amostragem de solo e nitrogênio foliar utilizados para a geração dos mapas de recomendação da adubação no tratamento DV para as áreas 1 e 2, na safra 2009/2010

	Área 1			Área 2			Nitrogênio Foliar	
	P	K	V%	P	K	V%	Área 1	Área 2
Modelo	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico
Efeito Pepita (C0)	342,3	5,10E-03	93,06	41,38	1,77E-03	101,2	1,81E-02	2,13E-02
Patamar (C1)	3,36E+02	3,76E-03	295,2	31,18	2,29E-04	92,14	1,81E-02	7,84E-03
Alcance (A)	94,18	191,3	471,1	192,1	314,9	352,5	427,5	242,7
C1 / (C0+C1)	0,50	0,42	0,76	0,43	0,11	0,48	0,50	0,27

O alcance mínimo observado (94,2 m) para o teor de fósforo na área 1 no ano de 2009 indica que a densidade amostral empregada foi adequada para a captação da dependência espacial de todos os elementos de interesse.

Os parâmetros foram utilizados no processo de krigagem, gerando os mapas interpolados para as variáveis P, K e V% usadas no cálculo das adubações para o tratamento em dose variável.

Os mapas interpolados, que serviram para o cálculo da recomendação de adubação de fósforo e potássio no tratamento “Dose Variável”, estão apresentados na Figura 13. Estas apresentam classes de teores dos atributos desde muito baixo até muito alto, seguindo a recomendação de RAIJ et al. (1997). Observa-se a variabilidade dos teores nas duas áreas, o que

permite o manejo localizado dos insumos. Na área 1, no primeiro ano, o K e P apresentam maior concentração de zonas de teores entre médio e alto, decrescendo para índices menores em profundidade (0,20 – 0,40 m) e ainda menores no centro das ruas. Na área 2, o potássio apresenta menores concentrações em profundidade, variando de muito baixo a médio, que nas amostragens de 0 – 0,20 m e fósforo em muito baixas concentrações no mapa do padrão de amostragem no centro da rua. As aplicações nestas áreas foram feitas de maneira localizada, na faixa de adubação, sob a sombra das copas. Este fator pode ser decisivo na análise dos diferentes padrões de amostragem, sendo que era esperado encontrar maiores níveis de nutrientes neste local.

A saturação de bases e magnésio apresentou mapas homogêneos para a área 1, com zonas semelhantes entre os padrões de amostragem. A causa pode ser a aplicação de calcário realizada comumente em área total. Na área 2, o fato de ocorrerem maiores concentrações destes elementos no centro da rua que nos outros dois padrões de amostragem pode indicar uma aplicação anterior feita de maneira irregular ou com sub doses, por haverem mais zonas de baixa e muito baixa concentração nos mapas dos padrões de amostragem “A”.

As Figuras 13 e 14 mostram a evolução dos teores de P, K e V% onde se evidencia a variabilidade destes elementos nas áreas nos dois tratamentos na primeira e segunda safra. Na maioria dos mapas, os elementos aumentaram os teores visivelmente apresentando pouca diferença entre os tratamentos no segundo ano. Percebem-se maiores manchas de altos teores nos mapas de potássio do tratamento de adubações em dose fixa, quando comparado com o tratamento dose variável para as duas áreas.

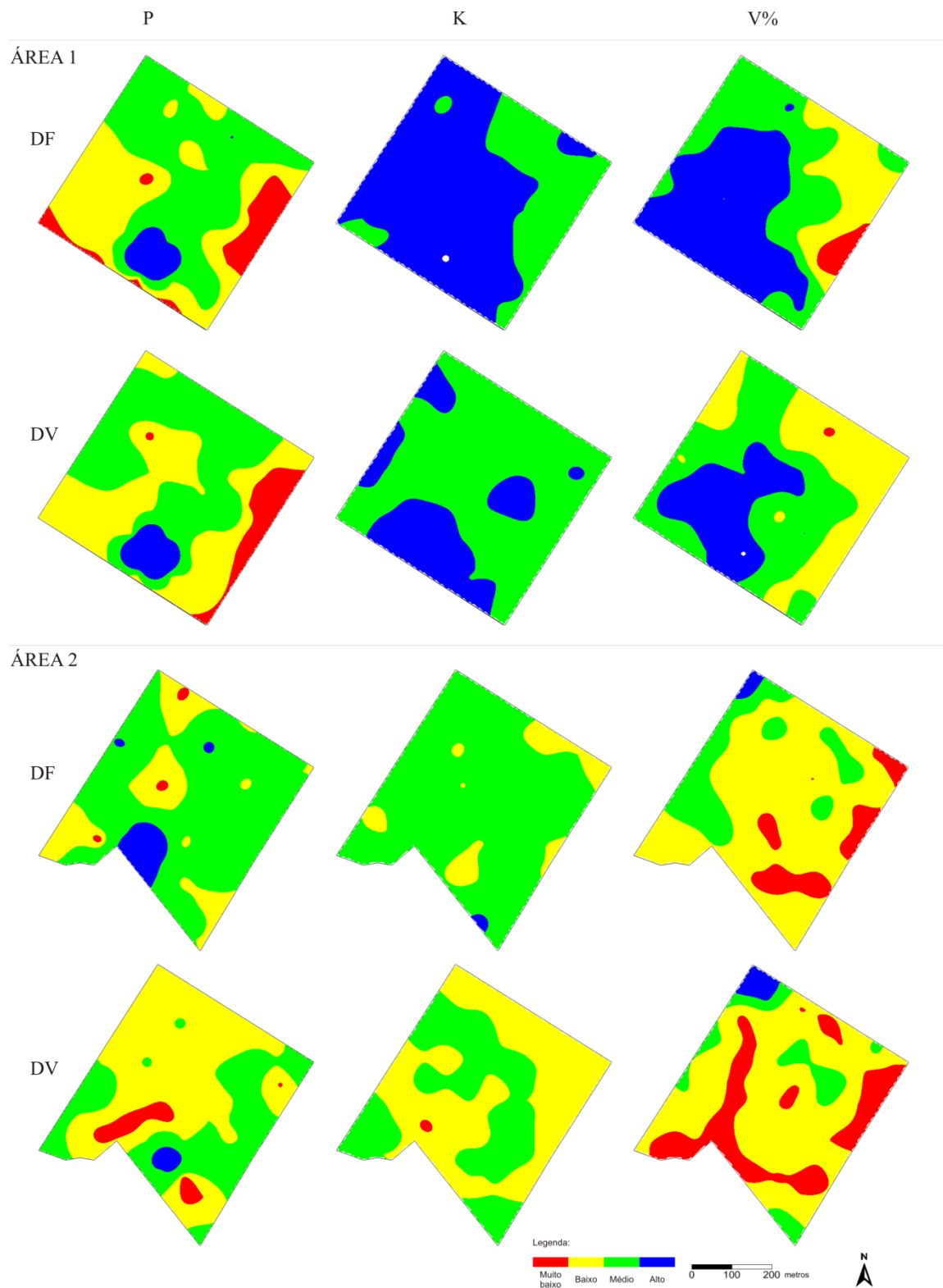


Figura 14 - Mapas interpolados de teores P, K e V% no solo para os tratamentos dose fixa (DF) e variável (DV) para as áreas 1 e 2, na safra 2009/2010

4.2 Intervenções em doses variáveis

Os mapas de recomendação de aplicação de calcário no tratamento em dose variável das áreas nas duas safras são apresentados na Figura 15. Para mais da metade da área 1, as análises de solo demonstraram a não necessidade de aplicação de calcário na primeira safra e, nos locais com alguma necessidade, foram aplicados somente nas fileiras de plantas do tratamento DV. Na segunda safra, o mapa demonstrou a necessidade de aplicação em pouco mais de 50% da área. Na área 2, a maior parte da lavoura recebeu o produto, havendo a predominância de maiores doses necessárias na segunda safra.

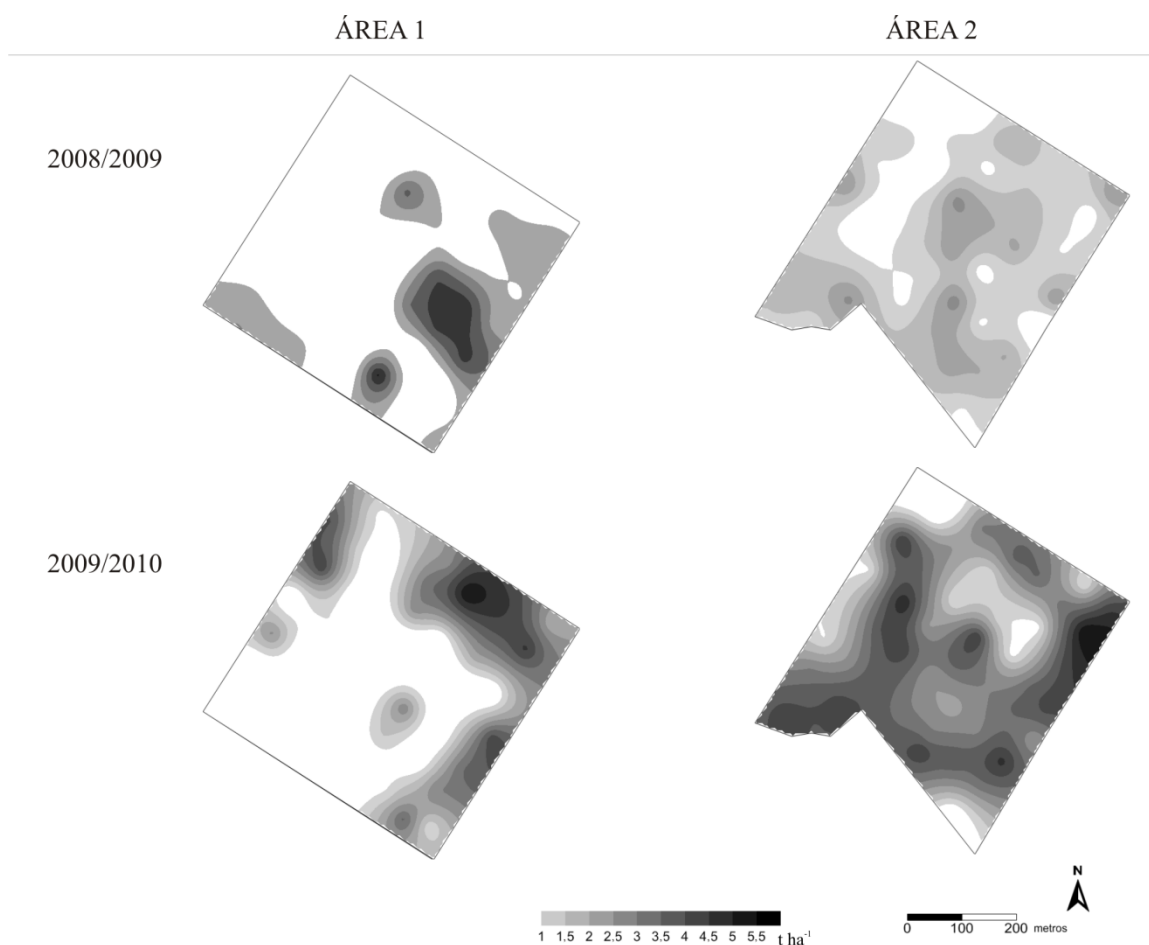


Figura 15 - Mapas de recomendação de calcário em doses variáveis para as duas áreas, nas safras 2008/2009 e 2009/2010

Os mapas de recomendação para aplicação do fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O), para as duas safras e nitrogênio (N), na segunda safra, são mostrados na Figura 16. São apresentadas as

quantidades totais recomendadas, em kg ha^{-1} , somadas às respectivas parcelas. Os parcelamentos seguiram a recomendação de uma aplicação única de super simples e três parcelamentos de nitrato de amônio e cloreto de potássio e em diferentes épocas de aplicação.

A necessidade de nitrogênio foi maior na área 1, variando de 86 a 251 kg ha^{-1} (média de 152 kg ha^{-1}), e na área 2 as doses variaram entre de 57 a 162 kg ha^{-1} (média de 102 kg ha^{-1}). Em ambos os talhões, houve a necessidade de aumento dos teores de fósforo e as maiores doses requeridas nas áreas 1 e 2, respectivamente, da safra 2008/2009 para a seguinte passaram de 127 para 156 kg ha^{-1} e de 69 para 152 kg ha^{-1} . Assim, percebeu-se uma maior homogeneidade da primeira para a segunda safra, quanto à necessidade deste elemento na área 1.

As quantidades totais de calcário e elementos aplicadas nas duas intervenções, somadas as três parcelas de nitrogênio e potássio, a aplicação única de fósforo para o tratamento dose variável e as quantidades dos adubos formulados, convertidas para elementos nas aplicações do tratamento dose fixa, são apresentadas na Tabela 10.

O potássio, na área 1, mostrou impacto nas quantidades totais aplicadas, quando identificada a não necessidade de aplicação em mais de 40% da área na primeira safra. Suas doses médias necessárias baseadas nas amostragens também foram aumentadas de 32 para 78 kg ha^{-1} , na área 1, e 49 para 115 kg ha^{-1} , na segunda safra na área 2.

Tabela 10 - Quantidades totais (kg) de calcário, N, P e K aplicados nos tratamentos DF e DV para as áreas 1 e 2, nas safras 2008/2009 e 2009/2010

Aplicação	Área 1				Área 2			
	2008/2009		2009/2010		2008/2009		2009/2010	
	DV	DF	DV	DF	DV	DF	DV	DF
Calcário	11.800	18.750	10.000	20.000	21.900	25.000	11.000	13.000
N	-	-	2.210	4.578	-	-	940	4.332
P	671	1.128	1.783	1.080	351	1.068	1.332	993
K	751	1.692	952	3.224	958	1.602	1.240	2.716

O calcário apresentou uma economia média de 44 e 14% entre as duas safras estudadas nas áreas 1 e 2, respectivamente. Na área 1, essa economia chegou a 7.000 kg aplicados a menos no tratamento em doses variáveis, quando comparado ao tratamento dose fixa.

As quantidades totais por tratamento nas áreas 1 e 2 mostram uma economia próxima de 2 a 4,5 vezes de nitrogênio aplicado, com base nas análises e produtividade esperada.

A quantidade utilizada de fósforo na área 1, na primeira safra, foi 57% menor que a quantidade usada no tratamento em dose fixa que praticamente se manteve na safra seguinte, por não considerar o aumento de produtividade esperada computada no tratamento taxa variável. Por isso, a quantidade do tratamento DV foi 32% maior na média dos dois talhões.

As quantidades de potássio apresentaram-se menores para o DV em todas as safras nas duas áreas, atingindo perto de 3,5 vezes a menos se comparadas ao tratamento DF. A área 1, de solo predominante argiloso, mostrou mais economia, sendo, em média, 63% menor para o tratamento DV, enquanto que na área 2 atingiu 47% na média das duas safras.

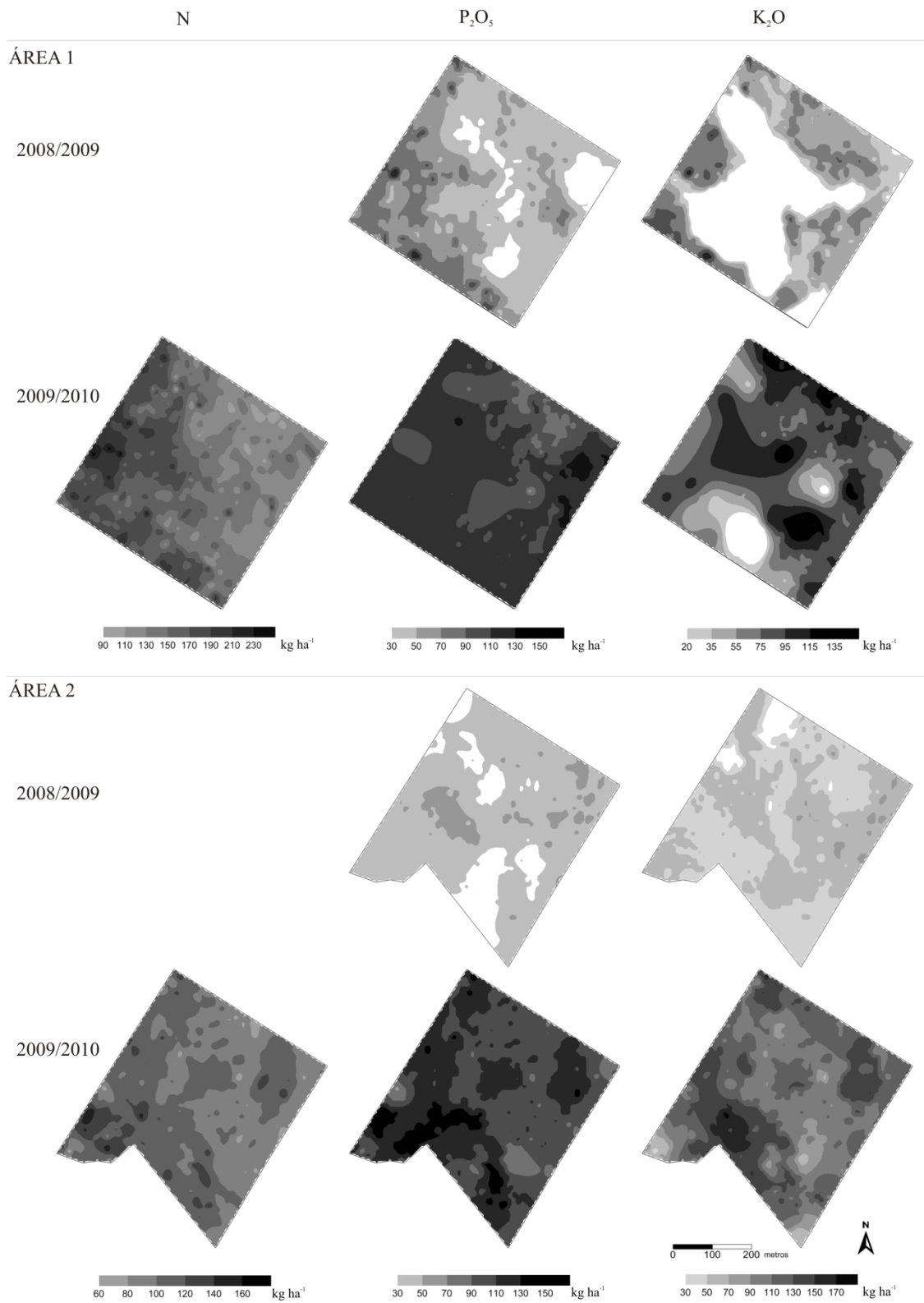


Figura 16 - Mapas de recomendação de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) em doses variadas para as duas áreas, nas safras 2008/2009 e 2009/2010

4.3 Mapeamento da produtividade

As produtividades das duas áreas, da primeira para a safra seguinte, mais que duplicaram em média nos dois tratamentos em função do crescimento normal dos pomares, que passaram a ser mais produtivos em função da pouca idade na primeira safra (Tabela 11).

Comparando-se as duas áreas quanto às médias de produção entre as safras estudadas, a área de solo predominante argiloso (área 1) apresentou produtividade 19% maior que a de solo arenoso. Esta diferença pode estar ligada à idade das plantas nas áreas, sendo as da área 2 um ano mais novas. Entre os tratamentos, a diferença foi mínima, sendo em torno de 6% a mais a maior produtividade média do estudo, registrada no tratamento dose variável em comparação ao tratamento DF na área 1.

Entretanto, os coeficientes de variação se mantiveram médios, segundo a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980) em todos os tratamentos e, no tratamento DV, se mantiveram menor em 8% em média se comparado ao DF, evidenciando a homogeneização das produções nos pomares estudados, chegando o mais próximo de baixo no tratamento DV na área 2 (13,42%).

Tabela 11 - Análise estatística dos dados de produtividade, em $t\ ha^{-1}$, das duas áreas para o primeiro e segundo ano, com as intervenções dos tratamentos

	Área 1			Área 2		
	2008/2009	2009/2010		2008/2009	2009/2010	
		DF	DV		DF	DV
Média	19,29	39,38	41,75	15,36	33,46	33,34
Desvio padrão	5,11	7,56	7,37	3,21	4,85	4,48
Coefficiente de variação	26,49	19,20	17,64	20,93	14,48	13,42
Variância da amostra	26,12	57,16	54,26	10,32	23,48	20,03
Curtose	3,95	-0,86	-0,25	1,66	1,07	0,22
Assimetria	0,97	0,18	0,34	0,19	0,05	0,00
Amplitude	46,00	45,00	51,60	28	40,06	31,84
Mínimo	4,00	19,30	20,52	4,00	19,70	18,08
Máximo	50,00	64,30	72,12	32	59,76	49,93
Número de amostras*	945	2707	2707	718	2722	2722

*Os dados de primeira safra correspondem ao número de sacolões georreferenciados (dados brutos), e segunda safra a dados interpolados (nº de células) para se viabilizar a soma da colheita das frutas temporãs a colheita principal.

Na Figura 17, observam-se os mapas de produtividade das safras em que ocorreu o estudo. As regiões de baixas, médias e altas produtividades podem ser identificadas desde a primeira safra nas duas áreas, usando-se a mesma escala para os talhões.

Na área 1, a produtividade varia de acordo com o padrão das fileiras de plantio. Na primeira colheita, esta área apresentou uma faixa menos produtiva (até 21 t ha⁻¹) composta de fileiras de plantas com sentido norte-sul (centro do mapa), que divide zonas de produtividade até 45 t ha⁻¹ (à esquerda desta faixa) e produtividades até 25 t ha⁻¹ (à direita). Para o segundo ano, o mapa também mostra as mesmas zonas de alta até baixa produtividade, porém com valores aumentados em 50% em média para as duas áreas, independente dos tratamentos. Essas regiões são mais explícitas no tratamento dose fixa em que a zona de produtividades intermediárias (porção direita do mapa) teve predominância de até 35 t ha⁻¹, enquanto que as produtividades do tratamento DV apresentaram-se mais homogêneas, com maiores freqüências de produtividades até 55 t ha⁻¹.

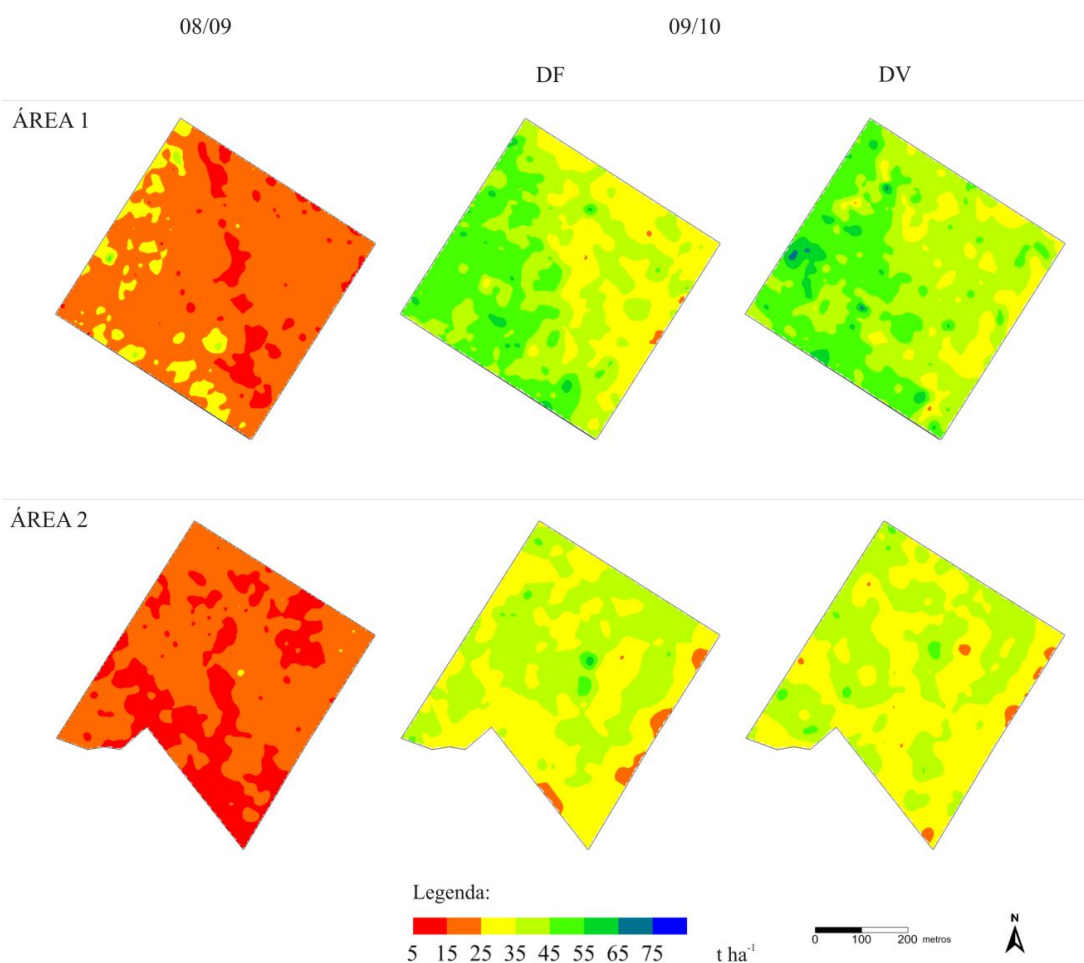


Figura 17 - Mapas de produtividade, em t ha⁻¹, dos tratamentos dose fixa e dose variável para as duas áreas, nas safras 2008/2009 e 2009/2010

Na área 2, as zonas de baixas produtividades ocorrem na porção inferior do talhão (até 15 t ha⁻¹) na primeira safra. Na segunda safra, a produtividade dessa região foi aumentada com o uso da técnica de aplicação em doses variáveis, passando a apresentar pequenas regiões de até 55 t ha⁻¹, sendo maior em comparação às produtividades do tratamento DF, que ficou entre 25 e 35 t ha⁻¹.

4.4 Avaliação dos valores dos teores dos elementos químico das folhas

Realizou-se uma única amostragem de folhas em abril de 2009, com o intuito de demonstrar os impactos das primeiras intervenções nos teores foliares. A análise das médias dos teores demonstrou que os teores de N, P e K se apresentaram adequados para a cultura do citros.

Tabela 12 - Análise dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio na folha das áreas 1 e 2 após as intervenções da safra 2008/2009 nos tratamentos dose fixa e variável

	Nutriente	Médias (%)		¹ Prob>/T/ (m ₁ = m ₂)
		DF	DV	
Área 1	N	2,96	2,96	0,412765
	P	0,17	0,18	0,000708
	K	1,76	1,73	0,168881
Área 2	N	2,99	3,01	0,248228
	P	0,17	0,17	0,040998
	K	1,63	1,52	0,002019

¹teste T – hipótese H₀: não há diferenças entre as médias dos teores de nutrientes na folha nas áreas adubadas em dose variável e fixa

O teste T (Tabela 12) indica a aceitação da hipótese H₀, demonstrando que os tratamentos não afetaram significativamente a 5% os teores destes elementos nas folhas entre doses fixas e variáveis.

A classificação das médias e distribuição de frequência dos valores é demonstrada na Figura 18.

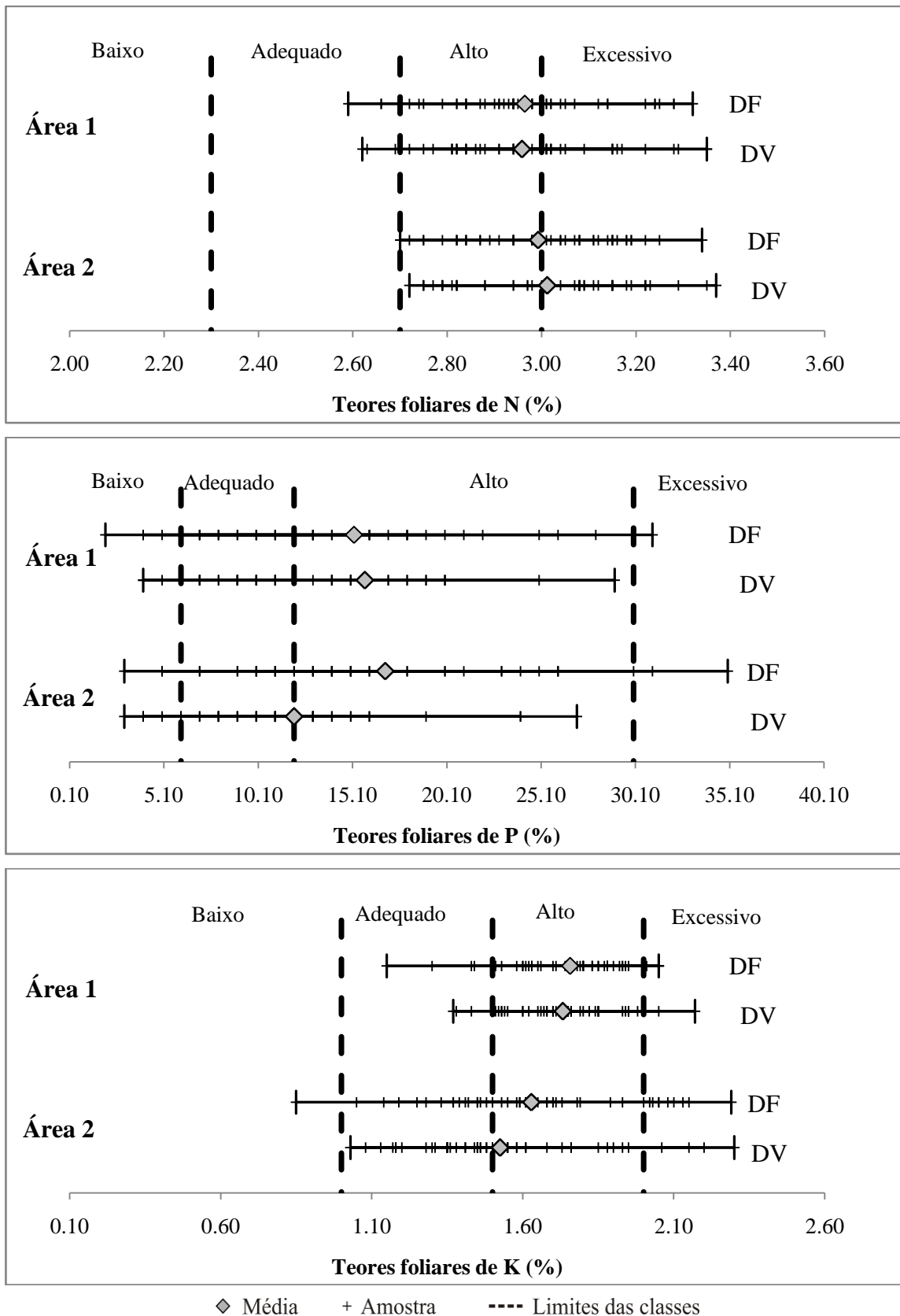


Figura 18 – Classificação dos teores de N, P e K das folhas segundo Quaggio et al. (1997)

As amostras georreferenciadas de solo e folhas foram capazes de identificar as variabilidades dos teores de nutrientes nas áreas experimentais, sendo representadas as zonas de alta até baixa fertilidade. O conhecimento do quanto variam os níveis dos atributos ligados à produção das lavouras é de grande importância para a tomada de decisão nas próximas intervenções e, uma vez realizadas, passam a fazer parte de um histórico detalhado da nutrição do pomar. Neste trabalho, essas variabilidades viabilizaram o manejo no tratamento proposto, utilizando a técnica de aplicação de adubação sólida em doses variáveis, considerando a real necessidade local. Essas aplicações proporcionaram economia de produto utilizado e seus impactos na produção foram mínimos no período estudado, uma vez que, mesmo usando menores quantidades de adubos, as produtividades não diferiram entre tratamentos ou ainda apresentaram-se mais homogêneas no manejo proposto. Além disso, com a evolução dos trabalhos nas áreas, espera-se contribuir para mensurar a viabilidade econômica, comercial e ambiental deste sistema de manejo em estudos mais aprofundados de custos de produção, parâmetros da qualidade do fruto e minimização dos impactos ambientais.

5 CONCLUSÕES

As práticas de AP se mostraram eficientes para a demonstração da variabilidade dos atributos do solo, folhas e produtividade na cultura do citros, indicando a viabilidade do manejo das adubações em doses variáveis nas áreas estudadas.

Somadas as safras estudadas, as adubações em taxa variável resultaram em economia de 230 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 5 kg ha⁻¹ de fósforo e 257 kg ha⁻¹ de potássio, em média, nos dois talhões ao longo de dois anos.

As primeiras intervenções não mostraram diferenças significativas nos teores foliares de N, P e K.

As produtividades nas áreas que receberam as aplicações variáveis apresentaram-se mais homogêneas, indicando que houve melhorias com o uso da técnica da aplicação localizada com base nas demandas indicadas pelo solo e pela cultura.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J.C; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A.S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 3.ed. São Paulo:ANDA, 1998.35p. (Boletim Técnico, 6).

ALICE/SISCOMEX. Departamento de Planejamento e Desenvolvimento de Comércio Exterior - DEPLA. Disponível em:
<<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=1955&ref=608>>. Acesso em: 01 jun. 2010.

BALASTREIRE, L.A.; COELHO J.L.D. **Aplicação mecanizada de fertilizantes e corretivos**.3.ed. São Paulo: ANDA, 2000. 51p. (Boletim Técnico, 7).

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, 2002. cap. 2, p. 151-157.

BATAGLIA, O.C. Métodos diagnósticos da nutrição potássica com ênfase no DRIS. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 2004, São Pedro. **Potássio na Agricultura Brasileira...** Piracicaba: POTAFOS, 2005. p. 321-341.

BATCHELOR.:D.; REED,H . S. Relation of the variability of yields of fruit trees to the accuracy of field trials. **Journal Agricultural Resources**, Melbourne, v.12, p.245-283, 1918.

BATCHELOR, B.; WHIGHAM, K.; DEWITT, J. **Precision agriculture**: Introduction to precision agriculture. Iowa Cooperative Extension, 1997. 4p. Disponível em:
<<http://www.extension.iastate.edu/pages/precisionag/prec-ag.pdf>>. Acesso em: 18 Ago. 2009.

BLACKMER, T.; SCHEPERS, J.S. Using DGPS to improve corn production and water quality. **GPS World**, 1996. p.44-52.

BOTEON, M.; NEVES, E.M. Citricultura brasileira: aspectos econômicos. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.; PIO, R.M.; JUNIOR, J.P. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundag, 2005. p.20-36.

BOUMA, J. Precision agriculture: A unique tool to unify production and environmental requirements in agriculture. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION FARMING, 4., 1998. Minnesota, **Proceedings**.... Minnesota: ASA, CSSA, SSSA, 1998. v.1, p.595-601.

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

CERRI, D.G.P. **Desenvolvimento de um sistema de aplicação localizada de calcário a taxas variáveis**. 2001. 72 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

CLARK, R.L.; MCGUCKIN, R.L. Variable rate application technology: an overview. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION FARMING. 3rd ed., 1996. Minneapolis. **Proceedings**... Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1996. p. 855-862.

COLVIN, T.S.; JAYNES, D.B.; KARLEN, D.L.; LAIRD, D.A.; AMBUEL, J.R. Six years yield variability within a Central Iowa field. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION FARMING, 3., 1996. Minneapolis, **Proceedings**... Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1996. 583p.

CUGATI, S.; MILLER, W.; SCHUELLER, J., "Dynamic modeling of the hydraulic system of a variable-rate spinner disc granular fertilizer spreader," In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2005. Tampa. **Papers**... Tampa: American Society of Agricultural Engineers, 2005.(paper , 051126.) I CD_ROM.

FAO. The Statistics Division. **FAOSTAT 2009**: core production data. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/340/default.as>>. Acesso em: 14 abr. 2010.

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

FIGUEIREDO, M.G. **Retorno econômico dos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na citricultura paulista**. 2008. 153 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz," Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2008**: anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo, 2008. 552 p.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agriannual 2010**: anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo, 2010.p 282.

FOLHA DE LONDRINA. **Máquinas e implementos agrícolas retomam crescimento**. 2010. Disponível em: <<http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias.php?id=66222>>. Acesso em: 04 jun. 2010.

GUTIERREZ, A.S.D.; ALMEIDA, G.V.B. Beneficiamento e comercialização de frutos *in natura*. In: MATTOS JUNIOR, D.D.M.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; JUNIOR, J.P. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p.823-837.

GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS. Recomendações de adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, v.11, n.3, p.1-14, 1990.

HORROM, N. Citrus yield monitoring and mapping. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF CITRICULTURE CONGRESS, 2000, Orlando. **Proceedings...** Orlando: ISC, 2000. p.219.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de dados agregados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1618&z=t&o=3&i=P>>. Acesso em: 22 mai. 2010.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br>>. Acesso em: 9 jun. 2010.

JUSTE PEREZ, F.; FORNÉS, I.; PLA, F.; MOLTÓ, E.; BLAY, F. Primeros resultados em campo de um protótipo de brazo robotizado para recolección de cítricos. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE MECANIZACIÓN AGRÁRIA, 13, 1991, Zaragoza. **Anais...** Zaragoza, 1991. p.435-439.

KHANNA, M.; ISIK, M.; WINTER-NELSON, A. Investment in site-specific crop management under uncertainty: implications for nitrogen pollution control and environmental policy. **Agricultural Economics**, Dublin ,v. 24, p. 9-21,2000.

KINCHELOE, S.; SPRINGER, R.; LECHNER, W. Global navigation satellite systems (GNSS). **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 11, p. 3-21, 1994.

KRIGE, D.C. Two-dimensional weighted moving average trend surface for ore-evaluation. **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy**, Johannesburg, v.66, p.13-38, 1966.

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

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

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agrônômicos**. 3.ed. São Paulo:ANDA, 2000. 72p. (Boletim Técnico, 4).

MASCARIN, L.S. **Caracterização de sistemas de colheita e desenvolvimento de técnica para a obtenção de mapas de produtividade para citros**. 2006. 77 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MATTOS JUNIOR, D.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A. Nutrição dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.D.M.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; JUNIOR, J.P. **Citros**. (Ed.). Campinas: Instituto Agrônomo; Fundag, 2005b. p.197-219.

MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O.; POMPEU JUNIOR, J. **CITROS: principais informações e recomendações de cultivo**. 2005a. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Citros/Citros.htm>>. Acesso em: 19 jul. 2010.

MATTOS JUNIOR, D.D.M.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; JUNIOR, J.P. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo ; Fundag, 2005c. 929 p.

MIALHE, L.G. Características das máquinas distribuidoras de calcário de fabricação nacional. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA AGRICULTURA, 1986. Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1986.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaio & certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 722p.

MILLER, W.M.; WHITNEY, J.D. Development of yield monitoring systems for Florida citrus. ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1998, Orlando. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1998. 12 p. (Paper, 981098).

MILLER, W.; SCHUMANN, A.; WHITNEY, J. Evaluating variable rate granular fertilizer technologies in Florida citrus. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society**, Orlando, v. 117, p.161-166, 2004.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B.; WHELAN, B.M. **Vesper version 1.6**. Australian Centre for Precision Agriculture, The University of Sydney, 2006. Disponível em: <http://www.usyd.edu.au/agriculture/acpa/software/index.shtml>>. Acesso em: 4 abr. 2010.

MIRANDA, N.O.; OLIVEIRA, T.S.; LEVIEN, S.L.A.; SOUZA, E.R. Variabilidade espacial da qualidade de frutos de melão em áreas fertirrigadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 242-249, abr-jun. 2005.

MOLIN, J.P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L. **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000. p. 237-257.

MOLIN, J.P.; MASCARIN, L.S. Colheita de citros e obtenção de dados para mapeamento da produtividade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 259-266, jan-abr. 2007.

MOLIN, J.P.; MOTOMIYA, A.V.A.; FRASSON, F.R.; SENATORE, G.M.; FAULIN, G.D.C. Effect of variable rate fertilizer on coffee yield. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 8., 2006, Minneapolis. **Anais...** St. Paul: Centre for Precision Agriculture, 2006. 1 CD-ROM.

MORGAN, M.; ESS, D. **The precision-farming guide for agriculturists**. 2nd ed.. Moline, John Deere Publishing, 1997. p 117.

NEGRI NETO, A.; COELHO, P.J. MOREIRA, I.R. O. Divisão regional agrícola e região administrativa do Estado de São Paulo: histórico, semelhança, diferença. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.23, n.6, jun. p. 19-44, 1993.

NEVES, M.F.; JANK, M.S. (Coord.). Perspectivas da cadeia produtiva de laranja no Brasil: a Agenda 2015. **Pensa Boletim Online**, São Paulo, 2006. Disponível em: http://www.fundace.org.br/arquivos_diversos/agenda_estrategica/Agenda_Citrus_2015_PENSA_ICONE.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2010.

NEVES, M.F.; LOPES, F.F.; ROSSI, R.M.; MELO, P.A.O. Metodologias de análise de cadeias agroindustriais: aplicação para citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 468-473, 2004.

NEVES, M.F.; LOPES, F.F. Mapeamento e quantificação do sistema agroindustrial citrícola. In: WORKSHOP DO SISTEMA AGROINDUSTRIAL CITRÍCOLA. 2004. Ribeirão Preto: **Relatório...** cidade:Pensa/Fearp-USP, abr. 2004. 10p.

NIEDERHOLZER, F. Improving the nutrient efficiency of tree crops. In: CALIFORNIA PLANT AND SOIL CONFERENCE, 2007. Sacramento. **Proceedings...** Madison: ASA-CSSA-SSSA, 2007. p. 63-70.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Precision agriculture in the 21st century: geospatial and information technologies in crop management**. Washington, DC: National Academy Press, 1997. p 168.

PARISE, F.J.O. **Padrões de variabilidade espacial e temporal da produção em um pomar jovem de laranja Hamlin**, 2004. 107 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PECK, T.R.; MELSTED, S.W. Field sampling for soil testing. In: WALSH, L.M.; BEACON, J.D. **Soil testing and plant analysis**. Madison: SSSA, 1973. p.67-75.

PEDERSEN, H.H. Site-specific farming in Denmark- research and development of decision support. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 5., 1994. Orlando, Computers in agriculture: **Proceedings....** ST. Joseph: ASAE, 1994. p.587-591.

PLANT, R.E. Site-specific management: the application of information technology to crop production. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v.20 , p.9-29, 2001.

PLOEG, R.R.; BÖHM, W. van der; KIRKHAM, M.B. On the origin of the theory of mineral nutrition of plants and the law of the minimum. **Journal Soil Science Society of America**, Madison, v.63, p.1055-1062, 1999.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D.; De NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2005. p. 483-517.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; PIZA JUNIOR, C.T. Frutíferas. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico ,Fundação IAC, 1997. p.121-153.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundação IAC, 1997. 285 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RIGOLIN, A.T.; TERSI, F.E.A. Mecanização em citros. In: MATTOS JUNIOR, D.D.M.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; JUNIOR, J.P. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p.430-447.

RODRIGUES, O.;VIEGAS, F.; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A.A. **Citricultura brasileira**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. 491 p.

ROKA, F.; LONGWORTH, S. **Labor requirements in Florida citrus**. Gainesville: University of Florida, 2001. 4 p.

ROSSETTI, V.; SALIBE, A.A.; CINTRA, A.F.; BONILHA, S. ARMBRUSTER, D. The citrus budwood certification program in the State of São Paulo. 3rd ed. In: CONFERENCE OF INTERNATIONAL ORGANIZATION CITRUS VIROLOGY, 1965, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University Gainesville, 1965. p. 235-240.

SCHUELLER, J.K.; WHITNEY, J.D.; WHEATON, T.A.; MILLER, W.M.; TURNER, A.E. Low-cost automatic yield mapping in hand-harvested citrus. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 23, p. 145-153, 1999.

SCHUMANN, A.W.; MILLER, W.M.; ZAMAN, Q.U.; HOSTLER, K.H.; BUCHANON, S.; CUGATI, S. Variable rate granular fertilization of citrus groves: spreader performance with single-tree prescription zones. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.22, p.19-24, 2006.

SENHORAS, E.M.; TAKEUCHI, K.P.; TAKEUCHI, K.P. Estrutura da indústria de suco de laranja concentrado: Uma investigação do complexo agroindustrial citrícola paulista. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA (SEGET), 5., 2006. Resende: **Anais...** Resende: Associação Educacional Dom Bosco, 2006. v. 1.

SEVIER, B.J. ;LEE, W.S.**Adoption trends and attitudes towards precision agriculture in florida citrus:** Preliminary results from a citrus producer survey. St. Joseph:American Society of Agricultural Engineers, 2003. (ASAE Paper, 031100)

SLOT, M.H.; GENTHNER, M.H.; DANIELS, W.L.; GROOVER, V.A. Spatial variability in Palustrine wetlands.**Journal Soil Science Society of America**,Madison, v.65, p.527-535, 2001.

SOUZA, L.S.; COGO, N.P. ; VIEIRA, S.R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p.367-372, 1997.

STAFFORD, J.V. Essential technology for precision agriculture. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION FARMING, 3., 1996.Minneapolis. **Proceedings...** Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1996. p.595-604.

TSCHIDELL, M.; FERREIRA, M.F. Introdução à agricultura de precisão: Conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.159-163, 2002.

TUMBO, S.; WHITNEY, J.; MILLER, W.; WHEATON, T. “Design and testing of a site-specific citrus yield monitor,” In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2001, Sacramento. **Paper...** Sacramento, :American Society of Agricultural Engineers, 2002. (paper, 01-01183). p 399-403.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **Brazil Citrus Annual 2008 – GAIN Report BR8021**. Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acesso em: 15 mai. 2010.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **CITRUS: World Markets and Trade 2010**. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/http/2010January_Citrus.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2010.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2000. v.1, p.1-53.

WARRICK, A.W.; 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. 385p.

WHITNEY, J.D.; HARRELL, R. "Status of citrus harvesting in Florida." **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 42, p.285-299, 1989.

WHITNEY, J.D.; LING, Q.; WHEATON, T.A.; MILLER, W.M. A citrus harvesting labor tracking and yield mapping system. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 17, n. 2, p. 121-125, 2001.

WHITNEY, J.D.; WHEATON, T.A.; MILLER, W.M.; SALYANI, M.; SCHUELLER, J.K. Precision farming applications in Florida Citrus. **Proceedings of Florida State for Horticultural Society**, Orlando, v. 111, p.148-150, 1998.

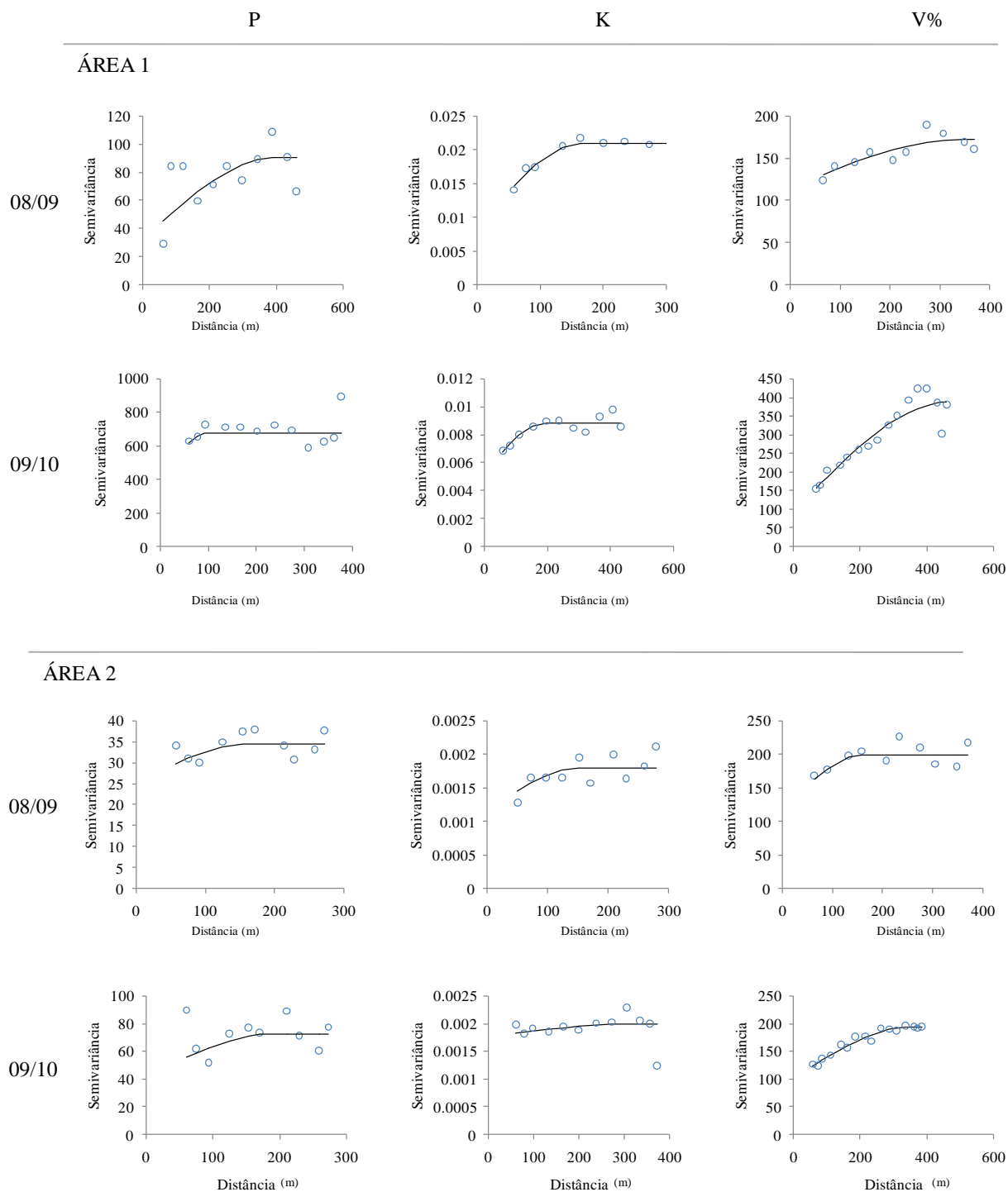
WILDING, LP.; DREES, L.R. Spatial variability and pedology. In:_____ **Pedogenesis and soil taxonomy: concepts and interactions**. New York: Elsevier, 1983. p.83-116.

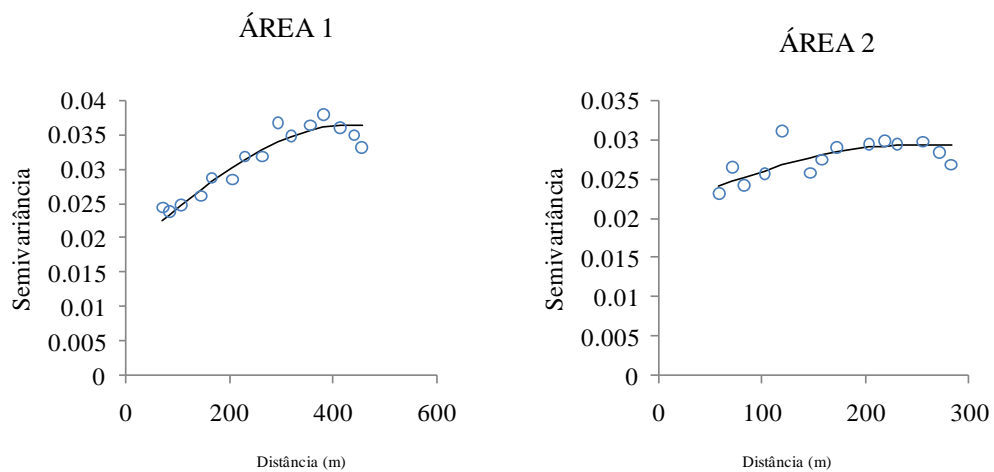
YAMADA, T. Uso eficiente de fertilizantes. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO DE FERTILIDADE DO SOLO. 1989. Bandeirantes: **Palestra...** Bandeirantes:FFALM:POTAFOS ;ANDA, 1989. 27p.

ZAMAN, Q.U.; SCHUMANN, A.W.; HOSTLER, K.H. Estimation of citrus fruit yield using ultrasonically-sensed tree size. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.22, p.39-44, 2006.

ANEXOS

ANEXO A – Modelos ajustados aos semivariogramas dos teores de fósforo, potássio e saturação de bases das áreas 1 e 2, nas duas safras



ANEXO B – Modelos ajustados aos semivariogramas dos teores foliares de nitrogênio nas áreas 1 e 2, nas safras 2009/2010

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)