

FRANCELINO AUGUSTO RODRIGUES JUNIOR

**GERAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO PARA CAFEICULTURA USANDO  
SENSOR SPAD E ANÁLISE FOLIAR**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2008

FRANCELINO AUGUSTO RODRIGUES JUNIOR

**GERAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO PARA CAFEICULTURA USANDO  
SENSOR SPAD E ANÁLISE FOLIAR**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

APROVADA: 07 de fevereiro de 2008.

---

Prof. Daniel Marçal de Queiroz  
(co-orientador)

---

Prof. Haroldo Carlos Fernandes

---

Prof. Nerilson Terra Santos

---

Prof. Mauri Martins Teixeira

---

Prof. Luciano Baião Vieira  
(orientador)

Aos meus pais Francelino Augusto Rodrigues e Lucélia Maria da Silva Rodrigues, pela confiança, dedicação e incentivo.

## DEDICO

À Deus, pelas bênçãos concedidas na minha vida.

Aos meus pais, pelo amor incondicional.

Aos meus irmãos Sandro e Renata, pelo amor, amizade e apoio.

À minha sobrinha Isabela, pela alegria.

## AGRADEÇO

"Triste época! É mais fácil desintegrar um átomo que um preconceito".

**Albert Einstein**

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Luciano Baião Vieira, pela confiança, amizade e conhecimento.

Ao Prof. Daniel Marçal de Queiroz, pela orientação, acima de tudo, confiança, amizade e conhecimento.

Ao Prof. Francisco de Assis Carvalho Pinto, pela confiança, amizade e conhecimento.

À Prof. Hermínia Emília Prieto Martinez, pela confiança e conhecimento.

À Universidade Federal de Viçosa e à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos vigias da FUNARBE, pela paciência e compreensão nos fins de semana e feriados.

À Geice, pela bravura no desenvolvimento do experimento, conselhos e amizade incondicional.

À Selma, pelo esforço incondicional no desenvolvimento do experimento, ajuda a toda hora e amizade incondicional.

Ao meu amigo Enrique, pelo apoio, conselhos e ajuda a toda hora.

Aos amigos Murilo e Ronaldo, pelo apoio, conselhos, vivência e amizade sincera.

Às amigas desenvolvidas, Antonio, Danilo, Diogo, Douglas, Fábio, Gérson, Giza, João Cleber, Leo, Marcos, Mário Júnior, Sérgio, Wagner, Walter e Willian.

Aos colegas, Alisson, Élder, Fabiane, Kelisson.

Aos professores Haroldo Carlos Fernandes, Mauri Martins Teixeira, Pedro Hurtado M. Borges, Renato Adriano Alves Ruas e Ricardo Capúcio de Resende, pelo auxílio e conhecimento.

Aos estagiários da Mecanização Agrícola, Bruno e Guilherme, pela colaboração no desenvolvimento do experimento.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pela amizade e convívio do dia a dia.

À família Cardoso, pela ajuda e amizade desde o início da caminhada.

Aos amigos, Breno, Tchelo e Ernani pela amizade sincera e risadas.

Ao amigo Lucas Guimarães, pelo companheirismo, risadas e amizade sincera.

Ao amigo Fernando Portelinha, pelo companheirismo desde o PR e a amizade sincera.

## BIOGRAFIA

FRANCELINO AUGUSTO RODRIGUES JUNIOR, filho de Francelino Augusto Rodrigues e Lucélia Maria da Silva Rodrigues, nasceu em Campo Grande, MS, no dia 16 de dezembro de 1982.

Em fevereiro de 2006 concluiu o curso de Engenharia Agrícola na Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Em maio de 2006 iniciou o curso de mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa e submeteu-se à defesa de dissertação em fevereiro de 2008.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. A cultura do café .....	4
2.2. Medidor portátil de clorofila .....	4
2.3. Agricultura de precisão .....	6
2.4. Zonas de manejo e métodos para delimitação .....	7
2.4.1. Algoritmo <i>K-Means</i> .....	8
2.4.2. Algoritmo <i>Fuzzy-C Means</i> .....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. Métodos de amostragem .....	12
3.2. Análise de correlação entre valores SPAD e análise foliar de nutrientes .....	14
3.3. Definição das zonas de manejo .....	14
3.4. Análise das zonas de manejo obtidas.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
4.1. Análise de correlação entre valores SPAD e análise foliar de nutrientes .....	19
4.2. Análise geoestatística .....	22
4.3. Zonas de manejo obtidas e comparação entre os métodos <i>KM</i> e <i>FCM</i> .....	24
4.4. Comparação entre as zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares com as zonas de manejo do SPAD, para o método <i>KM</i> e <i>FCM</i> .....	31
5. CONCLUSÕES .....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
7. APÊNDICES .....	40
APÊNDICE A.....	40
APÊNDICE B.....	47
APÊNDICE C.....	54
APÊNDICE D.....	62



## RESUMO

RODRIGUES JUNIOR, Francelino Augusto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2008. **Geração de zonas de manejo para cafeicultura usando sensor SPAD e análise foliar.** Orientador: Luciano Baião Vieira. Co-Orientadores: Daniel Marçal de Queiroz, Francisco de Assis Carvalho Pinto e Hermínia Emília Prieto Martinez.

Um dos problemas chaves da agricultura de precisão é a necessidade de uma grade de amostragem densa a fim de detectar a variabilidade espacial do atributo em estudo, e possibilitar a geração de mapas que representem de maneira real tal área. Uma das soluções para este problema vem sendo a geração de zonas de manejo. Com este trabalho objetivou-se definir zonas de manejo para cafeicultura por meio dos métodos *K-Means* e *Fuzzy C-Means*, com base em determinações realizadas com sensor de clorofila e por análise foliar; analisar a correlação entre os valores do sensor de clorofila e os resultados da análise foliar de nutrientes; e avaliar as zonas de manejo obtidas usando os dois métodos de agrupamento. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Jatobá, localizada no município de Paula Cândido – MG, durante o mês de novembro de 2007. A área avaliada apresenta uma lavoura de *Coffea arabica* L. cv. Catuaí de 2,10 ha, em solo caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo. A amostragem para a coleta dos valores de SPAD foi feita de forma alternada em relação às linhas de plantio, e nessas linhas, a cada quatro plantas foi amostrada uma, totalizando-se 25% de todas as plantas presentes nas linhas e 1145 plantas em toda a área. Foi realizada a coleta de folhas que foram submetidas à análise foliar a cada 10 plantas utilizadas para leitura SPAD, então este décimo ponto constou de determinações simultâneas de SPAD e valores da análise foliar, totalizando 114 plantas. Foram analisadas as correlações entre os valores de SPAD e as concentrações foliares de macro e micro-nutrientes através da correlação linear de “Pearson”. Sendo definidas, por meio dos dois métodos propostos, as zonas de manejo com base nas seguintes análises: Valores de SPAD; concentrações foliares de N, P e K; concentrações foliares de N e Ca; concentrações foliares de N; concentrações foliares de N, Zn e B; concentrações foliares de N, P, K, Ca e S; concentrações foliares de N, Ca e S. A correlação encontrada entre valores de SPAD e N foliar na lavoura comercial em estudo (34%) foi menor que a encontrada na literatura para experimentos em ambientes controlados (94 a 98%). Os métodos de

agrupamento de dados *K-Means* e *Fuzzy C-Means* não apresentaram diferenças na geração das zonas de manejo. Houve baixa similaridade entre as zonas de manejo geradas com uso do SPAD e concentrações foliares.

## ABSTRACT

RODRIGUES JUNIOR, Francelino Augusto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2008. **Generation of management zones for coffee cropping using SPAD sensor and leaf analysis.** Adviser: Luciano Baião Vieira. Co-Advisers: Daniel Marçal de Queiroz, Francisco de Assis Carvalho Pinto and Hermínia Emília Prieto Martinez.

One of the critical problems of the precision agriculture is the need of a dense sampling in order to detect the spatial variability of the attribute in study, allowing the generation of maps. One of the solutions for this problem is being the generation of management zones. The objective of this work was: a) to define management zones for coffee crop using K-Means and Fuzzy C-Means methods, based on determinations accomplished with chlorophyll meter and leaf analysis; b) to analyze the correlation between the values of the chlorophyll meter and the results of the leaf analysis of nutrients and c) to evaluate the management zones obtained using the two clustering methods. This work was carried out at Fazenda Jatobá, located in Paula Cândido, MG, during November 2007. The evaluated area had 2.1 ha cultivated with *Coffea Arabica* L., Catuaí variety, in a soil characterized as Argissolo Vermelho-Amarelo. The rate sampling for the SPAD was made in an alternate way in relation to the row planting, sampling one each four plants, a total of 1145 plants were sampled. The leaves collection was submitted to the leaf analysis to each 10 plants used for SPAD reading. Therefore, this tenth point consisted of simultaneous determinations of SPAD and leaf analysis in laboratory. A total 114 plants were sampled in this way. The correlation between the values of SPAD and the macro and micronutrient leaf concentrations of leaf were analyzed through the Pearson's correlation. The management zones generated using the two clustering methods based on the SPAD values were compared to the ones generated using the results from the N, P and K leaf concentrations; the N and Ca leaf concentrations; the N leaf concentrations; the N, Zn and B leaf concentrations; the N, P, K, Ca and S leaf concentrations; the N, Ca and S leaf concentrations. The correlation found between SPAD values and N leaf concentration in this commercial farm was 34%. This result is smaller than the 94% to 98% found in the literature for experiments in controlled environments. The clustering methods K-Means and Fuzzy C-Means did not present differences in the generation of the management zones. There was low

similarity among the management zones generated with use of SPAD and nutrient leaf concentration.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o café é uma das bebidas mais consumidas em todo o mundo e o Brasil é o maior produtor mundial, seguido pela Colômbia, Vietnã, México e Indonésia, além de ter a responsabilidade de ser o maior exportador mundial deste produto (AGRIANUAL, 2005).

A cultura do café está sujeito a diversos fatores relativos ao clima, solo e a própria planta. Sendo que a sua produtividade pode sofrer maior influência pelo clima nos períodos referentes ao florescimento e a formação dos frutos (CAMARGO *et al.*, 2003). Desta forma, a adoção de tecnologias como a agricultura de precisão, bem como a otimização de recursos, pode ser adotada pelo Brasil na busca de uma maior competitividade junto ao atual mercado globalizado.

Por meio das técnicas de agricultura de precisão pode-se identificar a variabilidade espacial e temporal existente na área de produção, a fim de tratar cada local específico de acordo com sua necessidade. Tais técnicas podem trazer inúmeros benefícios ao cultivo do café, pois se trata de uma cultura de elevada receita por área, sendo seu preço baseado na qualidade dos grãos. E podem auxiliar na identificação de áreas com potencial para produção de frutos com melhor qualidade, e até mesmo no entendimento dos fatores que a determinam (QUEIROZ *et al.*, 2004).

Dos fatores que influenciam a produção em qualidade e quantidade para a cultura do café, o “status” nutricional tem merecido destaque, sendo que o nitrogênio é um dos elementos de grande importância no desenvolvimento da cultura. A resposta ao nitrogênio é avaliada pelo crescimento e produção, ou por seu “status” na folha. Para a avaliação da quantidade de nitrogênio presente na folha, os métodos tradicionais utilizados dependem da destruição de amostras e tempo para suas análises em laboratório. Como o teor de nitrogênio tem boa correlação com o teor de clorofila, o medidor de clorofila SPAD tem sido usado como uma ferramenta capaz de avaliar o estado nutricional da cultura quanto ao nitrogênio de maneira indireta.

Um dos problemas chaves da agricultura de precisão é a necessidade de uma grade de amostragem densa, a fim de detectar a variabilidade espacial do atributo em estudo e possibilitar a geração de mapas que representem de

maneira real tal área. Uma das soluções para este problema vem sendo a geração de zonas de manejo.

Zonas de manejo são sub-regiões que apresentam uniformidade quanto às principais características que afetam a produtividade, permitindo que, dentro delas, as práticas agronômicas possam ser uniformizadas. A definição de zonas de manejo torna mais fácil a aplicação das técnicas de agricultura de precisão, uma vez que pode-se empregar os mesmos sistemas utilizados na agricultura convencional no manejo das culturas.

Técnicas para análises de agrupamentos de dados têm sido usadas para a delimitação de zonas de manejo, possibilitando o uso de um conjunto de fatores proeminentes do desenvolvimento das culturas identificando variabilidades nos cultivos.

Tais técnicas são classificadas dentro de dois métodos principais: Hierárquico e Particionado. Algoritmos hierárquicos são usados para dispor um banco de dados em uma ordem hierárquica de importância, tal disposição é geralmente representada por uma estrutura de organograma (árvore), distribuindo esse banco de dados em subconjuntos pequenos de baixo para cima. Por outro lado, métodos particionados classificam os vetores padrões de um banco de dados dentro de um número de categorias pré-estabelecidas (MACQUEEN, 1967 *apud* HAMMAH & CURRAN, 1999). Os métodos particionados têm sido usados para a delimitação das zonas de manejo em agricultura de precisão, dentre os métodos encontram-se o *K-Means* e o *Fuzzy C-Means* (TAYLOR *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2003b; TAYLOR *et al.*, 2007; YAN *et al.*, 2007).

Ambos os métodos são de grande valia e possibilitam fazer o uso de um conjunto de atributos diretamente correlacionados com a variabilidade nutricional da área em estudo, podendo assim, identificar tal variabilidade. Tais zonas de manejo formam um banco de dados, o qual pode ser utilizado no intuito de direcionar uma futura amostragem, aumentando as amostras em áreas de maior variabilidade e diminuindo em áreas mais homogêneas.

Levando em conta que o problema chave da agricultura de precisão é a necessidade de uma grade amostral densa. A correlação dos valores obtidos pelo SPAD e concentrações de nutrientes foliares, ambos utilizados para a definição de zonas de manejo pode levar a um melhor entendimento da

variabilidade nutricional. Tais zonas de manejo podem ser utilizadas como orientação para futuras amostragens, facilitando a otimização dessa operação.

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho foi o desenvolvimento de um sistema para a definição de zonas de manejo para a cafeicultura com base em determinações realizadas com sensor de clorofila e com base na análise foliar.

Os objetivos específicos foram:

- Analisar a correlação entre os valores de índice de clorofila e os resultados da análise foliar de nutrientes.
- Utilizar os métodos *K-means* e *Fuzzy c-means* para a definição de zonas de manejo em área cultivada com café.
- Analisar as zonas de manejo obtidas usando os dois métodos de agrupamento com base nos resultados da análise foliar e os resultados obtidos com o SPAD.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### A cultura do café

De acordo com ANDA (2005), no ano agrícola 2004/2005, o café foi cultivado no Brasil em uma área de 2,318 milhões de hectares. A produção nacional de café beneficiado da safra 2007/2008 fechou em 33,7 milhões de sacas (CONAB, 2007). Atualmente, o café é uma das bebidas mais consumidas em todo o mundo e o Brasil é o maior produtor mundial, seguido pela Colômbia, Vietnã, México e Indonésia, além de ter a responsabilidade de ser o maior exportador mundial deste produto (AGRIANUAL, 2005).

A cultura do café está sujeita a diversos fatores relativos ao clima, solo e a própria planta. Sendo que a sua produtividade pode sofrer maior influência pelo clima nos períodos referentes ao florescimento e a formação dos frutos (CAMARGO *et al.*, 2003). Outros fatores, como danos por implementos agrícolas, ataque de plantas daninhas e moléstias, escassez de água no solo, entre outros, podem influenciar a produtividade da cultura (MAGALHÃES, 2002). Desta forma, segundo Silveira *et al.* (2003), a adoção de novas tecnologias, bem como a otimização de recursos, tem sido adotada pelo Brasil na busca de uma maior competitividade junto ao atual mercado globalizado.

### Medidor portátil de clorofila

A adubação nitrogenada tem doses que variam de 50 a 450 kg ha<sup>-1</sup> (RAIJ *et al.*, 1997), sendo necessárias aplicações com ou sem parcelamento, principalmente em regiões não tradicionais para o cultivo de café. O Nitrogênio (N) ocupa posição de destaque entre os nutrientes no desenvolvimento da planta. Apesar de apresentar-se na camada arável do solo, em alguns casos em quantidades relativamente elevadas, sua baixa disponibilidade somada à grande demanda pelos vegetais, faz com que seja um dos nutrientes mais limitantes à produtividade da maioria das culturas.

Na cultura do café, o uso de fertilizantes nitrogenados é um recurso eficaz para aumentar a produtividade. A avaliação da resposta à adubação nitrogenada e a sua disponibilidade nas plantas, baseia-se em geral pelo crescimento e produção, ou pelo “status” de N presente nas folhas.



Essa técnica de avaliação é importante, uma vez que, segundo Martinez *et al.* (1999), no solo ocorrem reações complexas envolvendo os nutrientes adicionados pelos adubos e muitas vezes, embora presentes em quantidades adequadas, não estão disponíveis para a absorção pelas raízes. Por outro lado, os tecidos das plantas mostram o real estado nutricional no momento da avaliação. Dentre os tecidos da planta mais utilizados nessas amostragens, a folha é o tecido de maior importância pelo fato de ser a sede do metabolismo e refletir bem na sua composição as mudanças nutricionais.

Os métodos tradicionais utilizados para determinar a quantidade de clorofila na folha requerem destruição de amostras de tecido e muito trabalho nos processos de extração e quantificação. O desenvolvimento do medidor portátil de clorofila (Minolta SPAD-502), constitui alternativa para estimar o teor relativo desse pigmento na folha, permitindo medições instantâneas do valor correspondente ao seu teor na folha sem destruí-la (ARGENTA *et al.*, 2001).

A determinação do teor relativo de clorofila por meio de clorofilômetros está sendo utilizada para prever a necessidade de adubação nitrogenada em várias culturas. O teor de clorofila na folha é utilizado para prever o nível nutricional de N em plantas, devido ao fato de a quantidade desse pigmento correlacionar-se positivamente com o mesmo (ARGENTA *et al.*, 2001). Essa relação é atribuída, principalmente, ao fato de que 50 a 70% do N total das folhas ser integrante de enzimas que estão associadas aos cloroplastos (CHAPMAN & BARRETO, 1997).

O medidor de clorofila detecta indiretamente a intensidade da cor verde da folha por meio da quantidade de luz de comprimentos de onda da região do vermelho e do infravermelho que são transmitidas pela folha. A quantidade de luz vermelha absorvida indica a quantidade de clorofila, enquanto que a quantidade de luz absorvida próximo ao infravermelho serve como referência interna na compensação da espessura da folha e conteúdo de água (ZOTARELLI *et al.*, 2002).

Tem-se avaliado o estado nutricional das plantas quanto ao N de maneira indireta, medindo-se os teores de clorofila em folhas de feijoeiro (FURLANI JUNIOR *et al.*, 1996), milho e pimenta (SANTOS *et al.*, 2003a) por meio da leitura no SPAD. Segundo Reis *et al.* (2006), a leitura no SPAD correlaciona-se positivamente com o teor de N nas folhas e com a produtividade do cafeeiro, sendo o medidor portátil SPAD usado para estimar o

teor de clorofila eficiente na avaliação do estado nutricional do cafeeiro quanto ao nitrogênio.

Segundo Lange *et al.* (2005), tratamentos com e sem falta de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) influenciaram de modo diferente o teor de clorofila medido em unidades SPAD ao longo do período experimental na cultura da mamona. Estes resultados indicam a influência que os micronutrientes podem ter no teor de clorofila identificado através do sensor. Isto implica a existência de um maior número de fatores que deve ser levado em consideração ao avaliar-se o teor de N nas folhas através do SPAD.

Isso se torna uma informação muito importante para a Agricultura de Precisão (AP) uma vez que ela realiza o manejo localizado da cultura, estudando cada porção da área de modo isolado no que diz respeito a características do solo, comportamento dos cultivares, entre outros aspectos.

### **Agricultura de precisão**

É conhecido que no desenvolvimento de uma cultura existe uma variabilidade espacial e temporal da produtividade dentro de uma mesma área, principalmente devido à disponibilidade nutricional e às propriedades físicas e químicas do solo. Assim, determinando essa variabilidade, podem-se identificar alguns valores inadequados para propriedades do solo que podem ser corrigidas em tempo hábil, aumentando assim a produtividade (DIKER & BAUSCH, 2003).

Segundo Ortiz (2003), a análise da distribuição espacial das variáveis envolvidas na produção, possibilita a distinção de regiões com menor e maior variabilidade e a geração de mapas de aplicação diferenciada dos insumos agrícolas. Para isso, se leva em conta a quantidade de nutrientes necessária ao ótimo desenvolvimento do cultivo e a quantidade disponível em diferentes áreas do talhão (variabilidade espacial), promovendo a otimização do sistema de produção.

A AP pode trazer inúmeros benefícios ao cultivo do café, pois se trata de uma cultura que em geral apresenta elevada receita por área, sendo seu preço baseado na qualidade dos grãos. O emprego das técnicas de AP pode auxiliar na identificação de áreas com potencial para produção de frutos com melhor qualidade, e até mesmo no entendimento dos fatores que a determinam. As

áreas de produção podem ser georreferenciadas e tratadas de maneira diferenciada, uma vez que a cultura é perene e vem sendo tradicionalmente cultivada em talhões com áreas relativamente pequenas nas regiões montanhosas (QUEIROZ *et al.*, 2004).

### **Zonas de manejo e métodos para delimitação**

Uma zona de manejo é definida como uma sub-região do campo que apresenta uma combinação de fatores limitantes de produtividade e de qualidade para a qual se pode aplicar uma dose uniforme de insumos. A definição de zonas de manejo torna mais fácil a aplicação das técnicas de AP, uma vez que pode-se empregar os mesmos sistemas utilizados na agricultura convencional no manejo das culturas. É sabido que a experiência dos produtores foi extremamente importante no desenvolvimento da agricultura. Eles sabem identificar quais áreas de uma cultura apresentam maiores e menores rendimentos. O uso desta base de conhecimento pode permitir a identificação de diferentes zonas de manejo com base na história da produção (FLEMING & WESTFALL, 2000). Técnicas para análises de agrupamentos de dados têm sido usadas para a delimitação de zonas de manejo, possibilitando o uso de um conjunto de fatores proeminentes do desenvolvimento das culturas, podendo identificar variabilidades nos cultivos.

Técnicas de análises de agrupamentos de dados têm sido classificadas dentro de dois métodos principais: Hierárquico e Particionado. Algoritmos hierárquicos criam uma decomposição hierárquica dos dados, tal decomposição é representada por uma estrutura de árvore (organograma) que distribui uma série de dados em subconjuntos pequenos. As folhas da árvore compreendem em únicos objetos e a árvore é construída geralmente de baixo para cima (KAUFMAN & ROUSSEEUW, 1990). Por outro lado, métodos particionados classificam os vetores padrões de um banco de dados dentro de um número de categorias pré-estabelecidas (MACQUEEN, 1967 *apud* HAMMAH & CURRAN, 1999). Os métodos particionados têm como objetivo maximizar a variância entre os grupos estabelecidos e minimizar a variância dentro de cada grupo.

Para o uso de tais métodos de análise de agrupamento de dados dentro da AP, o banco de dados necessita de uma grade padrão. Quando os dados

brutos são plotados como pontos individuais, geralmente é difícil interpretá-los. Para fazer com que os dados sejam mais apresentáveis, a maioria dos softwares em AP transforma os pontos brutos dos dados em um mapa contínuo. Mapas contínuos são produzidos para remover “ruído” (valores discrepantes) dos dados brutos e apresentar um mapa mais coerente (WHELAN *et al.*, 2001). Isto permite a comparação de dados de diferentes épocas e/ou fontes. Quando é feito o mapeamento da produtividade, por exemplo, é altamente improvável que o mesmo ponto seja mapeado em diferentes anos. Igualmente amostragens de solo e imagens, não ocorrem nos mesmos locais e também em mesma escala que os dados de produtividade. Isto dificulta a junção de dados de diferentes sensores e diferentes anos para desempenharem as análises estatísticas. Se os dados são pré-postos em uma grade padrão; então os dados de diferentes anos e diferentes sensores podem ser analisados simultaneamente. Isto permite aos estatísticos, a identificação de áreas estáveis e/ou variáveis na produção das culturas (TAYLOR *et al.*, 2007).

#### 2.4.1. Algoritmo *K-Means*

Os métodos particionados têm sido usados extensamente em dados de ambientes de minas, devido sua capacidade de ajuste e eficiência. Eles possibilitam a partição de um banco de dados com  $n$  pontos em  $k$  agrupamentos, onde  $k$  é o número de partições. Geralmente, cada grupo é representado pelo centro ou por um dos pontos do agrupamento, o qual tem um mínimo de distância dos outros pontos. Algoritmos de particionamento começam com uma partição inicial  $k$  e então usado um processo iterativo para otimizar a qualidade do agrupamento (MACQUEEN, 1967 *apud* HAMMAH & CURRAN, 1999).

O *K-means* segue uma maneira simples para classificar um conjunto de dados através de um número estabelecido a priori de agrupamentos ( $k$  grupos). São definidos os  $k$  centróides para cada grupo, esses centróides devem estar de modo correto localizados devido a diferença de localização dos grupos causando resultados diferentes, então a melhor opção será estabelecê-los tão longe quanto possível uns dos outros. O próximo passo é levar cada ponto que pertence a um determinado grupo de dados associando-os ao centróide mais próximo. Quando nenhum ponto está pendente, o primeiro passo é concluído e

o agrupamento é terminado. Neste momento é preciso recalcular os  $k$  centróides dos agrupamentos, resultando ao passo anterior (associação dos grupos de dados ao centróide mais próximo). Depois de calculados os novos  $k$  centróides, levam-se novamente cada ponto pertencente a determinado grupo aos novos centróides mais próximos calculados, sendo assim feita uma iteração. Como resultado desta iteração, os  $k$  centróides mudarão de localização, tais iterações serão feitas a fim de estabelecer os  $k$  centróides a ponto de não se moverem mais (MACQUEEN, 1967 *apud* STEINLEY, 2006).

Taylor *et al.* (2003) utilizaram o algoritmo *K-means* para definir zonas de manejo por meio de dados de produtividade e condutividade elétrica do solo obtida por indução eletromagnética. Concluiu-se que tais zonas coincidem com diferenças em níveis de nutrientes do solo, assim foi possível formar um banco de dados para realização de uma amostragem mais direcionada. Nesse caso o número de amostras de solo foi reduzido de 27 para 4. O algoritmo *K-means* permite que as variações do solo e produtividade sejam usadas juntas na definição de zonas de manejo possibilitando ao usuário controlar o número de zonas identificadas, proporcionando melhor manejo das áreas.

Pesquisadores atentam ao fato de que o algoritmo *K-means* não provê necessariamente a melhor situação global de todo o banco de dados e, dependendo dos valores iniciais usados, o algoritmo termina em uma “situação local” (melhor solução dentro de um determinado conjunto de dados vizinho) que nunca poderá ser verificada como a melhor situação global (MACQUEEN, 1967; HARTIGAN & WONG, 1979 *apud* STEINLEY, 2006). A fim de evitar a “situação local”, Hartigan (1975) *apud* Steinley (2006) e Falkenauer & Marchand (2001) sugerem executar o método *K-means* diversas vezes com diferentes valores iniciais, aceitando a melhor solução; porém, foi mostrado que o número de “situações locais” pode ocorrer em milhares (STEINLEY, 2003), indicando que os resultados de estudos que usam um pequeno número de reinícios aleatórios (MAKARENKOV & LEGENDRE, 2001) pode estar enganado. Assim, a presença de uma “situação local” é um problema muito mais presente do que pensado previamente. Falkenauer & Marchand (2001) alegaram que a não robustez exibida do algoritmo *K-means* o faz muito indesejável; porém, foi determinado que o algoritmo *K-means* normalmente exhibe bons agrupamentos na caracterização de áreas (DIMITRIADOU *et al.*, 2002; STEINLEY, 2003).

## 2.4.2. Algoritmo *Fuzzy-C Means*

Modelos “fuzzy” têm sido utilizados em projetos de sistemas de controle. Algoritmos de agrupamentos “fuzzy” são ferramentas matemáticas utilizadas para detectar similaridade entre membros de uma coleção de objetos (WINDHAM, 1982; ATECA *et al.*, 2001).

O método *fuzzy c-means* pode ser equacionado por meio de um algoritmo iterativo, baseado na minimização de um índice de desempenho, que indica a adequabilidade da pseudopartição gerada. O desempenho do algoritmo é influenciado pela escolha do número de classes  $c$ , dos centros de agrupamentos iniciais, da ordem na qual os vetores são processados, da medida de distância, do critério de parada e pelas propriedades geométricas dos dados. Os conjuntos que apresentam agrupamentos compactos, bem separados e com formas hiper-esféricas, são apropriados para este método, mas para encontrar agrupamentos adequados é necessário realizar extensivos testes com vários valores de  $c$ , distâncias, critérios de parada, centros de agrupamentos iniciais e diferentes ordens de amostras. Assim, o algoritmo assume como entrada os seguintes parâmetros: o número desejado de agrupamento  $c$ ; uma medida de distância  $m \in (1, \infty)$ , que define a distância permitida entre os pontos e os centros de um agrupamento; e um número pequeno  $\varepsilon > 0$ , utilizado como um critério de parada, além da instanciação inicial dos graus de pertinência dos objetos a cada uma das classes e dos centros de agrupamento dessas classes (BEZDEK, 1981).

Yan *et al.* (2007), utilizando ferramentas da geoestatística e o algoritmo de agrupamento de dados *fuzzy c-means* na geração de zonas de manejo para a caracterização das propriedades químicas do solo em terras salinas, concluíram que as zonas geradas mostraram-se favoráveis no conhecimento da variabilidade na produtividade. Tais resultados provêm uma base de informações para o manejo racional e preciso podendo ser utilizados para o desenvolvimento de uma amostragem mais direcionada e menos uniforme, focando os locais de maior variabilidade, podendo-se assim identificar as propriedades químicas do solo que influenciam na produtividade, minimizando o custo em análises de solo, que é o problema chave da agricultura de precisão.

Segundo Santos *et al.* (2003b), em área cultivada com milho, a utilização de atributos físicos do solo para separar zonas de manejo por meio do método

*fuzzy c-means*, mostra-se adequada no reconhecimento dos padrões de agrupamentos com base nas propriedades do solo e apresenta relativa coincidência entre variabilidades espaciais de produtividade.

Bonventi Junior & Costa (2003) utilizaram o algoritmo fuzzy c-means como parte de um sistema capaz de detectar pixels de pele humana exclusivamente pela cor. Concluíram que o algoritmo mostrou-se bastante acurado na separação dos grupos de pele em todas as imagens que alimentaram o sistema, exceto quando o ângulo em que a luz incidente é bastante refletida, formando uma mancha brilhante na imagem da pele.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

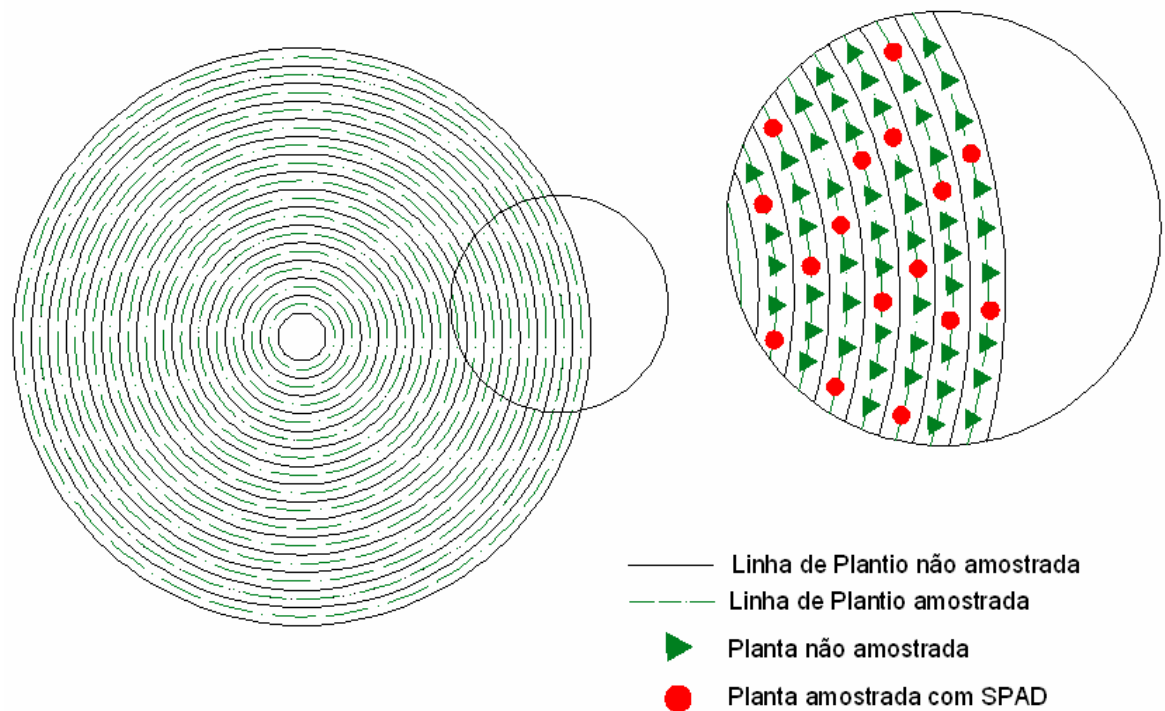
Este trabalho foi conduzido na Fazenda Jatobá, localizada no município de Paula Cândido – MG, nas coordenadas geográficas de 20°49'45,9”S e 42°55'5,7”O, durante o mês de novembro de 2007. Os frutos da cultura apresentavam-se no estado “chumbinho”. A área avaliada apresenta uma lavoura de *Coffea arabica* L. cv. Catuaí de 2,10 ha irrigada por um pivô-central, em solo caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo. A cultura apresenta espaçamento de 0,65 m entre plantas e 3,0 m entre linhas, totalizando 26 linhas de plantio.

#### **Métodos de amostragem**

O trabalho foi iniciado fazendo o georreferenciamento da área em estudo utilizando o aparelho DGPS modelo ProXRS, fabricado pela Trimble. Para fazer a correção diferencial do levantamento foram utilizados os dados da base da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) do IBGE, localizada na UFV e foi utilizado o software Pathfinder Office da Trimble para a correção dos dados.

A amostragem para a coleta dos valores de SPAD foi feita de forma alternada em relação às linhas de plantio, e nessas linhas, a cada quatro plantas foi amostrada uma, totalizando-se 25% de todas as plantas presentes nas linhas e 1141 plantas, aproximadamente, 13% das plantas presentes na área. Foi realizada a coleta de folhas que foram submetidas à análise foliar a cada 10 plantas usadas para leitura SPAD, então esta décima planta constou de determinações simultâneas de SPAD e valores da análise foliar, totalizando 114 plantas. Na Figura 1 são esquematizadas a área em estudo e a forma de coleta dos dados em relação às linhas de plantio e as plantas.





**Figura 1** – Amostragem da área em estudo.

Cada planta amostrada foi dividida ao meio em relação ao sentido da linha, foram medidos os valores de SPAD em 15 pares de folhas em ramos produtivos, (terceiro ou quarto par de folhas a partir do ápice do ramo) no terço médio da planta, totalizando 30 folhas por planta, 15 folhas de cada lado. Foi anotado o valor médio dos dois lados, todos medidos no terço médio da planta. As análises foliares foram feitas no Laboratório de Análise de Solo Viçosa Ltda utilizando o método de “Kjeldahl” para a determinação do N, incineração em estufa à 500° C para a determinação do boro e para os demais nutrientes a digestão úmida em solução nitro-perclórica. Nas Figuras 2 e 3 são mostradas a forma de coleta de dados na planta em relação ao posicionamento das folhas no terço médio e no ramo respectivamente.



**Figura 2** – Posicionamento das folhas em relação ao terço médio.



**Figura 3** – Posicionamento das folhas em relação ao ramo.

### **Análise de correlação entre valores SPAD e análise foliar de nutrientes**

Foram analisadas as correlações entre os valores de SPAD e as concentrações foliares de macro e micro-nutrientes através da correlação linear de “Pearson”. Os valores de SPAD foram confrontados com os valores das concentrações foliares de cada nutriente e as correlações obtidas foram sujeitas a teste de significância à 5%.

### **Definição das zonas de manejo**

Foram utilizados dois métodos para a definição das zonas de manejo, *K-means (KM)* e *Fuzzy C-means (FCM)*. Sendo geradas as zonas de manejo com base nos seguintes dados:

- Valores de SPAD coletados;
- Concentrações foliares de N, fósforo e potássio;
- Concentrações foliares de N e as concentrações foliares dos macro-nutrientes de maior correlação com os dados de SPAD;
- Concentrações foliares de N e as concentrações foliares dos micro-nutrientes de maior correlação com os dados de SPAD;
- Concentrações foliares de todos micro-nutrientes e o de N foliar;
- Concentrações foliares de todos macro-nutrientes;
- Concentrações foliares dos nutrientes de maior correlação positiva e os dados de SPAD.

Para todas as situações analisadas, as zonas de manejo foram geradas utilizando-se três classes diferentes.

Foram feitas análises geoestatísticas no programa computacional GS+ com cada atributo verificando-se a possível dependência espacial dos mesmos, afim de juntamente com a análise de correlação, determinar as concentrações foliares que constituiriam cada conjunto de dados para a geração das zonas de manejo. Posteriormente, os atributos de cada conjunto foram dispostos em uma grade padrão de 0,7 x 0,7m por meio da krigagem, adaptado de Taylor *et al.* (2007).

O método *KM* foi aplicado para dividir os valores de cada conjunto de dados em três grupos, ou seja, cada mapa temático gerado a partir dos conjuntos de dados possui três zonas de manejo. Para isso, o algoritmo é executado iterativamente da seguinte forma por meio do programa computacional STATISTICA 7:

1. Definiram-se os três pontos no espaço representados pelos objetos que foram agrupados. Estes pontos representam os centróides iniciais de cada grupo (zona de manejo).
2. Atribuiu-se a cada objeto o grupo que tem o centróide o mais próximo dele.
3. Quando todos os objetos foram recebidos à atribuição do grupo a que pertence, recalcularam-se as posições dos três centróides.
4. Repetiram-se os passos 2 e 3 até que os centróides não se movessem mais.

A função objetivo para o método *KM* é:

$$\text{Minimizar } J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \left\| x_i^{(j)} - c_j \right\|^2$$

Em que,  $\left\| x_i^{(j)} - c_j \right\|$  é a distância euclidiana entre um vetor de dados  $x_i^{(j)}$  (de cada conjunto de dados  $j$ ) e o centro do agrupamento  $c_j$ , sendo um indicador da distância de  $n$  pontos dos dados para os respectivos centros dos  $k$  agrupamentos.

Foram feitos cinco testes partindo-se de centróides diferentes, tendo sido observado que para todos os centróides iniciais obteve-se o mesmo resultado.

O método *FCM* testa sub-agrupamentos de dados, buscando a minimização da variância intra-classes e a maximização da variância inter-

classes. Por este método faz-se a minimização da função objetivo  $J_m$ , com respeito a uma função característica  $\mu_{ij}$  ( $\mu_{ij} \in [0, 1]$ ) e um centro de classe  $c_i$ . O método foi usado para dividir os grupos de dados utilizados na confecção das zonas de manejo em três classes. Para isso, utilizou-se o programa computacional FuzMe 3.0 (MINASNY & MCBRATNEY, 2002). A função objetivo é:

$$\text{Minimizar } J_m = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \left( \mu_{ij} \right)^m d^2(x_j, c_i)$$

sendo

$$d^2(x_j; c_i) = \|x_j - c_i\|^2$$

Em que  $m$  é um índice do grau *fuzzy* para a classificação. Segundo Yonamine *et al.* (2002), a variável real  $m > 1$  é usada para definir a distância permitida entre os pontos e o centro que está sendo calculado. Quanto maior o valor de  $m$  mais elementos do conjunto são considerados como pertencentes a um grupo. Esse parâmetro é escolhido de acordo com o problema considerado, não existindo nenhuma base teórica para uma escolha ótima do valor de  $m$ .

Para o presente trabalho foi realizado um teste preliminar em que se testou cinco diferentes valores de  $m$ : 1,1; 1,3; 2; 5 e 10. Os resultados mostraram que nessa faixa o valor de  $m$  não alterou a definição das zonas de manejo. Sendo assim, adotou-se  $m = 1,1$  para a geração das zonas de manejo. O algoritmo foi executado iterativamente, do seguinte modo:

1. Iniciou-se a função característica  $\mu_{ij}$  da variável  $x_j$  (cada conjunto de dados utilizados para a geração das zonas de manejo) pertencente ao centro da classe  $i$ , de modo que:

$$\sum_{i=1}^k \mu_{ij} = 1$$

Em que  $\mu_{ij}$  é uma matriz de dimensão  $k \times n$ . Essa equação é aplicada para cada um dos grupos de dados  $x_j$ .

2. Determinou-se o centro de classe  $c_i$ , para  $i = 1,2,3$ , usando-se:

$$c_i = \frac{\sum_{j=1}^n (\mu_{ij})^m x_j}{\sum_{j=1}^n (\mu_{ij})^m}$$

3. Atualizaram-se os valores  $\mu_{ij}$  para cada classe, empregando-se:

$$\mu_{ij} = \frac{\left( \frac{1}{d^2(x_j, c_i)} \right)^{\frac{1}{(m-1)}}}{\sum_{i=1}^k \left( \frac{1}{d^2(x_j, c_i)} \right)^{\frac{1}{(m-1)}}}$$

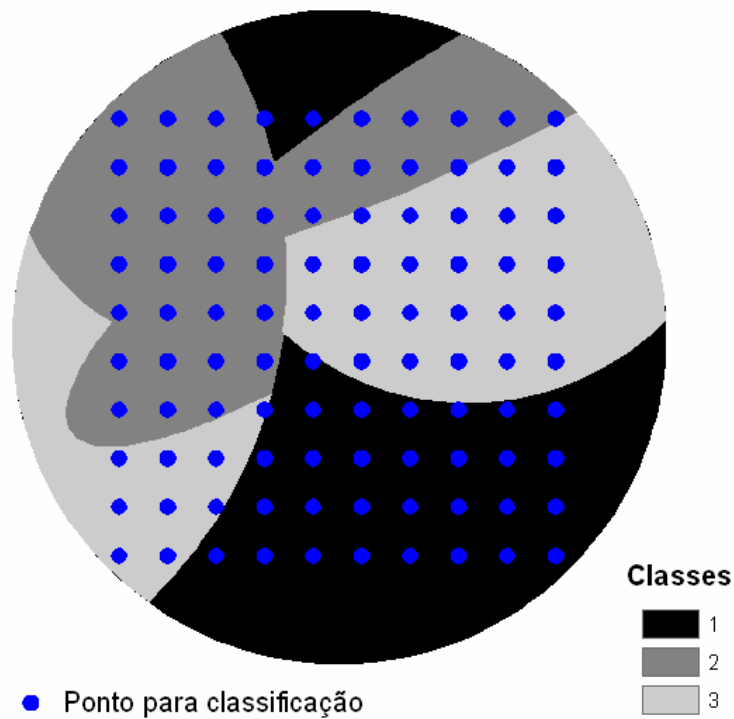
Os resultados dos passos 2 e 3 foram aplicados na função  $J_m$ , e recalculados até que a diferença entre  $J_m$  atual e  $J_m$  anterior fosse igual ou menor que 0,0001. Foram feitas dez inicializações aleatórias com diferentes centróides iniciais.

Após a delimitação dos grupos pelos métodos *KM* e *FCM*, foi utilizado o programa computacional ArcGis para a geração dos mapas temáticos.

### **Análise das zonas de manejo obtidas**

A partir dos mapas gerados por meio dos dois métodos de agrupamento de dados (*KM* e *FCM*), foi analisado visualmente qual obteve maior similaridade entre as zonas de manejo provenientes do SPAD e as demais zonas geradas.

Foi feito uma grade padrão com 100 pontos (Figura 4) em cada mapa de zonas de manejo gerado, sendo analisado para qual das três classes cada ponto desta grade pertence. Verificou-se assim qual dos dois métodos obteve maior número de pontos de mesma classe entre os mapas comparados. Verificaram-se também as médias obtidas de cada atributo dentro de cada classe.



**Figura 4** – Esquema representativo da grade padrão de classificação.

Tais comparações foram feitas para os mapas gerados com mesmos atributos comparando os dois métodos de agrupamento, e os mapas gerados dentro de cada método a partir das concentrações foliares com o mapa gerado a partir dos valores de SPAD. Por meio destes parâmetros foi avaliado se houve diferença entre os dois métodos na geração de tais zonas e quais mapas gerados a partir das concentrações foliares obtiveram maior similaridade entre os mapas de SPAD para os dois métodos.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### Análise de correlação entre valores SPAD e análise foliar de nutrientes

No Quadro 1 são apresentadas as análises estatísticas descritivas dos valores obtidos com o SPAD, de cada nutriente obtido por meio de análise foliar e a faixa considerada satisfatória (FS) quanto a seus níveis para a cultura do café cultivado em Viçosa-MG, de acordo com Martinez *et al.* (2003).

**Quadro 1** – Análise descritiva das concentrações de nutrientes foliares e faixa considerada satisfatória

Elemento	Valor Mínimo	Quartil inferior	Mediana	Quartil superior	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	FS *
<b>SPAD</b>	47,90	60,10	62,40	64,50	71,20	62,09	3,47	5,58	-
<b>N</b> - dag/kg	2,69	2,88	3,02	3,11	3,42	3,01	0,17	5,64	2,47 - 3,15
<b>P</b> - dag/kg	0,12	0,15	0,16	0,17	0,20	0,15	0,01	6,66	0,15 - 0,19
<b>K</b> - dag/kg	1,44	1,67	1,90	2,17	2,47	1,92	0,28	14,58	2,13 - 2,89
<b>Ca</b> - dag/kg	0,48	0,76	0,88	1,02	1,28	0,89	0,18	20,22	0,92 - 1,20
<b>Mg</b> - dag/kg	0,24	0,32	0,35	0,38	0,45	0,34	0,04	11,76	0,35 - 0,56
<b>S</b> - dag/kg	0,11	0,13	0,15	0,17	0,24	0,15	0,03	20,00	0,16 - 0,22
<b>Zn</b> - mg/kg	6,00	8,00	8,00	9,00	12,00	8,87	1,28	14,43	6 - 12
<b>Fe</b> - mg/kg	72,00	110	123	142,25	467,00	137,87	56,62	41,06	56 - 94
<b>Mn</b> - mg/kg	226,00	496	607,5	722,75	1249,00	617,75	181,40	29,36	115 - 286
<b>Cu</b> - mg/kg	9,00	13,00	13,00	15,00	22,00	13,80	2,26	16,37	13 - 29
<b>B</b> - mg/kg	15,70	25,80	29,40	32,70	40,00	29,20	5,36	18,35	29 - 52

\* Faixa considerada satisfatória quanto a níveis de concentrações de nutrientes para a cultura do café cultivado em Viçosa-MG, de acordo com Martinez *et al.* (2003).

A folha expressa em sua coloração os efeitos sintomáticos do “status” de nutrientes. Um dos sintomas da deficiência dos nutrientes é a clorose (amarelecimento das folhas). Essa clorose ocorre com freqüência nas folhas mais velhas quando ocorre deficiência de N e Mg e nas folhas mais jovens quando ocorre deficiência de Ca. Esse sintoma indica que existe uma redução ou aumento na quantidade de clorofila relacionado ao nível desses nutrientes. Essa quantidade de nutrientes que influencia a síntese de clorofila dificulta a discriminação do efeito isolado de cada nutriente pelo SPAD.

Observa-se que, enquanto os valores de N estão dentro do nível satisfatório, os valores de Ca e Mg encontram-se em níveis baixos. O Mg é parte integrante da molécula da clorofila e só isto basta para mostrar sua importância. Além disso, tem papel importante no metabolismo do fósforo. Esses nutrientes tendem a diluir o efeito isolado de cada nutriente sobre a quantidade de clorofila presente na folha.

No Quadro 2 a seguir são apresentadas as correlações entre as concentrações de nutrientes e os valores de SPAD.

**Quadro 2** – Correlações de SPAD com as concentrações dos nutrientes foliares e correlações entre as concentrações dos nutrientes foliares

	SPAD	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
<b>SPAD</b>	1,00											
<b>N</b>	0,34*	1,00										
<b>P</b>	-0,23*	0,00	1,00									
<b>K</b>	-0,04	0,44	0,06	1,00								
<b>Ca</b>	0,23*	-0,07	-0,09	-0,47	1,00							
<b>Mg</b>	0,21*	0,06	0,04	-0,19	0,12	1,00						
<b>S</b>	0,15	0,54	0,15	0,48	-0,20	-0,03	1,00					
<b>Zn</b>	-0,14	0,09	0,21	-0,08	0,43	-0,19	0,09	1,00				
<b>Fe</b>	0,18*	0,01	-0,32	0,11	0,24	-0,10	-0,02	0,06	1,00			
<b>Mn</b>	0,10	0,20	-0,41	0,18	0,02	-0,12	-0,08	-0,10	0,30	1,00		
<b>Cu</b>	-0,30*	0,03	0,42	0,14	-0,41	-0,11	0,13	-0,06	-0,18	-0,06	1,00	
<b>B</b>	-0,06	0,28	0,06	0,35	0,21	-0,20	0,28	0,23	0,13	0,12	0,02	1,00

Os valores de correlações entre as concentrações foliares e SPAD seguidos de \* possuem significância ao nível de 5%.

Observa-se que não houve alta correlação entre os valores de SPAD e as concentrações foliares dos macro e micronutrientes analisados. Os valores de correlação observados entre as concentrações de N e SPAD são menores que os encontrados na literatura para experimentos controlados. A baixa correlação deve-se ao fato do teor de clorofila ser influenciado por outros fatores além do N. Em experimentos com doses de N, a dose de N é a única fonte de variação. Todos os demais fatores são controlados.

Silva Júnior (2006) trabalhou com diferentes aplicações de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) em *Brachiaria decumbens*, obtendo as correlações entre os teores de N foliar e SPAD de 92,3, 95,1 e 84,6% para 15, 21 e 32 dias após adubação, respectivamente. Reis *et al.* (2006), trabalhando na cultura do café cv. Catuaí vermelho, fazendo aplicações nitrogenadas variando de 50 a 350 kg ha<sup>-1</sup>, identificou correlações de teores de N foliar com SPAD de 94 a 98% para diferentes épocas de leituras. Tais correlações são muito superiores aos encontrados nesse trabalho (34%). Entretanto é imprescindível salientar que os valores encontrados de N estavam, em sua maioria, dentro da faixa considerada satisfatória. A baixa correlação entre N e SPAD pode ser devido a pequena variação dos valores de N e do SPAD na área.

O sensor de clorofila avalia quantitativamente, a intensidade do verde da folha, medindo a transmitância de luz a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila e a 940 nm, onde não ocorre absorção. Com estes dois valores, o equipamento calcula um número ou índice SPAD que,



normalmente, é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha. As clorofilas são pigmentos responsáveis pela conversão da radiação luminosa em energia. Por esta razão, estes pigmentos estão estreitamente relacionados com a eficiência fotossintética das plantas (STREIT *et al.*, 2005). Existe uma grande variedade de fatores que influenciam na síntese da clorofila e na coloração das folhas. Então o fato de o valor de um nutriente como o nitrogênio estar dentro de níveis satisfatórios (Quadro 1) não implicaria, necessariamente em valores altos de SPAD, uma vez que outros elementos podem estar influenciando no teor de clorofila ou na formação de outros pigmentos.

França *et al.* (2007), trabalhando com variação de tonalidades (do verde amarelado ao verde escuro intenso) em folhas de café, obtiveram os seguintes intervalos discretos de SPAD: verde amarelado (10 – 25 unidades SPAD); verde claro (25 – 40 unidades SPAD); verde (40 – 55 unidades SPAD) e verde escuro intenso (55 – 70 unidades SPAD). Observou ainda que as leituras efetuadas pelo SPAD se correlacionaram com as determinações dos teores de clorofila a, b e total com  $R^2$  de aproximadamente 96%. Isso implica que o SPAD é sensível a variação de tonalidade de verde das folhas e um ou mais nutrientes que acarretam essa variação de tonalidade podem influenciar nas leituras de SPAD.

Segundo Peng *et al.* (1995), a quantidade de N por massa de folha varia de acordo com os estágios de crescimento e/ou variedade, principalmente devido a espessura e peso específico da folha. Para Balasubramanian *et al.* (2000), o efeito da espessura da folha pode ser eliminado se a concentração de N foliar for expressa em quantidade de N por área da folha.

Por esse motivo umas das formas de melhorar a correlação entre SPAD e concentração de N foliar seria levar em consideração também à área foliar. Netto *et al.* (2005), em uma lavoura comercial de café, conseguiu reduzir o efeito da variabilidade da espessura das folhas trabalhando com a concentração de N em  $g/m^2$  e conseguiram  $r^2$  de 0,69 para a regressão (concentração de N vs. valores SPAD). Isto pode explicar o fato da baixa correlação entre a concentração de N e valores de SPAD, uma vez que a concentração de N está expressa por massa de folha.

Os elementos P e Cu apresentaram correlações negativas com os valores de SPAD. Um dos sintomas de deficiência de P é a ocorrência da cor vermelha pardo nas folhas, passando para um marrom arroxeado conforme a

severidade da deficiência. Balasubramanian *et al.* (2000), estudando o efeito do teor de P sobre os valores de SPAD na cultura do arroz, obteve maiores valores médios de SPAD para as plantas em deficiência (39 com deficiência e 35 normal), recomendando o uso de diferentes equações de regressão (nível normal e deficiente de P) entre SPAD e concentração de N foliar quando se objetiva a determinação da concentração de N foliar.

Com exceção do Cu e Fe, todos os outros micronutrientes analisados (B, Mn e Zn) não apresentaram correlação significativa com os valores de SPAD. O Cu é indispensável às plantas, mesmo que em quantidades mínimas; em excesso é muito tóxico e pode causar um efeito deletério na produção de clorofila. Segundo Dechen & Nachtigall (2006), condições de deficiência de Cu, o mesmo parece não afetar significativamente o conteúdo de clorofila.

O Fe é indispensável à formação da clorofila. Sua deficiência produz folhas total ou parcialmente cloróticas (amareladas). Lange *et al.* (2005) trabalhando com mamona, demonstraram em seus experimentos que o tratamento com omissão de Fe apresentou sintoma de redução nos teores de clorofila no início do estudo, tendo comportamento linear ao longo do tempo, tendendo a diminuir os teores de clorofila durante todo o ciclo da planta. Entretanto, a concentração de Fe para o presente trabalho encontrou-se em sua maioria acima da faixa satisfatória, não influenciando assim no teor de clorofila.

Apesar da baixa e/ou falta de correlação entre os teores de nutrientes e os valores de SPAD, nota-se por meio dos resultados apresentados a necessidade do estudo da relação dessas variáveis em conjunto, contrapondo o seu efeito isolado. Uma vez que a grande maioria dos macro e micronutrientes analisados têm uma intrínseca relação com a síntese de clorofila que é mensurada de forma indireta pelo SPAD.

### **Análise geoestatística**

Todos os atributos foram submetidos à análise geoestatística. Os parâmetros dos semivariogramas ajustados e o coeficiente de determinação da validação cruzada para cada atributo são apresentados no Quadro 3. No Apêndice A são apresentados os semivariogramas e no Apêndice B são

apresentados os gráficos de validação cruzada obtidos para todos os fatores analisados.

**Quadro 3 – Parâmetros dos semivariogramas ajustados e coeficiente de determinação da validação cruzada de cada atributo**

	Modelo	Co	Co+C	Alcance	$R_1^2$	$[C/(Co+C)]$	$R_2^2$
<b>SPAD</b>	Exponencial	3,70	10,714	18,1	0,983	0,654	0,420
<b>N</b>	Gaussiano	$1,541 \cdot 10^{-2}$	$3,522 \cdot 10^{-2}$	40,6	0,659	0,562	0,492
<b>P</b>	Exponencial	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	25,0	0,887	0,880	0,422
<b>K</b>	Gaussiano	$3,33 \cdot 10^{-2}$	$1,116 \cdot 10^{-1}$	53,1	0,969	0,700	0,561
<b>Ca</b>	Gaussiano	$8,56 \cdot 10^{-3}$	$2,952 \cdot 10^{-2}$	13,4	0,802	0,710	0,548
<b>Mg</b>	Exponencial	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,73 \cdot 10^{-3}$	4,30	0,506	0,910	0,003
<b>S</b>	Esférico	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$9,5 \cdot 10^{-4}$	70,2	0,926	0,510	0,235
<b>Zn</b>	Gaussiano	$1,53 \cdot 10^{-1}$	1,69	13,6	0,867	0,900	0,522
<b>Fe</b>	Gaussiano	1,0	2532,0	10,0	0,354	0,990	0,028
<b>Mn</b>	Exponencial	18060,0	36130,0	18,5	0,82	0,500	0,069
<b>Cu</b>	Esférico	$1 \cdot 10^{-2}$	4,798	7,00	0,000	0,990	0,037
<b>B</b>	Gaussiano	9,84	33,5	32,3	0,914	0,706	0,537

Co: efeito pepita; Co+C: patamar;  $R_1^2$ : coeficiente de determinação do semivariograma;  $[C/(Co+C)]$ : índice de dependência espacial;  $R_2^2$ : coeficiente de determinação da validação cruzada.

Levando em consideração os valores dos coeficientes de determinação dos semivariogramas ( $R_1^2$ ), os índices da dependência espacial (IDE) e os coeficientes de determinação da validação cruzada ( $R_2^2$ ), pode-se observar no Quadro 3 que os elementos Mg, Fe, Cu apresentaram IDE considerados elevados segundo Zimback (2001), com moderados  $R_1^2$ , mas apresentaram baixos valores de  $R_2^2$ . O elemento Mn apresentou valor de IDE moderado e  $R_1^2$  elevado, mas como os citados acima, baixo valor de  $R_2^2$ .

Com a validação cruzada, é possível identificar áreas em que não houve dependência espacial, para tais áreas novas amostragens podem ser necessárias (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989), mostrando assim a importância da validação cruzada para indicar a robustez do modelo escolhido na estimação de valores em locais onde não se possui informação.

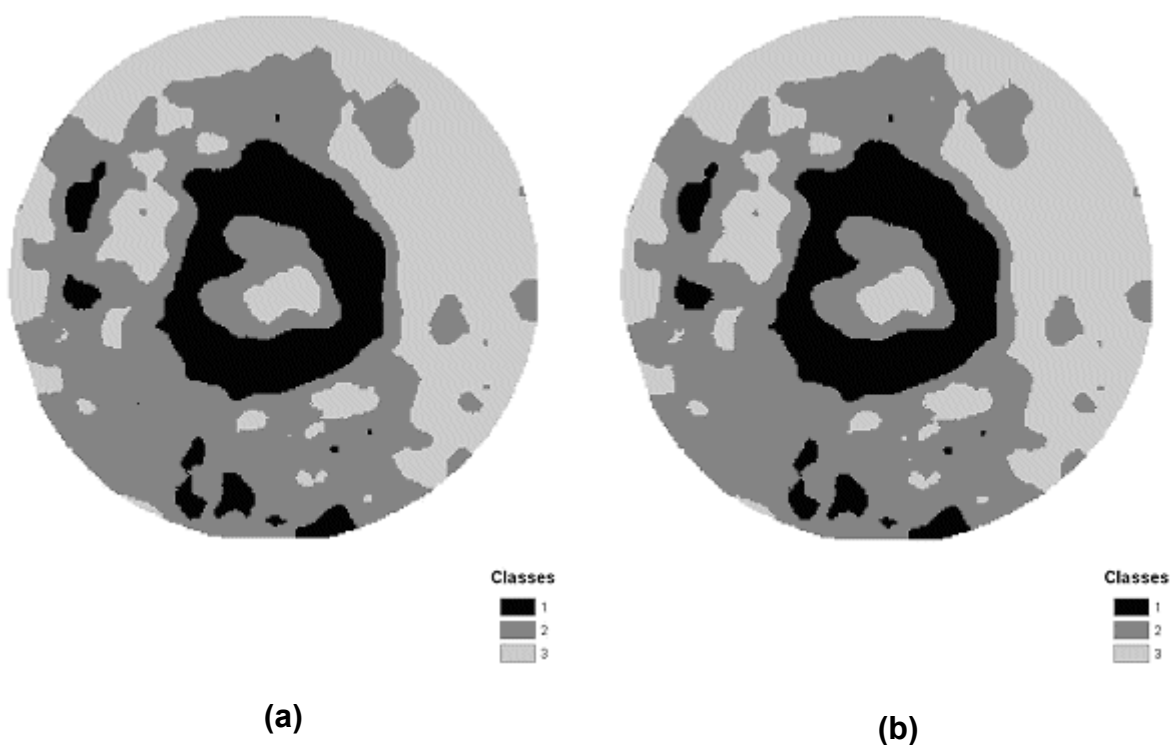
Sendo assim, com base nos resultados de  $R_2^2$  obtidos, os elementos Mg, Mn, Fe e Cu não foram utilizados para definição das zonas de manejo. Os demais elementos forneceram valores satisfatórios IDE,  $R_1^2$  e  $R_2^2$ , possibilitando assim serem utilizados na geração das zonas de manejo. Dessa forma foram definidas as zonas de manejo com base nos seguintes dados:

- Valores de SPAD;
- Concentrações foliares de N;
- Concentrações foliares de N, P e K;
- Concentrações foliares de N, Ca;

- Concentrações foliares de N, Zn e B;
- Concentrações foliares de N, P, K, Ca e S;
- Concentrações foliares de N, Ca e S.

### Zonas de manejo obtidas e comparação entre os métodos *KM* e *FCM*

Na Figura 5 são apresentadas as zonas de manejo geradas a partir dos valores de SPAD pelos métodos *KM* e *FCM*.



**Figura 5** – Zonas de manejo geradas a partir dos valores de SPAD pelos métodos *KM* (a) e *FCM* (b).

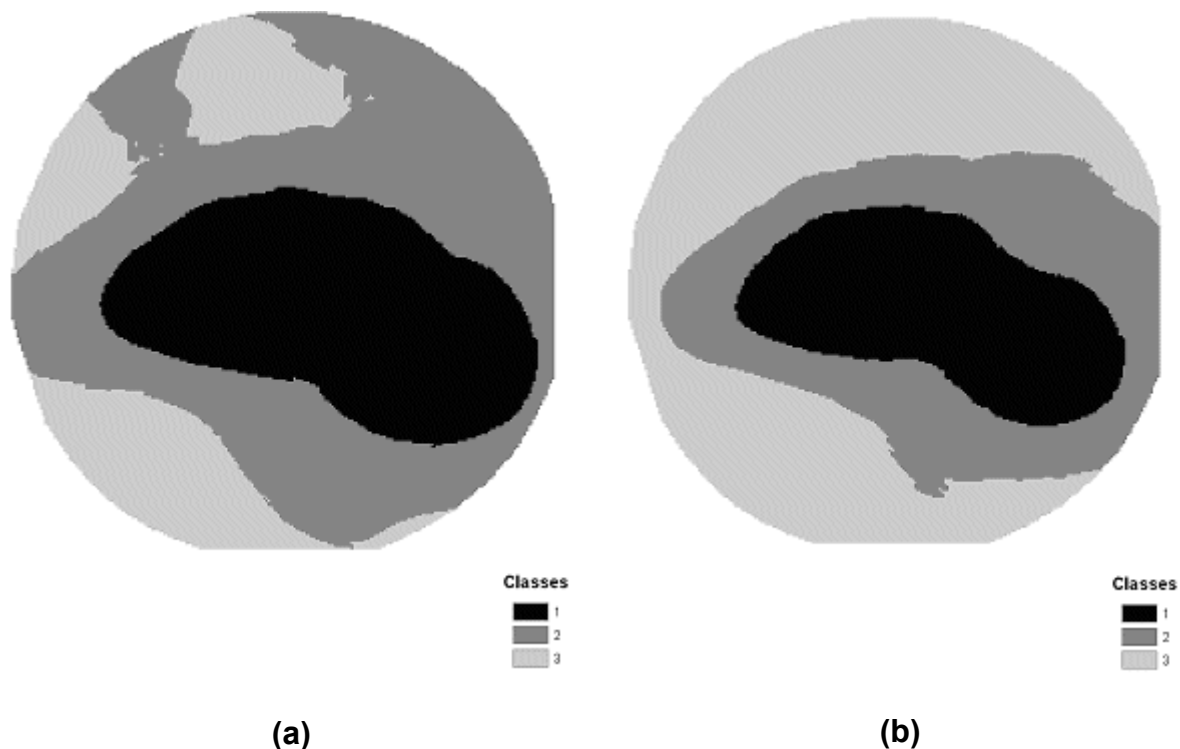
No Quadro 4 são apresentados os valores médios de SPAD que cada classe representa nas zonas de manejo geradas para o método *KM* e *FCM*, e quantos pontos da grade padrão de 100 pontos são pertencentes a cada grupo.

**Quadro 4** – Valores médios de SPAD e número de pontos da grade padrão de cada classe das zonas de manejo obtidas pelos métodos *KM* e *FCM*

Classe	<i>KM</i>		<i>FCM</i>	
	Médias	Nº ptos	Médias	Nº ptos
1	58,6	25	58,6	25
2	61,8	48	61,8	47
3	64,1	27	64,1	28

Pode-se observar no Quadro 4 que os métodos *KM* e *FCM* forneceram os mesmos valores de centróides para cada uma das classes. Quanto ao número de pontos da grade padrão, houve diferença de apenas um ponto para as classes dois e três.

Na Figura 6 são apresentadas as zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares de N geradas pelos métodos *KM* e *FCM*.



**Figura 6** – Zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares de N pelos métodos *KM* (a) e *FCM* (b).

No Quadro 5 são apresentados os valores médios de N que cada classe representa nas zonas de manejo geradas para o método *KM* e *FCM*, e, quantos pontos da grade padrão de 100 pontos são pertencentes a cada grupo.

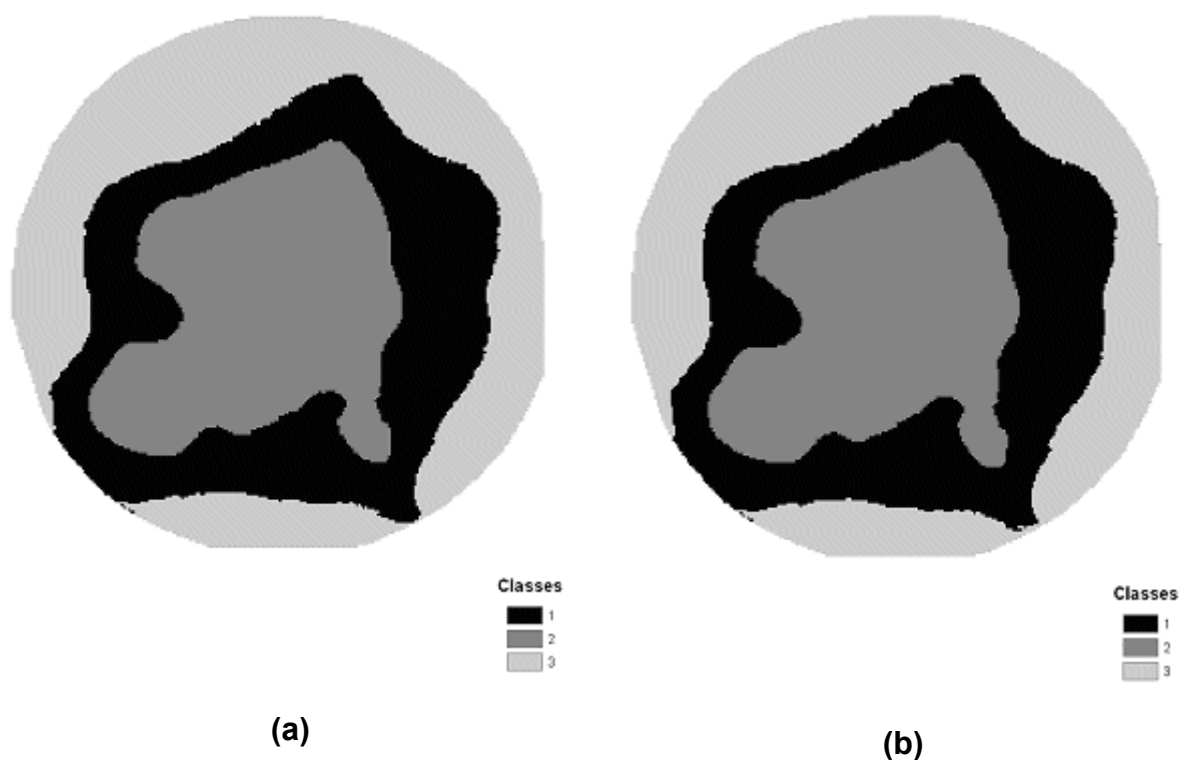
**Quadro 5** – Valores médios de N e número de pontos da grade padrão de cada classe das zonas de manejo obtidas pelos métodos *KM* e *FCM*

Classe	<i>KM</i>		<i>FCM</i>	
	Médias	Nº ptos	Médias	Nº ptos
1	3,17	57	3,19	44
2	3,00	38	3,05	43
3	2,90	5	2,93	13

Pode-se observar no Quadro 5 que os métodos *KM* e *FCM* tenderam a apresentar médias aproximadas, relativamente maiores para o método *FCM*. Quanto ao número de pontos da grade padrão, houve diferença de 13 pontos para a classe um, de 5 pontos para a classe dois, e 8 pontos para a classe três

entre os métodos. Após a comparação com as zonas de manejo geradas a partir dos valores de SPAD no item 4.4., é possível saber qual dos dois métodos apresentou maior semelhança com o mapa de SPAD.

Na Figura 7 são apresentadas as zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares de N, P e K pelos métodos *KM* e *FCM*.



**Figura 7** – Zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares de N, P e K pelos métodos *KM* (a) e *FCM* (b).

No Quadro 6 são apresentados os valores de N, P e K que cada classe representa nas zonas de manejo geradas para o método *KM* e *FCM*, e quantos pontos da grade padrão de 100 pontos são pertencentes a cada grupo.

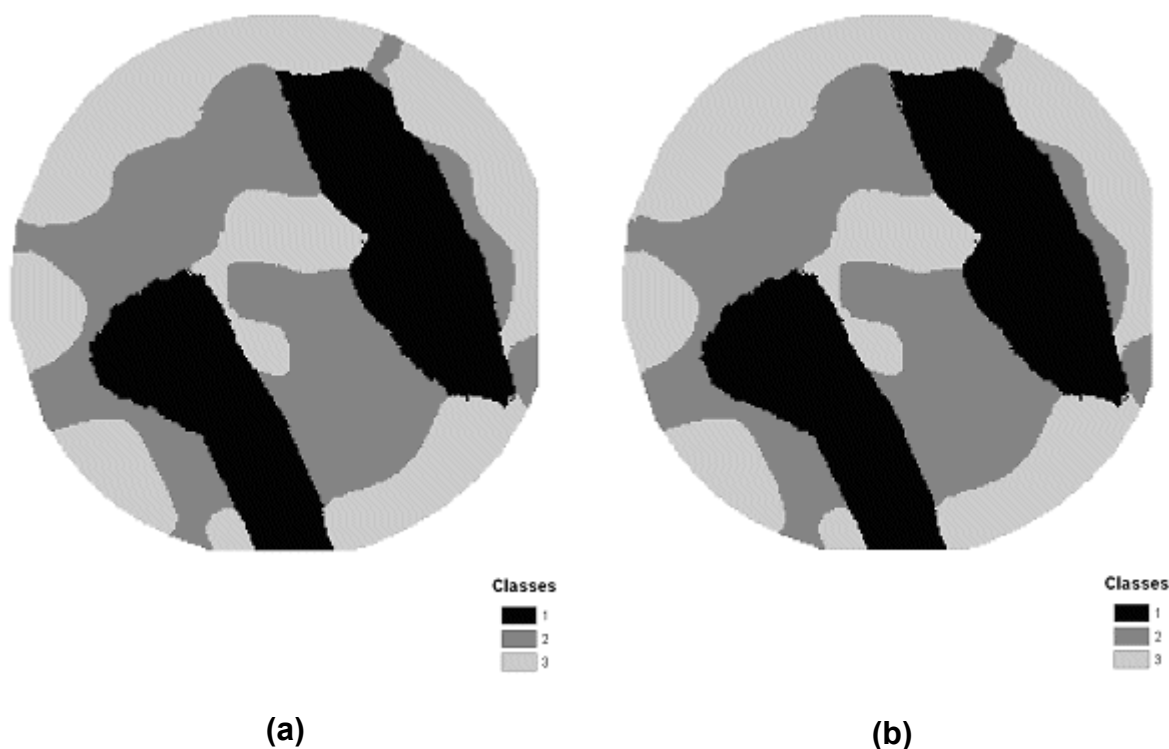
**Quadro 6** – Valores médios de N, P e K, e número de pontos da grade padrão de cada classe das zonas de manejo obtidas pelos métodos *KM* e *FCM*

Classe	<i>KM</i>				<i>FCM</i>			
	Médias			Nº ptos	Médias			Nº ptos
	N	P	K		N	P	K	
1	3,05	0,16	1,97	40	3,05	0,16	1,97	41
2	3,04	0,15	2,23	54	3,04	0,15	2,23	53
3	3,00	0,16	1,72	6	3,00	0,16	1,72	6

Pode-se observar no Quadro 6 que os métodos *KM* e *FCM* forneceram os mesmos valores de centróides para cada uma das classes. O único atributo

que influenciou na delimitação das classes, obtendo diferentes centróides foi o K. Quanto ao número de pontos da grade padrão, houve diferença de apenas um ponto das classes um e dois entre os métodos.

Na Figura 8 são apresentadas as zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares de N e Ca pelos métodos *KM* e *FCM*.



**Figura 8** – Zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares de N e Ca pelos métodos *KM* (a) e *FCM* (b).

No Quadro 7 são apresentados os valores de N e Ca que cada classe representa nas zonas de manejo geradas pelos métodos *KM* e *FCM*, e quantos pontos da grade padrão de 100 pontos são pertencentes a cada grupo.

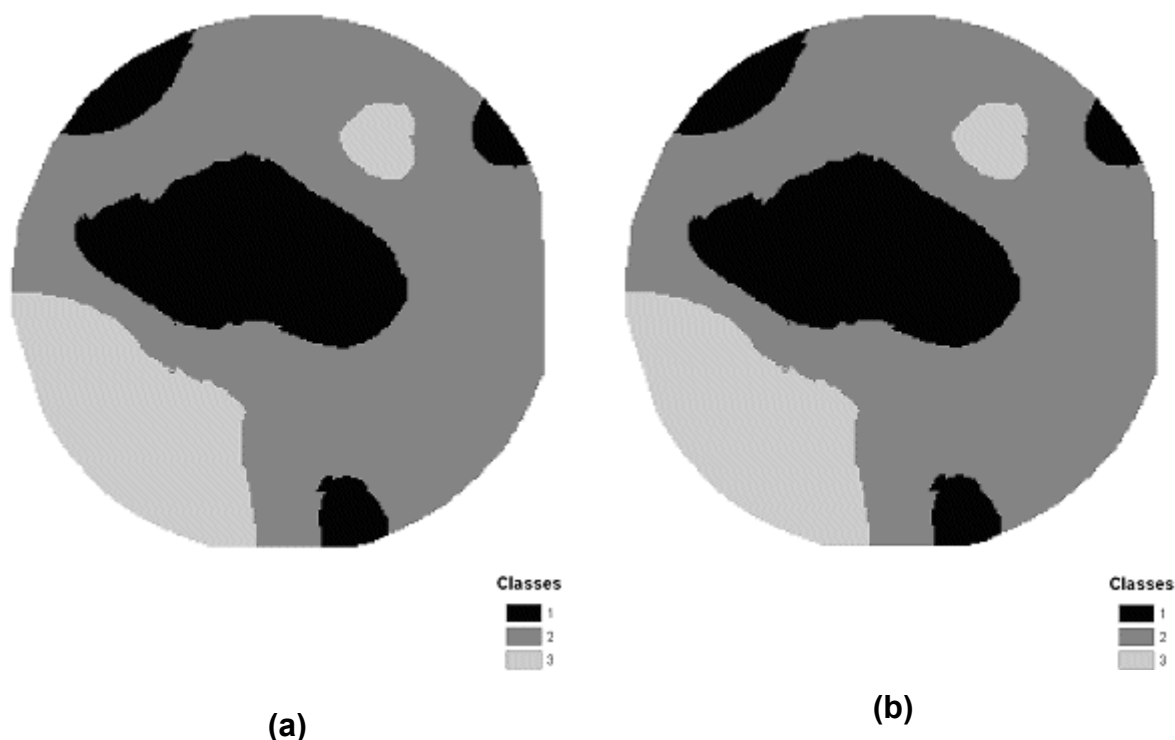
**Quadro 7** – Valores médios de N e Ca, e número de pontos da grade padrão de cada classe das zonas de manejo obtidas pelos métodos *KM* e *FCM*

Classe	<i>KM</i>			<i>FCM</i>		
	Médias		Nº pts	Médias		Nº pts
	N	Ca		N	Ca	
1	3,17	0,80	42	3,17	0,80	42
2	2,97	0,82	39	2,97	0,83	39
3	2,98	1,00	19	2,98	1,00	19

Pode-se observar no Quadro 7 que os métodos *KM* e *FCM* tenderam a apresentar os mesmos valores de centróides para cada uma das classes. O N influenciou na delimitação das classes um e dois, variando o valor dos

centróides para essas classes. Já para a classe três o Ca que teve influência, pois N repetiu o valor de centróide da classe três. Quanto ao número de pontos da grade padrão, não houve diferença entre os métodos.

Na Figura 9 são apresentadas as zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares de N, Zn e B pelos métodos *KM* e *FCM*.



**Figura 9** – Zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares de N, Zn e B pelos métodos *KM* (a) e *FCM* (b).

No Quadro 8 são apresentados os valores de N, Zn e B que cada classe representa nas zonas de manejo geradas para o método *KM* e *FCM*, e quantos pontos da grade padrão de 100 pontos são pertencentes a cada grupo.

**Quadro 8** – Valores médios de N, Zn e B, e número de pontos da grade padrão de cada classe das zonas de manejo obtidas pelos métodos *KM* e *FCM*

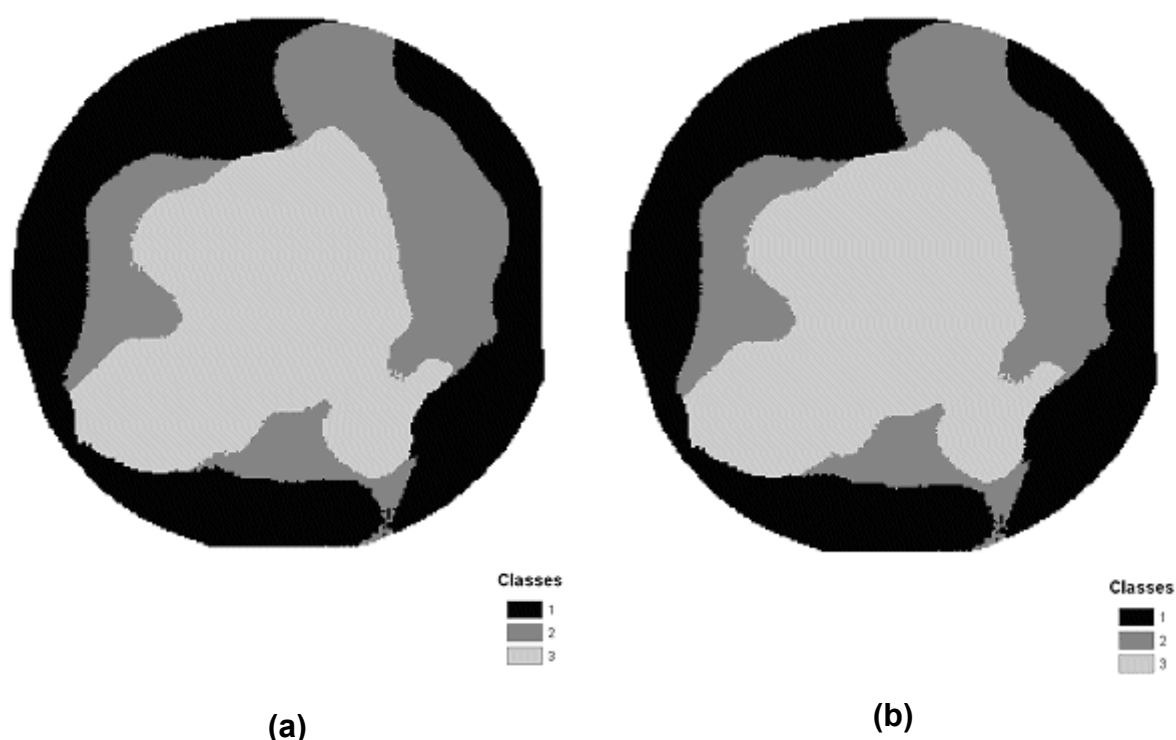
Classe	<i>KM</i>				<i>FCM</i>			
	Médias			Nº pts	Médias			Nº pts
	N	Zn	B		N	Zn	B	
1	3,03	8,96	34,42	33	3,03	8,96	34,43	33
2	3,05	8,43	29,47	55	3,05	8,43	29,47	55
3	2,95	8,76	23,26	12	2,95	8,76	23,26	12

Assim como nas situações anteriores com exceção das zonas de manejo do N, pode-se observar no Quadro 8 que os métodos *KM* e *FCM* tenderam a apresentar os mesmos valores de centróides para cada uma das



classes. O B foi o atributo que tendeu a apresentar classes com centróides diferentes, tornando-o fator principal para a delimitação das mesmas nesse conjunto de dados. Quanto ao número de pontos da grade padrão, não houve diferença nos pontos.

Na Figura 10 são apresentadas as zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares de N, P, K, Ca e S pelos métodos *KM* e *FCM*.



**Figura 10** – Zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares de N, P, K, Ca e S pelos métodos *KM* (a) e *FCM* (b).

No Quadro 9 são apresentados os valores de N, P, K, Ca e S que cada classe representa nas zonas de manejo geradas para o método *KM* e *FCM*, e quantos pontos da grade padrão de 100 pontos são pertencentes a cada grupo.

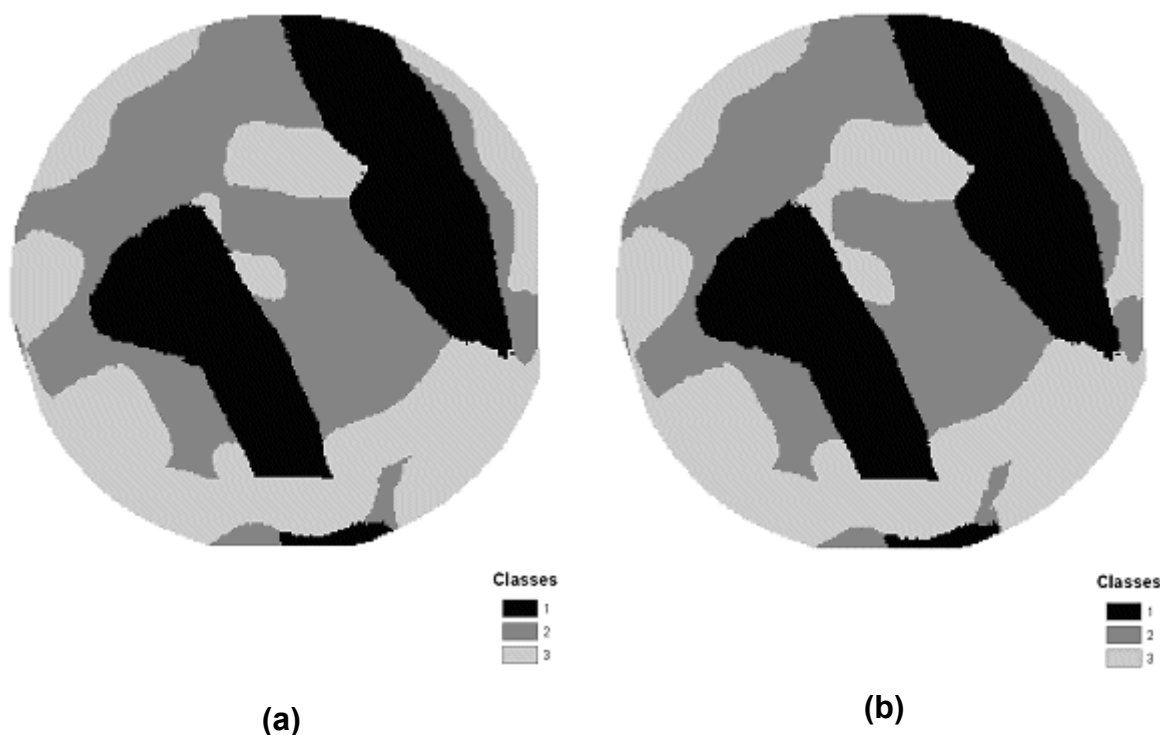
**Quadro 9** – Valores médios de N, P, K, Ca e S, e número de pontos da grade padrão de cada classe das zonas de manejo obtidas pelos métodos *KM* e *FCM*

Classe	<i>KM</i>						<i>FCM</i>					
	Médias					N° ptos	Médias					N° ptos
	N	P	K	Ca	S		N	P	K	Ca	S	
1	2,98	0,16	1,74	0,95	0,15	7	2,98	0,16	1,74	0,95	0,15	6
2	3,11	0,15	1,93	0,80	0,16	30	3,11	0,15	1,93	0,80	0,16	30
3	3,03	0,15	2,20	0,88	0,17	63	3,03	0,15	2,20	0,88	0,17	64

Pode-se observar no Quadro 9 que os métodos *KM* e *FCM* forneceram os mesmos valores de centróides para cada uma das classes. O K foi o atributo

que tendeu a apresentar maior diferença para os centróides nas três classes. Quanto ao número de pontos da grade padrão, houve diferença de apenas um ponto das classes um e três entre os métodos.

Na Figura 11 são apresentadas as zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares de N, Ca e S pelos métodos *KM* e *FCM*.



**Figura 11** – Zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares de N, Ca e S pelos métodos *KM* (a) e *FCM* (b).

No Quadro 10 são apresentados os valores de N, Ca e S que cada classe representa nas zonas de manejo geradas para o método *KM* e *FCM*, e quantos pontos da grade padrão de 100 pontos são pertencentes a cada grupo.

**Quadro 10** – Valores médios de N, Ca e S, e número de pontos da grade padrão de cada classe das zonas de manejo obtidas pelos métodos *KM* e *FCM*

Classe	<i>KM</i>				<i>FCM</i>			
	Médias			Nº pts	Médias			Nº pts
	N	Ca	S		N	Ca	S	
1	3,16	0,80	0,16	41	3,17	0,80	0,16	41
2	2,97	0,83	0,16	38	2,97	0,83	0,16	37
3	2,98	1,01	0,15	21	2,98	1,01	0,15	22

Novamente, pode-se observar no Quadro 10 que os métodos *KM* e *FCM* tenderam a apresentar os mesmos valores de centróides para cada uma das classes. O N influenciou na delimitação das classes um e dois, já para a classe

três o Ca que teve maior influência. O S permaneceu praticamente o mesmo para as três classes, indicando assim que a delimitação das classes deu-se com base nos valores de N e Ca. Quanto aos números de pontos da grade padrão, houve diferença de apenas um ponto das classes dois e três entre os métodos.

Analisando-se os resultados apresentados nas Figuras 8 e 11, pode-se observar que as zonas de manejo pouco diferenciaram. O centróide para o elemento S não alterou para as três classes, sendo assim, o mesmo não influenciou na delimitação das mesmas.

### **Comparação entre as zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares com as zonas de manejo do SPAD, para o método *KM* e *FCM***

No Quadro 11 a seguir são apresentadas as porcentagens de pontos que foram dispostos em mesma classe, entre as zonas de manejo geradas a partir das concentrações foliares e as zonas de manejo geradas com os valores de SPAD, individualmente para cada método utilizado.

**Quadro 11** – Porcentagem de pontos de mesma classe entre as zonas de manejo do SPAD e as zonas de manejo das concentrações foliares

Método	Zonas de Manejo					
	N-P-K	N-Ca	N	N-Zn-B	N-P-K-Ca-S	N-Ca-S
<i>KM</i>	33	31	38	38	18	39
<i>FCM</i>	33	29	34	37	18	38

Como indicado no Quadro 11, todos os conjuntos de dados utilizados na geração das zonas de manejo forneceram porcentagens abaixo de 39% de pontos coincidentes da mesma classe, em comparação às zonas de manejo de SPAD para os dois métodos. Essa baixa porcentagem pode ser ocasionada devido às baixas correlações entre SPAD e as concentrações foliares. Para os mapas de N, que foram os únicos que apresentaram diferença entre os métodos, o método *KM* foi o que forneceu maior porcentagem de pontos coincidentes de mesma classe com o mapa de SPAD.

Diferentes fontes de dados podem ser usadas para a delimitação de zonas de manejo. Exemplos na literatura abrangem desde a utilização do conhecimento do agricultor (FLEMING *et al.*, 2000), dados de produtividade

(DIKER *et al.*, 2004; FLOWERS *et al.*, 2005), amostragem de solo (DILLON *et al.*, 2005; FRANZEN *et al.*, 2002), imagens (STEWART & MCBRATNEY, 2001; TAYLOR *et al.*, 2002), sensores de indução eletromagnética (LUND *et al.*, 2001), até a combinação desses dados (TAYLOR *et al.*, 2003; KOCH *et al.*, 2004; FLEMING *et al.*, 2004; SCHEPERS *et al.*, 2005; WHELAN *et al.*, 2002). Talvez o SPAD seja adequado para gerar zonas de manejo do estado nutricional da lavoura, ou seja, podem-se delimitar zonas melhor nutridas que outras, mas não se pode dizer qual é o nutriente envolvido.

Segundo Doerge (1999), há diversas técnicas para a delimitação de zonas de manejo propostas na literatura, o que todas as técnicas descrevem em comum é que elas são de fácil aplicação, indicando não utilizar exclusivamente amostragem de solo como fator de determinação das zonas de manejo. Possibilitando assim, o uso de diversos fatores agronômicos em conjunto, portanto têm o potencial de serem economicamente mais viáveis do que a grade de amostragem necessária para aplicações a taxas variáveis. Após todas as comparações das zonas de manejo geradas com cada grupo pelos dois métodos, é possível afirmar que ambos os métodos tenderam a apresentar agrupamentos similares, permitindo a escolha de qualquer um dos dois métodos.

É válido salientar que a área em estudo é relativamente pequena (2,10 ha), em comparação com outros trabalhos encontrados na literatura de gerações de zonas de manejo. Também não apresenta muita variabilidade, pois é devidamente adubada e não possui stress hídrico, devido o sistema de irrigação.

É difícil determinar quais informações devem ser usadas na delimitação de zonas de manejo de uma área. Sendo assim, sugere-se então a utilização de atributos isolados ou combinados, que reflitam o comportamento do objeto em que se deseja caracterizar a variabilidade. Quanto maior a correlação entre os atributos utilizados na geração das zonas de manejo e o objeto do qual deseja-se caracterizar, maior será a confiabilidade dos mapas gerados com os atributos.

## 5. CONCLUSÕES

Com este trabalho objetivou-se analisar as correlações entre macro e micro-nutrientes com valores de SPAD, como também gerar zonas de manejo, em uma área de 2,10 ha cultivada com café sob pivô-central. Para isso utilizaram-se duas metodologias de geração de zonas de manejo, *K-Means* e *Fuzzy C-Means*. Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- O sensor de clorofila SPAD não foi eficiente para a detecção do nível de nitrogênio na lavoura comercial em estudo.
- Não foi detectada a dependência espacial dos nutrientes Mg, Mn, Fe e Cu com a grade de amostragem utilizada; para os demais nutrientes (N, P, K, Ca, S, Zn e B) e valores de SPAD foram detectadas dependência espacial.
- Os métodos de agrupamento de dados *K-Means* e *Fuzzy C-Means* não apresentaram diferenças na geração das zonas de manejo.
- As similaridades entre as zonas de manejo de SPAD e concentrações de nutrientes foliares variaram de 18 a 39% para o *K-Means* e 18 a 38% para *Fuzzy C-Means*.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2005 - **Anuário da Agricultura Brasileira (10ª Edição)**, FNP-3

ANDA. **Anuário estatístico do setor de fertilizante**. 2005. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2005. 162p.

ARGENTA, G.; DA SILVA, P.R.F., BARTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STREIDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila e nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras - MG, v. 13, n. 2, p. 158- 167, 2001.

ATECA, M.R.; SERENO, R.; APEZTEGUÍA, H. Zonificación de una superficie cultivada com soja segun aspectos fenométricos y consumo de agua del suelo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.1, p.111-116, 2001.

BALASUBRAMANIAN, V.; MORALES, A. C.; CRUZ, R. T.; THIYAGARAJAN, T. M.; NAGARAJAN, R.; BABU, M.; ABDULRACHMAN, S.; HAI, L. H. Adaptation of the chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice: a review. **The International Rice Research Institute (IRRI)**. V. 25. nº 1, 2000.

BEZDEK, J.C. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms, **New York: Plenum Press**, 1981. 378p.

BONVENTI JUNIOR, W. & COSTA, A. H. R. Sistema semiautomático de detecção de pele por agrupamentos nebulosos. In: Simpósio brasileiro de automação inteligente, Bauru, 2003. **Anais...** Bauru, 2003. p.1-6.

CAMARGO, M. B. P.; SANTOS, M. A.; PEDRO JUNIOR, M. J.; Fahl, J. I.; BRUNINI, O.; MEIRELES, E.J.L.; BARDIN, L. Modelo agrometeorológico de monitoramento e de estimativa de quebra de produtividade como subsídio à previsão de safra de café (*Coffea arabica* L.): Resultados preliminares. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil e Workshop Internacional de Café & Saúde, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília, DF : Embrapa Café, p. 75 – 76. 2003.

CHAPMAN, S.C. & BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v.89, p.557-562, 1997.

**CONAB**, Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. Safra 2007/2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>, acesso em dezembro de 2007.

DECHEN, A. R. & NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, p. 327-354, 2006.

DIKER, K. & BAUSCH, W.C. Potencial of use of nitrogen reflectance index to estimate plant parameters and yield of maize. **Biosystem Engineering**. v. 84, n. 4, p. 437-447, 2003.

- DIKER, K.; HEERMAN, D.F.; BRODAHL, M.K. Frequency analysis of yield for delineating yield response zones. **Prec. Agric.** 5: 435–444, 2004.
- DILLON, C.R.; SAGHAIAN, S.; SALIM, J.; KANAKASABAI, M. Optimal water storage location and management zone delineation under variable subsurface drip irrigation. p. 959–965. In J.V. Stafford (ed.) **Precision agriculture '05: Proc. 5th Conf. on Precision Agriculture**, Uppsala, Sweden, 8–11 June 2005. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- DIMITRIADOU, E.; DOLNICAR, S.; WEINGESSEL, A. An examination of indices for determining the number of clusters in binary data sets. **Psychometrika**, 67, 137–160. 2002.
- DOERGE, T. 1999. Management zone concepts. SSMG-2. In Clay et al.(ed.) **Site specific management guidelines**. Potash and Phosphate Inst., Norcross, GA.
- FALKENAUER, E., & MARCHAND, A. Using K-Means? Consider ArrayMiner. **International Conference on Mathematics and Engineering Techniques in Medicine and Biological Sciences**, Las Vegas, Nevada. 2001.
- FLEMING, K.L. & WESTFALL, D.G. Evaluating farmer defined management zone maps for variable rate fertilizer application. **Precision Agriculture**, v. 2, p. 201-215, 2000.
- FLEMING, K.L.; HEERMAN, D.F.; WESTFALL, D.G. Evaluating soil color with farmer input and apparent soil electrical conductivity for management zone delineation. **Agron. J.** 96:1581–1587, 2004.
- FLOWERS, M.; WEISZ, R.; WHITE, J.G. 2005. Yield-based management zones and gridsampling strategies: Describing soil tests and nutrient availability. **Agron. J.** 97:968–982.
- FRANÇA, A. C.; SOUZA, I. F.; ALVES, L. W. R. Calibração do medidor de clorofila minolta spad-502 para avaliação do conteúdo de clorofila em cafeeiro. In: Simpósio de Pesquisa dos cafés do Brasil, **Anais...** Águas de Lindóia, SP, 2007.
- FRANZEN, D.W.; HOPKINS, D.H.; SWEENEY, M.D.; ULMER, M.K.; HALVORSON, A.D. Evaluation of soil survey scale for zone development of site-specific nitrogen management. **Agron. J.** 94: 381–389, 2002.
- FURLANI JÚNIOR, E., NAKAGAWA, J., BULHÕES, L.J., MOREIRA, J.A.A.; GRASSI FILHO, H. **Correlação entre leituras de clorofila e doses de nitrogênio aplicados em feijoeiro**. *Bragantia*, Campinas, v. 55, p. 171-175, 1996.
- HAMMAH, R. E. & CURRAN, J. H.. On Distance Measures for the Fuzzy K-means Algorithm for Joint Data. **Rock Mechanics And Rock Engineering**, Austria, p.1-27, 1999.

ISAAKS, E.H. & SRIVASTAVA, R.M. An introduction to applied geostatistics. New York, **Oxford University Press**. 1989. 560p.

KAUFMAN L. & ROUSSEEUW P. Finding groups IN DATA: An introduction to cluster analysis. **John Wiley and Sons Inc**. 1990.

KOCH, B.; KHOSLA, R.; FRASIER, W.M.; WESTFALL, D.G.; INMAN, D. Economic feasibility of variable-rate nitrogen application utilizing site-specific management zones. **Agron. J.** 96:1572–1580, 2004.

LANGE, A.; MARTINES, A. M.; SILVA, M. A. C.; SORREANO, M. C. M.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 01, p.61-67, 2005.

LUND, E.D.; WOLCOTT, M.C.; HANSON, G.P. Applying nitrogen site-specifically using soil electrical conductivity and precision agriculture technology. **Proc.** 2nd Int. Nitrogen Conf. on Science and Policy. 14–18 October, 2001 Potomac MD. The Scientific World, New York, 2001.

MAGALHÃES, A. C. Efeito da redução da superfície foliar sobre o desenvolvimento de cafeeiros. In: ROMERO, J.C.P. (ed.) **O Café no IAC: Instituto Agrônomo 60 Anos de Artigos Científicos Publicados na Revista Bragantina (1941 a 2001)**. Piracicaba: Editora Agrônômica Ceres, p. 387–388. 2002

MAKARENKOV, V., & LEGENDRE, P. Optimal variable weighting for ultrametric and additive trees and K-means partitioning: Methods and software. **Journal of Classification**, 18, 245–271. 2001.

MARTINEZ, H. E. P; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, p. 143-168, 1999.

MARTINEZ, H. E. P.; MENEZES, J. F. S.; SOUZA, R. B.; VENEGAS, V. H.; GUIMARÃES, P. T. G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões e Minas Gerais. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-713, jun. 2003.

MINASNY, B. & MCBRATNEY, A.B., 2002. FuzME version 3.0, **Australian Centre for Precision Agriculture**, The University of Sydney, Australia.

MYERS, J. C. Geostatistical error management. Qualifying uncertainty for environmental sampling and mapping. New York, Van Nostrand Reinhold, 1997. 571p.

NETTO, A. T.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; BRESSAN-SMITH, R. E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae** 104, 199–209, 2005.



ORTIZ, J.L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo**, 2003. 205p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

PENG, S.; LAZA, R.C.; GARCIA, F.C.; CASSMAN, K.G. Chlorophyll meter estimates leaf area-based N concentration of rice. *Commun. Soil Sci. Plant Anais...* 26, 927–935, 1995.

QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; ZANDONADI, R. S.; EMERICH, I. N.; SENA JUNIOR, D. G. Uso de técnicas de agricultura de precisão para a cafeicultura de montanha. In: ZAMBOLIM L. (Ed.) **Efeitos da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café**. Viçosa, MG. p. 77-108, 2004.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. (Boletim Técnico n.100)

REIS A.R., FURLANI JUNIOR, E., BUZETTI S., ANDREOTTI M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. *Bragantia*, Campinas, v.65, n.1, p.163-171, 2006.

SANTOS, T.S.; GODOY, L.J.G, VILLAS BOAS, R.L.; LEITE JÚNIOR, J.B. Utilização do clorofilômetro como ferramenta auxiliar na fertirrigação nitrogenada no cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuai). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 15, **Anais...** 2003a Marília. (CD-ROM).

SANTOS, A. O., PALLONE FILHO, W. J., UNGARO, M. R. G., LINO, A. C. L., RADIN, B. Prospecção de zonas potenciais para manejo diferenciado em agricultura de precisão utilizando-se padrões de solo-planta-clima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Pb, v. 7, n. 3, p.463-468, 08 out. 2003b.

SCHEPERS, A.R.; SHANAHAN, J.F.; LIEBIG, M.A.; SCHEPERS, J.S.; JOHNSON, S.H.; LUCHIARO, A. Appropriateness of management zones for characterizing spatial variability of soil properties and irrigated corn yields across years. *Agron. J.* 96:195–203, 2005.

SILVA JÚNIOR, M. C. **Deteção do efeito da adubação nitrogenada em brachiaria decumbens utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. 2006. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa - Mg, 2006.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n.9, p. 1083 – 1087. 2003.

STEINLEY, D. K-means clustering: What you don't know may hurt you. **Psychological Methods**, 8, 294–304. 2003.

STEINLEY, D. K-means clustering: A half-century synthesis. **British Journal Of Mathematical And Statistical Psychology**, Inglaterra, n. 59, p.1-34, 2006. Disponível em: <www.bpsjournals.co.uk>. Acesso em: 15 mar. 2007.

STEWART, C.M. & MCBRATNEY, A.B. Using bare soil imagery to determine management zones for the variable-rate application of inputs for cotton. p. 319–324. In G. Grenier and S. Blackmore (ed.) **ECPA 2001: Proc.** 3rd European Conf. on Precision Agriculture, Montpellier, França, agro-Montpellier ENSAM, Montpellier, França.

STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P.; CANTO, M.W.; HECKTHEUER, L.H.H. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p. 748-755, 2005.

TAYLOR, J. A.; MCBRATNEY, A. B.; CIAVARELLA, R. Predicting and mapping winegrape quality from multiple must properties. p. 614–623. In P.C. Robert (ed.) **Proc.** of the 6th Int. Conf. on Precision Agriculture, 14–17 Julho, 2002, Minneapolis, MN. ASA, Madison, WI. 2002.

TAYLOR, J. A.; MCBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M. Establishing Management Classes for Broadacre Agricultural Production. **Agronomy Journal**. 99:1366–1376. Site-Specific Analysis & Management doi:10.2134/agronj 2007.0070. American Society of Agronomy. Madison, EUA. 2007.

TAYLOR, J. C., WOOD, G. A., EARL, R., GODWIN, R. J. Soil Factors and their Influence on Within-field Crop Variability, Part II: Spatial Analysis and Determination of Management Zones. **Biosystems Engineering**, Amsterdam, v. 4, n. 84, p.441-453, 2003.

WHELAN, B.M.; MCBRATNEY A. B.; MINASNY, B. Vesper: Spatial prediction software for precision agriculture. p. 139–144. In: G. Grenier and S. Blackmore (ed.) **ECPA 2001: Proc.** 3rd European Conf. on Precision Agriculture, Montpellier, France, 18–20 Junho. agro-Montpellier ENSAM, Montpellier, França.

WHELAN, B.M.; CUPITT, J.; MCBRATNEY, A.B. Practical definition and interpretation of potential management zones in Australian dryland cropping. p. 315–329. In P.C. Robert, R.H. Rust, and W.E. Larson (ed.) **Precision Agriculture: Proc.** 6th Int. Conf. on Precision Agriculture. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. 2002.

WINDHAM, M.P. 1982. Cluster validity c-means for fuzzy clustering algorithm. **IEEE Transactions. Pattern Analyses Machine Intelligence**, New York, v.4, n.4, p.354-363. 1982.

YAN, L., ZHOU, S., FENG, L., HONG-YI, L. Delineation of site-specific management zones using fuzzy clustering analysis in a coastal saline land. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, n.56, p.174-186, 30 jan. 2007. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 04 maio 2007.

YONAMINE, F. S., SPECIA, L., CARVALHO, V. O., NICOLETTI, M. C. Aprendizado não supervisionado em domínios fuzzy – algoritmo fuzzy c-means. **São Carlos - Sp: UFSCAR**, 2002. 18 p.

ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. Tese de Livre-Docência (Livre-Docência em Levantamento do solo e ftopedologia), FCA/UNESP, 2001. 114p.

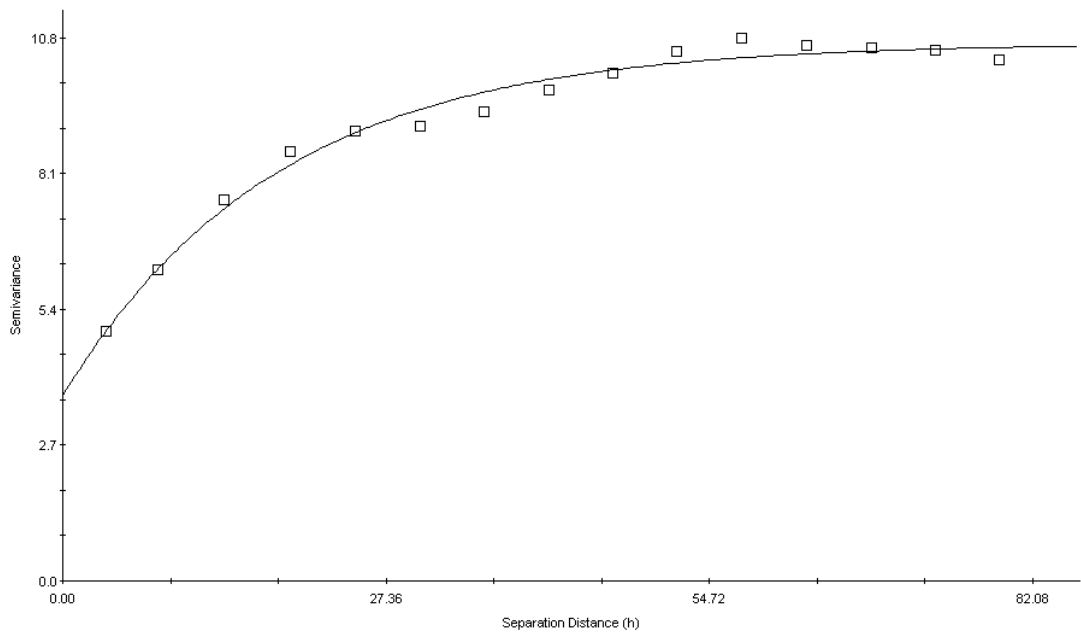
ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E. G.; PICCININ, J. L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R.; Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para uso na Cultura do Milho. **Comunicado Técnico 55**. EMBRAPA, Seropédica – RJ, 2002.

## 7. APÊNDICES

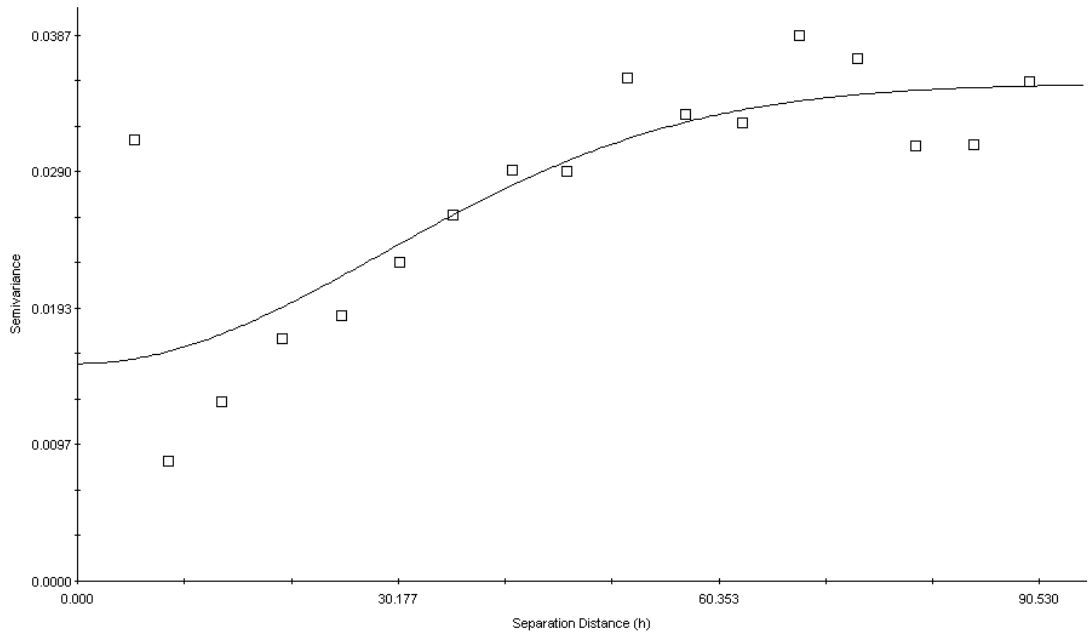
### APÊNDICE A

Gráficos dos semi-variogramas obtidos para todos os atributos em estudo.

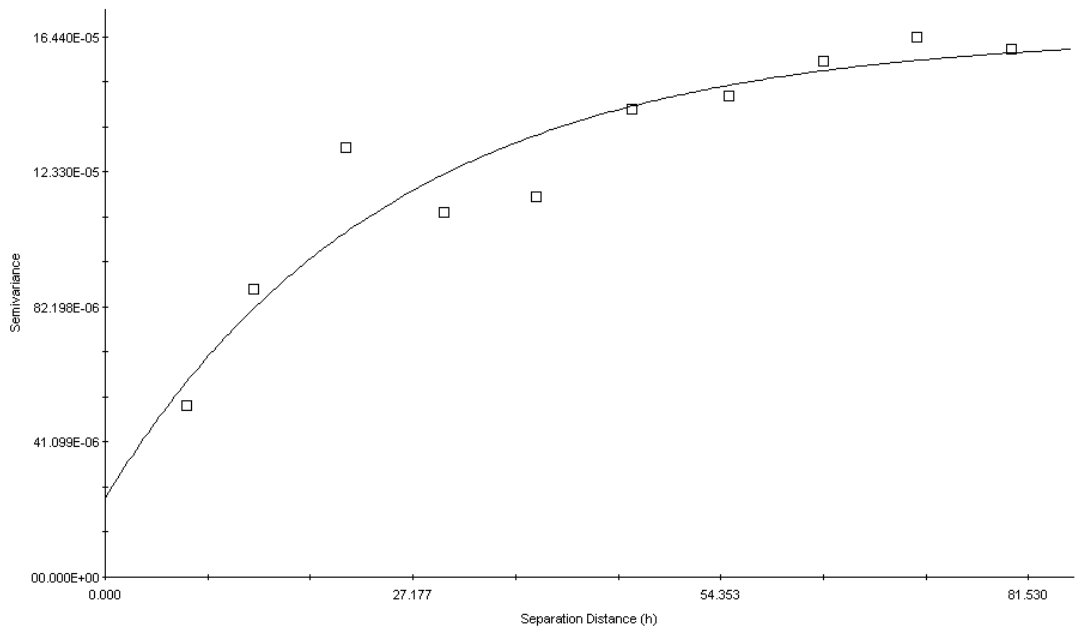
#### SPAD:



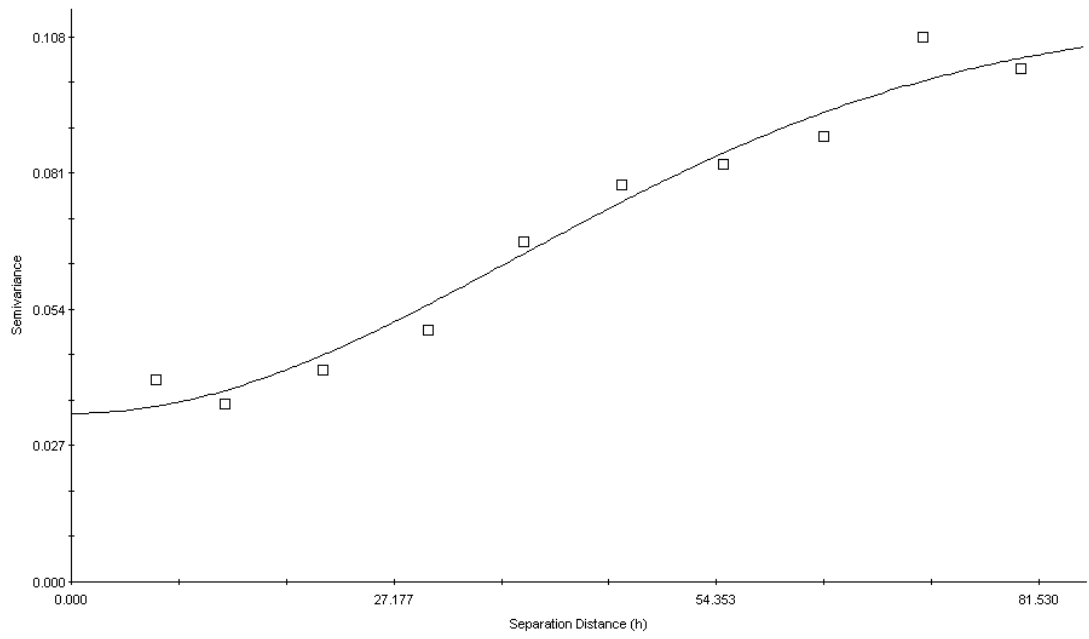
**N:**



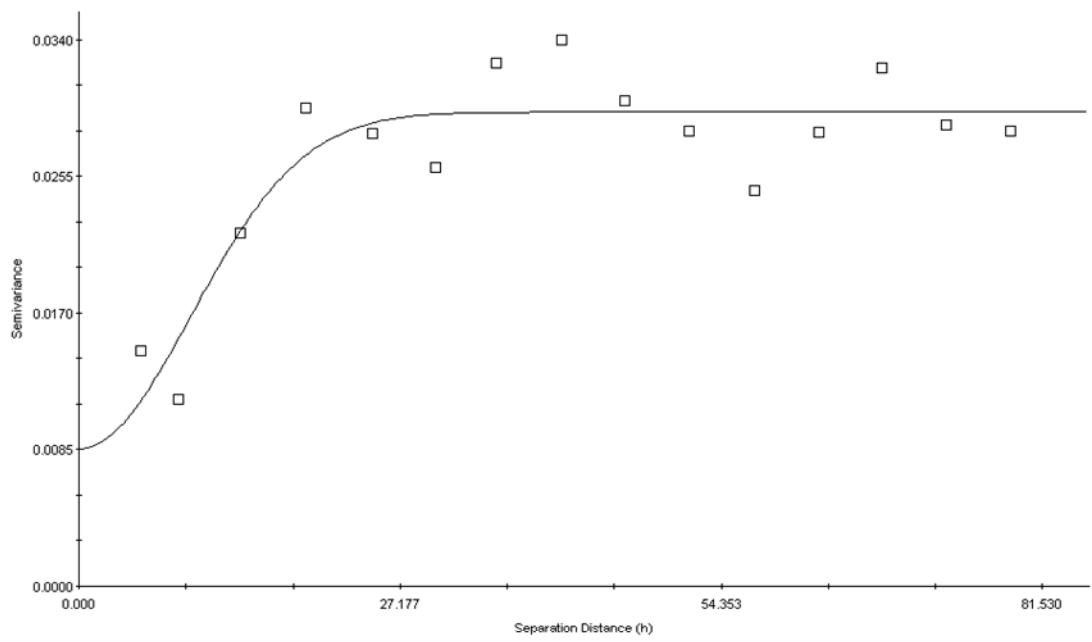
**P:**



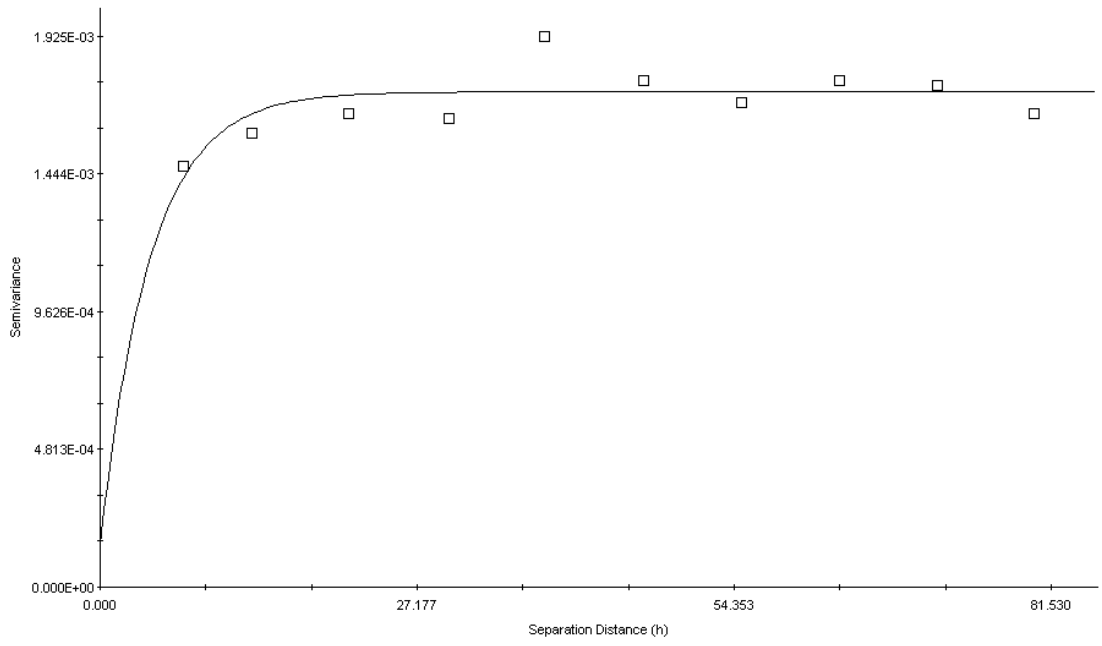
**K:**



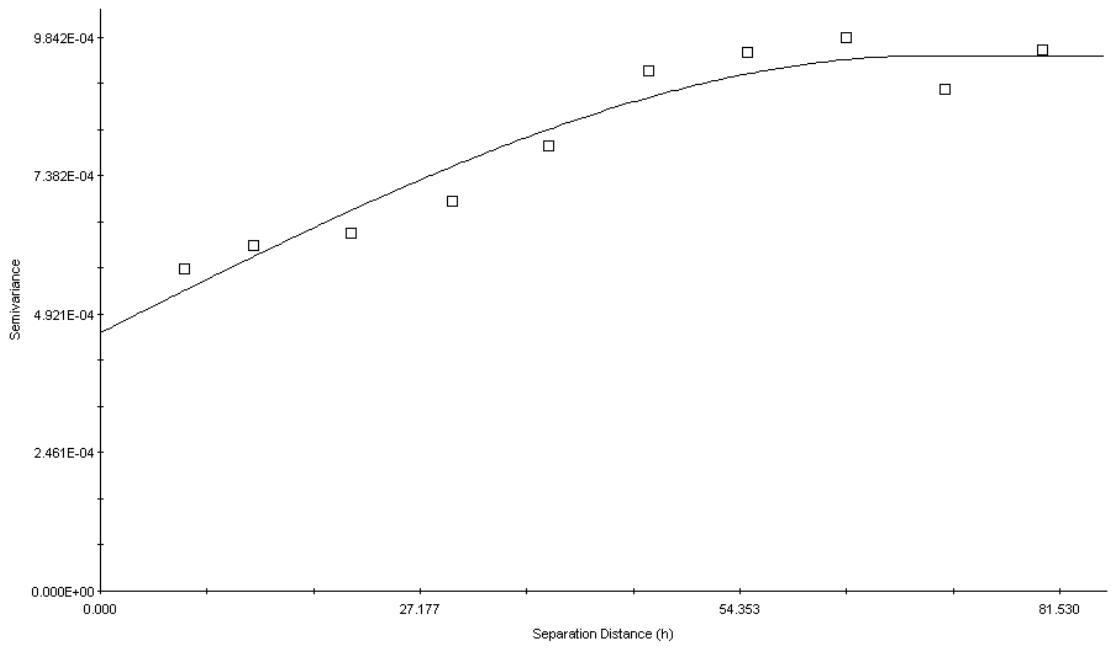
**Ca:**



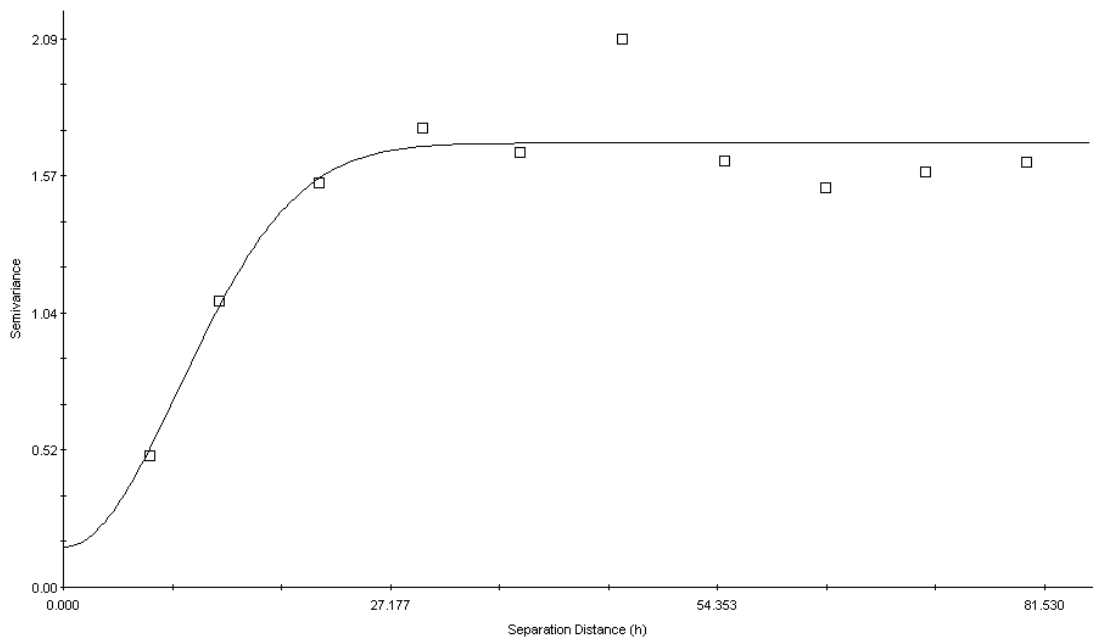
**Mg:**



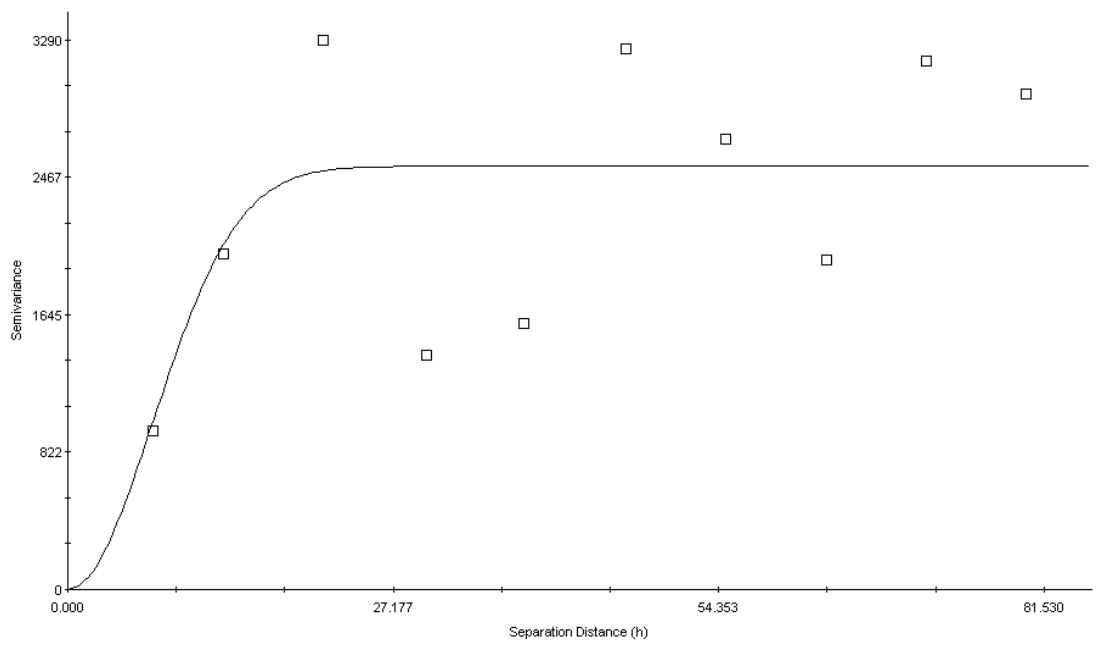
**S:**



### Zn:

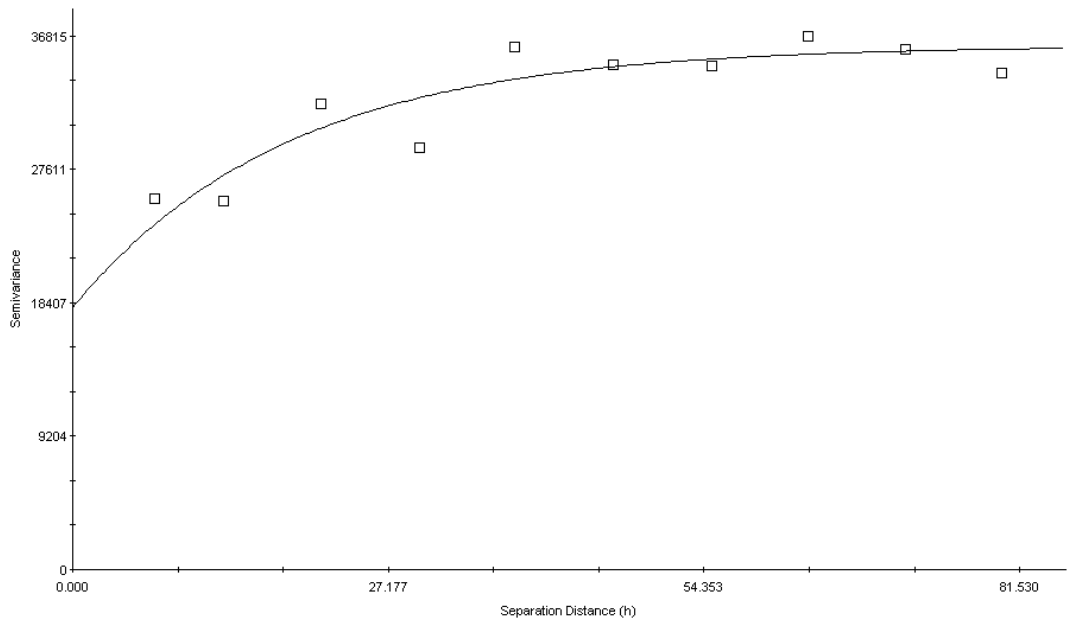


### Fe:

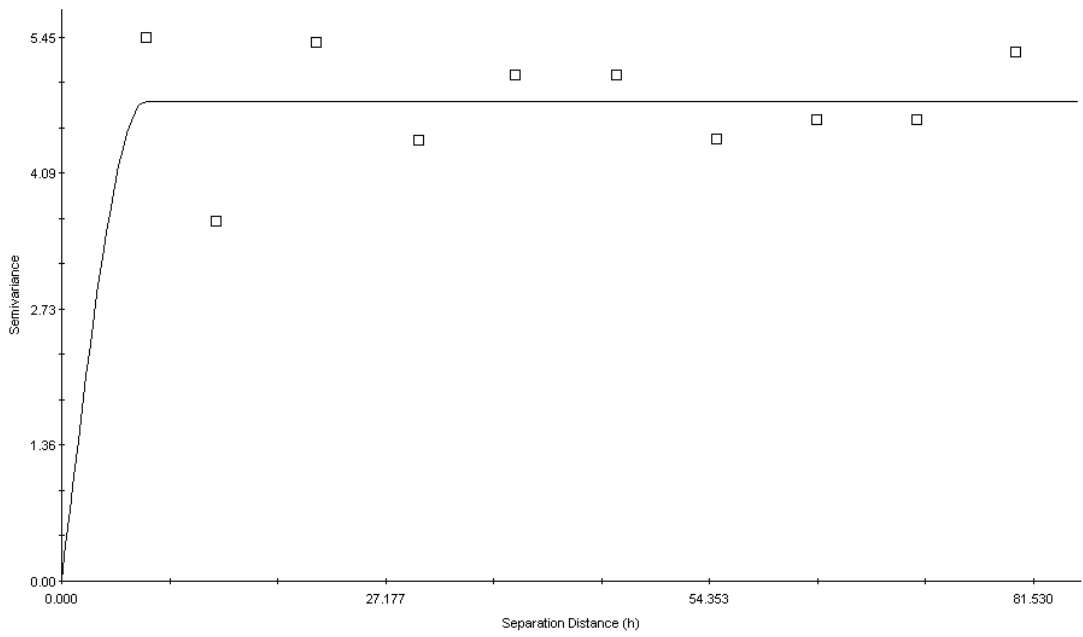




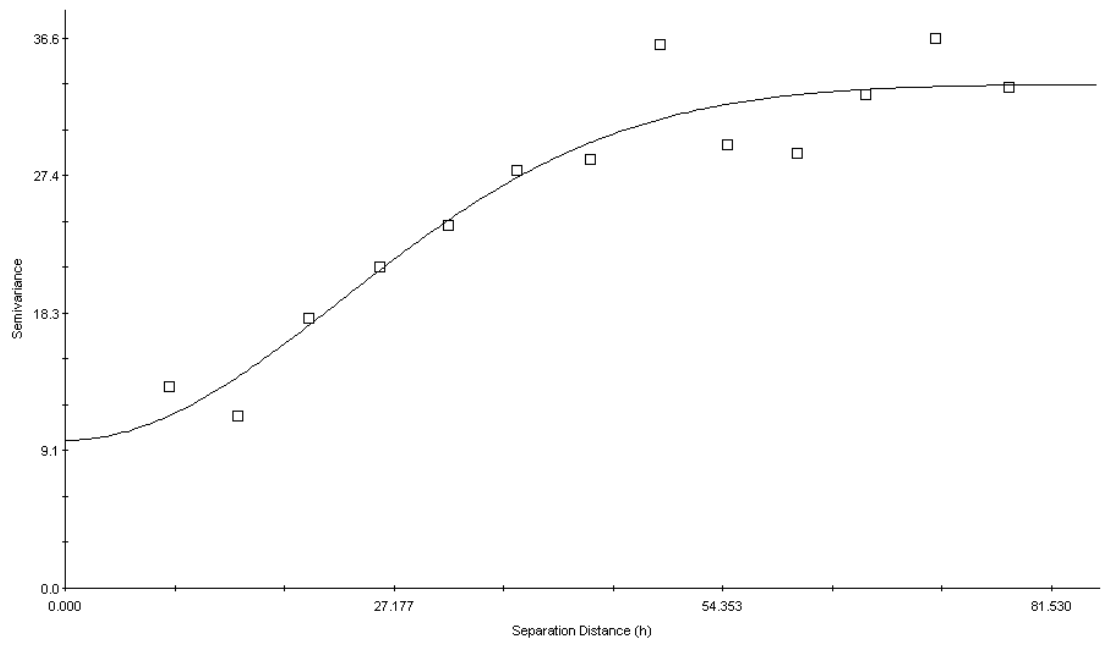
**Mn:**



**Cu:**



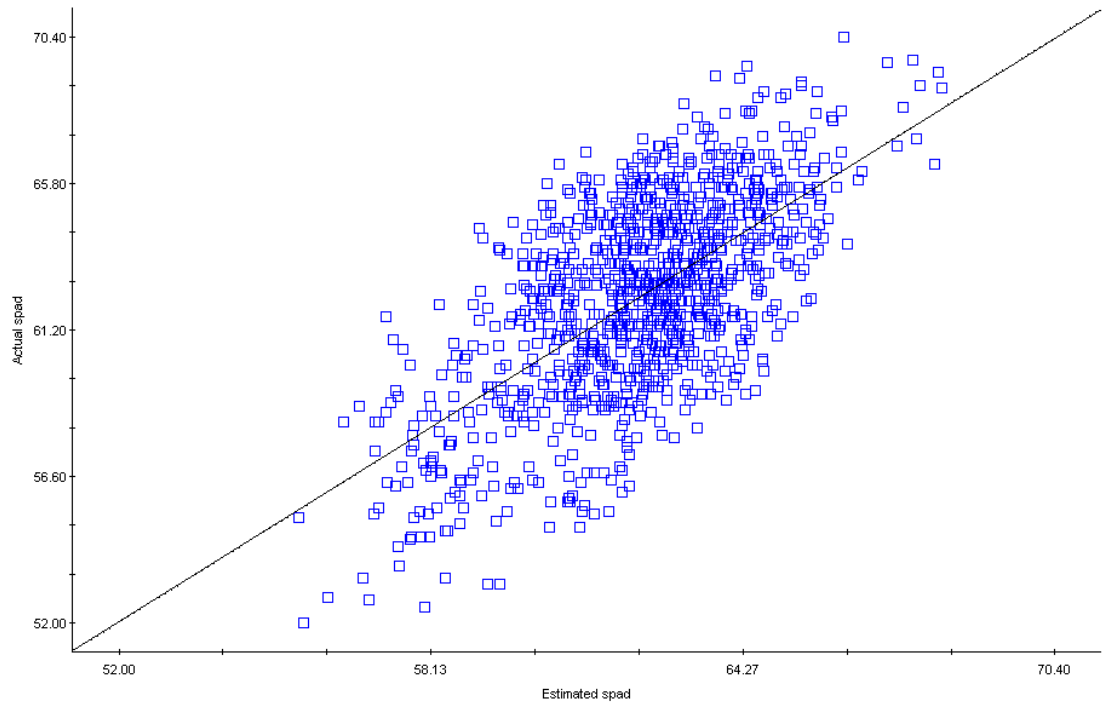
**B:**



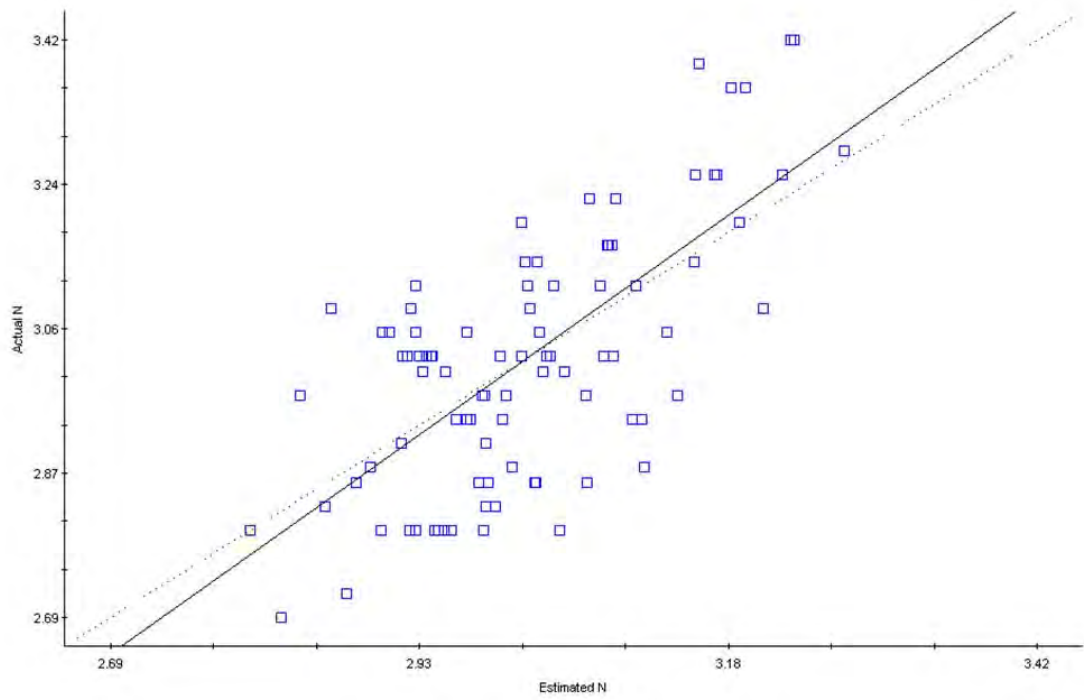
## APÊNDICE B

Gráficos das validações cruzadas obtidas para todos os atributos em estudo.

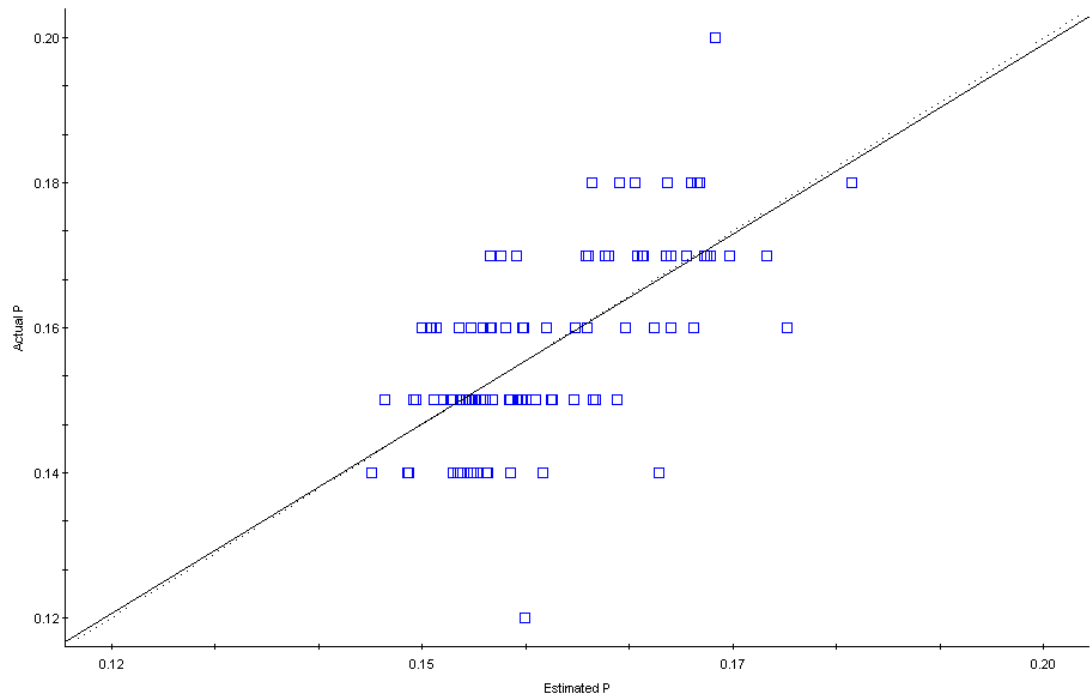
**SPAD:**



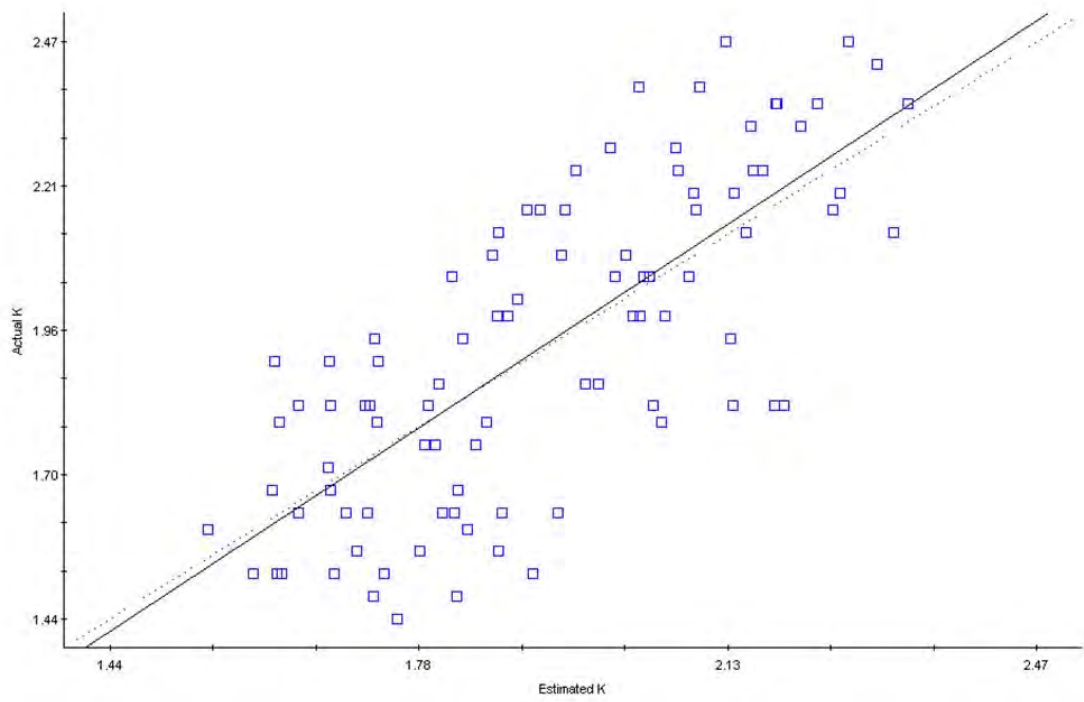
**N:**



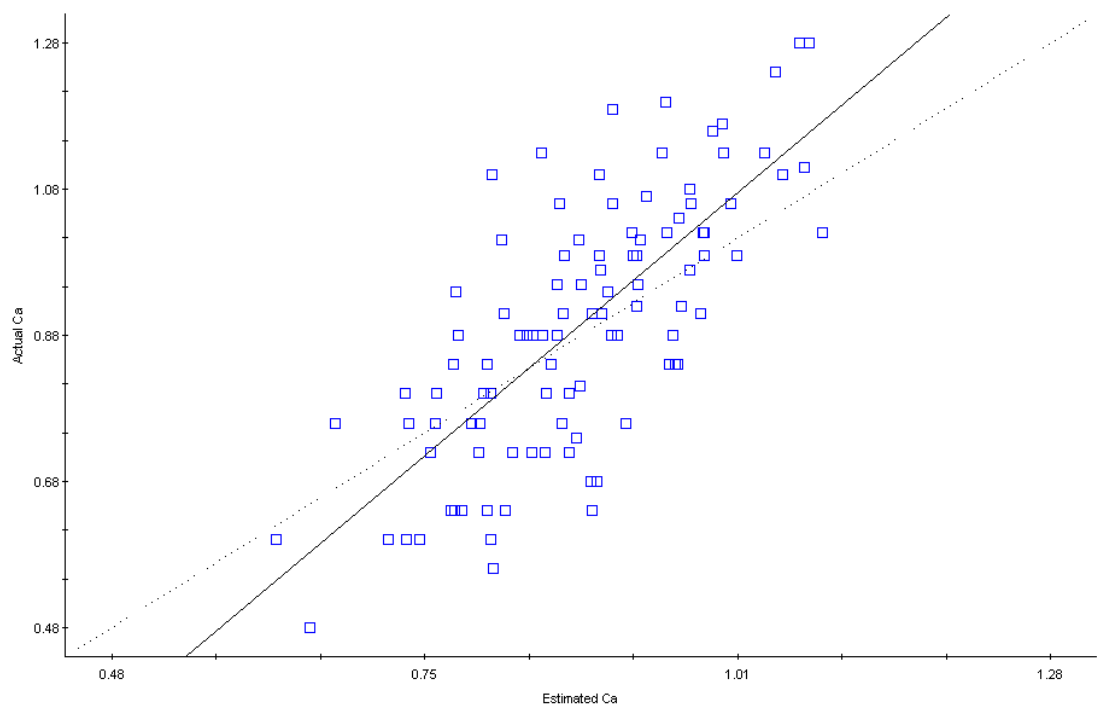
**P:**



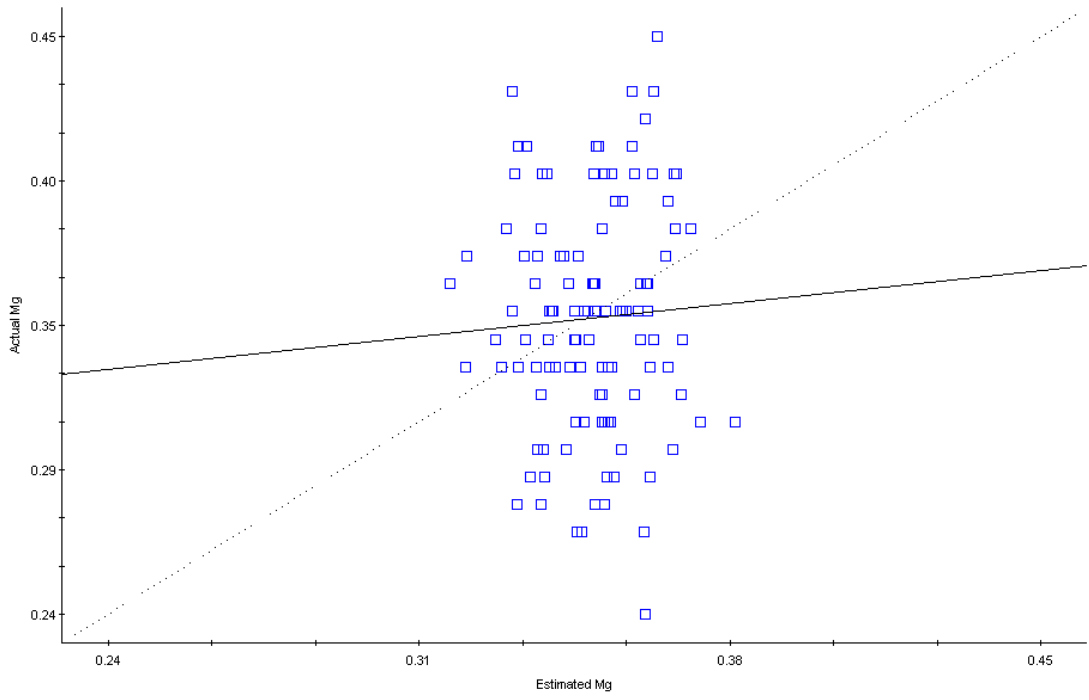
**K:**



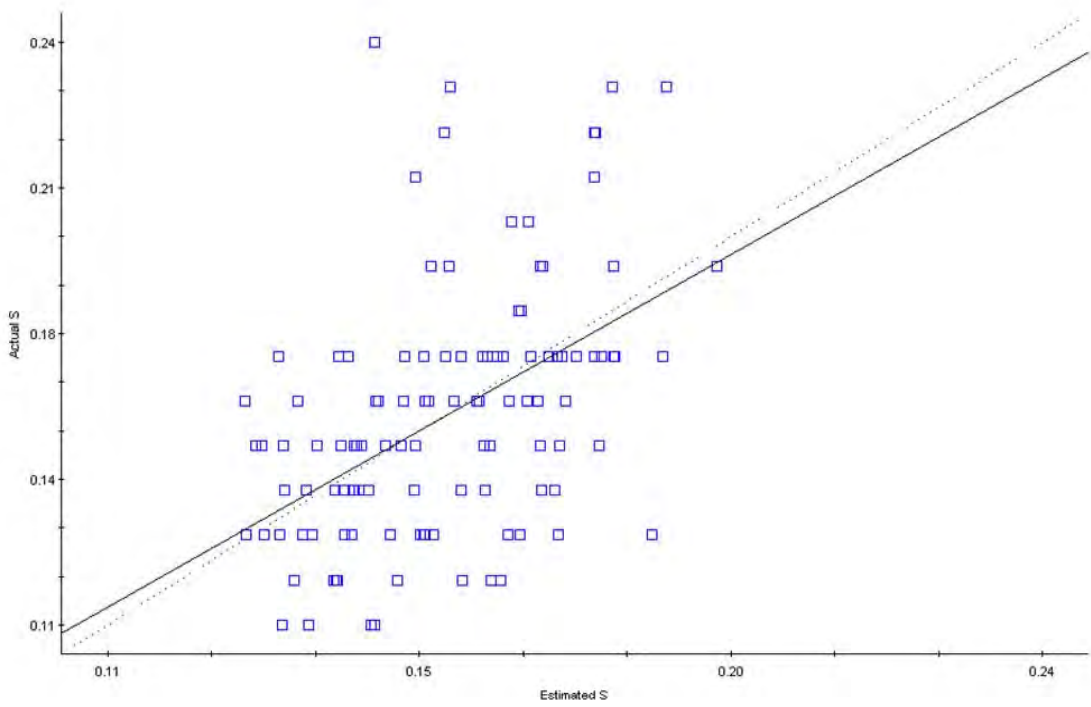
**Ca:**



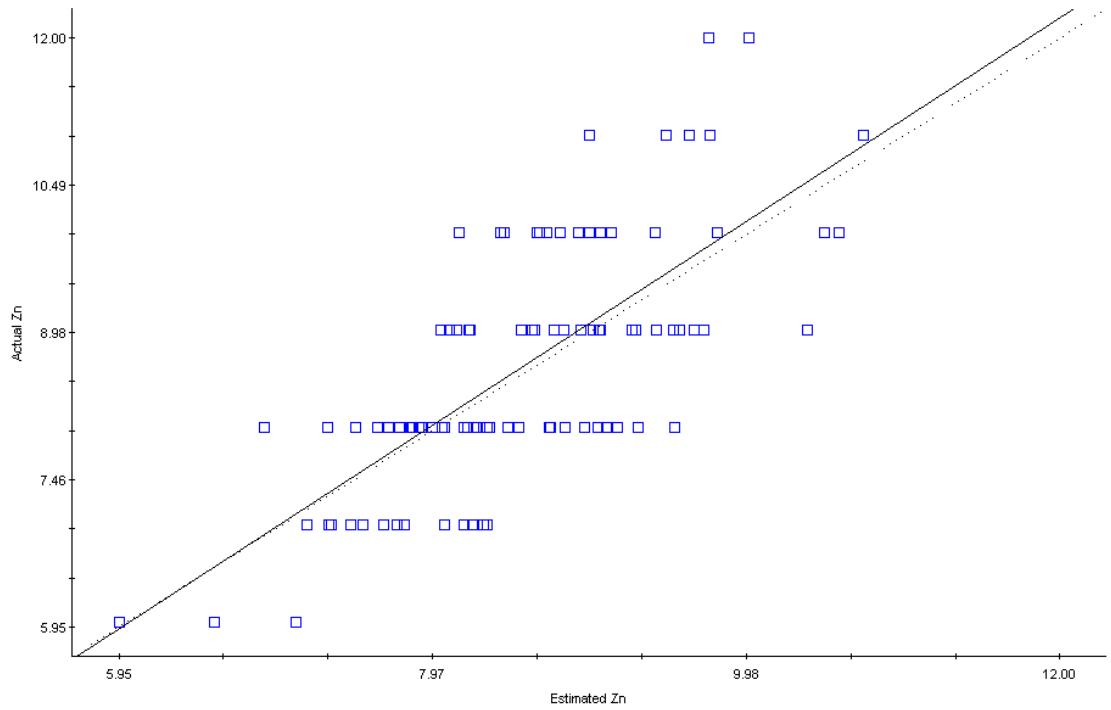
**Mg:**



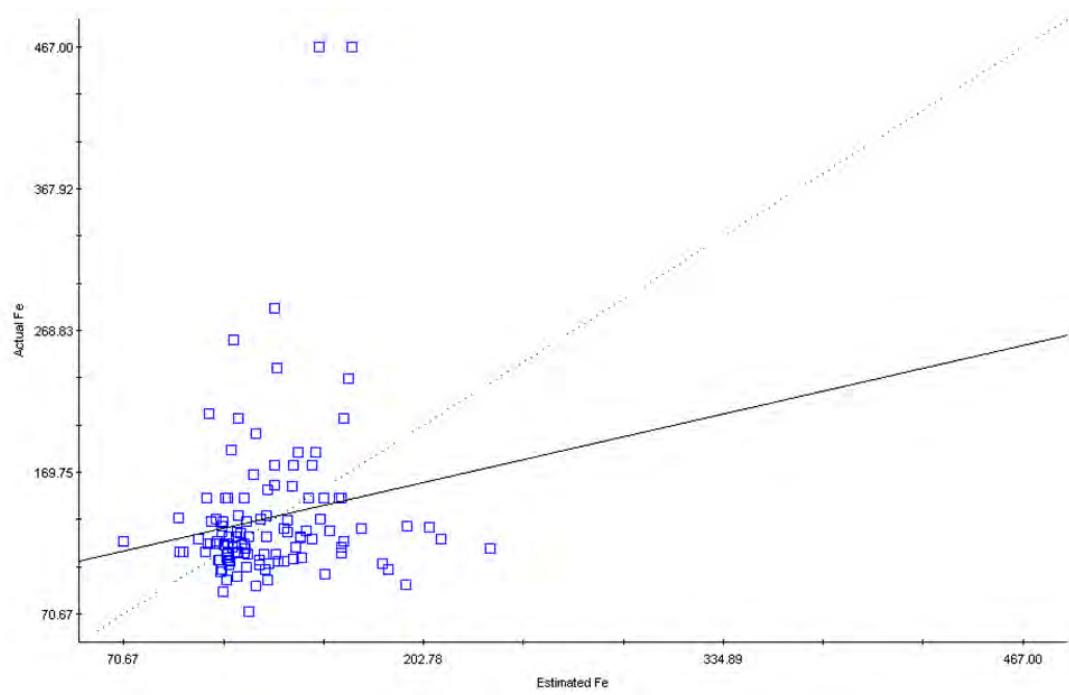
**S:**



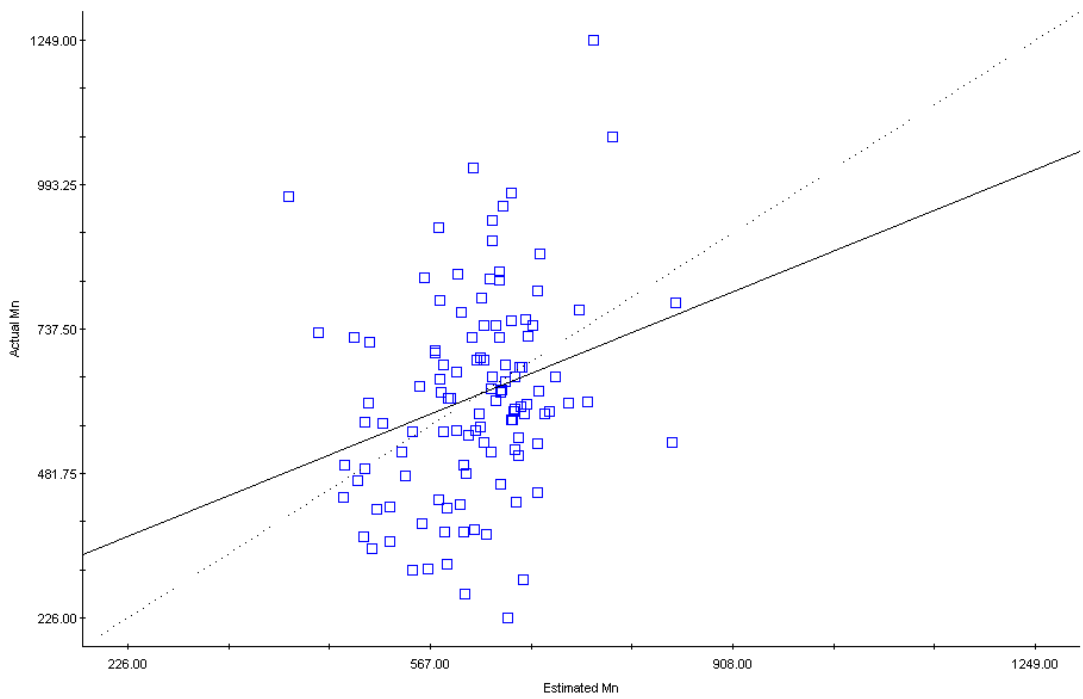
### Zn:



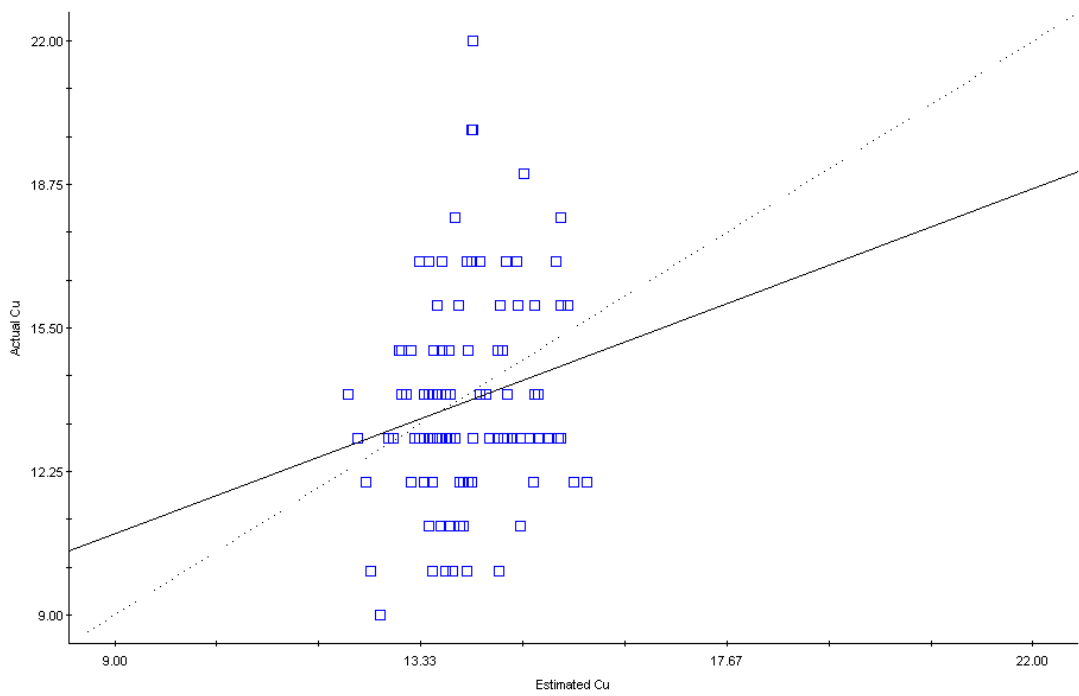
### Fe:



**Mn:**

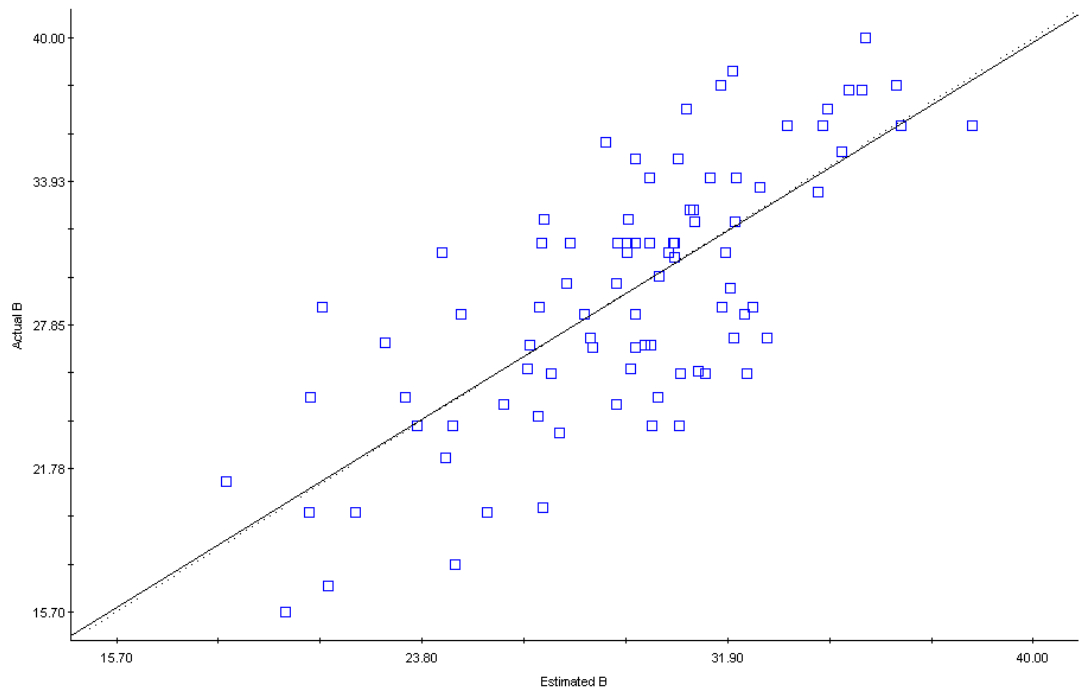


**Cu:**





**B:**



## APÊNDICE C

Dados do sensor SPAD coletados na área em estudo.

ID	X	Y	SPAD	45	716587,957	7695392,996	65,7	90	716553,713	7695282,241	60,1
1	716699,372	7695353,984	64	46	716585,657	7695392,36	66,3	91	716554,672	7695279,862	61,9
2	716698,379	7695355,595	64,7	47	716583,324	7695390,868	68	92	716556,561	7695276,78	61,4
3	716697,137	7695358,487	66,2	48	716580,795	7695388,917	66,2	93	716558,505	7695273,909	63,1
4	716695,575	7695361,414	68,9	49	716578,594	7695387,18	64,6	94	716560,741	7695270,538	61,4
5	716693,858	7695363,847	66,6	50	716576,293	7695386,306	64,2	95	716562,851	7695268,541	58,4
6	716692,443	7695366,409	65,1	51	716573,284	7695384,299	67,6	96	716564,975	7695266,366	63,1
7	716690,384	7695369,183	64,5	52	716571,049	7695382,793	66,4	97	716566,682	7695263,493	62,2
8	716688,795	7695370,941	65,5	53	716569,526	7695380,599	65,5	98	716568,466	7695261,321	65,2
9	716686,373	7695373,671	64,7	54	716567,207	7695378,389	62,8	99	716571,034	7695258,924	61,1
10	716683,231	7695377,238	68,1	55	716565,41	7695376,127	62,4	100	716573,49	7695257,28	68,3
11	716681,133	7695379,482	59,3	56	716563,629	7695374,09	62,6	101	716576,749	7695255,118	61,5
12	716678,961	7695381,647	64,2	57	716561,379	7695372,783	65,8	102	716578,799	7695253,81	64,2
13	716677,129	7695383,005	64,6	58	716559,823	7695370,247	61,5	103	716581,363	7695252,103	63,6
14	716674,946	7695384,32	65,6	59	716558,042	7695367,73	59,6	104	716585,276	7695250,188	64,7
15	716673,107	7695386,766	66,7	60	716557,318	7695364,444	64,2	105	716586,577	7695249,252	64,4
16	716671,124	7695388,204	68,7	61	716555,136	7695362,698	60,1	106	716590,058	7695247,654	64,3
17	716669,211	7695388,928	65,1	62	716553,602	7695360,1	61,5	107	716594,543	7695245,652	63,8
18	716666,841	7695390,616	61,4	63	716551,696	7695358,059	63,3	108	716597,348	7695245,032	59,1
19	716663,83	7695392,19	65,2	64	716550,889	7695357,402	64,3	109	716601,727	7695243,543	68,3
20	716658,238	7695395,481	66,4	65	716549,35	7695354,277	64,1	110	716605,343	7695242,536	62,9
21	716656,05	7695396,876	63,1	66	716548,15	7695350,174	62,6	111	716611,686	7695241,387	63,3
22	716652,484	7695397,47	68,1	67	716547,784	7695347,979	61,9	112	716614,28	7695240,834	60,1
23	716649,692	7695398,308	65,7	68	716547,452	7695345,131	64,4	113	716617,668	7695240,519	60,5
24	716647,649	7695398,629	63,7	69	716546,068	7695342,947	59,5	114	716620,603	7695240,528	63,2
25	716645,429	7695400,113	69,1	70	716545,858	7695339,822	66,5	115	716623,62	7695240,722	59,5
26	716640,964	7695401,145	63,6	71	716544,979	7695337,279	61,9	116	716629,928	7695240,816	62,5
27	716637,865	7695401,547	64,3	72	716544,359	7695334,735	62,1	117	716633,096	7695240,688	58,9
28	716634,831	7695401,933	65,9	73	716543,829	7695332,192	63,3	118	716634,709	7695241,314	60
29	716632,098	7695401,912	70,4	74	716543,538	7695329,042	66,2	119	716637	7695241,969	58
30	716629,023	7695402,565	69,6	75	716543,685	7695325,413	61	120	716640,217	7695242,116	59,1
31	716626,76	7695402,37	67,2	76	716543,569	7695323,765	67	121	716643,002	7695242,603	56
32	716623,94	7695402,134	66,4	77	716543,319	7695320,955	66,2	122	716646,73	7695243,47	56,9
33	716621,484	7695401,833	69,7	78	716544,034	7695317,265	57,2	123	716650,019	7695244,493	59,9
34	716618,598	7695401,874	69,3	79	716543,37	7695314,364	62,9	124	716652,801	7695245,807	64,5
35	716615,816	7695401,771	68,8	80	716543,892	7695311,593	66,7	125	716655,091	7695246,83	58,3
36	716613,662	7695401,095	68,9	81	716544,254	7695309,051	65,8	126	716657,972	7695248,402	63,7
37	716610,889	7695400,802	68,2	82	716544,608	7695306,138	61,3	127	716660,043	7695249,435	61,2
38	716608,257	7695400,454	67	83	716545,153	7695302,591	61,9	128	716663,215	7695250,875	60
39	716605,09	7695399,294	68,1	84	716545,467	7695299,933	63	129	716665,81	7695252,475	61,4
40	716601,308	7695398,344	61,4	85	716546,023	7695297,183	61,7	130	716668,643	7695254,204	60,1
41	716598,648	7695397,632	68,6	86	716547,957	7695294,859	63,7	131	716671,846	7695254,976	62
42	716595,648	7695396,379	63,9	87	716547,449	7695291,917	65,5	132	716672,916	7695256,056	65
43	716592,318	7695395,552	71,1	88	716549,347	7695288,108	63	133	716675,368	7695258,653	62,3
44	716590,393	7695394,349	67	89	716552,12	7695284,473	63,7	134	716677,355	7695260,325	64,7
135	716680,585	7695263,421	59,9	184	716650,345	7695391,681	62,5	233	716550,973	7695306,23	60,3
136	716683,097	7695265,936	62	185	716647,33	7695392,804	61,1	234	716551,921	7695302,582	60,8
137	716683,983	7695268,11	61,8	186	716643,48	7695393,423	66	235	716552,141	7695299,779	59,9
138	716687,162	7695270,818	64,7	187	716641,123	7695394,337	62,3	236	716553,285	7695297,169	63,2

139	716689,086	7695273,45	57,3	188	716638,747	7695394,743	61,8	237	716554,014	7695294,199	62,5
140	716690,632	7695275,355	65,1	189	716635,577	7695395,348	65	238	716554,856	7695291,866	62,6
141	716692,457	7695276,643	64,9	190	716632,591	7695395,816	65,7	239	716556,313	7695288,437	65,8
142	716693,997	7695278,527	62,9	191	716629,489	7695396,159	63,4	240	716558,517	7695285,358	62,7
143	716695,555	7695281,998	64,1	192	716626,575	7695396,322	64,1	241	716559,423	7695282,269	54,4
144	716696,67	7695284,954	64,8	193	716623,301	7695396,306	65,7	242	716561,138	7695279,773	62,1
145	716698,78	7695288,44	64,1	194	716620,014	7695396,276	67,8	243	716564,917	7695274,695	61
146	716699,352	7695291,554	64,9	195	716617,008	7695395,495	60,1	244	716567,568	7695271,107	60,5
147	716700,121	7695294,344	65,6	196	716613,815	7695395,13	66,3	245	716569,756	7695269,228	59,1
148	716701,183	7695296,81	63,9	197	716610,75	7695394,813	63,6	246	716571,766	7695267,17	61,4
149	716701,902	7695300,136	65,8	198	716608,082	7695394,72	64,3	247	716573,975	7695264,975	63,7
150	716702,636	7695303,044	65,6	199	716604,938	7695393,928	65,5	248	716577,369	7695262,201	62,4
151	716703,577	7695305,857	65	200	716602,241	7695392,825	61,6	249	716580,119	7695260,286	61,3
152	716704,25	7695309,016	61,7	201	716598,825	7695391,931	64,5	250	716582,28	7695257,979	61,1
153	716705,339	7695311,79	59,6	202	716596,171	7695390,716	65,3	251	716585,379	7695257,054	60,9
154	716704,69	7695314,362	62,8	203	716592,291	7695389,223	62,9	252	716588,756	7695254,934	57,7
155	716704,751	7695316,843	60,5	204	716588,631	7695387,374	66,7	253	716592,536	7695253,072	62,4
156	716706,227	7695320,313	62,3	205	716586,009	7695385,967	65,4	254	716596,264	7695251,717	57,1
157	716704,818	7695323,18	62,8	206	716582,88	7695384,274	63,3	255	716598,852	7695250,367	58,6
158	716704,919	7695325,719	65,9	207	716580,52	7695381,884	65,5	256	716602,022	7695249,793	55
159	716704,53	7695328,467	68,5	208	716577,726	7695380,188	63,9	257	716604,293	7695248,605	64,4
160	716704,199	7695331,691	65	209	716575,228	7695377,867	64,8	258	716607,975	7695247,778	56,7
161	716704,513	7695335,61	63,2	210	716572,995	7695376	65,9	259	716610,876	7695247,584	60,8
162	716703,304	7695340,622	61,7	211	716571,056	7695374,032	64,3	260	716613,836	7695247,019	62,4
163	716702,572	7695344,412	66	212	716569,116	7695371,821	66,1	261	716616,67	7695246,665	58,7
164	716701,964	7695347,401	60	213	716566,722	7695369,989	62,1	262	716620,054	7695246,515	62,5
165	716699,678	7695351,498	62,8	214	716565,137	7695367,414	62,6	263	716623,215	7695246,211	58,4
166	716693,326	7695349,723	64,5	215	716563,177	7695364,674	58,6	264	716626,232	7695246,329	59,2
167	716692,566	7695353,308	63,7	216	716561,013	7695361,548	51,9	265	716629,198	7695245,844	59,7
168	716689,31	7695358,903	66,6	217	716559,264	7695358,562	62,4	266	716633,206	7695246,554	59,9
169	716687,807	7695361,721	62,1	218	716557,493	7695355,173	61,1	267	716636,124	7695246,708	63,2
170	716685,473	7695365,289	64,1	219	716556,326	7695352,481	65,8	268	716640,152	7695247,524	60,3
171	716684,92	7695366,51	68,5	220	716554,691	7695348,791	64,4	269	716643,168	7695248,403	59
172	716683,012	7695369,138	67,4	221	716553,537	7695345,738	65,6	270	716646,595	7695249,564	58,1
173	716681,232	7695371,497	67	222	716552,769	7695343,045	61,6	271	716648,786	7695250,207	61,6
174	716678,518	7695374,671	61,8	223	716551,535	7695339,959	66,6	272	716651,61	7695250,925	62,7
175	716676,042	7695376,627	60,9	224	716550,928	7695336,914	64,2	273	716654,183	7695252,44	66,1
176	716673,706	7695378,494	63,9	225	716550,259	7695333,457	62,4	274	716656,994	7695253,974	64,4
177	716671,529	7695380,195	63,7	226	716549,452	7695330,664	61,7	275	716659,803	7695254,972	59,4
178	716668,975	7695382,146	64,3	227	716549,721	7695325,969	60,7	276	716663,424	7695256,914	64,2
179	716666,583	7695383,613	62,7	228	716549,325	7695322,592	61,8	277	716666,274	7695258,621	63,3
180	716663,526	7695385,692	61,3	229	716549,076	7695318,994	66,9	278	716668,517	7695260,218	64
181	716661,421	7695387,14	64,5	230	716549,336	7695315,849	56,2	279	716671,017	7695262,139	62,7
182	716656,57	7695389,782	60,7	231	716549,574	7695312,877	66,2	280	716673,696	7695263,948	65,4
183	716653,51	7695390,587	63	232	716550,219	7695309,051	53,7	281	716676,064	7695266,67	64,7
282	716678,01	7695269,009	65,7	330	716631,107	7695389,662	64,5	378	716570,015	7695277,779	63,3
283	716680,899	7695272,01	63,8	331	716626,768	7695389,841	61,3	379	716571,935	7695275,81	63,2
284	716684,166	7695275,454	62,8	332	716622,891	7695389,603	61,6	380	716574,307	7695273,427	60,8
285	716685,365	7695277,889	64,6	333	716619,253	7695390,068	64	381	716576,903	7695271,058	62,8
286	716687,695	7695281,139	59,4	334	716615,784	7695389,395	65,4	382	716578,138	7695269,152	62
287	716689,107	7695284,568	66,3	335	716612,294	7695389,146	60,3	383	716581,44	7695267,856	62,7
288	716691,034	7695287,521	59,2	336	716610,474	7695388,692	66,6	384	716584,205	7695264,894	64,6
289	716692,25	7695290,185	63,8	337	716607,384	7695387,815	63,8	385	716586,559	7695262,418	61,9
290	716693,398	7695293,971	66,7	338	716603,883	7695387,293	63,5	386	716589,737	7695261,342	60,7

291	716695,347	7695297,478	63,1	339	716600,133	7695385,872	64,6	387	716593,019	7695259,757	59,2
292	716695,66	7695300,428	64,8	340	716596,855	7695384,446	66,5	388	716595,463	7695258,327	63,8
293	716696,799	7695303,679	63,7	341	716593,844	7695382,822	61,2	389	716598,389	7695257,334	56,7
294	716698,306	7695306,436	60,9	342	716589,319	7695382,17	64,5	390	716601,575	7695255,948	64,6
295	716698,306	7695309,436	64,4	343	716587,683	7695379,438	62,6	391	716603,836	7695255,083	61,2
296	716699,083	7695313,09	63,6	344	716584,699	7695377,959	62,1	392	716606,801	7695254,364	62,2
297	716698,961	7695316,201	61	345	716580,908	7695376,513	65,5	393	716609,54	7695253,425	52,7
298	716699,553	7695319,654	64,8	346	716579,642	7695373,58	64,3	394	716613,15	7695252,895	66,1
299	716699,28	7695323,024	61,2	347	716577,064	7695371,663	67,1	395	716616,743	7695252,602	55,8
300	716699,597	7695326,456	64,8	348	716574,396	7695369,175	66,7	396	716620,228	7695252,124	61,1
301	716699,259	7695330,127	67,3	349	716572,083	7695367,155	67,5	397	716623,405	7695252,035	64,3
302	716699,15	7695332,701	65,5	350	716570,537	7695363,639	61	398	716626,177	7695251,766	60,1
303	716697,906	7695336,631	58,3	351	716568,103	7695361,347	62,6	399	716629,349	7695251,965	61,7
304	716697,007	7695339,791	62,5	352	716566,53	7695358,179	63	400	716633,281	7695252,72	61,3
305	716696,533	7695343,095	67,2	353	716564,714	7695355,382	62,6	401	716636,698	7695253,157	63,9
306	716695,901	7695346,096	63,4	354	716563,065	7695353,043	61,1	402	716639,412	7695253,755	64
307	716695,033	7695348,603	63,1	355	716561,672	7695350,211	59	403	716643,526	7695253,709	60,1
308	716688,002	7695349,648	64,5	356	716560,261	7695346,624	60,1	404	716645,918	7695255,6	59,4
309	716686,857	7695353,138	64,7	357	716558,94	7695343,342	62	405	716648,94	7695256,663	65,9
310	716685,147	7695355,587	61,3	358	716558,151	7695341,06	60,8	406	716652,048	7695257,8	60,8
311	716682,792	7695358,898	65	359	716556,928	7695336,786	65	407	716654,783	7695259,34	59,6
312	716681,505	7695361,848	64,8	360	716556,513	7695333,282	64,5	408	716658,042	7695260,951	59,2
313	716679,026	7695363,849	64	361	716555,772	7695329,646	63,1	409	716660,681	7695262,557	61,1
314	716675,987	7695367,109	64,4	362	716555,203	7695326,877	59,8	410	716663,556	7695264,329	65,4
315	716673,353	7695370,101	64,8	363	716555,092	7695324,2	65	411	716666,195	7695265,928	64,2
316	716671,912	7695372,078	67,1	364	716555,052	7695321,058	65,3	412	716668,826	7695267,439	62,6
317	716669,683	7695373,448	59,9	365	716555,405	7695317,963	63	413	716671,375	7695270,55	61,2
318	716667,668	7695375,022	63,8	366	716555,354	7695314,448	66,9	414	716673,178	7695271,965	59
319	716664,843	7695376,461	59,3	367	716555,851	7695311,028	61,1	415	716675,109	7695274,257	66,9
320	716663,027	7695378,446	64,7	368	716556,676	7695307,841	65,4	416	716676,944	7695275,904	62,3
321	716660,615	7695380,278	61,6	369	716557,223	7695303,494	60,9	417	716678,875	7695278,587	64,7
322	716656,547	7695382,585	66,4	370	716557,906	7695301,693	65,5	418	716681,453	7695281,262	62,3
323	716653,129	7695384,318	66	371	716558,878	7695298,247	60,5	419	716683,681	7695284,159	61,1
324	716650,458	7695385,557	64	372	716560,174	7695294,92	64,9	420	716684,208	7695287,251	62,4
325	716647,821	7695386,477	65,7	373	716561,599	7695292,279	61,8	421	716686,547	7695290,295	64,6
326	716644,076	7695387,31	66	374	716562,89	7695288,731	62,1	422	716687,635	7695293,144	66,3
327	716641,43	7695387,669	59	375	716564,677	7695286,093	62,4	423	716688,926	7695295,756	63,8
328	716638,391	7695388,796	60,7	376	716565,621	7695283,137	64,2	424	716689,669	7695298,3	64,2
329	716634,983	7695389,616	62,5	377	716567,253	7695280,378	64,7	425	716690,731	7695300,488	60,2
426	716691,583	7695303,778	61,9	472	716596,847	7695379,341	61	518	716594,873	7695265,38	62,4
427	716692,203	7695306,692	67,9	473	716594,107	7695377,774	60,2	519	716597,61	7695264,073	56,4
428	716692,234	7695309,492	65,7	474	716591,876	7695376,87	64	520	716600,334	7695262,638	61,6
429	716693,294	7695312,974	62,4	475	716590,387	7695373,971	65,2	521	716602,856	7695261,508	59,2
430	716694,05	7695315,642	65,7	476	716586,722	7695373,235	60,8	522	716605,024	7695260,946	61,9
431	716693,893	7695318,524	66,3	477	716584,986	7695371,13	61	523	716607,002	7695260,424	59,8
432	716693,943	7695321,819	65,1	478	716582,245	7695369,583	59,3	524	716609,961	7695259,588	59,5
433	716694,213	7695324,453	62	479	716580,038	7695367,77	61,1	525	716612,717	7695258,653	58,6
434	716693,823	7695327,789	64,1	480	716579,545	7695364,861	62,5	526	716615,519	7695258,549	53
435	716693,776	7695332,379	64,1	481	716576,407	7695363,509	64,8	527	716618,749	7695258,252	60,9
436	716692,717	7695335,911	63	482	716574,757	7695361,218	59,8	528	716623,64	7695258,166	62,1
437	716691,771	7695339,461	64,9	483	716572,518	7695359,382	59,9	529	716627,227	7695257,697	63
438	716691,216	7695342,369	63,5	484	716571,599	7695356,259	57,3	530	716630,754	7695258,147	62,7
439	716690,253	7695344,805	66,2	485	716569,229	7695354,289	59,1	531	716633,964	7695258,789	64,6

440	716689,551	7695348,158	64,2	486	716567,505	7695351,285	61,4	532	716637,208	7695259,156	61,7
441	716682,952	7695347,071	59,9	487	716566,407	7695348,175	53	533	716640,443	7695260,243	65,9
442	716681,407	7695349,376	62,5	488	716566,072	7695345,686	55,5	534	716644,905	7695261,583	62,4
443	716679,775	7695353,299	67	489	716565,207	7695342,719	55,2	535	716648,849	7695263,257	61,5
444	716677,448	7695355,835	60,2	490	716564,443	7695339,341	56,4	536	716652,371	7695264,517	66,4
445	716675,415	7695357,918	71	491	716563,54	7695336,48	57,7	537	716654,637	7695265,833	59,7
446	716673,74	7695360,759	68,3	492	716563,165	7695333,812	63,2	538	716656,868	7695267,242	61,4
447	716671,32	7695363,165	61,6	493	716562,555	7695331,032	58,8	539	716658,794	7695268,315	64,5
448	716667,751	7695367,352	65,9	494	716562,059	7695327,933	50,6	540	716662,326	7695270,516	60,5
449	716667,301	7695367,687	61,4	495	716561,291	7695325,346	59,7	541	716664,425	7695273,196	63,8
450	716663,164	7695371,875	60,8	496	716561,55	7695321,862	57,9	542	716667,683	7695274,725	62,6
451	716662,308	7695371,819	64,8	497	716561,5	7695319,354	53,9	543	716668,604	7695278,611	65,1
452	716658,79	7695375,189	61,4	498	716561,628	7695316,479	56	544	716672,681	7695279,655	65,5
453	716656,826	7695375,252	62,1	499	716561,932	7695313,219	52,5	545	716674,392	7695282,122	68
454	716653,663	7695376,946	64,2	500	716562,626	7695309,907	51,8	546	716674,864	7695284,789	53,6
455	716650,318	7695378,736	60,5	501	716563,147	7695306,558	64,1	547	716677,127	7695287,875	65,3
456	716647,038	7695380,072	64,6	502	716564,153	7695303,752	63	548	716679,571	7695289,515	65,9
457	716643,833	7695380,619	59,5	503	716564,857	7695301,766	62,6	549	716680,44	7695293,827	65,3
458	716640,223	7695381,885	61,5	504	716565,382	7695298,996	62,9	550	716681,887	7695296,52	69,2
459	716636,57	7695384,234	64,5	505	716567,165	7695295,257	60,2	551	716683,513	7695298,452	61,8
460	716633,309	7695384,569	60,5	506	716568,62	7695292,328	58,9	552	716684,229	7695302,416	65,2
461	716630,512	7695385,264	62,9	507	716569,925	7695289,74	56,8	553	716685,114	7695305,653	60,1
462	716627,927	7695384,015	59	508	716571,649	7695286,732	61,7	554	716686,288	7695306,892	64,5
463	716625,005	7695383,943	64,5	509	716573,598	7695284,003	64,8	555	716686,211	7695310,29	63,6
464	716621,142	7695383,563	60	510	716575,609	7695281,534	59,6	556	716687,263	7695313,274	63,2
465	716617,914	7695383,637	64,5	511	716577,189	7695278,911	55	557	716687,903	7695316,519	63,2
466	716615,352	7695383,474	62	512	716579,781	7695276,408	63,6	558	716687,806	7695320,951	71,2
467	716612,488	7695382,885	60,9	513	716582,097	7695274,785	59	559	716686,859	7695325,613	69
468	716608,158	7695383,096	68,2	514	716584,237	7695272,467	58,7	560	716686,623	7695329,505	66,8
469	716605,259	7695382,104	57,7	515	716586,667	7695270,819	61,3	561	716686,789	7695332,584	59,8
470	716602,402	7695381,448	61,8	516	716589,719	7695268,448	63,7	562	716686,478	7695335,789	65,3
471	716600,296	7695379,468	61,3	517	716592,308	7695266,567	63,3	563	716685,28	7695339,02	65,6
564	716684,177	7695341,994	66,4	610	716567,048	7695329,725	61,1	656	716670,895	7695289,742	61,5
565	716683,071	7695345,671	66	611	716567,965	7695326,577	64,6	657	716672,414	7695292,354	64
566	716675,795	7695344,169	63	612	716566,237	7695323,297	65,8	658	716674,7	7695296,161	66
567	716674,396	7695348,023	63	613	716566,333	7695319,587	65,6	659	716677,225	7695298,962	63,7
568	716672,579	7695350,951	60,4	614	716566,781	7695315,698	56,9	660	716677,991	7695301,599	59,2
569	716671,14	7695353,454	65,2	615	716567,17	7695312,67	58,6	661	716679,248	7695305,036	61,5
570	716669,599	7695356,615	64,3	616	716567,691	7695309,455	60,6	662	716679,386	7695308,261	62,7
571	716666,523	7695359,745	61	617	716568,788	7695305,875	62,6	663	716680,075	7695311,449	62,9
572	716663,902	7695361,775	62,5	618	716569,725	7695303,226	61,9	664	716680,633	7695314,76	60,4
573	716662,107	7695363,644	60	619	716570,479	7695300,168	68,4	665	716681,732	7695317,496	66
574	716659,676	7695366,016	62	620	716571,779	7695297,183	63,3	666	716680,868	7695319,848	62,9
575	716656,14	7695367,973	61,6	621	716573,316	7695294,463	60,3	667	716680,94	7695323,661	65,7
576	716653,569	7695369,54	48,5	622	716574,664	7695291,99	65,5	668	716680,664	7695327,542	68,7
577	716651,967	7695371,756	60,5	623	716577,109	7695287,918	64,5	669	716679,9	7695331,972	66,2
578	716648,075	7695373,29	66,2	624	716579,759	7695285,112	60,5	670	716680,287	7695335,362	67,9
579	716645,113	7695374,284	63,2	625	716582,642	7695281,607	58,8	671	716678,911	7695338,195	67,3
580	716642,42	7695375,445	58,7	626	716586,674	7695278,103	49,9	672	716678,177	7695341,533	56
581	716639,288	7695376,825	66,8	627	716588,74	7695275,835	61,7	673	716670,475	7695342,867	65,1
582	716635,327	7695377,341	62,6	628	716592,258	7695273,762	62	674	716668,995	7695345,42	63,9

583	716632,241	7695377,97	60,3	629	716595,644	7695271,438	59	675	716667,568	7695348,146	66,6
584	716628,994	7695378,255	62,6	630	716596,395	7695270,637	63,2	676	716665,531	7695350,268	66,3
585	716625,824	7695377,854	65,9	631	716599,354	7695269,028	60,7	677	716664,432	7695351,752	65,5
586	716622,984	7695378,552	60,7	632	716602,237	7695268,512	55,5	678	716662,856	7695355,246	61
587	716618,997	7695378,28	64,4	633	716605,154	7695267,025	61,6	679	716660,444	7695357,126	61,4
588	716615,686	7695378,267	57,9	634	716606,784	7695266,792	62,6	680	716657,204	7695359,89	59,2
589	716612,407	7695377,57	64,6	635	716610,677	7695265,792	60,8	681	716654,96	7695361,23	65
590	716609,167	7695376,807	64	636	716613,945	7695265,536	60,5	682	716653,414	7695362,281	63,5
591	716607,367	7695375,738	61,6	637	716616,583	7695264,466	63,4	683	716651,896	7695363,968	57,4
592	716604,384	7695374,649	60,5	638	716620,216	7695264,974	54,6	684	716648,447	7695366,424	63,3
593	716601,908	7695373,225	62,6	639	716624,636	7695264,003	60,4	685	716645,404	7695366,25	64,6
594	716598,737	7695372,042	65,8	640	716626,895	7695264,637	53,3	686	716641,947	7695368,154	54,7
595	716594,73	7695369,967	62,8	641	716631,865	7695265,136	64,3	687	716639,584	7695368,776	59
596	716592,391	7695368,403	64,3	642	716635,273	7695265,081	60,1	688	716637,65	7695369,714	61
597	716588,858	7695367,065	65,4	643	716637,97	7695266,267	64,9	689	716633,135	7695370,38	60,6
598	716585,935	7695364,565	60,7	644	716640,71	7695267,167	58,9	690	716629,914	7695371,475	62,4
599	716584,032	7695361,979	60,4	645	716643,636	7695268,12	55,5	691	716626,576	7695371,454	56,7
600	716581,653	7695359,284	65,7	646	716646,157	7695269,327	59,2	692	716623,44	7695371,789	59,4
601	716579,224	7695357,395	62,8	647	716648,913	7695271,092	62,5	693	716621,781	7695371,147	60,9
602	716577,348	7695354,456	62,6	648	716651,967	7695271,985	60,3	694	716617,778	7695371,397	61,7
603	716576,243	7695352,921	58,9	649	716654,771	7695273,68	56,1	695	716615,223	7695371,391	60,1
604	716574,214	7695350,089	62,8	650	716657,725	7695274,937	60,3	696	716612,338	7695370,513	59,6
605	716572,663	7695346,502	58,2	651	716660,46	7695277,03	61,5	697	716610,181	7695369,583	57,5
606	716570,757	7695342,963	63,3	652	716662,264	7695278,978	61,3	698	716607,59	7695368,519	52,8
607	716569,69	7695339,837	64,8	653	716665,256	7695281,525	60	699	716605,293	7695367,587	62,7
608	716568,907	7695336,735	61,1	654	716666,628	7695284,597	60,7	700	716601,105	7695366,622	62,7
609	716567,846	7695333,521	58,8	655	716669,143	7695287,323	63	701	716599,436	7695364,84	56,1
702	716596,661	7695363,169	58,1	748	716640,374	7695274,193	65,6	794	716602,819	7695361,442	63,9
703	716593,899	7695362,405	62,4	749	716643,079	7695275,219	61,9	795	716601,612	7695358,997	63,9
704	716591,528	7695360,132	61,6	750	716645,986	7695276,381	63,7	796	716598,05	7695358,393	65,5
705	716589,389	7695358,143	65,7	751	716648,595	7695278,045	63,5	797	716596,62	7695355,724	59,2
706	716588,001	7695356,501	65,3	752	716652,234	7695279,918	64,2	798	716594,311	7695353,875	65,1
707	716585,614	7695354,229	62,9	753	716655,107	7695282,2	66,7	799	716591,063	7695352,367	60,1
708	716584,076	7695352,16	62,1	754	716658,443	7695284,806	62,1	800	716589,825	7695349,643	63,9
709	716582,441	7695350,163	62,2	755	716660,579	7695287,221	63,6	801	716587,367	7695348,196	63
710	716580,098	7695347,363	65,4	756	716664,104	7695290,894	61,4	802	716586,78	7695344,264	63,3
711	716578,757	7695343,157	63,2	757	716665,121	7695293,122	61,5	803	716584,711	7695341,227	59,7
712	716577,003	7695340,703	66,7	758	716666,822	7695295,743	63,3	804	716582,695	7695338,805	64,8
713	716575,919	7695337,601	61,7	759	716668,828	7695297,75	64,1	805	716581,391	7695336,184	65,3
714	716574,798	7695334,774	62,7	760	716670,079	7695302,107	63,8	806	716580,165	7695333,473	59,3
715	716573,718	7695330,887	64,4	761	716671,553	7695304,942	63,1	807	716579,854	7695330,791	66
716	716573,52	7695328,373	67,2	762	716672,452	7695307,71	62,8	808	716580,682	7695326,906	57,4
717	716573,338	7695325,905	59,7	763	716673,273	7695311,976	63,6	809	716580,316	7695323,735	61,3
718	716573,406	7695323,153	63,4	764	716674,086	7695315,068	63,3	810	716578,82	7695320,908	60
719	716573,206	7695320,254	59,5	765	716674,51	7695320,094	60,9	811	716579,168	7695317,668	60,9
720	716573,29	7695317,553	61,4	766	716673,879	7695323,737	63,6	812	716580,895	7695314,162	63,7
721	716573,773	7695315,286	56,3	767	716673,631	7695327,642	63,2	813	716580,187	7695311,487	65
722	716574,078	7695312,667	64,8	768	716673,44	7695331,882	65,7	814	716582,496	7695307,437	58,9
723	716574,424	7695309,812	65,6	769	716672,945	7695335,263	64,3	815	716582,489	7695305,008	59,6
724	716575,149	7695306,693	63,5	770	716672,095	7695338,223	63	816	716583,824	7695301,397	61,2
725	716576,073	7695304,061	64,8	771	716670,941	7695340,699	61,6	817	716585,703	7695298,22	57,9

<b>726</b>	716577,149	7695301,607	63,5	<b>772</b>	716665,506	7695340,11	65	<b>818</b>	716587,457	7695295,94	64,4
<b>727</b>	716577,909	7695299,368	64,8	<b>773</b>	716665,237	7695342,275	65,3	<b>819</b>	716590,728	7695292,531	61,4
<b>728</b>	716579,583	7695296,771	60,9	<b>774</b>	716663,288	7695345,4	62,2	<b>820</b>	716592,654	7695289,996	62,3
<b>729</b>	716581,59	7695293,687	61,1	<b>775</b>	716662,002	7695347,913	68	<b>821</b>	716594,254	7695288,516	64,7
<b>730</b>	716583,843	7695290,71	60,7	<b>776</b>	716659,259	7695350,376	65,6	<b>822</b>	716596,398	7695286,442	60,5
<b>731</b>	716585,255	7695288,58	59,7	<b>777</b>	716656,421	7695353,054	65,3	<b>823</b>	716600,418	7695283,424	64,9
<b>732</b>	716589,24	7695285,455	58,8	<b>778</b>	716653,551	7695355,38	67,6	<b>824</b>	716602,613	7695282,442	59,4
<b>733</b>	716592,86	7695281,937	63,5	<b>779</b>	716650,977	7695357,288	64,6	<b>825</b>	716606,428	7695280,396	62
<b>734</b>	716595,054	7695280,497	53,7	<b>780</b>	716648,414	7695358,944	66,6	<b>826</b>	716609,004	7695279,145	57,8
<b>735</b>	716598,045	7695278,294	57,3	<b>781</b>	716645,205	7695360,535	62,6	<b>827</b>	716611,672	7695278,518	63,6
<b>736</b>	716600,025	7695276,712	63,2	<b>782</b>	716641,841	7695362,154	63,3	<b>828</b>	716613,679	7695278,374	62,7
<b>737</b>	716602,902	7695275,647	58,7	<b>783</b>	716639,36	7695363,052	62	<b>829</b>	716616,94	7695277,486	66,6
<b>738</b>	716605,594	7695274,387	62,7	<b>784</b>	716636,362	7695363,947	63	<b>830</b>	716620,93	7695276,683	66,5
<b>739</b>	716607,868	7695273,745	62,3	<b>785</b>	716632,002	7695365,555	60	<b>831</b>	716624,31	7695276,592	61,6
<b>740</b>	716612,404	7695272,364	64,3	<b>786</b>	716630,61	7695365,042	61,3	<b>832</b>	716626,173	7695277,067	62,2
<b>741</b>	716615,446	7695271,907	62	<b>787</b>	716626,849	7695365,652	62,2	<b>833</b>	716630,354	7695277,013	63
<b>742</b>	716619,584	7695270,817	59,4	<b>788</b>	716622,33	7695365,422	61,3	<b>834</b>	716633,179	7695277,631	61,2
<b>743</b>	716623,803	7695271,269	60,3	<b>789</b>	716618,094	7695366,311	62	<b>835</b>	716636,438	7695277,605	61
<b>744</b>	716626,902	7695271,545	61,7	<b>790</b>	716615,444	7695365,843	59,5	<b>836</b>	716638,799	7695280,062	62,1
<b>745</b>	716629,735	7695271,897	64,8	<b>791</b>	716612,356	7695365,007	65,3	<b>837</b>	716642,165	7695280,576	63
<b>746</b>	716633,422	7695272,289	62,1	<b>792</b>	716610,401	7695363,119	64,2	<b>838</b>	716645,048	7695282,089	62,9
<b>747</b>	716637,029	7695273,03	65,3	<b>793</b>	716606,353	7695363,027	65,9	<b>839</b>	716647,516	7695283,69	62,1
<b>840</b>	716649,238	7695285,129	65	<b>886</b>	716590,57	7695339,636	63,4	<b>932</b>	716662,662	7695324,813	64,6
<b>841</b>	716652,237	7695286,405	61,4	<b>887</b>	716589,416	7695337,531	65,1	<b>933</b>	716662,195	7695328,329	60,9
<b>842</b>	716654,789	7695289,538	62,8	<b>888</b>	716588,104	7695335,516	64,8	<b>934</b>	716661,396	7695332,093	62,2
<b>843</b>	716657,079	7695291,369	62,3	<b>889</b>	716587,694	7695332,749	56,5	<b>935</b>	716660,488	7695335,515	60,5
<b>844</b>	716659,308	7695293,798	59,2	<b>890</b>	716586,64	7695329,342	63,2	<b>936</b>	716653,836	7695335,279	68,1
<b>845</b>	716660,576	7695295,688	64,4	<b>891</b>	716586,346	7695325,885	66,7	<b>937</b>	716652,442	7695338,37	58,3
<b>846</b>	716663,157	7695299,14	64,2	<b>892</b>	716586,056	7695322,832	67,5	<b>938</b>	716651,219	7695340,864	64,1
<b>847</b>	716663,863	7695302,131	69,2	<b>893</b>	716585,837	7695319,803	63,5	<b>939</b>	716649,034	7695343,497	55,7
<b>848</b>	716666,056	7695304,562	56,5	<b>894</b>	716586,055	7695317,378	61,3	<b>940</b>	716647,043	7695344,863	62
<b>849</b>	716667,294	7695308,041	65,8	<b>895</b>	716587,007	7695312,231	61,7	<b>941</b>	716644,916	7695347,294	58,5
<b>850</b>	716668,099	7695310,617	62,8	<b>896</b>	716587,762	7695309,145	62,9	<b>942</b>	716641,693	7695348,691	56,3
<b>851</b>	716668,928	7695313,592	64,2	<b>897</b>	716588,838	7695306,591	58	<b>943</b>	716638,777	7695350,359	57,7
<b>852</b>	716668,011	7695317	67,3	<b>898</b>	716589,764	7695303,9	61,3	<b>944</b>	716635,894	7695351,852	55,6
<b>853</b>	716669,458	7695319,651	65,1	<b>899</b>	716591,239	7695301,103	61,1	<b>945</b>	716633,289	7695352,674	58,2
<b>854</b>	716669,439	7695322,853	66,6	<b>900</b>	716593,844	7695297,817	61,7	<b>946</b>	716629,785	7695353,269	66,4
<b>855</b>	716669,165	7695325,494	65,1	<b>901</b>	716596,021	7695294,756	63,6	<b>947</b>	716627,491	7695353,841	55,1
<b>856</b>	716668,92	7695328,865	64	<b>902</b>	716597,504	7695293,296	52,7	<b>948</b>	716624,186	7695354,154	61,6
<b>857</b>	716668,123	7695332,531	66,7	<b>903</b>	716599,557	7695291,155	55,8	<b>949</b>	716619,963	7695353,705	57,6
<b>858</b>	716667,151	7695336,216	66,2	<b>904</b>	716601,947	7695289,604	61,3	<b>950</b>	716617,235	7695353,236	54,9
<b>859</b>	716665,807	7695338,815	69,5	<b>905</b>	716605,1	7695287,598	66	<b>951</b>	716614,406	7695352,176	57,1
<b>860</b>	716658,858	7695337,441	62,5	<b>906</b>	716607,604	7695286,368	63,7	<b>952</b>	716611,789	7695351,107	57,6
<b>861</b>	716657,321	7695340,687	62,7	<b>907</b>	716610,565	7695284,895	61,5	<b>953</b>	716609,18	7695349,733	60,6
<b>862</b>	716656,051	7695343,885	64,7	<b>908</b>	716613,774	7695284,047	56,6	<b>954</b>	716606,975	7695348,531	55,9
<b>863</b>	716653,411	7695346,203	61,1	<b>909</b>	716616,247	7695283,178	61	<b>955</b>	716604,267	7695346,706	57,6
<b>864</b>	716651,111	7695348,778	63,3	<b>910</b>	716619,131	7695282,676	64,6	<b>956</b>	716602,133	7695344,951	69,6
<b>865</b>	716648,09	7695351,486	60	<b>911</b>	716621,758	7695282,813	58,8	<b>957</b>	716600,116	7695342,823	62,5
<b>866</b>	716644,63	7695353,821	61,1	<b>912</b>	716625,334	7695282,749	65,1	<b>958</b>	716598,422	7695341,045	63,3
<b>867</b>	716641,409	7695355,938	65,5	<b>913</b>	716629,129	7695282,843	59,7	<b>959</b>	716596,851	7695338,479	61,6
<b>868</b>	716638,348	7695357,14	68,3	<b>914</b>	716632,945	7695283,544	64,8	<b>960</b>	716595,336	7695335,777	60,4

869	716636,776	7695358,058	62,3	915	716636,988	7695284,872	65,2	961	716594,29	7695333,944	58,7
870	716632,596	7695359,22	60,6	916	716639,732	7695285,661	64,4	962	716593,393	7695330,595	62,4
871	716629,406	7695359,401	61,9	917	716642,651	7695287,365	62,8	963	716592,208	7695327,559	66,4
872	716625,999	7695359,661	55	918	716645,097	7695288,872	65,7	964	716592,085	7695325,343	62,3
873	716623,549	7695359,705	62	919	716647,083	7695290,254	64	965	716591,738	7695322,635	59,4
874	716619,378	7695359,948	56,2	920	716649,03	7695291,352	59,4	966	716591,92	7695319,123	61,4
875	716616,102	7695359,295	55,8	921	716650,728	7695292,952	63,8	967	716592,29	7695316,69	61,8
876	716613,819	7695358,527	63,6	922	716653,158	7695295,624	66	968	716592,795	7695313,696	55,9
877	716611,558	7695357,77	64,1	923	716655,269	7695297,841	65,1	969	716593,409	7695311,26	61,5
878	716607,693	7695356,4	60,3	924	716657,571	7695300,998	62,4	970	716594,625	7695308,552	66,6
879	716604,22	7695354,703	54	925	716658,978	7695303,789	56,5	971	716595,53	7695305,703	59,7
880	716601,74	7695353,157	56,4	926	716660,656	7695306,79	62,8	972	716597,404	7695302,71	58
881	716599,564	7695351,665	59,2	927	716661,387	7695309,592	62,7	973	716599,467	7695300,265	54,7
882	716597,385	7695349,593	55,4	928	716662,338	7695311,97	59,6	974	716601,128	7695298,067	56,4
883	716595,353	7695347,373	62,7	929	716662,543	7695315,435	63,1	975	716603,131	7695295,88	55,3
884	716593,486	7695345,086	66,3	930	716662,935	7695317,924	62,1	976	716605,497	7695294,739	64,2
885	716591,848	7695342,133	64,1	931	716662,488	7695320,233	62,9	977	716607,188	7695293,366	58,6
978	716609,331	7695291,739	51,7	1024	716598,259	7695325,036	59,4	1070	716607,019	7695330,132	59,4
979	716611,762	7695290,783	53,4	1025	716597,845	7695322,064	56,4	1071	716605,829	7695327,514	57,8
980	716614,716	7695290,052	58,8	1026	716597,827	7695319,444	68,3	1072	716604,71	7695324,805	58,7
981	716618,266	7695289,371	55,4	1027	716598,7	7695314,826	60,6	1073	716604,659	7695321,465	59,2
982	716621,011	7695288,755	57,2	1028	716599,413	7695311,507	56,2	1074	716604,373	7695318,3	62,6
983	716624,584	7695289,061	58,8	1029	716600,702	7695308,747	58,5	1075	716605,254	7695315,15	59,7
984	716627,497	7695288,785	56,5	1030	716602,209	7695306,175	56,7	1076	716606,46	7695312,694	65,6
985	716630,651	7695289,343	57,1	1031	716603,984	7695304,186	55,6	1077	716607,339	7695309,808	64,4
986	716635,434	7695290,462	64,2	1032	716606,066	7695301,216	51,4	1078	716609,36	7695306,635	59,9
987	716638,253	7695292,008	56,7	1033	716608,718	7695299,357	58,3	1079	716612,332	7695304,316	61,7
988	716640,998	7695293,443	58,5	1034	716611,286	7695297,975	54,6	1080	716614,426	7695302,383	62,4
989	716643,177	7695294,759	56,8	1035	716614,945	7695295,974	53,8	1081	716617,468	7695301,423	58,5
990	716645,307	7695296,251	51	1036	716618,371	7695294,751	62,9	1082	716621,371	7695300,74	59,3
991	716647,667	7695298,057	53,2	1037	716621,54	7695294,176	58,3	1083	716624,294	7695300,323	60,4
992	716649,94	7695300,842	56,6	1038	716624,272	7695294,2	56,4	1084	716626,482	7695300,568	57,8
993	716651,292	7695303,061	54,9	1039	716627,373	7695294,259	56,3	1085	716629,438	7695300,869	56
994	716652,851	7695305,933	56,8	1040	716630,703	7695294,931	58,3	1086	716633,399	7695301,601	65
995	716654,198	7695309,01	56,1	1041	716633,047	7695295,708	51,8	1087	716636,215	7695303,541	60,4
996	716655,697	7695311,633	66,5	1042	716635,664	7695296,791	53,4	1088	716638,142	7695304,912	59,3
997	716656,496	7695315,036	60,3	1043	716638,969	7695297,779	52,7	1089	716640,01	7695306,756	60,6
998	716656,767	7695318,668	58,6	1044	716641,486	7695299,767	55,6	1090	716641,805	7695308,131	63,6
999	716657,463	7695321,559	58,3	1045	716643,517	7695301,677	58,9	1091	716644,133	7695311,519	64,2
1000	716655,811	7695325,028	54,7	1046	716645,938	7695304,002	59,1	1092	716645,362	7695314,884	58,5
1001	716656,737	7695328,344	47,9	1047	716647,142	7695306,789	51,9	1093	716645,828	7695317,589	57,1
1002	716654,423	7695333,038	57	1048	716649,561	7695310,127	58,5	1094	716645,945	7695320,999	57,9
1003	716649,131	7695331,64	52,8	1049	716650,343	7695313,038	57	1095	716645,17	7695324,517	57,4
1004	716647,83	7695334,856	55,4	1050	716651,857	7695316,619	55,5	1096	716638,552	7695326,34	64,1
1005	716646,192	7695336,864	57,4	1051	716651,097	7695320,083	51	1097	716637,398	7695329,113	59,1
1006	716644,245	7695338,745	66,7	1052	716650,939	7695323,979	55,3	1098	716635,782	7695330,971	58,8
1007	716641,138	7695341,871	59,7	1053	716650,644	7695327,108	52	1099	716633,326	7695333,337	63,6
1008	716637,667	7695343,723	59,8	1054	716643,691	7695328,784	52,5	1100	716630,279	7695333,824	62,1
1009	716635,273	7695345,121	59,1	1055	716642,034	7695331,055	59,3	1101	716627,022	7695334,675	60,5
1010	716632,823	7695345,651	54,7	1056	716640,408	7695333,439	60,1	1102	716623,942	7695334,822	60,1
1011	716629,854	7695346,82	54,4	1057	716637,98	7695335,134	60,7	1103	716620,711	7695334,195	63,5



1012	716625,792	7695347,023	56,9	1058	716636,532	7695336,423	56,5	1104	716617,774	7695332,8	56,9
1013	716622,289	7695347,545	56,9	1059	716634,507	7695338,177	59,4	1105	716615,163	7695331,011	62,1
1014	716619,061	7695346,528	60,9	1060	716631,49	7695339,593	58,9	1106	716613,691	7695329,234	61,3
1015	716615,864	7695345,173	53,2	1061	716629,277	7695340,78	60,8	1107	716612,269	7695326,385	58,2
1016	716613,033	7695344,204	60,1	1062	716625,875	7695340,802	58,6	1108	716611,191	7695321,621	59,5
1017	716610,265	7695342,946	56,4	1063	716622,831	7695340,774	60,7	1109	716610,958	7695319,27	60,8
1018	716607,936	7695340,679	56,5	1064	716620,651	7695340,612	60	1110	716611,572	7695316,779	62,8
1019	716606,532	7695339,819	56,7	1065	716617,869	7695338,698	61	1111	716612,529	7695313,66	63,3
1020	716603,298	7695336,559	59	1066	716614,602	7695338,093	65,1	1112	716614,213	7695311,253	57,8
1021	716601,372	7695334,194	59,3	1067	716612,992	7695337,036	63,1	1113	716616,254	7695309,112	60,8
1022	716599,983	7695330,93	60,1	1068	716610,559	7695334,939	61,7	1114	716618,283	7695307,337	62,7
1023	716598,898	7695327,743	58,8	1069	716608,383	7695332,76	59,1	1115	716621,354	7695306,17	62,3
1116	716624,475	7695305,968	65,7								
1117	716627,618	7695306,4	58,5								
1118	716630,528	7695306,864	62,2								
1119	716633,98	7695308,528	60,6								
1120	716636,386	7695311,011	66,6								
1121	716638,397	7695312,729	62,8								
1122	716639,569	7695315,572	63								
1123	716639,709	7695318,104	64,4								
1124	716640,05	7695322,37	60,7								
1125	716632,798	7695324,343	63,2								
1126	716630,54	7695326,433	61,6								
1127	716627,544	7695328,361	63,7								
1128	716625,338	7695328,839	61								
1129	716622,188	7695328,216	61,4								
1130	716619,791	7695326,555	67,3								
1131	716617,874	7695324,101	59,1								
1132	716616,72	7695320,823	61,1								
1133	716617,203	7695318,936	62,2								
1134	716618	7695315,424	67								
1135	716620,709	7695313,114	65,7								
1136	716622,725	7695311,548	65,9								
1137	716625,843	7695311,546	66,1								
1138	716628,951	7695312,585	61,6								
1139	716630,995	7695313,95	63,3								
1140	716633,554	7695317,896	65,7								
1141	716633,566	7695321,366	66,5								

## APÊNDICE D

Resultados das análises foliares da área em estudo.

ID	X	Y	dag/kg (%)						mg/kg (ppm)				
			N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
10	716683,231	7695377,238	2,94	0,12	1,63	1,19	0,33	0,12	9	467	827	9	32,2
20	716658,238	7695395,481	3,02	0,12	1,9	1,26	0,33	0,14	8	467	1024	13	29,6
30	716629,023	7695402,565	3,05	0,16	1,71	1,16	0,33	0,15	9	284	894	13	30,9
40	716601,308	7695398,344	3,05	0,15	2,2	1,13	0,29	0,14	10	185	929	13	40,8
50	716576,293	7695386,306	3,08	0,14	1,6	1,11	0,39	0,15	8	135	674	14	36,3
60	716557,318	7695364,444	2,8	0,15	1,82	0,92	0,36	0,13	8	110	555	13	32,2
70	716545,858	7695339,822	2,8	0,14	1,67	0,92	0,34	0,14	7	135	555	14	25,9
80	716543,892	7695311,593	2,94	0,16	1,52	1,08	0,41	0,15	9	160	662	11	27,1
90	716553,713	7695282,241	2,88	0,18	1,63	0,88	0,31	0,13	14	108	744	15	21,2
100	716573,490	7695257,280	2,69	0,14	1,22	1,28	0,33	0,11	12	184	420	10	23,6
110	716605,343	7695242,536	2,72	0,14	1,63	0,88	0,27	0,11	11	135	715	13	23,6
120	716640,217	7695242,116	2,6	0,2	1,9	0,95	0,3	0,14	12	130	268	17	32,7
130	716668,643	7695254,204	2,83	0,17	1,94	1,02	0,31	0,16	14	211	491	13	31,3
140	716690,632	7695275,355	3,05	0,17	1,56	1,13	0,43	0,16	12	110	311	15	24,8
150	716702,636	7695303,044	2,94	0,16	1,79	0,84	0,27	0,24	9	100	434	14	32,7
160	716704,199	7695331,691	2,86	0,15	1,82	0,81	0,33	0,12	10	127	577	12	23,6
170	716685,473	7695365,289	2,97	0,15	1,82	1,02	0,35	0,16	11	121	601	10	34,1
180	716663,526	7695385,692	2,94	0,16	1,52	0,99	0,3	0,17	10	132	534	14	26
190	716632,591	7695395,816	2,86	0,15	1,79	0,81	0,27	0,12	8	102	596	15	18,9
200	716602,241	7695392,825	2,8	0,15	1,52	1,1	0,4	0,17	9	113	606	13	31,3
210	716572,995	7695376,000	3,02	0,16	1,67	1,28	0,4	0,12	10	119	682	13	38,6
220	716554,691	7695348,791	3,11	0,16	1,82	0,99	0,35	0,14	9	108	482	14	29,9
230	716549,336	7695315,849	2,66	0,17	1,63	1,06	0,32	0,17	12	157	549	15	37,1
240	716558,517	7695285,358	2,91	0,18	2,05	0,81	0,3	0,13	10	102	591	12	15,7
250	716582,280	7695257,979	2,8	0,17	1,52	1,24	0,35	0,13	10	184	320	13	24,8
260	716613,836	7695247,019	2,86	0,17	1,33	0,99	0,33	0,14	8	102	520	12	20,1
270	716646,595	7695249,564	3	0,18	1,56	1,02	0,32	0,13	11	168	972	17	34,1
280	716673,696	7695263,948	2,86	0,17	1,52	1,2	0,4	0,14	9	110	496	14	22,4
290	716693,398	7695293,971	3,05	0,16	1,48	1,2	0,35	0,14	9	132	606	12	41,8
300	716699,597	7695326,456	3,11	0,17	1,48	1,1	0,37	0,17	9	119	767	18	31,3
310	716685,147	7695355,587	3,02	0,16	1,82	1,02	0,4	0,14	10	121	629	13	35,6
320	716663,027	7695378,446	3	0,17	1,56	1,06	0,34	0,15	10	113	520	10	20,1
330	716631,107	7695389,662	2,69	0,16	1,75	1,17	0,36	0,11	9	121	430	11	31,3
340	716596,855	7695384,446	2,8	0,15	1,52	1,31	0,4	0,12	9	138	544	12	27,3
350	716570,537	7695363,639	2,55	0,14	1,63	0,77	0,3	0,13	8	94	463	14	21,2
360	716556,513	7695333,282	3,05	0,17	1,63	0,88	0,33	0,14	10	113	377	15	34,1
370	716557,906	7695301,693	2,97	0,17	1,63	0,99	0,4	0,15	9	102	577	12	16,8
380	716574,307	7695273,427	2,83	0,15	1,18	1,1	0,39	0,16	10	108	825	14	24,8
390	716598,389	7695257,334	2,52	0,18	1,18	0,88	0,31	0,13	11	116	377	22	28,6
400	716629,349	7695251,965	2,86	0,16	1,6	1,13	0,37	0,14	8	105	349	12	31,3
410	716660,681	7695262,557	3,05	0,17	1,29	1,13	0,4	0,16	9	94	468	13	28,6
420	716683,681	7695284,159	2,83	0,15	1,29	1,02	0,39	0,12	9	116	572	13	27,3
430	716693,294	7695312,974	3,22	0,14	1,18	0,95	0,32	0,14	10	86	496	11	31,3
440	716690,253	7695344,805	3,02	0,13	1,29	1,06	0,31	0,13	7	124	591	10	23,6
450	716667,301	7695367,687	2,91	0,13	1,75	0,99	0,31	0,13	11	130	610	12	28,6

460	716636,570	7695384,234	3,02	0,14	1,79	0,95	0,29	0,16	8	91	625	13	31,3
470	716605,259	7695382,104	2,8	0,15	1,52	0,91	0,31	0,12	8	97	587	14	31,3
480	716580,038	7695367,770	3,02	0,15	1,44	1,13	0,38	0,12	9	105	625	11	28,6
490	716565,207	7695342,719	2,8	0,14	1,48	1,06	0,33	0,12	9	108	829	11	27,3
500	716561,932	7695313,219	3,14	0,17	1,67	0,99	0,34	0,13	10	72	615	13	26
510	716573,598	7695284,003	3,19	0,15	2,28	0,76	0,36	0,11	8	125	979	15	19,9
520	716597,610	7695264,073	2,97	0,14	1,98	0,72	0,38	0,13	9	262	635	16	17,7
530	716627,227	7695257,697	3,11	0,17	1,94	0,76	0,36	0,17	8	123	439	16	29,6
540	716658,794	7695268,315	3,47	0,18	2,17	0,68	0,33	0,22	14	114	370	17	30,9
550	716680,440	7695293,827	3,25	0,17	1,86	0,72	0,4	0,17	9	120	570	13	32,3
560	716686,859	7695325,613	3,16	0,15	1,75	0,64	0,41	0,15	8	114	835	17	21
570	716671,140	7695353,454	3,02	0,14	1,98	0,64	0,34	0,12	7	131	670	13	18,8
580	716645,113	7695374,284	2,8	0,15	1,98	0,64	0,37	0,16	7	235	557	13	24
590	716612,407	7695377,570	3,08	0,15	1,9	0,64	0,34	0,15	6	125	918	13	23
600	716584,032	7695361,979	3,25	0,18	2,43	0,64	0,34	0,15	7	120	722	16	40
610	716567,846	7695333,521	2,94	0,17	2,32	0,72	0,35	0,15	8	120	614	17	38
620	716570,479	7695300,168	3,14	0,16	1,86	0,8	0,43	0,16	6	120	744	14	19,9
630	716595,644	7695271,438	2,8	0,19	2,24	0,72	0,32	0,15	8	123	722	20	32,3
640	716624,636	7695264,003	3,19	0,18	2,32	0,8	0,37	0,17	7	106	422	18	28,3
650	716654,771	7695273,680	3,11	0,16	2,24	0,6	0,32	0,16	8	128	418	16	32,3
660	716677,225	7695298,962	3,36	0,18	2,13	0,88	0,4	0,17	8	103	392	14	41,4
670	716679,900	7695331,972	3,58	0,17	2,09	0,48	0,24	0,19	8	112	605	20	29,6
680	716662,856	7695355,246	3	0,15	2,89	0,6	0,34	0,17	7	207	753	12	25,8
690	716637,650	7695369,714	3,19	0,15	2,17	0,6	0,35	0,21	7	207	426	13	27
700	716607,590	7695368,519	2,41	0,16	2,66	0,52	0,28	0,15	7	120	513	17	38,2
710	716584,076	7695352,160	3,02	0,14	2,01	0,68	0,41	0,13	7	112	744	13	28,3
720	716573,406	7695323,153	3,11	0,17	2,17	0,76	0,38	0,16	8	128	383	17	33,7
730	716579,583	7695296,771	3,02	0,17	2,39	0,52	0,31	0,15	7	117	653	13	22,2
740	716605,594	7695274,387	3,02	0,15	1,94	0,76	0,4	0,15	6	112	687	13	19,9
750	716640,374	7695274,193	3,08	0,18	2,05	0,84	0,41	0,17	8	139	361	16	30,9
760	716666,822	7695295,743	3,36	0,16	2,05	0,76	0,42	0,17	8	114	722	15	25,8
770	716673,440	7695331,882	2,97	0,14	2,09	0,6	0,38	0,17	8	125	627	15	27
780	716653,551	7695355,380	3,19	0,15	1,98	0,72	0,36	0,18	8	106	670	13	23,3
790	716622,330	7695365,422	2,83	0,16	1,79	0,64	0,37	0,13	8	123	374	14	25,8
800	716594,311	7695353,875	2,88	0,15	1,86	0,8	0,35	0,13	8	117	653	11	18,8
810	716580,682	7695326,906	2,72	0,15	2,09	0,64	0,38	0,14	8	139	557	12	35,2
820	716587,457	7695295,940	2,97	0,17	2,13	0,8	0,41	0,16	7	114	448	13	28,3
830	716613,679	7695278,374	2,97	0,15	2,2	0,6	0,31	0,23	6	128	696	13	30,9
840	716645,048	7695282,089	2,94	0,17	2,17	0,52	0,29	0,17	5	114	731	19	28,3
850	716666,056	7695304,562	2,8	0,16	1,98	0,56	0,35	0,19	8	137	226	16	16,7
860	716667,151	7695336,216	3,16	0,14	1,82	0,72	0,36	0,15	8	125	805	17	22,2
870	716638,348	7695357,140	3	0,14	1,67	0,84	0,43	0,17	8	117	631	14	24,5
880	716607,693	7695356,400	2,86	0,16	2,05	0,84	0,35	0,13	6	98	653	16	21
890	716590,570	7695339,636	2,88	0,15	2,28	0,76	0,36	0,16	6	109	955	15	23,3
900	716587,762	7695309,145	2,86	0,16	1,82	0,72	0,45	0,18	7	112	788	13	16
910	716607,604	7695286,368	2,8	0,15	1,71	0,76	0,34	0,15	6	136	683	13	24,5
920	716639,732	7695285,661	3,02	0,15	1,82	0,8	0,35	0,19	7	90	313	13	27
930	716660,656	7695306,790	2,88	0,15	1,82	0,8	0,35	0,13	8	125	674	15	25,8
940	716653,836	7695335,279	3,11	0,14	2,05	1,01	0,34	0,2	9	137	772	14	39,3
950	716629,785	7695353,269	3,36	0,15	2,47	0,88	0,28	0,17	8	197	793	13	34,9
960	716602,133	7695344,951	3,22	0,16	2,2	1,2	0,35	0,19	9	243	755	13	37
970	716591,920	7695319,123	3,36	0,15	2,24	0,88	0,4	0,17	10	152	699	13	37,8
980	716605,497	7695294,739	2,83	0,17	2,36	0,88	0,29	0,16	8	175	588	14	42,5
990	716635,434	7695290,462	3,02	0,15	2,24	0,91	0,36	0,15	8	152	477	13	26,9

<b>1000</b>	716655,697	7695311,633	3,5	0,14	2,39	0,94	0,35	0,16	7	152	840	14	37
<b>1010</b>	716644,245	7695338,745	3,14	0,15	2,36	1,04	0,35	0,22	9	152	537	11	33,5
<b>1020</b>	716613,033	7695344,204	3,39	0,17	2,58	0,97	0,36	0,23	14	175	588	15	37,8
<b>1030</b>	716597,827	7695319,444	3,42	0,18	2,85	0,97	0,37	0,22	12	107	294	10	36,3
<b>1040</b>	716618,371	7695294,751	3,16	0,14	2,32	0,91	0,32	0,17	11	129	648	13	26,9
<b>1050</b>	716645,938	7695304,002	3,25	0,14	2,32	0,74	0,3	0,17	12	107	644	17	34,9
<b>1060</b>	716640,408	7695333,439	3,25	0,15	2,7	1,01	0,28	0,17	14	175	1079	13	40
<b>1070</b>	716614,602	7695338,093	3,39	0,15	2,2	1,07	0,35	0,23	12	129	609	15	28,1
<b>1080</b>	716606,460	7695312,694	3,42	0,16	2,2	0,94	0,33	0,21	9	107	537	14	36,3
<b>1090</b>	716633,399	7695301,601	3,42	0,16	2,36	0,88	0,29	0,2	10	152	563	12	30,7
<b>1100</b>	716638,552	7695326,340	3,08	0,16	2,17	0,84	0,33	0,17	11	152	784	10	38
<b>1110</b>	716613,691	7695329,234	3,28	0,14	2,47	0,91	0,33	0,19	10	152	870	14	36,3
<b>1120</b>	716624,475	7695305,968	3,19	0,15	2,13	1,01	0,37	0,17	8	161	524	15	29,4
<b>1130</b>	716630,540	7695326,433	3,25	0,14	2,36	0,91	0,28	0,19	9	152	1249	13	48
<b>1140</b>	716622,725	7695311,548	3,02	0,13	2,43	0,84	0,33	0,13	8	137	725	12	40,9