

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

**VALIDAÇÃO E ADAPTAÇÃO DO SISTEMA CR CAMPEIRO
VISANDO IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE
AGRICULTURA DE PRECISÃO NO PARAGUAI**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Adriana Carolina Arnold Pérez

Santa Maria, RS, Brasil.

2012

**VALIDAÇÃO E ADAPTAÇÃO DO SISTEMA CR CAMPEIRO
VISANDO IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE
AGRICULTURA DE PRECISÃO NO PARAGUAI**

Adriana Carolina Arnold Pérez

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geomática, Área de Concentração em Tecnologia da Geoinformação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geomática.**

Orientador: Prof. Dr. Enio Giotto

Santa Maria, RS, Brasil.

2012

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Arnold Pérez, Adriana Carolina

Validação e adaptação do Sistema CR Campeiro visando implementação de projetos de agricultura de precisão no Paraguai / Adriana Carolina Arnold Pérez.-2012.

85 p.; 30cm

Orientador: Enio Giotto

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Geomática, RS, 2012

1. Paraguai. 2. Agricultura de Precisão. 3. CR Campeiro. I. Giotto, Enio II. Título.

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

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado**

**VALIDAÇÃO E ADAPTAÇÃO DO SISTEMA CR CAMPEIRO VISANDO
IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE AGRICULTURA DE
PRECISÃO NO PARAGUAI**

elaborada por
Adriana Carolina Arnold Pérez

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geomática

COMISSAO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Enio Giotto
(Presidente/Orientador)

Prof. Dra. Claire Delfini Viana Cardoso (UFSM)

Prof. Dr. Ursino Federico Barreto Riquelme (UNA)

Santa Maria, 26 de julho de 2012.

Todo lo puedo en Cristo que me fortalece

Filipenses 4:13

Dedicado a Enrique, mi compañero para siempre, mi amigo,
por alentarme a seguir este camino, por darme fuerzas cuando las necesitaba.
A mis padres, ejemplos de lucha y superación.

AGRADECIMENTOS

À Deus e a Virgem Maria por guiar mis passos e acompanhar me com sua graça e sua bondade todos os dias da minha vida.

Aos meus pais Julia e Antonio, pessoas as quais devo tudo, que sempre lutaram pela minha educação e me conduziram a uma formação pautada pela humildade, respeito, princípios morais e honestidade.

A minhas irmãs Pati y Lauri pelo carinho, pela compreensão, y por trazerem ao mundo aos meus amados sobrinhos Santi, Pauli e Agustina, que enchem de amor e alegria minha vida.

Aos meus cunhados Santiado e Enrique, pela amizade, por formarem parte da minha família e serem os fieis companheiros das minhas irmãs.

A Enrique, meu noivo e amigo, por estar sempre ao meu lado com seu apoio incondicional, pelo incentivo diário em busca desta conquista e pelo constante amor, carinho, parceria, essencial em todos os momentos.

Ao meu sogro Eugenio, minha sogra Esther e a toda sua família, pela torcida no alcance desta meta.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Centro de Ciências Rurais e ao Programa de Pós-Graduação em Geomática, pela oportunidade de realização do Mestrado.

Ao meu orientador Prof. Enio Giotto, pelo exemplo de trabalho profissional e pela oportunidade concedida os maiores e mais sinceros agradecimentos.

A Prof. Dra. Claire Delfini Viana Cardoso por seu carinho e atenção em todos os momentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao programa de Estudante-Convênio de Pós-Graduação (PEC-PG), pela concessão de bolsa de estudo.

Aos Professores membros da banca examinadora Dr. Ursino Federico Barreto Riquelme, Dra. Claire Delfini Viana Cardoso, Dr. Enio Giotto e Dr. Elódio Sebem, pelas valiosas contribuições ao trabalho.

A todos os Professores do programa de Pós-Graduação em Geomática, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos colegas do programa de Pós-Graduação pelas discussões, pelas dicas e a troca de experiência em especial ao colega peruano Jorge Diaz, pelo convívio e adaptação em forma conjunta e pela sua amizade valiosa e ajuda constante.

A minha querida colega e amiga Luciane Chami e a sua família, por oferecerme um espaço nela, pelos momentos de alegria compartilhados, pelo apoio incondicional.

Aos amigos do Laboratório de Geomática Fábio, Andressa, Leonice, Gustavo, Charles, Maureen. Pelos laços de amizade criados neste período.

Aos meus compatriotas José Volpe, Enma Ortiz, Atahualpa Ayala, Ramiro Samaniego, Diego Fatecha, Guido Britez, Antonella Aranda, Verónica Torres, pela amizade e encontros compartilhados.

A Luis Finamor, pela alegria, carinho e auxílio aos estudantes paraguaios, um agradecimento especial.

Ao professor Nilson Braccini e família, pela amizade, pelas viagens e pelos momentos compartilhados.

A todos os meus amigos que fazem parte da minha vida, que torceram por esta conquista.

Enfim, a todos aqueles que, de uma forma ou outra, colaboraram no decorrer destes anos, muito obrigada.

RESUMO

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

VALIDAÇÃO E ADAPTAÇÃO DO SISTEMA CR CAMPEIRO VISANDO IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO NO PARAGUAI

Autor: Adriana Carolina Arnold Pérez

Orientador: Dr. Enio Giotto

Santa Maria, 26 de julho de 2012

O desenvolvimento e o crescimento econômico do Paraguai são altamente dependentes do setor agrícola, o qual nos últimos anos tem passado por uma expansão. A informatização para o gerenciamento das operações nas lavouras e a busca de melhorias baseadas no manejo localizado dos insumos e da produtividade dos cultivos que envolvem o uso de geotecnologias como sistemas de posicionamento global (GPS) aplicadas no manejo de culturas agrícolas, a elaboração de malhas para a realização da amostragem georreferenciada do solo, a estruturação de modelos digitais do terreno para a elaboração de mapas de fertilidade e de produtividade, a aplicação da taxa variável de insumos, as análises estatísticas e a interpretação de mapas, geoestatística, entre outras ferramentas, têm um futuro promissor na gestão rural. Com este trabalho de adaptação para o Paraguai do Sistema CR Campeiro, busca-se satisfazer a necessidade que tem o Paraguai de contar com um *software* adaptado a suas condições regionais para desenvolver projetos de agricultura de precisão nas suas áreas agrícolas. Para isso, foi traduzido para o espanhol o aplicativo de Agricultura de Precisão e foram inseridos os Departamentos e Distritos do Paraguai, assim como os níveis de fertilidade dos diversos atributos da fertilidade de solo para a geração dos mapas de fertilidade segundo critérios calibrados com pesquisas locais no Paraguai e foram validadas as ferramentas de Agricultura de Precisão do Sistema através de um estudo de caso realizado com um talhão e um produtor do Paraguai, determinando variabilidade espacial em atributos de solos, assim também se realizou um tutorial do funcionamento das mudanças atingidas para uso no país com suas respectivas adaptações no sistema visando a sua aplicação na agricultura paraguaia.

Palavras-chave: Paraguai. Agricultura de Precisão. CR Campeiro.

ABSTRACT

Master dissertation
Post-Graduate Course in Geomatics
Federal University of Santa Maria

VALIDATION AND ADAPTATION OF CR CAMPEIRO SYSTEM AIMING IMPLEMENTATION OF PROJECTS FOR PRECISION AGRICULTURE IN PARAGUAY

Author: Adriana Carolina Arnold Pérez

Adviser: Dr. Enio Giotto

Santa Maria, July, 26th, 2012

The development and economic growth in Paraguay are highly dependent on agriculture, which in recent years has undergone an expansion. The computerization of operations for managing the crops and the search for improvements based on localized management of inputs and productivity of crops that involve the use of geotechnology and global positioning systems (GPS) applied in the management of agricultural crops, the production of meshes for the realization of georeferenced soil sampling, the structuring of a digital terrain model for mapping of fertility and productivity, variable rate application of inputs, statistical analyzes and interpretation of maps, geostatistics have a promising future in rural management. With this adaptation work to Paraguay of Campeiro CR System, it seeks to meet the need of Paraguay to have software adapted to regional conditions to develop their agriculture projects in their areas of precision agriculture. Therefore, it was translated into Spanish the application of Precision Agriculture and were inserted Departments and Districts of Paraguay, as well as the bands interpretation of various attributes of soil fertility for the generation of maps of fertility according to criteria calibrated with local studies in Paraguay and has been validated tools for Precision Agriculture System through a case study conducted with a plot and a producer of Paraguay, determining spatial variability in soil attributes, and also held a tutorial of the changes affected the operation for use in country with their adaptations to the system to its application in Paraguay agriculture.

Keywords: Paraguay. Precision Agriculture. CR Campeiro.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Mapa de divisão política do Paraguai..... | 21 |
| Figura 2 – Precipitação anual na região oriental do Paraguai..... | 22 |
| Figura 3 – Mapa de classificação dos solos da região oriental do Paraguai. | 23 |
| Figura 4 – Mapa de áreas com Floresta no ano de 1945 (A) e mapa de áreas com Florestas em 1997 (B) da Região Oriental do Paraguai..... | 25 |
| Figura 5 – Distribuição da superfície de uso do solo no Paraguai no ano 2008..... | 28 |
| Figura 6 – Mapa de estimacão de superfície cultivada de soja na Safra 2010/2011 na região oriental do Paraguai. | 29 |
| Figura 7 – Representação espacial do Mapa do Paraguai inserido no Sistema CR Campeiro com os 17 Departamentos..... | 42 |
| Figura 8 – Representação espacial do Departamento de Itapúa e o Distrito de Alto Verá no Mapa do Paraguai. | 43 |
| Figura 9 – Representação espacial do Talhão experimental dentro do Distrito de Alto Verá no Sistema CR Campeiro..... | 43 |
| Figura 10 – Tela de Cadastro de um Produtor Rural do Paraguai no Sistema CR Campeiro..... | 44 |
| Figura 11 – Cadastro de Propriedade de um Produtor localizado em Paraguai no Sistema CR Campeiro..... | 45 |
| Figura 12 – Integração do Sistema CR Campeiro com o Google Maps mostrando a localização da Propriedade em formato imagem de satélite (A) e formato mapa (B). Alto Verá. Paraguai. | 46 |
| Figura 13 – Cadastro dos Talhões do Produtor Rural no Sistema CR Campeiro..... | 47 |
| Figura 14 – Cadastro Espacial do talhão experimental no Sistema CR Campeiro. Alto Verá. Paraguai. | 48 |
| Figura 15 – Modelos de malha de amostragem de solo gerado no Sistema CR Campeiro de um hectare retangular (A) e de três hectares hexagonal (B) em área experimental, Alto Verá. Paraguai..... | 49 |
| Figura 16 – Visualização dos pontos de amostragem do solo no Google Earth, Área Experimental, Alto Verá, Itapúa, Paraguai..... | 50 |
| Figura 17 – Tela de impressão da malha de amostragem gerada no Sistema CR Campeiro do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai..... | 51 |
| Figura 18 – Visualização do contorno do talhão experimental e os pontos amostrais na função de estruturação de um projeto de AP..... | 51 |

| | |
|---|----|
| Figura 19 – Visualização da planilha de dados de análises de solo do talhão experimental no Sistema CR Campeiro. | 52 |
| Figura 20 – Recuperação de PAP de Fósforo para o talhão experimental no Sistema CR Campeiro..... | 53 |
| Figura 21 – Geração do Modelo Digital de Fósforo no Sistema CR Campeiro. | 55 |
| Figura 22 – Mensagem da Precisão do Modelo gerado no Sistema CR Campeiro. . | 57 |
| Figura 23 – Apresentação do MDT gerado no Sistema CR Campeiro do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai..... | 58 |
| Figura 24 – Tela de Visualização de Modelos Digitais com o desenho do perímetro do talhão experimental recuperado no Sistema CR Campeiro..... | 59 |
| Figura 25 – Operação básica de recuperação do Modelo Digital de Fósforo do Talhão Experimental no Sistema CR Campeiro..... | 59 |
| Figura 26 – Tela de Opções de Visualização por Critérios de Interpretação segundo diferentes padrões..... | 60 |
| Figura 27 – Mapa de Fertilidade de Fósforo obtido com o Sistema CR Campeiro do talhão experimental. Alto Verá, Paraguai..... | 62 |
| Figura 28 – Mapa de Fertilidade de Argila obtido com o Sistema CR Campeiro do talhão experimental. Alto Verá, Paraguai..... | 63 |
| Figura 29 – Mapa de Fertilidade de Matéria Orgânica do Solo obtido com o Sistema CR Campeiro do talhão experimental. Alto Verá, Paraguai..... | 64 |
| Figura 30 – Mapa de Fertilidade de Potássio obtido com o Sistema CR Campeiro do talhão experimental. Alto Verá, Paraguai..... | 65 |
| Figura 31 – Mapa de Fertilidade de Saturação de Bases obtido com o Sistema CR Campeiro do talhão experimental. Alto Verá, Paraguai..... | 66 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|------|--|
| AP | Agricultura de Precisão |
| CPF | Cadastro de Pessoas Físicas |
| CNPJ | Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica |
| GPS | <i>Global Positioning System</i> |
| KML | <i>Keyhole Markup Language</i> |
| MDT | Modelo Digital do Terreno |
| PAP | Projeto de Agricultura de Precisão |
| RUC | <i>Registro Único de Contribuyente</i> |
| SHP | Shapefile |
| SIG | Sistemas de Informações Geográficas |
| UTM | <i>Universal Transversal de Mercator</i> |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Comparação do uso do solo no Paraguai dos anos 1991 e 2008..... | 28 |
| Tabela 2 – Superfície de soja cultivada na região oriental do Paraguai no ano 2008. | 30 |
| Tabela 3 – Padrões para Níveis de Interpretação da Fertilidade de solo no Paraguai para validação no Sistema CR Campeiro. | 40 |
| Tabela 4 – Dados Estatísticos e Geoestatísticos dos PAP obtidos com o Sistema CR Campeiro, do talhão experimental, Alto Vera, Paraguai..... | 54 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo A – Relatório da malha de amostragem do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai..... | 74 |
| Anexo B – Relatório da Geoestatística do Modelo Digital do Terreno de Fósforo do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai..... | 76 |
| Anexo C – Relatório da Geoestatística do Modelo Digital do Terreno de Argila do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai..... | 78 |
| Anexo D – Relatório da Geoestatística do Modelo Digital do Terreno de Matéria Orgânica do Solo do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai | 80 |
| Anexo E – Relatório da Geoestatística do Modelo Digital do Terreno de Potássio do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai | 82 |
| Anexo F – Relatório da Geoestatística do Modelo Digital do Terreno de Saturação de Bases do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai..... | 84 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 17 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 20 |
| 2.1 Paraguai | 20 |
| 2.1.1 Agricultura no Paraguai..... | 24 |
| 2.1.1.1 Resenha histórica..... | 24 |
| 2.1.1.2 Adoção do Sistema Plantio Direto no Paraguai..... | 25 |
| 2.1.1.3 Situação atual da agricultura no Paraguai..... | 27 |
| 2.2 A Cooperativa Colônias Unidas como modelo de desenvolvimento no Paraguai | 30 |
| 2.2.1 Implementação do Programa de Agricultura de Precisão na Cooperativa Colônias Unidas no Paraguai..... | 31 |
| 2.3 Projeto de Extensão Rural CR Campeiro | 33 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 35 |
| 3.1 Implementação de Agricultura de Precisão no Paraguai com o CR Campeiro..... | 35 |
| 3.1.1 Adaptação do Cadastro de Produtor Rural para o Paraguai no CR Campeiro..... | 35 |
| 3.1.2 Cadastramento da Propriedade e <i>Parcela</i> (Talhão) no Paraguai..... | 36 |
| 3.1.3 Adaptação da Tela de Cadastro Espacial para uso em Paraguai | 36 |
| 3.2 Validação do Módulo Agricultura de Precisão do CR Campeiro | 37 |
| 3.2.1 Estruturação de Malha de Amostragem | 37 |
| 3.2.1.1 Modelos de Malha de Amostragem..... | 38 |
| 3.2.2 Estrutura de um Projeto de Agricultura de Precisão..... | 38 |
| 3.2.3 Modelo Digital do Terreno para o Paraguai..... | 39 |
| 3.2.4 Visualização do MDT segundo os Padrões de Interpretação da Fertilidade do Solo no Paraguai..... | 40 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 42 |
| 4.1 Inserção de Departamentos e Distritos do Paraguai..... | 42 |
| 4.2 Cadastro de Produtor Rural | 43 |
| 4.3 Cadastro de Propriedade Rural..... | 44 |
| 4.4 Cadastro de Talhão experimental | 46 |
| 4.5 Cadastro Espacial | 47 |
| 4.6 Estruturação da malha de amostragem de solo no Sistema Campeiro | 48 |
| 4.7 Cadastro de Projetos de Agricultura de Precisão | 51 |
| 4.8 Geração de Modelo Digital a partir de Projeto de Agricultura de Precisão.. | 53 |
| 4.8.1. Recuperação da Área de trabalho..... | 54 |
| 4.8.2 Recuperação do Projeto de Agricultura de Precisão..... | 54 |
| 4.8.3 Parâmetros do Modelo | 55 |
| 4.8.4 Interpolação..... | 55 |

| | |
|--|-----------|
| 4.8.5 Análise de precisão do modelo | 57 |
| 4.9 Visualização de Modelos Digitais do Terreno..... | 58 |
| 4.9.1 Função de Visualização por Critério de Interpretação de Análises de Solo – Paraguai..... | 61 |
| 5 CONCLUSÕES | 67 |
| REFERÊNCIAS..... | 68 |
| ANEXOS | 73 |

1 INTRODUÇÃO

A maior parte do desenvolvimento e crescimento do Paraguai está ligada ao setor agrícola, sendo a soja o cultivo de maior importância, ficando o país economicamente dependente de sua produtividade, já que a agricultura é à base da economia do país. Atualmente, a área agrícola do Paraguai supera os 3.000.000 de hectares (DCEA, 2008) e se estima que aproximadamente 2.500.000 hectares se encontram sob Plantio Direto, este fato posiciona o Paraguai como o país com maior percentual de superfície adotado sob plantio direto no mundo (DERPSCH; FRIEDRICH 2009).

O Paraguai tem uma história agrícola recente, com incipiência de informações científicas referentes ao manejo da fertilidade dos solos. Os solos que suportam sua agricultura, na maioria Latossolos e Argissolos, apresentam acidez e quase sempre acompanham deficiências em alguns nutrientes. Somente no final da década de 90 (FATECHA, A., 1999) foi lançada a primeira recomendação de fertilizantes para as culturas anuais, com calibrações de N, P e K feitas no sistema convencional.

Nos anos 2003 até 2006 foi realizado um projeto que teve como finalidade gerar curvas de respostas para determinar os níveis críticos visando a calibração de recomendações de fertilização dos principais nutrientes manejados na construção da fertilidade de solo e nutrição de plantas. Os dados obtidos com o projeto hoje em dia são utilizados pelas cooperativas e produtores do país. O projeto foi levado a cabo mediante vários experimentos conduzidos a campo, em diferentes ecoregiões agrícolas produtivas do país, e foi realizado em conjunto pela Câmara Paraguaia de Exportadores de Cereais e Oleaginosas (CAPECO) e pela Universidade Federal de Santa Maria, do Rio Grande do Sul (UFSM).

A agricultura tem passado por uma série de transformações, tornando a atividade cada vez mais competitiva e exigindo do produtor maior nível de especialização, capacidade de gerenciamento e profissionalismo. Os produtores, além de administradores, cada vez mais terão de assumir a função de produtores pesquisadores de suas áreas, atuando diretamente na coleta de informações, interagindo com novas técnicas e tomando decisões eficazes de manejo (PIRES, et

al., 2004). Na busca de melhoras para a agricultura, dia a dia são desenvolvidas e avaliadas novas tecnologias e práticas de manejo agrícola. Mudanças genéticas para fazer cultivares resistentes à estiagem e a ataques fitossanitários, manejo integrado de pragas, irrigação das culturas são algumas das vias do futuro da agricultura. Mas um novo e revolucionário sistema está em avanço na agricultura mundial, a chamada Agricultura de Precisão (AP).

Como todas as novas ferramentas, as que se apresentam na AP devem ser adaptadas e regionalizadas experimentalmente, antes da implementação com os produtores. Todas as ferramentas são dependentes de um *software* computacional ligado com sistemas de informação geográfica e as operações baseiam-se na amostragem intensiva e georreferenciada do solo, geração de mapas de diversos tipos (atributos químicos, rastreabilidade, produtividade), aplicação à taxa variável de insumos entre outras, com o intuito de replanejar as atividades de manejo, visando à otimização dos recursos (AMADO et al., 2006).

Os principais limitantes encontrados para a adoção da AP são o tempo para capacitação sobre *software* e manejo de equipamentos pelos técnicos e produtores, os vínculos entre tomada de dados e recomendações, a carência de assistência técnica, os dados em formatos diferenciados, a análise dos dados do monitor de rendimento e a falta de experimentações regionalizadas para relacionamento entre produtividade e condições de solo (BONGIOVANNI, et al., 2006).

O Sistema CR Campeiro, desenvolvido no Laboratório de Geomática na Universidade Federal de Santa Maria é um *software* completo com inúmeras aplicações, entre as quais a mais difundida é Agricultura de Precisão. Entre suas utilidades se encontram a gestão de procedimentos que envolvem o uso de geotecnologias como sistemas de posicionamento global (GPS) aplicadas no manejo de culturas agrícolas além das mais diversas ferramentas, como ser a elaboração de malhas para a realização da amostragem georreferenciada do solo, estruturação de modelos digitais do terreno para a elaboração de mapas de fertilidade e de produtividade, aplicação à taxa variável de insumos, análises estatísticas e interpretação de mapas, geoestatística, entre outras ferramentas.

Neste trabalho desenvolveu-se a adaptação do Sistema CR Campeiro para o Paraguai, objetivando satisfazer a necessidade que tem o país de contar com um *software* adaptado a suas condições regionais. Dessa forma estruturou-se como objetivo geral de desenvolver projetos de AP com o Sistema CR Campeiro em áreas agrícolas do Paraguai e para obter este objetivo foram propostos os objetivos específicos de inserir no Sistema CR Campeiro os Departamentos e Distritos do Paraguai para fins de cadastramento das propriedades, inserir os níveis de fertilidade de nutrientes no solo, calibradas e utilizadas na Região Oriental do Paraguai para fins de mapeamento e finalmente validar as ferramentas disponíveis no Sistema CR Campeiro em áreas experimentais do Paraguai.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Paraguai

O Paraguai ocupa uma posição mediterrânea no centro Sul do Continente, com uma superfície territorial pequena em relação aos países vizinhos, encontra-se entre os paralelos 19°18' e 27°36' de latitude Sul e entre os meridianos 54°19' e 62°38' de longitude Oeste. O Trópico de Capricórnio passa aproximadamente sobre sua parte média. Tem 406.752 Km² de superfície, a qual é dividida em duas regiões, 39,3% correspondem à Região Oriental, com 159.827 Km². O restante, 60,7% da superfície corresponde à Região Ocidental ou Chaco Boreal (DGEEC, 2002).

A Região Oriental se encontra rodeada de dois grandes rios: o Paraná, ao Leste e Sul, servindo como limite natural com o Brasil e a Argentina, e o Paraguai, ao Oeste, que serve como limite natural com a Região Ocidental e o Norte da República Argentina. O Paraguai se divide politicamente em departamentos sendo que a região Oriental está subdividida em quatorze Departamentos (Figura 1).

A Região Ocidental se encontra subdividida em três Departamentos e está separado da Argentina pelo Rio Pilcomayo, da Bolívia, por uma linha imaginária que vai desde o Fortín Cnel. Félix Cabrera (Hito V) baixa até o Fortín Aspirante Gabino Mendoza (Hito IV) e seguindo em linha reta, passa pelos fortins Sargento Rodriguez (Hito III) e 10 de Octubre (Hito II) até chegar ao rio Pilcomayo. Do Brasil está separado pelo rio Paraguai.

O clima da Região Oriental é classificado, segundo Köppen (1931), como clima subtropical úmido, mesotérmico, com verões quentes e invernos com geadas ocasionais.



Figura 1 – Mapa de divisão política do Paraguai.

Fonte: Dirección General de Encuestas, Estadísticas y Censos (DGEEC). 2002

Existe uma tendência que as chuvas se concentrem na primavera/verão, sem estação de seca definida. Por tanto, as precipitações diminuem a partir do outono, sendo o inverno, e particularmente o mês de julho, o período de menor registro de chuvas. De Llamas (1990) indica que a precipitação média anual oscila entre 1.300 mm ao Oeste e 1.900 mm ao Leste da Região (Figura 2), a temperatura média mensal do ar é de 17 a 27 °C, com temperaturas médias mínimas de 15 °C e com temperaturas médias máximas de 30 °C. No verão, a temperatura pode superar os 40 °C e no inverno pode-se registrar geadas importantes na maior parte da região, com temperaturas que chegam a -2°C. Na Região Ocidental, principalmente nos

Departamentos de Boquerón e a parte ocidental dos Departamentos de Alto Paraguai e Presidente Hayes possuem um clima de estepe; no centro e leste de Alto Paraguai e na Parte central de Presidente Hayes se tem um clima úmido do tipo savana tropical e finalmente, no extremo sul de Presidente Hayes se tem um clima templado sem estação seca (KÖPPEN, 1931; GRASSI, 2005).

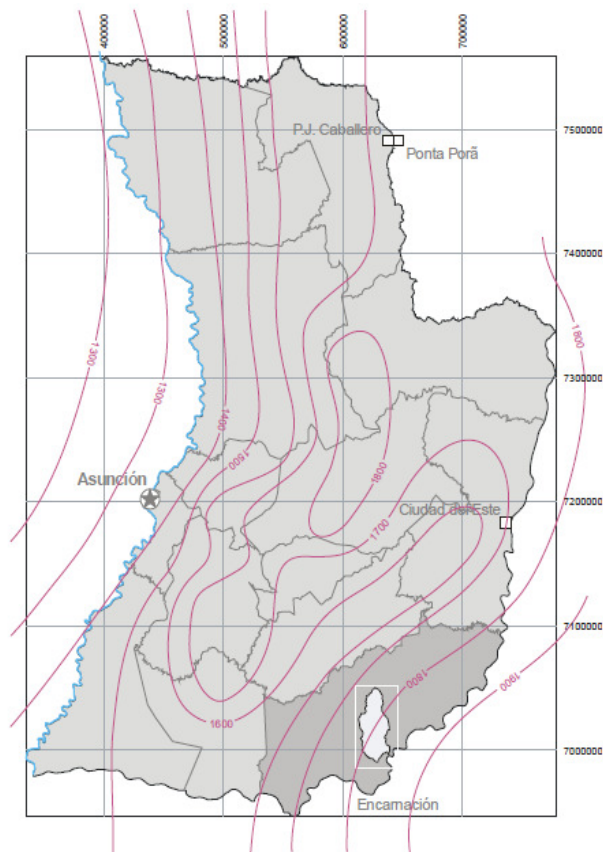


Figura 2 – Precipitação anual na região oriental do Paraguai.

Fonte: SEAM; BGR 2009

Os solos com maior potencial produtivo estão na região oriental do país (Figura 3), são predominantemente argilosos (Departamentos de Itapúa e Alto Paraná), mas tendo também alguns arenosos (Departamento de Misiones). A maioria dos solos argilosos pertence às classes dos Latossolos (Oxisol) e os solos de origem arenítica pertencem à classe dos Argisolos Vermelhos Amarelos (Ultisol e Alfisol) de textura franca fina e argilosa fina. (LÓPEZ et al., 1995).

Segundo López et. al.(1995), a Região Oriental se caracteriza por uma sucessão de terrenos declivosos, com declives suaves a pronunciadas, com um sistema de serras na região central de superfície muito irregular, com relevo pronunciado, com amplitude de 150 a 600 metros e cotas variáveis de 250 a 840 metros acima do nível do mar, pente abrupta (maior de 15%) e drenagem muito rápida. Este sistema de serras constitui a linha de divisão de águas das bacias dos rios Paraguai e Paraná.

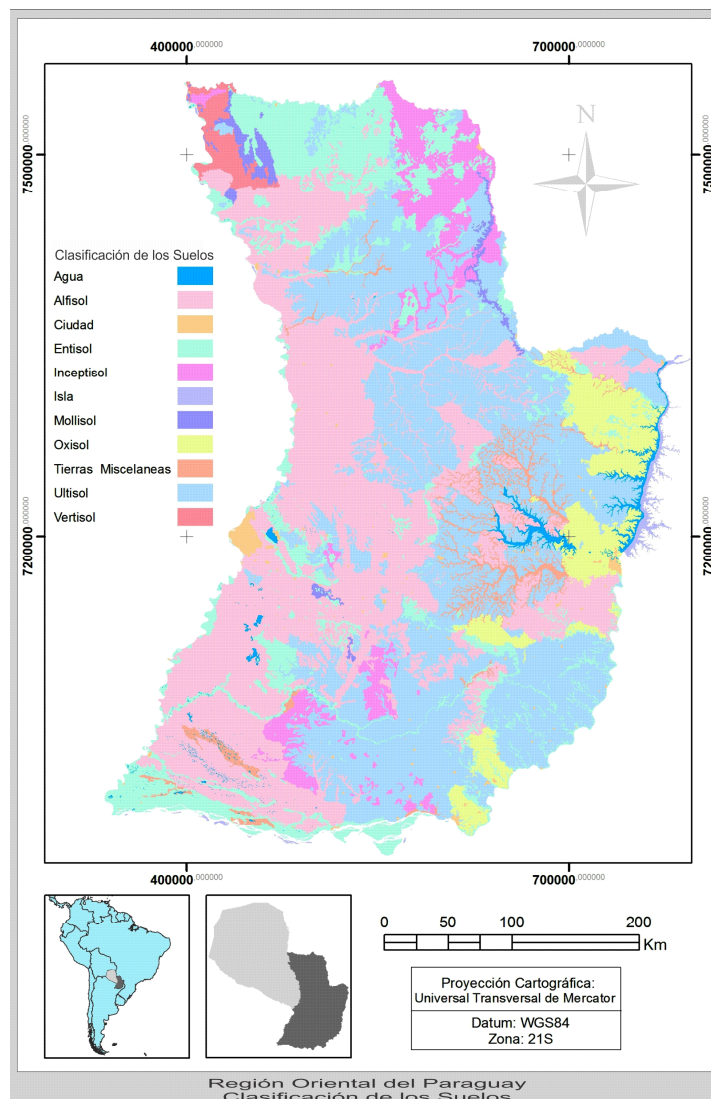


Figura 3 – Mapa de classificação dos solos da região oriental do Paraguai.
Fonte: Adaptado de López et al. (1995).

2.1.1 Agricultura no Paraguai

Entre as atividades econômicas mais importantes do país, dentro da produção de bens, a agricultura e a pecuária são as mais relevantes. Devido às características dos solos da Região Oriental, a maior produção agrícola se encontra nela.

2.1.1.1 Resenha histórica

López et. al.(1995) afirmam que na metade do século passado, a superfície da Região Oriental encontrava-se coberta por florestas (Figura 4.A), logo depois ocorreu uma acelerada expansão da fronteira agrícola como consequência da mecanização agrária intensiva na década de 70, com taxas de desmatamento na ordem de 100000 hectares por ano. Dois terços das florestas foram devastados pela introdução da soja, trigo e milho em lavouras de grande escala, o que trouxe consequências negativas para o meio ambiente (Figura 4.B). O revolvimento repetitivo dos solos no Sistema Convencional derivou em diversos problemas, tais como erosão, compactação e contaminação das bacias hidrográficas. O manejo inadequado do solo, aliado a excessivas aplicações de pesticidas agrícolas, refletiram-se na diminuição de produção, levando os produtores a preocupar-se com tais efeitos, e, assim, com a sustentabilidade na agricultura no Paraguai (MORIYA, 1994).

Na busca de alternativas para contornar tal situação, algumas medidas foram tomadas. Em 1976, um grupo de produtores paraguaios buscou informações técnicas que pudessem ser adotadas no manejo e conservação do solo no Paraguai (PEREIRA 2003). A conscientização dos técnicos e produtores sobre os benefícios do Sistema Plantio Direto levou a um crescimento na adoção desta tecnologia. Assim, no ano 1977 foram importadas as primeiras máquinas de Plantio Direto, através da Cooperativa Colônias Unidas Agrícola Ltda. da Colônia Obligado do Departamento de Itapúa. Já entre os anos 1991 e 1992, alcançou-se 20000 hectares sob Plantio Direto, havendo um melhoramento significativo das condições do solo, como também incrementos de produtividade (HAHN, 2008).

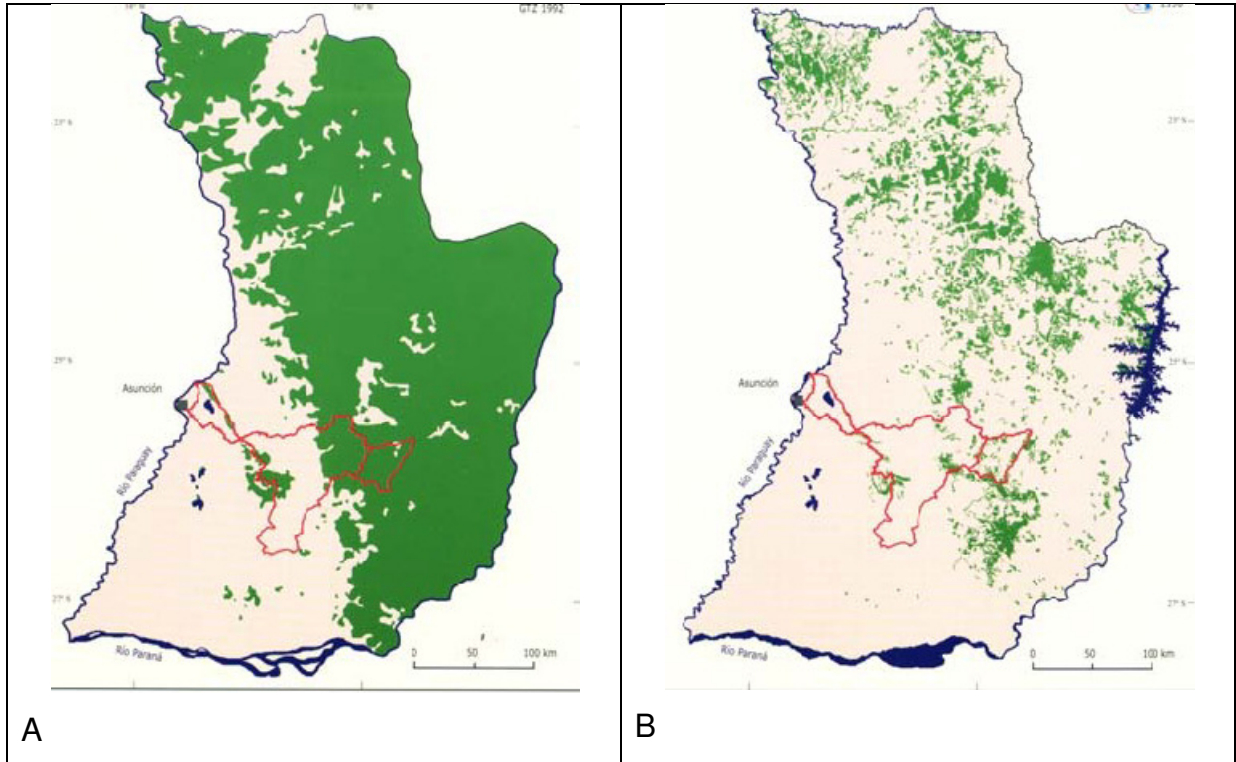


Figura 4 – Mapa de áreas com Floresta no ano de 1945 (A) e mapa de áreas com Florestas em 1997 (B) da Região Oriental do Paraguai.

Fonte: Ministério de Agricultura, 2001.

2.1.1.2 Adoção do Sistema Plantio Direto no Paraguai

Em um trabalho sobre o enfoque da adoção do sistema Plantio Direto no mundo (DERPSCH; FRIEDRICH 2009) indicaram que dos 105 milhões de hectares sob sistema Plantio Direto, o Paraguai se posiciona no sexto lugar com 2,5 milhões de hectares, depois dos Estados Unidos (26,6 milhões de hectares), Brasil (25,5 milhões de hectares), Argentina (19,7 milhões de hectares), Canadá (13,5 milhões de hectares) e Austrália (12 milhões de hectares). Outro dado apresentado e de importância para o Paraguai está relacionado com a percentagem de adoção do sistema plantio direto por superfície, em que o país está posicionado em primeiro lugar com 75 % de sua área agrícola sob plantio direto, seguido por Brasil (70%), Argentina (69 %) e Estados Unidos (25%).

Segundo Moriya et al. (2000), o aumento nos últimos quinze anos das áreas sob Plantio Direto no Paraguai não foram sempre acompanhadas por boas práticas

de manejo em relação aos princípios básicos e fundamentos do Plantio Direto, em muitas ocasiões os produtores optaram pela monocultura da soja esquecendo as rotações de culturas, e não se tem um plano estratégico de construção da fertilidade do solo, o que compromete a qualidade do sistema.

Pesquisas realizadas em diversas regiões têm mostrado alterações significativas em propriedades químicas de solo sob plantio direto, quando comparado com cultivo convencional (PHILLIPS; YOUNG Jr., 1973). A maior parte dos estudos indica que o plantio direto, entre outros efeitos, provoca um aumento no teor de matéria orgânica, diminuição do pH do solo e aumento nos teores de alumínio na camada superficial. (CASSOL; ANGHINONI, 1995).

Vários trabalhos destacam que os sistemas conservacionistas de manejo criam no solo um ambiente diferente do encontrado no sistema convencional. A variabilidade espacial dos índices de fertilidade do solo aumenta com a adoção do sistema plantio direto, tanto no sentido vertical quanto no horizontal (SOUZA, 1992; AMARAL; ANGHINONI, 2001). Nesse sistema, o acúmulo e a qualidade dos diferentes materiais de cobertura produzidos nos vários sistemas de sucessão e rotação de culturas adotados, o não revolvimento do solo e as frequentes adubações e calagens em superfície e nas linhas de cultivo formam um gradiente de concentração superficial de matéria orgânica e nutrientes, aumentando tanto a variabilidade vertical quanto a horizontal (KLEPKER; ANGHINONI, 1995).

No ano de 2003, devido à importância da fertilidade do solo e a necessidade de ter recomendações de fertilização das principais culturas adaptadas às diversas regiões produtivas do Paraguai no Plantio Direto, a Câmara Paraguaia de Exportadores de Cereais e Oleaginosas (CAPECO) financiou um projeto da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), por intermédio de um convênio, cujos principais objetivos foram a padronização de métodos e procedimentos nos laboratórios de análises de solo para o Paraguai, estabelecimento de uma Rede de Laboratórios no Paraguai e um programa de controle de qualidade, implantação de experimentos a campo, visando à calibração das recomendações de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica em sistema plantio direto para as culturas do trigo, soja, milho e girassol. Com base nos resultados geraram-se três dissertações de mestrado (CUBILLA, 2005; WENDLING, 2005; HAHN, 2008) e uma tese de

doutorado (BARRETO, 2008). As recomendações de adubação resultantes são utilizadas para o aprimoramento do sistema plantio direto no Paraguai.

2.1.1.3 Situação atual da agricultura no Paraguai

Como o Paraguai é um país eminentemente agropecuário, sua economia depende amplamente do que aconteça neste setor. No último Censo Agropecuário Nacional (Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias-DCEA, 2008) teve-se um aumento de 102,5 % de hectares de solo cultivado em relação ao ano 1991 (Tabela 1), o que corresponde ao 10% da superfície do país (Figura 5), já em solo para pastagem se teve um aumento de 40,7%, dando um total de 54% do uso do solo. O setor agropecuário contribui em um 27% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, dos quais 60% é aportado pela agricultura, 30% pela pecuária e 10% pela exploração florestal (DCEA, 2008, GERT-JAN STADSE; VÍCTOR SANTANDER, 2008).

No Paraguai, a produção agrícola é diversificada, sendo a soja uma das culturas mais importantes na economia paraguaia. Dados do Censo Agropecuário Nacional (DCEA, 2008) descrevem que no ano 2008 a quantidade de produtores de soja atingiu o número de 27735, os quais se concentram em maior medida em Itapúa (11710 produtores) e Alto Paraná (7395 produtores). Na safra 2010/2011 foram cultivadas 2.870.539 hectares de soja (INBIO, 2011; IICA, 2011) (Figura 6), das quais, segundo o Banco Central do Paraguai (BCP, 2011), a produção atingiu um total de 8.280.095 toneladas e deu um rendimento médio de 2.962 kg ha⁻¹.

Tabela 1 – Comparação do uso do solo no Paraguai dos anos 1991 e 2008

| | Cultivos | Pastagem | Floresta | Alqueive | Outros Usos |
|-----------------------|------------------------|----------|----------|----------|-------------|
| | Superfície em hectares | | | | |
| Total País 2008 | 3365332 | 17685620 | 9107867 | 472137 | 1895172 |
| Total País 1991 | 1662006 | 12571895 | 7818423 | 573328 | 1192085 |
| Variación % | 102,5 | 40,7 | 16,5 | -17,6 | 59,0 |
| Região Oriental 2008 | 3342080 | 6907801 | 2231879 | 442871 | 857832 |
| Região Oriental 1991 | 1616188 | 6266341 | 2.312411 | 494300 | 739510 |
| Variación % | 106,8 | 10,2 | -3,5 | -10,4 | 16,0 |
| Região Ocidental 2008 | 23252 | 10777819 | 6875988 | 29266 | 1037340 |
| Região Ocidental 1991 | 45818 | 6305554 | 5506012 | 79028 | 452575 |
| Variación % | -49,3 | 70,9 | 24,9 | -63,0 | 129,2 |

Fonte: Dirección de Censo y Estadística Agropecuária (DCEA). 2008.

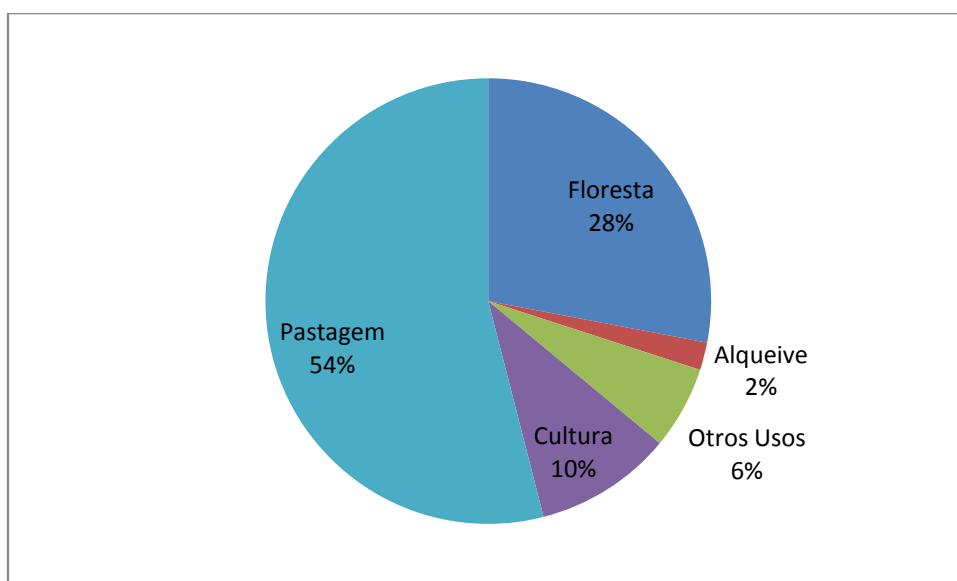


Figura 5 – Distribuição da superfície de uso do solo no Paraguai no ano 2008.

Fonte: Adaptado do Censo Agropecuário Nacional da Dirección de Censo y Estadística Agropecuária (DCEA). 2008

Outras culturas que se destacam são milho, com 647.047 hectares, trigo com 538.936 hectares, girassol com 64.774 hectares e colza com 63.446 hectares. (INBIO-2011) Ainda, cultivam-se outras lavouras em menor escala, tais como o feijão com 73.500 hectares, cana-de-açúcar com 70.000 hectares, amendoim com 34.900 hectares, gergelim com 40.000 hectares, arroz irrigado com 31.000 hectares, mamona com 9.000 hectares e fumo com 8.200 hectares. Entre os cultivos perenes se destacam a produção de erva mate e tung (HAHN, 2008).

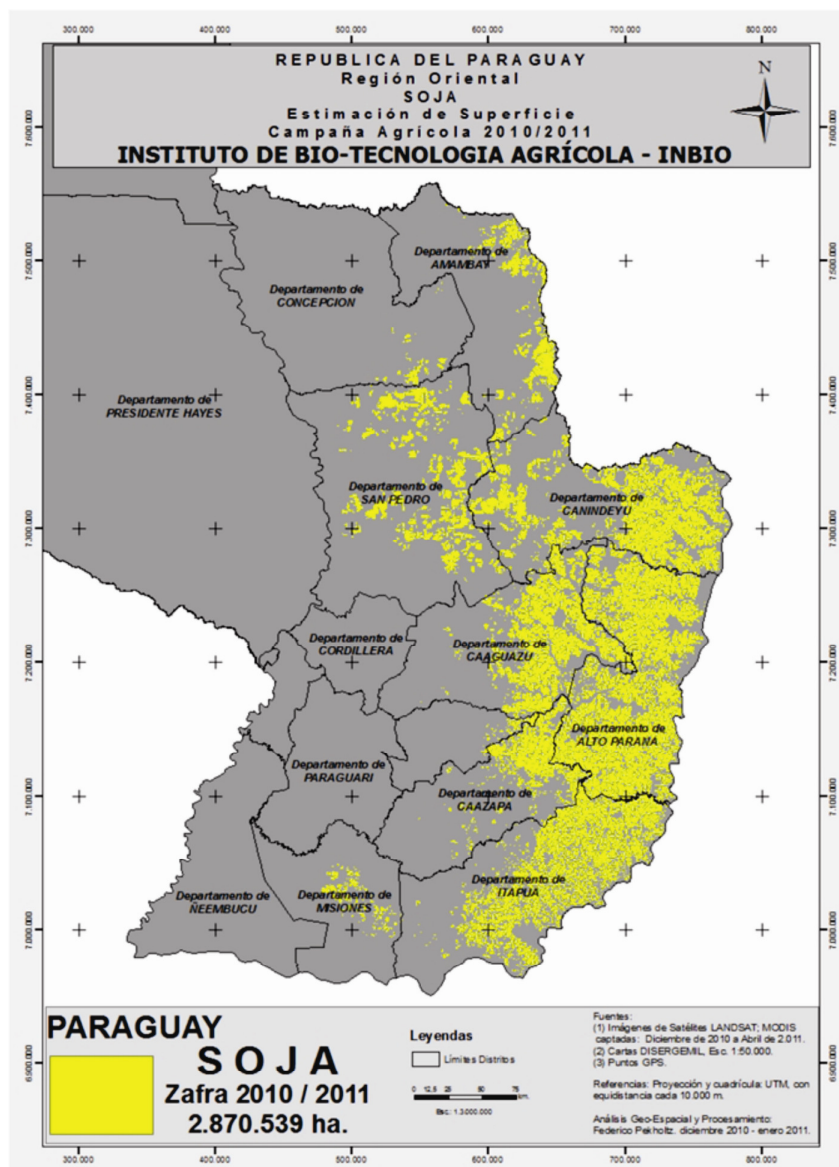


Figura 6 – Mapa de estimación de superfície cultivada de soja na Safrá 2010/2011 na região oriental do Paraguai.

Fonte: INBIO. 2011

A soja é cultivada em maior medida no departamento de Alto Paraná, com 28,73% do total de hectares cultivados na Região Oriental. No segundo lugar se encontra o departamento de Itapúa, com 20,04% e em terceiro lugar o departamento de Canindeyú. (Tabela 2).

Tabela 2 – Superfície de soja cultivada na região oriental do Paraguai no ano 2008.

| Departamentos | Superfície em hectares | % |
|----------------|------------------------|-------|
| Concepción | 16398.25 | 0.57 |
| San Pedro | 229139.88 | 7.98 |
| Guairá | 14093.06 | 0.49 |
| Caaguazú | 376745.69 | 13.12 |
| Caazapá | 165031.5 | 5.75 |
| Itapúa | 575354.88 | 20.04 |
| Misiones | 33700.69 | 1.17 |
| Alto Paraná | 824716.94 | 28.73 |
| Amambay | 128383.06 | 4.47 |
| Canindeyú | 506975.06 | 17.66 |
| Total Paraguai | 2870539.01 | 100 |

Fonte: Dirección de Censo y Estadística Agropecuária (DCEA). 2008.

2.2 A Cooperativa Colônias Unidas como modelo de desenvolvimento no Paraguai

Uma das empresas modelo de desenvolvimento agropecuário e industrial no Paraguai é a Cooperativa Colônias Unidas, com 59 anos trabalhando no setor rural. A Cooperativa se encontra no departamento de Itapúa, na região Sul do Paraguai, na cidade de Obligado. Possui aproximadamente 4.000 sócios ativos e 805 funcionários permanentes, entre os quais se encontram 24 agrônomos que prestam assistência técnica aos produtores da cooperativa. A produção da Cooperativa Colônias Unidas representa entre sete e dez por cento da produção nacional total.

A cooperativa Colônias Unidas é a mais importante da região sul leste do país, possui oito sucursais e seu objetivo é melhorar a qualidade de vida dos sócios, através de uma adequada assistência técnica, provisão de insumos, industrialização e comercialização de seus produtos, utilizando sempre tecnologia avançada.

Os sócios da Cooperativa Colonias Unidas produzem por ano aproximadamente 300.000 ton. de soja, 134.000 ton. de trigo, 2.890 ton. de tung, 17.772 ton. de milho, 35.000 ton. de girassol, 1.200 ton. de colza, 7.467 ton. de sorgo, 7.300 ton. de erva-mate, 6.500 ton. de sementes de soja, trigo e adubos verdes, 17.088.000 litros de leite ao ano, 17.500 Kg. de carne suína ao mês e 26.000 Kg. de carne de gado ao mês. Além disso, industrializam vários produtos convertendo matéria prima em produtos lácteos, balanceados, erva-mate, sementes, etc. A produção destes está respaldada pelo setor denominado Assistência Técnica Agropecuária, em que uma equipe de engenheiros agrônomos realiza assistência técnica no campo para os cultivos nas áreas de influência da Cooperativa, além de especialistas para os diferentes programas de assessoramento, como fomento leiteiro, programa de reflorestamento com fins energéticos, programa de adequação ambiental, programa de melhoramento da erva-mate, programa de fomento da produção de carne bovina e suína, programa de Manejo de Solos.

2.2.1 Implementação do Programa de Agricultura de Precisão na Cooperativa Colônias Unidas no Paraguai

A AP é um novo sistema de gestão das lavouras, atividade promissora na agricultura mundial orientada a otimizar o uso dos insumos agrícolas.

Segundo Dobermann e Ping (2004), a Agricultura de Precisão tem como principal conceito aplicar no local correto, no momento adequado, as quantidades de insumos necessárias à produção agrícola, para áreas cada vez menores e mais homogêneas, tanto quanto a tecnologia e os custos envolvidos o permitam. Do mesmo modo, pode ser caracterizada como um conceito de manejo de solo - planta-atmosfera, fundamentado em princípios de gerenciamento agrícola de informações

sobre variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção e produtividade (MERCANTE et al.,2003).

A ideia do tratamento localizado das pequenas porções da lavoura com base em informações técnicas também não é algo tão recente, Elias e Camargo (2000) relataram que seus conceitos fundamentais foram concebidos no ano 1929 quando os pesquisadores C. M. Linsley e F. C. Bauer (EUA) comprovaram a existência da variabilidade espacial da acidez do solo e obtiveram reduções significativas nos custos da produção de grãos, sem o comprometimento da produtividade, realizando a aplicação diferenciada de calcário em uma área experimental, tal aplicação era realizada manualmente, mas em áreas produtivas pequenas.

Atualmente, o termo AP engloba a utilização de um conjunto complexo de tecnologias modernas para o manejo de solo, insumos e culturas, entre as quais se encontram o sensoriamento remoto, o uso de sistemas de informações geográficas (SIG) e o GPS, de modo adequado às variações espaciais e temporais em fatores que afetam a produtividade das mesmas (DALLMEYER; SCHLOSSER, 1999; EMBRAPA, 1997).

O objetivo da AP consiste na otimização da produção agrícola, tomada de decisões e administração da produção, levando a aumentar a eficiência, a través do manejo diferenciado de áreas na agricultura. A AP deve ser entendida como a habilidade em monitorar a atividade agrícola em um nível local, tanto que as técnicas de AP precisam ser compreendidas como uma forma de manejo sustentável, na qual as mudanças ocorrem de modo que os danos ao meio ambiente são minimizados. (MANTOVANI et al.,1998).

No Paraguai, desde o ano 2009, o Instituto de Biotecnologia Agrícola (INBIO), atuando como financiador das investigações, junto com a Cooperativa Colônias Unidas, que oferece os talhões experimentais através de seus sócios produtores, a Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Católica de Itapúa (UCI), pelos seus estudantes vinculados com trabalhos de conclusão de curso, vem realizando um projeto técnico-científico de avaliação de ferramentas disponíveis para a implementação da AP no Paraguai. Entre os objetivos do projeto se encontram realizar pesquisas gerando informação sobre a viabilidade da aplicação das ferramentas existentes para a tecnologia de AP. (HAHN, 2011). O projeto iniciou se com três talhões experimentais de 47, 20 e 13 hectares nas quais são medidos os teores de nutrientes no solo, realizam-se aplicações de adubos e corretivos de

solo à taxa variada, além disto, realizam-se pesquisas específicas dos tipos de amostragem de solo mais representativo em tamanho e intensidade e sobre a variabilidade dos nutrientes de acordo ao tamanho da malha de amostragem. Igualmente se fazem estudos da variabilidade dos atributos físicos como textura, compactação, umidade e topografia. Estuda-se como a fertilização nitrogenada e os rendimentos se relacionam com os teores de matéria orgânica e a biomassa através do índice de vegetação NDVI e do teor de clorofila. Para obter informação, o projeto utiliza várias equipes precisas como monitores de semeadura, aplicadores à taxa variada de corretivos e adubos, e monitor de colheita. Além disso, utilizam-se extratores automatizados de solo, sensores de umidade edáfica, penetrômetro para medir compactação e clorofilômetro para o cultivo.

A partir do ano de 2011, implementou-se o projeto de manejo sitio-específico de correção de solos com 30 produtores da Cooperativa Colônias Unidas, dos Departamentos de Itapúa e Alto Paraná, abrangendo mais de 100 talhões agrícolas. Com a implementação a nível comercial do Projeto, foi criado o Programa de AP, realizaram-se mapas de atributos de solos e geraram-se recomendações para correção de solos com calcário, P e K. Nos talhões foi aplicada taxa variada e se utilizaram malhas com pontos de amostragem cada dois hectares. Todos os mapas foram realizados com o Sistema CR Campeiro 7.

Um dos objetivos do projeto é que os técnicos da Cooperativa Colônias Unidas, envolvida no mesmo, manejem as ferramentas de AP, tanto como calibração de equipes precisas e manejos de *software* de AP através da validação do Sistema CR Campeiro para o uso no Paraguai.

2.3 Projeto de Extensão Rural CR Campeiro

O Projeto de Ciência Rural Campeiro é um projeto de extensão do Departamento de Engenharia Rural do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, registrado no gabinete de projetos n. 5773, e com um histórico de dezoito anos de desenvolvimento e de contínuo aperfeiçoamento de funções e operações (GIOTTO, 2011).

O Sistema CR Campeiro é um sistema de gerenciamento agropecuário, que envolve o registro e o monitoramento de atividades agropecuárias desenvolvidas no contexto da administração rural (Giotto, 1997). Entre os objetivos do Projeto CR Campeiro se encontram a informatização de produtores rurais no que tange à disponibilidade de sistemas aplicativos de gestão agropecuária através de cursos de treinamento e de capacitação. Do mesmo modo, aponta a informatização de técnicos que atuam em planejamento, consultoria e assistência no meio rural, com sistemas relativos às suas áreas de formação profissional além de fornecer sistemas técnicos e gerenciais de aplicação no agronegócio, para professores e alunos de cursos de formação profissional afins à área rural (GIOTTO, 2011).

O Projeto CR Campeiro 7 é estruturado sobre um sistema computacional integrado, com inúmeras ferramentas de gestão entre elas Administração Rural, Agricultura Familiar, Agricultura de Precisão, Gestão Técnica de Lavouras, Gestão Técnica de Rebanhos, Nutrição Animal, Silvicultura, Sistema de Geoprocessamento, Sistema de Campo, Sistema de Comunicação e Rastreabilidade. Uma das aplicações mais difundida do Sistema CR Campeiro é AP, que tem entre suas utilidades a gestão de procedimentos que envolvem o uso de geotecnologias como GPS aplicadas no manejo de culturas agrícolas. O sistema de AP do CR Campeiro possui as mais diversas ferramentas, como a elaboração de malhas para a realização da amostragem georreferenciada de solo, elaboração de mapas de fertilidade e de produtividade, aplicação à taxa variável de insumos, análises estatísticas e interpretação de mapas, geoestatística entre outras ferramentas.

O Sistema CR Campeiro é disponibilizado através de cursos técnicos de treinamento presencial e mais modernamente no Sistema de Ensino a Distância (EAD) onde os alunos têm a possibilidade de acessar via online ao curso devido a que toda a estruturação didática dos cursos foi modelada para ser desenvolvida em ambiente virtual (moodle).

Na atualidade, além do Sistema CR Campeiro e todas suas ferramentas mencionadas, se tem disponibilizados aplicativos de tecnologia móvel operáveis em plataforma *Android* para uso nas áreas de agricultura de precisão e de geoprocessamento, as quais são disponibilizadas gratuitamente.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Implementação de Agricultura de Precisão no Paraguai com o CR Campeiro

As principais atividades econômicas no Paraguai são a Agricultura e a Pecuária. Ferramentas como um *software* regionalizado com o emprego de geostatística para a gestão e o monitoramento preciso da produtividade de grãos e a qualidade do solo, utilizando mapas de colheita e de fertilidade, para a correção de solos e a nutrição de plantas por sitio específico, têm um futuro promissor para o planejamento das atividades dos produtores rurais paraguaios.

O propósito de validar para o Paraguai, o Sistema CR Campeiro, o qual é um sistema operacional consolidado no Brasil, é fornecer instrumentos de gestão informatizada acessíveis para os produtores, estudantes e técnicos paraguaios, para suas cooperativas, empresas de fomento, integração agropecuária, e agroindústrias; além de oferecer sistemas técnicos e gerenciais de aplicação no agronegócio, gerando uma importante contribuição para o desenvolvimento da AP paraguaia.

3.1.1 Adaptação do Cadastro de Produtor Rural para o Paraguai no CR Campeiro

Para o cadastro de produtores rurais no Paraguai foi realizado a tradução em espanhol da tela de cadastro onde são inseridos os dados de identificação do produtor, cédula de Identidade se for para pessoa física, *Registro Único del Contribuyente* (RUC) do produtor ou da empresa, e-mail do produtor.

Também foram carregados no Sistema os 17 Departamentos (Estados) das Regiões Oriental e Ocidental do Paraguai com seus respectivos Distritos (Municípios).

Nos campos de Endereço Residencial ou Comercial, ao selecionar o Departamento (Estados), ficarão disponíveis para seleção todos os distritos (Municípios) daquele departamento. Também é possível inserir os dados do

endereço de correspondência ou de contato, que se referem ao endereço postal do produtor.

3.1.2 Cadastramento da Propriedade e *Parcela* (Talhão) no Paraguai

A tela de Registro de Propriedad (Cadastro de Propriedade) foi validada carregando os dados dos Departamentos e Distritos para os fins da identificações das propriedades nas regiões, inserindo os dados de georreferenciamento onde é necessário informar o geocódigo da propriedade além da latitude, a longitude e a altitude da mesma e se tem a possibilidade de integrar a localização da propriedade em Google Maps.

A tela de Registro de Parcela (Cadastro de Talhões) foi também traduzida para o espanhol e ao selecionar o produtor rural, na relação de produtores, é recuperado o código do mesmo e a relação de propriedades vinculadas a ele. Além da Relação de Propriedades Assistidas com sua regionalização (Departamentos e Distritos).

Na mesma tela de cadastro de talhões, ao selecionar a propriedade, é recuperado o código dela. Nos campos cadastro de talhão é necessário digitar número e nome do talhão e descrever se for lavoura, floresta, parreiral, horta, etc, opções que foram traduzidas ao espanhol. Além disso, deve-se informar a área do mesmo e se houver a condição de manejo por Lote.

3.1.3 Adaptação da Tela de Cadastro Espacial para uso em Paraguai

Na rotina Cadastro Espacial, tem-se a possibilidade de indexar no sistema entidades gráficas tipo polígonos, estruturas de gestão como limite físico de propriedades, de talhões e de campos, bem como outras unidades espaciais com áreas de preservação permanente, reserva legal e de outros usos da terra. Para indexar parcelas (talhões) localizadas no Paraguai no formato UTM é preciso

selecionar o Datum e o Meridiano Central onde se encontram as mesmas, que para o caso do Paraguai é o Meridiano Central 57.

As entidades gráficas que podem ser indexadas são aquelas que têm as coordenadas espaciais armazenadas em um destes tipos de arquivos:

- Arquivos de coordenadas UTM - (formato VET. Padrão do Sistema Campeiro).
- Arquivos Shape File, arquivos de coordenadas Geo-TXT (Arquivos utilizados em vários SIGs)
- Arquivos de coordenadas Geo-TXT

3.2 Validação do Módulo Agricultura de Precisão do CR Campeiro

Foram realizadas traduções para o idioma espanhol do módulo completo de AP, que compreende as funções de estruturação de malhas de amostragem do solo, elaboração de projetos de AP, estruturação de Modelos Digitais do Terreno para a visualização de mapas de fertilidade e produtividade, entre outras funções.

3.2.1 Estruturação de Malha de Amostragem

Nesta função, pode ser estruturada uma malha de amostragem de solos, em intervalos pré-fixados, a qual é definida com parâmetros de georreferenciamento, sendo então possível, a campo, com um emprego de GPS, efetuar-se a coleta das amostras nos pontos selecionados.

Foi adaptada e traduzida para uso no Paraguai a nova função de estruturação de malha de amostragem de solos no Sistema CR Campeiro em que se tem a possibilidade de escolher um único talhão ou vários talhões segundo a situação.

3.2.1.1 Modelos de Malha de Amostragem

Podem ser geradas no Sistema CR Campeiro dois tipos diferentes de malhas de amostragem de solo, de células retangulares ou quadradas e outro modelo de com células hexagonais.

Na função de estruturação de malhas de amostragem se tem a possibilidade de edição da mesma, antes de ser salva ou registrada no banco de dados. Além da apresentação de um mapa da posição espacial, da identificação dos pontos amostrais e também dos processos de edição disponíveis, é possível ainda a impressão de relatório referente aos pontos, impressão do mapa da malha e sobreposição de arquivos vetoriais entre outros. Também na nova versão da função Malha de Amostragem foi adaptada para uso no Paraguai à possibilidade de fazer uma impressão da malha de amostragem gerada, diretamente desde o quadro de desenho.

3.2.2 Estrutura de um Projeto de Agricultura de Precisão

Foi traduzido para o espanhol o módulo de estruturação de um Projeto de Agricultura de Precisão (PAP), o termo define, no Sistema Campeiro, um conjunto de dados georreferenciados com um atributo quantitativo, sendo que este atributo apresenta variabilidade espacial em uma determinada área, como por exemplo, teor de fósforo, densidade do solo, produtividade de culturas etc.

Os dados de caracterização de um PAP no Sistema CR Campeiro são:

- Nome do Projeto
- Variável (ou Tema) referente ao atributo
- Coordenadas UTM dos pontos amostrais (E,N)
- Coordenada altimétrica (Z)
- Valor do atributo
- Código do Produtor
- Número da Propriedade (Fazenda/Granja)

- Número do Talhão
- Ano de referência do projeto

A estruturação de um PAP é o primeiro passo de operação com as funções de AP, pois a partir dela é que são gerados os mapas de fertilidade, produtividade, aplicação e de zonas de manejo, cruzamentos, análises estatísticas e geoestatísticas, etc.

Na estruturação de um PAP é necessário que, conjuntamente com o valor do atributo de uma variável, tenha-se também as coordenadas planimétricas E,N (Longitude e Latitude) dos pontos amostrais gerados na malha de amostragem.

3.2.3 Modelo Digital do Terreno para o Paraguai

A estruturação do Modelo Digital do Terreno (MDT) é condição inicial para a execução das tarefas, tais como mapas de fertilidade, produtividade e de aplicação à taxa variável, bem como para análises diversas como cruzamentos, correlações entre variáveis etc.

O MDT é gerado a partir de um conjunto de pontos georreferenciados, isto é, de posição planimétrica conhecida, através de suas coordenadas UTM, E (Longitude) e N (latitude), e consiste em uma malha de formato quadrado ou retangular, sendo que a intersecção de linhas e colunas desta malha é denominada de "nó".

O MDT consiste basicamente em se ter em cada nó da malha, as coordenadas E, N, Z; sendo que as coordenadas planimétricas E,N, são calculadas a partir da definição da origem da malha e dos respectivos espaçamentos, entre as linhas e colunas; enquanto que a coordenada Z, é calculada por processo estatístico de interpolação, através de algoritmos específicos.

3.2.4 Visualização do MDT segundo os Padrões de Interpretação da Fertilidade do Solo no Paraguai

A partir da estruturação de um Modelo Digital – MDT – seja de fertilidade, produtividade ou de qualquer outro tipo de variável é possível a sua visualização espacial de acordo com critérios pré-definidos que podem ser carregados e padronizados no sistema para obter uma maior eficiência na elaboração de mapas diagnóstico e de aplicação.

De acordo com as condições de clima e solo são utilizados padrões calibrados com pesquisas locais e regionalizadas para gerar recomendações visando melhorar a fertilidade dos solos e a nutrição vegetal.

Tabela 3 – Padrões para Níveis de Interpretação da Fertilidade de solo no Paraguai para validação no Sistema CR Campeiro.

| Atributo de Solo | Unidade de Medida | Muito Baixo | Baixo | Médio | Alto | Muito Alto |
|------------------------|--------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Alumínio | Cmol(+) kg ⁻¹ | 0-0,25 | 0,25-0,5 | 0,5-1 | 1-1,5 | 1.5-5 |
| Argila | % | 0-20 | 20-40 | 40-60 | 60-80 | 80-100 |
| Cálcio | Cmol(+) kg ⁻¹ | 0-1,5 | 1,5 -2,5 | 2,5-5 | 5 -7 | 7-12 |
| CIC | Cmol(+) kg ⁻¹ | 0-4 | 4-8 | 8 -12 | 12-16 | 16-30 |
| H+Al | Cmol(+) kg ⁻¹ | | 0-4 | 4-6 | 6-12 | |
| Potássio | Cmol(+) kg ⁻¹ | 0 -0,06 | 0,06-0,12 | 0,12-0,19 | 0,19-0,38 | 0,38-1 |
| Fósforo ⁽²⁾ | mg kg ⁻¹ | 0-4 | 4-8 | 8-12 | 12-24 | 24-100 |
| Fósforo ⁽¹⁾ | mg kg ⁻¹ | 0-5 | 5-10 | 10-15 | 15-30 | 30-100 |
| MOS | % | 0-1,5 | 1,5-2,5 | 2,5 -3,5 | 3,5 – 4,5 | 4,5-6 |
| Magnésio | Cmol(+) kg ⁻¹ | 0-0,4 | 0,4 -0,8 | 0,8-1,2 | 1,2-2.4 | 2,4-10 |
| pH água | | 0-4,5 | 4,5-5,4 | 5,4-6 | 6-7 | 7-12 |
| Saturação de Bases | % | 0-40 | 40-50 | 50 -60 | 60-70 | 70-100 |

CIC=Capacidade de intercambio Catiônico; MOS= Matéria Orgânica do Solo. Fósforo⁽¹⁾= Classe textural 0-40% de argila. Fósforo⁽²⁾= Classe textural 40-100% de argila.
 Fonte: Adaptado de Fatecha, D., 2004; Wendling, 2005; Cubilla, 2005; Barreto, 2008; Hahn, 2008.

Para validar o Sistema Campeiro CR no Paraguai foram carregados os níveis de interpretação da fertilidade do solo utilizados no país em cooperativas, consultoras, instituições educativas, etc. Os valores dos nutrientes são classificados em cinco níveis de fertilidade que são muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto (Tabela 3). Os dados para o Paraguai foram obtidos mediante pesquisas de vários anos de calibrações no campo e sob diversos cultivos tradicionais de grãos (FATECHA, D., 2004; WENDLING, 2005; CUBILLA, 2005; BARRETO, 2008; HAHN, 2008) e diferem aos dados utilizados em Rio Grande do Sul (ROLAS) (COMISSÃO, 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Inserção de Departamentos e Distritos do Paraguai

Para gerar a validação do Sistema Campeiro no Paraguai, inicialmente foram inseridos no *software* o mapa do Paraguai com os 17 Departamentos que o subdividem, além dos distritos que compõem cada um deles (Figura 7).

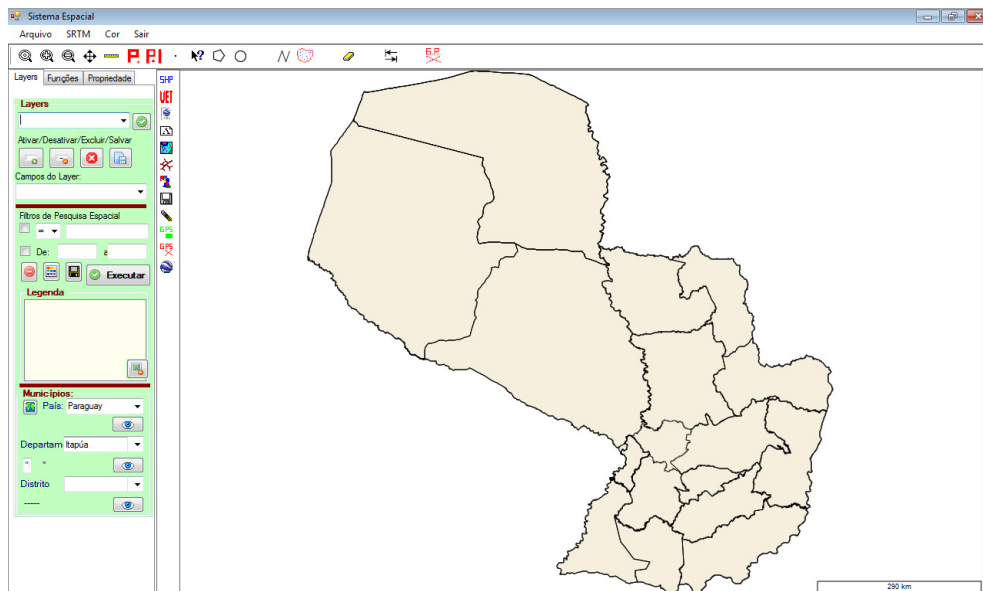


Figura 7 – Representação espacial do Mapa do Paraguai inserido no Sistema CR Campeiro com os 17 Departamentos.

Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

Para a validação do módulo de AP foram trabalhados dados de amostragem de solos de um talhão experimental de um sócio produtor da Cooperativa Colônias Unidas, situada no departamento de Itapúa (Figura 8) a qual é uma das mais importantes da região sul leste do país, o talhão tem um área de 47,07 hectares, pertencendo ao produtor Mario Lovera e se encontra localizado no Distrito de Alto Verá, no departamento de Itapúa (Figura 9).

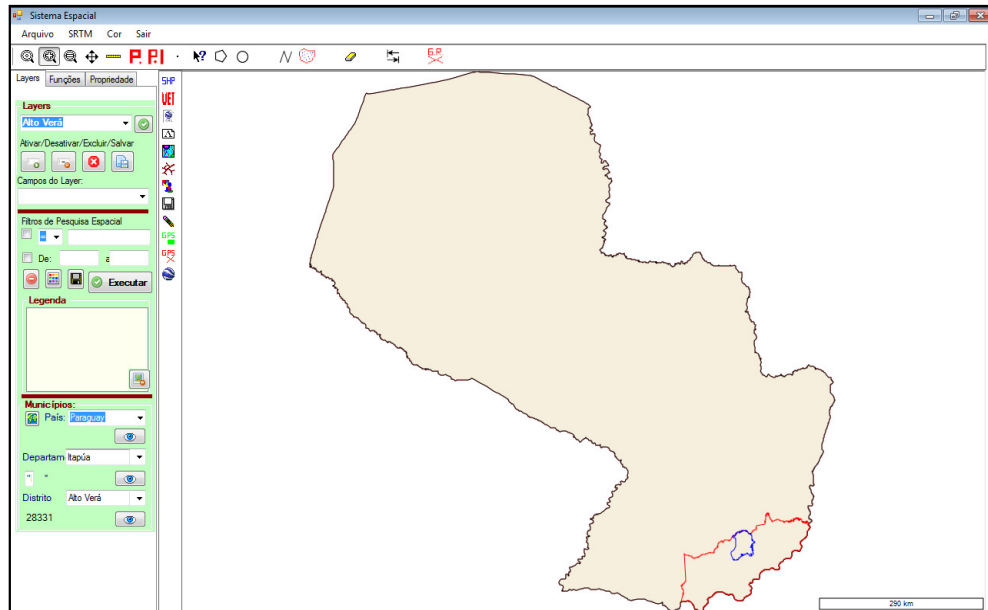


Figura 8 – Representação espacial do Departamento de Itapúa e o Distrito de Alto Verá no Mapa do Paraguai.
Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

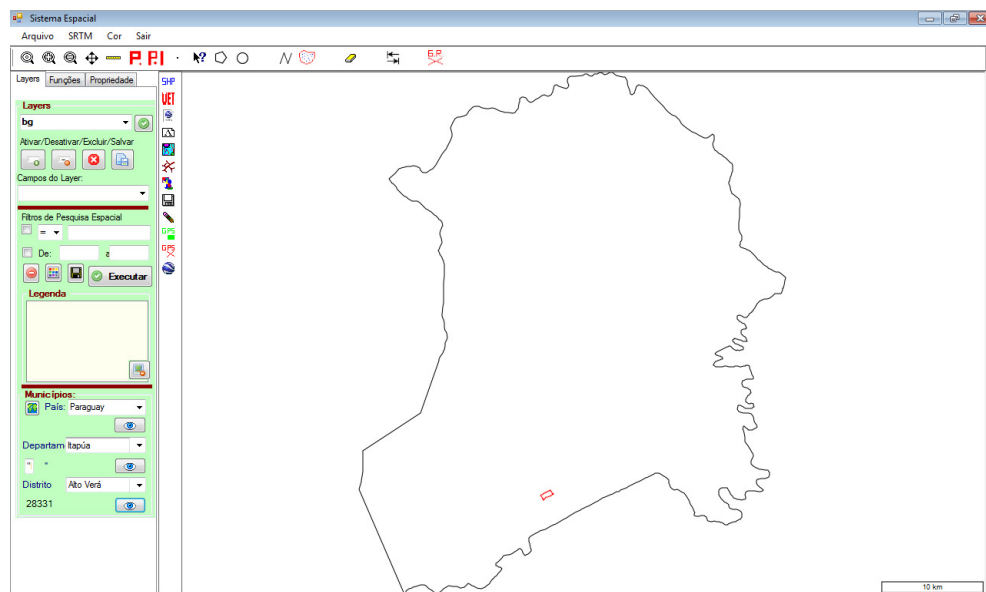


Figura 9 – Representação espacial do Talhão experimental dentro do Distrito de Alto Verá no Sistema CR Campeiro.
Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

4.2 Cadastro de Produtor Rural

Para os fins de adaptação do Sistema Campeiro foi traduzida para o espanhol a tela de cadastro de produtores e foram inseridos itens como RUC (*Registro Único*

de Contribuyente), que é o número identificador utilizado no Paraguai e que substitui ao CPF ou CNPJ para pessoas físicas ou jurídicas respectivamente. Inicialmente foi efetuado o cadastro do produtor Mario Lovera (Figura 10), sendo inseridos os dados de identificação e endereço do produtor. Ao selecionar o Departamento (Estado), no caso do produtor foi “Itapúa”, na seção Endereço residencial ou comercial são recuperados todos os distritos correspondentes ao departamento de “Itapúa” e foi escolhido o município “Obligado”.

Sistema de Gestión de la Información de la Propiedad Rural//EAD

Registros | Sistemas | WEB | EAD | Útil | Info | Mostrar | Ventana | Salir

Registro de Datos | Productores Registrados

Datos de Identificación

Nombre del Productor: Mario Lovera

Tipo de Persona (Física o Jurídica): PF

RUC/Registro Fiscal: 2344886-5

Email:

Datos adicionales para persona física

Sexo: M Cédula de Identidad N°: 2344886

Órgano que expide: PN

Datos Adicionales para Persona Jurídica

Nombre de Fantasía de la Empresa:

Dirección Residencial o Comercial

Dirección: Avda. Carlos Antonio López

Número: 1234 Barrio: Centro

Departamento: Itapúa

Distrito: Obligado 28351

Teléfono/Fax: 0985-797166

Dirección de Correo o de Contacto

Dirección: Avda. Carlos Antonio López

Departamento: 1234 Barrio: Centro

Distrito: Itapúa

Municipio/Distrito: Obligado 28351

Teléfono/Fax: 0985-797166

Sistema operativo en c:\campeiro7 - Las bases de datos son accesibles en C:\campeiro7 Propiedad patrón: Proyecto_AP Faz.N: 1

Figura 10 – Tela de Cadastro de um Produtor Rural do Paraguai no Sistema CR Campeiro.

Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

4.3 Cadastro de Propriedade Rural

O Cadastro da Propriedade Rural no sistema foi realizado após o Cadastro do Produtor. Ao escolher o nome do produtor cadastrado ficam disponíveis na tela os dados de identificação do produtor anteriormente cadastrados. Esta tela de cadastro de propriedade é ilustrada na figura 11, onde foram inseridos os dados de identificação da propriedade “AP-Paraguay”, nesta tela também se tem a

possibilidade de escolher, entre os Departamentos do Paraguai, qual é o departamento que se corresponde com a localização da propriedade, no caso novamente “Itapúa” e o distrito escolhido “Alto Verá”.

Figura 11 – Cadastro de Propriedade de um Produtor localizado em Paraguai no Sistema CR Campeiro.
Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

Na mesma tela, é possível inserir os dados de georeferenciamento da propriedade, colocando a latitude e longitude da mesma e clicando no botão G.Maps imediatamente, o *software* integra a localização da propriedade no Google Maps, como pode ser visto na figura 12A a visualização de imagem de satélite do Google e na Figura 12B a visualização no formato de Mapa.

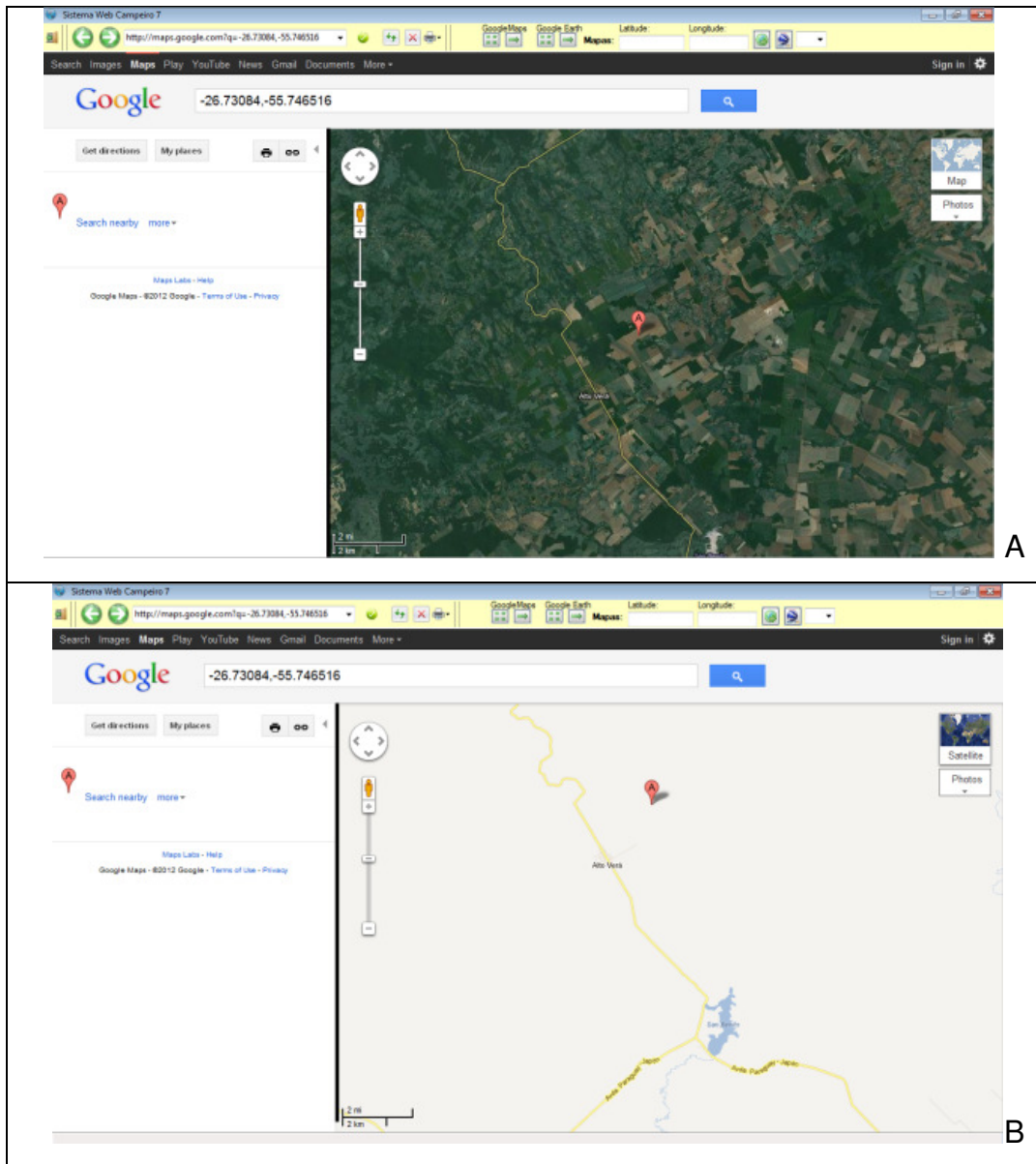


Figura 12 – Integração do Sistema CR Campeiro com o Google Maps mostrando a localização da Propriedade em formato imagem de satélite (A) e formato mapa (B). Alto Verá. Paraguai.
Fonte: Google Maps.

4.4 Cadastro de Talhão experimental

A figura 13 apresenta a tela de cadastro de talhões onde ao selecionar o produtor rural Mario Lovera, na relação de produtores, é recuperado o código do mesmo (1) e a relação de propriedades vinculadas a ele.

Ao selecionar a propriedade (AP-Paraguay), é recuperado o código do estabelecimento (1) e os outros dados cadastrados no cadastro de propriedades.

Nos campos cadastro de talhão foram informados os número dos talhões que possui o produtor e o ID dos talhões. Além disso, foi digitada a área dos mesmos e a descrição dos tipos de unidade de manejo, que para o produtor foi “Agricultura”.

Registro de Parcela (Talhão)

Recuperar Lista de Productores

- Productores
 - Mario Lovera
 - AP-Paraguay
 - grande
 - Pequeña
 - buss

Productor Seleccionado

Nombre: Mario Lovera Código del Productor: 1 RUC/Fiscal: 2344886-5
 Dirección: Avda. Carlos Antonio López Municipio/Distrito: Obligado Dep: Itap

Propiedad Seleccionada

Nombre: AP-Paraguay Establecimiento N°: 1 Código O.E.:
 Compañía: Xaronay Municipio/Distrito: Alto Verá Dep: Itap

Registro de Parcela:

Número Parcela: 1 (número) Área: 47 ha
 ID Parcela: grande (texto) Lote: 1
 Descripción: Agricultura 1

Acciones: [R] [X] []

Parcelas (Talhões) Registrados

| NT | ID_talhao | T_area | T_Descricao | GFQ | Fazenda |
|----|-----------|--------|-------------|-----|---------|
| 1 | grande | 47 | Agricultura | 1 | 1 |
| 2 | Pequeña | 20 | Agricultura | 2 | 1 |
| 3 | buss | 17 | Agricultura | 3 | 1 |
| * | | | | | |

Sistema operativo en c:\campeiro7 - Las bases de datos son accesibles en C:\campeiro7 Propiedad patrón: Proyecto_AP Faz.Nº 1

Figura 13 – Cadastro dos Talhões do Produtor Rural no Sistema CR Campeiro.
 Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

4.5 Cadastro Espacial

Na rotina Cadastro Espacial, foram indexadas no sistema as entidades gráficas de tipo polígonos as estruturas de gestão denominadas de talhões. Para o talhão experimental foram anexadas arquivos de coordenadas UTM, de formato VET que é o formato Padrão do Sistema Campeiro. O Datum selecionado foi o WGS 84 e o Meridiano Central 57 o qual corresponde à localização do Paraguai.

A figura 14 apresenta a tela de Cadastro Espacial, onde além de processar a indexação de polígonos, a rotina possibilita a visualização dos temas registrados, informando as coordenadas dos vértices do último polígono recuperado.

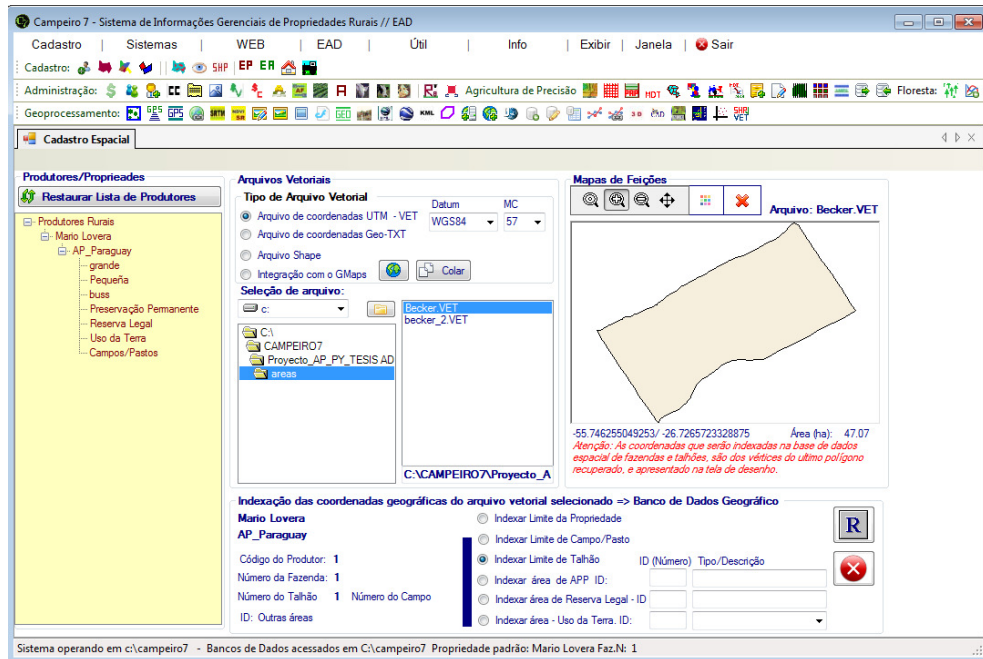


Figura 14 – Cadastro Espacial do talhão experimental no Sistema CR Campeiro. Alto Verá. Paraguai.

Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

4.6 Estruturação da malha de amostragem de solo no Sistema Campeiro

Dois tipos de malhas de amostragem podem ser estruturadas com o Sistema Campeiro. Na figura 15A é visualizada uma malha de amostragem quadrangular, com espaçamento a cada hectare, e na Figura 15B é visualizada uma malha hexagonal com espaçamentos a cada três hectares. O usuário também pode, na mesma tela, escolher outros tipos de espaçamento criando o modelo de malha de amostragem desejado.

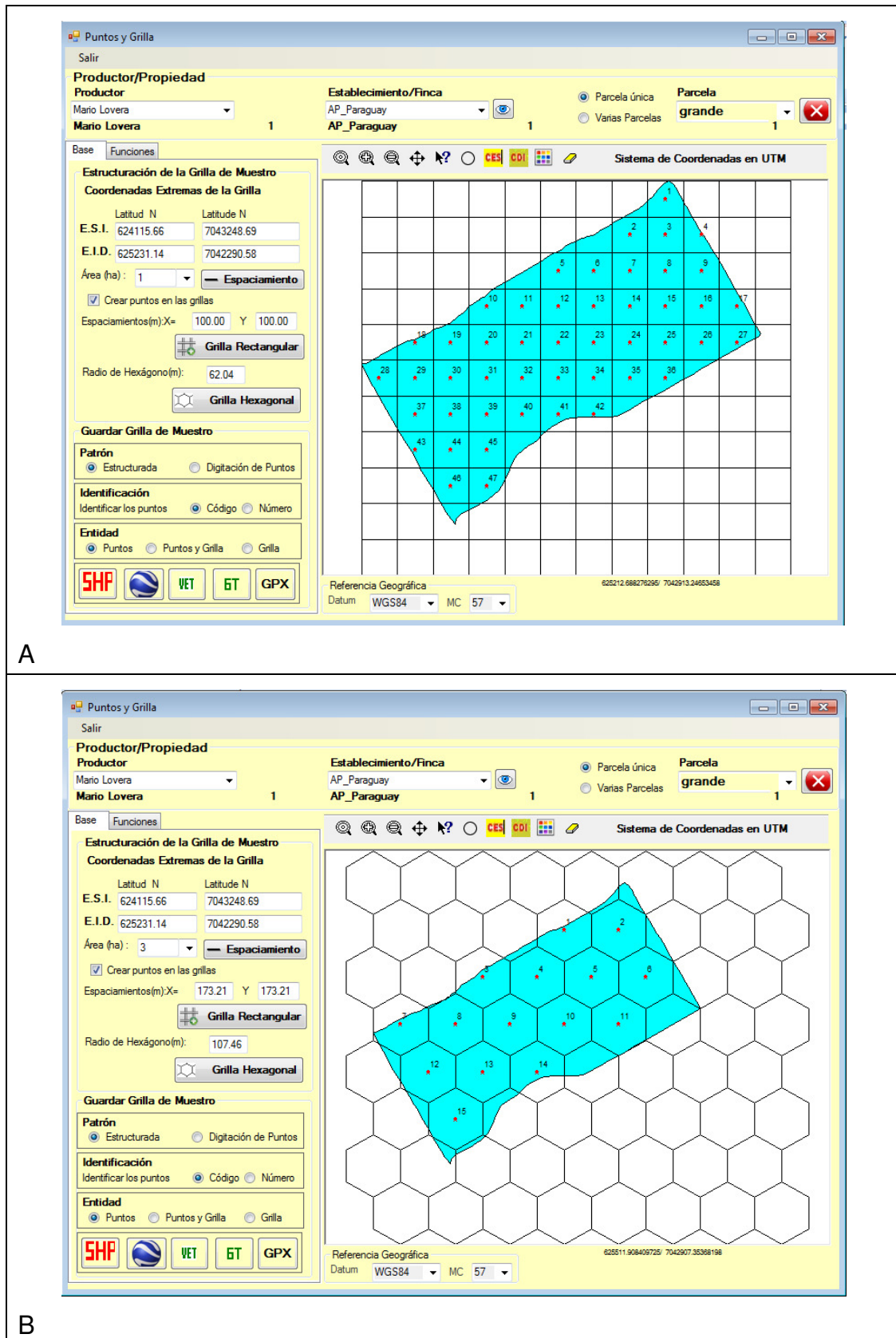


Figura 15 – Modelos de malha de amostragem de solo gerado no Sistema CR Campeiro de um hectare rectangular (A) e de três hectares hexagonal (B) em área experimental, Alto Verá. Paraguai.
Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

Para os fins de validação do Sistema no Paraguai foi utilizada uma malha de amostragem retangular a cada hectare, com 47 pontos de amostragem de solo (Figura 15A), a qual possui espaçamento de 100 por 100 metros.

Nas opções de salvar malha de amostragem do solo (Figura 15) se tem a possibilidade de salvar a malha com o formato KML, tendo-se a possibilidade de enxergar os pontos de amostragem da malha no Google Earth (Figura 16). Outros formatos nos quais pode ser salva a malha de amostragem do solo são o SHP, VET, GT, GPX, além de ter-se a opção de imprimir diretamente a malha de amostragem (Figura 17).

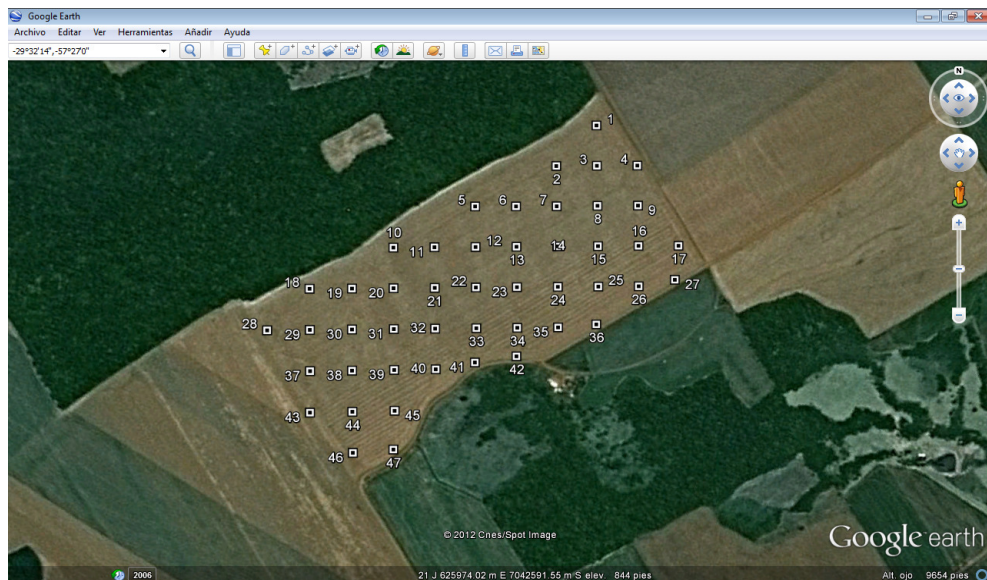


Figura 16 – Visualização dos pontos de amostragem do solo no Google Earth, Área Experimental, Alto Verá, Itapúa, Paraguai.
Fonte: Google Earth.

Outra utilidade que se tem na tela de malha de amostragem de solos é a possibilidade de salvar um relatório com os pontos da malha de amostragem, como se pode observar no Anexo A , onde são especificados dados como o tipo de malha “retangular” no caso do talhão experimental, o nome do produtor, do estabelecimento, o nome do talhão e o tamanho da malha. Além destes dados, é especificado o número e código do ponto e suas coordenadas em UTM e em geográficas.



Figura 17 – Tela de impressão da malha de amostragem gerada no Sistema CR Campeiro do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai.

Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

4.7 Cadastro de Projetos de Agricultura de Precisão

Na tela de cadastro de Projeto de PAP, foi recuperado o talhão do produtor e a malha de amostragem em formato VET anteriormente gerada (Figura 18). As malhas de amostragem também podem ser recuperadas em outros formatos como o GeoTXT, SHP e GPX. Ao recuperar a malha de amostragem são visualizados os pontos georeferenciados dentro do talhão.

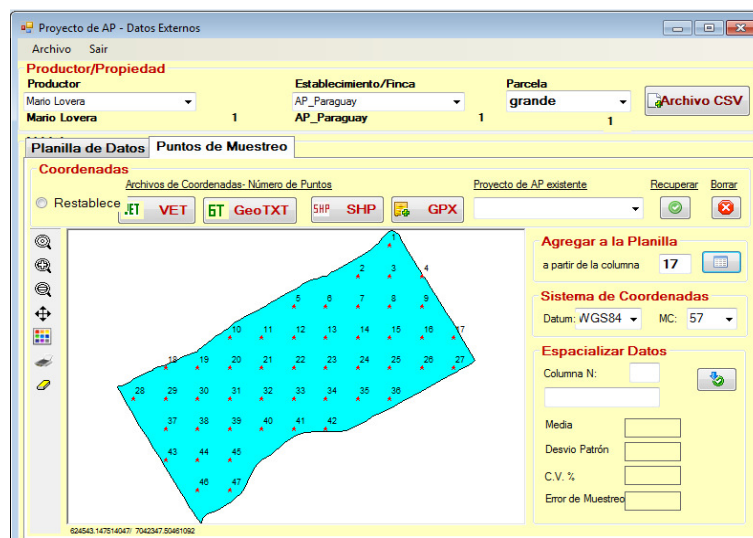


Figura 18 – Visualização do contorno do talhão experimental e os pontos amostrais na função de estruturação de um projeto de AP.

Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

Para criar o PAP também são recuperados os dados de análises de solo em planilhas do Excel, salvas em formato CSV (Figura 19). Nesta estrutura, cada atributo corresponde a um campo (coluna) da tabela ou do arquivo e os elementos de georreferência da malha de amostragem (latitude e longitude) também devem ser colunas distintas na tabela ou em um arquivo que possa ser associado sequencialmente. Na figura, as coordenadas dos pontos amostrais foram recuperadas nas colunas 17 e 18.

| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|----|------|------|------|---------|------|-------|-----------|------------|
| 1 | SMP | Ca | Mg | Arcilla | Limo | Arena | E | N |
| 2 | 6.30 | 4.08 | 1.10 | 34 | 5 | 61 | 624965.69 | 7043198.50 |
| 3 | 6.10 | 4.02 | 2.02 | 39 | 6 | 55 | 624865.69 | 7043098.50 |
| 4 | 5.60 | 3.99 | 1.01 | 35 | 5 | 60 | 624965.69 | 7043098.50 |
| 5 | 5.60 | 4.06 | 1.08 | 34 | 5 | 61 | 625065.69 | 7043098.50 |
| 6 | 5.60 | 4.23 | 1.25 | 36 | 5 | 59 | 624865.69 | 7042998.50 |
| 7 | 6.00 | 2.96 | 0.96 | 42 | 6 | 52 | 624765.69 | 7042998.50 |
| 8 | 5.60 | 3.74 | 0.96 | 34 | 5 | 61 | 624865.69 | 7042998.50 |
| 9 | 5.70 | 4.13 | 1.15 | 34 | 5 | 61 | 624965.69 | 7042998.50 |
| 10 | 5.60 | 4.11 | 1.14 | 35 | 5 | 60 | 625065.69 | 7042998.50 |
| 11 | 5.60 | 3.87 | 0.98 | 36 | 5 | 59 | 624465.69 | 7042998.50 |

| Columna | Nombre do PAP | Variable |
|---------|---------------|---------------------|
| 4 | V_111 | Saturación de Bases |
| 7 | MO_111 | Materia Orgánica |
| 8 | P_111 | Fósforo |
| 9 | K_111 | Potasio |
| 14 | ARC_111 | Arcilla |

Figura 19 – Visualização da planilha de dados de análises de solo do talhão experimental no Sistema CR Campeiro.
Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

A partir da existência das colunas correspondentes a Latitude e Longitude na planilha de dados, a estruturação dos projetos de agricultura de precisão pode ser efetuada individualmente ou por seleção múltipla. Para o primeiro caso, é preciso indicar a coluna da variável que se pretenda fazer o PAP e que contenha os valores do atributo (Z); na sequência deve-se digitar o nome identificador para o projeto, digitar o nome da variável correspondente ao ano de referência e proceder ao registro pressionando o botão de registro.

Para os fins da validação, foi utilizada a opção Seleção Múltipla, que consiste na possibilidade de estruturar simultaneamente vários projetos de AP, a partir da indicação das colunas das coordenadas geográficas da planilha e da identificação por coluna dos elementos da análise de solo. Para isso, foi adicionada a quantidade de linhas necessárias para os PAP que foram estruturados. A figura 19 ilustra este processo, onde foram gerados os PAP de Argila, Potássio, Matéria Orgânica, Fósforo e Saturação de Bases.

4.8 Geração de Modelo Digital a partir de Projeto de Agricultura de Precisão

Os Mapas de distribuição espacial são gerados a partir de modelagem matemática por métodos de interpolação, estimando-se valores para locais não amostrados, a partir de um determinado número de pontos observados em campo (TIEPPO et al., 2007). A Figura 20 apresenta a tela de geração do MDT, a partir de dados de amostras de solo georreferenciadas, armazenados em projetos de agricultura de precisão – PAP, com o quadro de identificação do produtor (productor), propriedade (propiedad) e de seleção de talhão (parcela), quadro de seleção do PAP, quadro de visualização da área de trabalho e quadro de geração do MDT com os parâmetros da malha e métodos possíveis de interpolação.

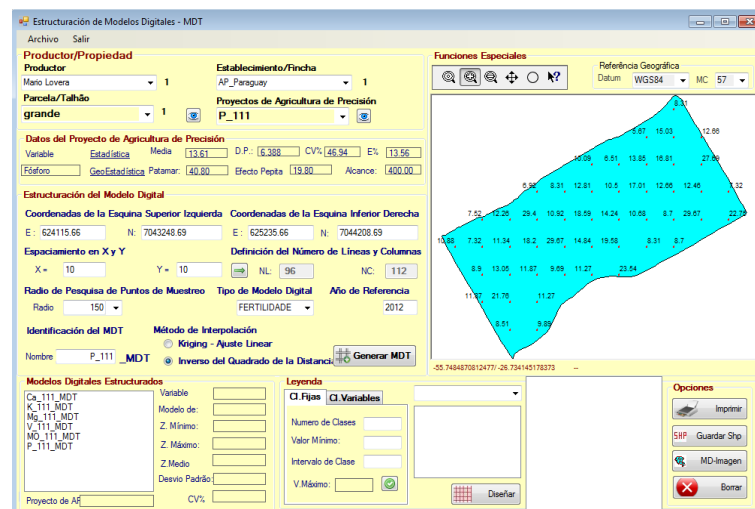


Figura 20 – Recuperação de PAP de Fósforo para o talhão experimental no Sistema CR Campeiro.

Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

A estruturação do MDT no Sistema CR Campeiro é uma rotina que consiste em elaborar, a partir da área do talhão perimetricamente definida, a espacialização de um atributo comum de **n** pontos georreferenciados, armazenados de forma organizada em um PAP, sendo que esta espacialização é ordenada em uma malha, denominada de Modelo Digital.

O Procedimento de geração de modelos digitais foi conduzido em cinco etapas:

4.8.1. Recuperação da Área de trabalho

Ao proceder à recuperação do talhão experimental é apresentado o desenho do mesmo e suas coordenadas extremas.

4.8.2 Recuperação do Projeto de Agricultura de Precisão

Após selecionar a área de trabalho, foi recuperado o PAP previamente estruturado, no exemplo da Figura 20 o PAP foi de Fósforo. Ao recuperar o PAP, são apresentados os dados Estatísticos e Geoestatísticos do PAP selecionado, informando se os dados de Média, Desvio Padrão, Coeficiente de Variação, Erro Percentual, Patamar, Efeito Pepita e Alcance. Na tabela 4, são apresentados estes valores para os modelos gerados de Argila, Potássio, Matéria Orgânica, Fósforo e Saturação de Bases.

Tabela 4 – Dados Estatísticos e Geoestatísticos dos PAP obtidos com o Sistema CR Campeiro, do talhão experimental, Alto Vera, Paraguai

| Variável | Média | D.P. | CV | | Patamar | Efeito Pepita | Alcance |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|---------|---------------|---------|
| | | | % | E% | | | |
| Argila | 35,47 | 8,116 | 22,88 | 6,61 | 65,86 | 43,06 | 200,00 |
| Potássio | 0,13 | 0,027 | 20,77 | 6,00 | 0,00 | 0,00 | 200,00 |
| Matéria Orgânica | 2,81 | 0,36 | 12,81 | 3,7 | 0,13 | 0,07 | 200,00 |
| Fósforo | 13,61 | 6,388 | 46,94 | 13,56 | 40,8 | 19,8 | 400,00 |
| Saturação de Bases | 47,42 | 6,461 | 13,63 | 3,94 | 41,47 | 24,12 | 200,00 |

D.P.= Desvio padrão. C.V.= Coeficiente de variação. E%= Erro porcentual.
Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

4.8.3 Parâmetros do Modelo

Logo após a recuperação do PAP, foi necessário definir os espaçamentos para a malha regular, que para os fins de validação foram de X=10 metros e Y=10 metros, sendo automaticamente gerados pelo *software* o número de linhas e colunas da malha.

Posteriormente, foi necessário informar o Raio de Pesquisa que é o limite da procura dos pontos amostrais, para calcular, por interpolação, os valores dos nós da malha. Para os MDT gerados foi definido o raio de 150 metros.

Na sequência, foi escolhido o tipo de modelo digital, para o caso da validação escolheram-se modelos de fertilidade e digitados os nomes para cada um dos modelos que foram gerados (Figura 21).

Estructuración del Modelo Digital

Coordenadas de la Esquina Superior Izquierda **Coordenadas de la Esquina Inferior Derecha**

E: 624115.66 N: 7043248.69 E: 625235.66 N: 7044208.69

Espaciamento en X y Y **Definición del Número de Líneas y Columnas**

X = 10 Y = 10 NL: 96 NC: 112

Radio de Pesquisa de Puntos de Muestreo **Tipo de Modelo Digital** **Año de Referencia**

Radio: 150 FERTILIDADE 2012

Identificación del MDT **Método de Interpolación**

Nombre: P_111_MDT Kriging - Ajuste Linear

Inverso del Cuadrado de la Distancia

Generar MDT

Figura 21 – Geração do Modelo Digital de Fósforo no Sistema CR Campeiro.
Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

4.8.4 Interpolação

Após a definição dos parâmetros da malha, deverá ser selecionado o procedimento estatístico de interpolação (Figura 21).

Na atual versão do Sistema Campeiro, são disponíveis os seguintes processos de interpolação: Krigagem–Ajuste Linear e o Inverso do Quadrado da Distância que segundo vários autores são os métodos de interpolação utilizados com maior destaque (CARVALHO; ASSAD, 2005; SILVA et al., 2008). O método da krigagem ou geoestatístico usa a dependência espacial entre amostras vizinhas, expressa no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima, sendo assim um estimador ótimo (CARVALHO; ASSAD, 2005).

No método do inverso do quadrado da distância, o fator de ponderação, como o nome já indica, é o inverso do quadrado da distância euclidiana entre o ponto conhecido e o estimado. Esse método é considerado simples e de fácil aplicação, seguro e relativamente preciso, desde que haja uma definição correta do raio de pesquisa e realizada a interpolação a partir de um único ponto próximo (MELLO et al., 2003; SILVA et al., 2008, GIOTTO 2007). Entretanto, Couto et al.(2002) relataram que tanto a krigagem, como o inverso do quadrado da distância apresentam destaque de utilização na inferência de dados, sendo que o melhor depende principalmente do atributo a ser estimado.

Na validação feita para o produtor no Paraguai foi utilizado o método de Inverso quadrado da distância para a construção dos MDT dos atributos do solo. Entre as vantagens do método, cita-se que utiliza pouco tempo de processamento computacional, em comparação com a Krigagem, e não estima valores fora da amplitude de variação dos dados amostrais, definida pelo $Z_{\text{máximo}}$ e $Z_{\text{mínimo}}$. (GIOTTO, 2007).

Na literatura existem controvérsias a respeito dos métodos geoestatísticos para determinar variabilidade espacial. Silva et al. (2008), estudando atributos químicos do solo, concluíram que a interpolação dos dados por krigagem apresentou uma melhor performance, visto que o inverso do quadrado da distância possuiu maior erro na estimação dos dados.

No entanto, o método do inverso do quadrado da distância também apresenta produto satisfatório, além de exigir uma análise mais simples, o que pode tornar o processo menos oneroso e, em alguns casos, proporcionar resultados semelhantes à krigagem. Kanegae Júnior et al. (2006) observaram uma maior redução na variância média e no erro da amostragem com o inverso do quadrado da distância em relação à krigagem ordinária na estratificação de povoamentos de eucalipto.

Souza G.S. et al. (2010), na comparação dos métodos analisando variabilidade dos atributos de solo, concluíram que a krigagem ordinária e o inverso do quadrado da distância foram eficientes na inferência de valores para locais não amostrados, sendo os dois métodos indicados para a espacialização de dados regionalizados referentes a atributos químicos do solo.

4.8.5 Análise de precisão do modelo

Após o processo de interpolação, com a estimativa do atributo, é realizada pelo sistema uma análise de desvios dos valores estimados em relação aos valores reais dos pontos amostrais e apresentado ao usuário a precisão, com a qual o modelo foi estruturado (Figura 22).

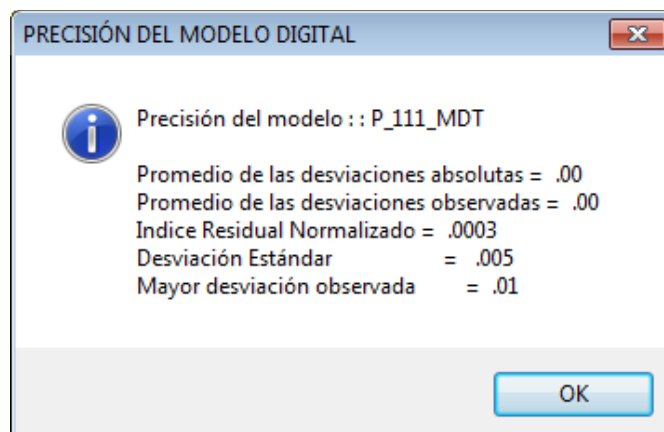


Figura 22 – Mensagem da Precisão do Modelo gerado no Sistema CR Campeiro.
Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

Constam nesta análise de precisão, a média dos desvios tomados de forma absoluta, a média aritmética dos desvios observados, o índice residual normalizado, o desvio padrão e o maior desvio observado no processo de ajuste.

Além desta apresentação da precisão do ajuste, foram gerados relatórios para cada modelo digital (Anexos B a F) com os dados amostrais, os dados estimados para cada modelo, a magnitude dos desvios em cada ponto amostral e, juntamente,

são apresentados os elementos da análise de precisão acima especificados com os parâmetros do modelo digital

Posteriormente, o sistema gera na tela de visualização um mapa do modelo com intervalos pré-fixados, como se pode enxergar na figura 23.

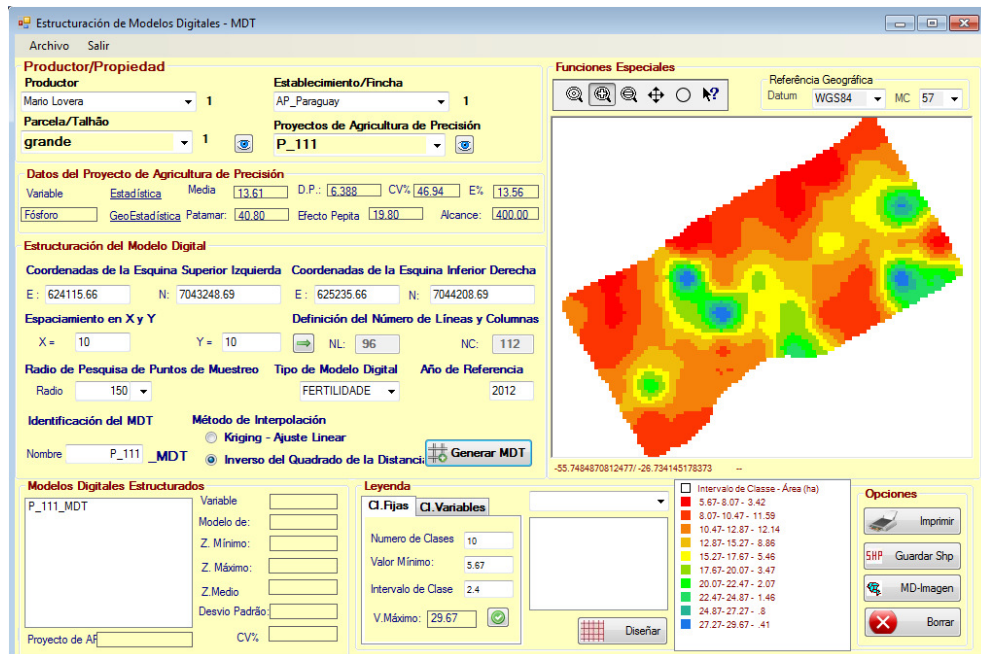


Figura 23 – Apresentação do MDT gerado no Sistema CR Campeiro do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai.

Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

4.9 Visualização de Modelos Digitais do Terreno

O procedimento inicial para estruturar a visualização dos modelos digitais foi recuperar o talhão no quadro de identificação do produtor e da fazenda. Ao proceder esta recuperação, foi apresentado o desenho do talhão e todos os modelos digitais estruturados nele (Figura 24).

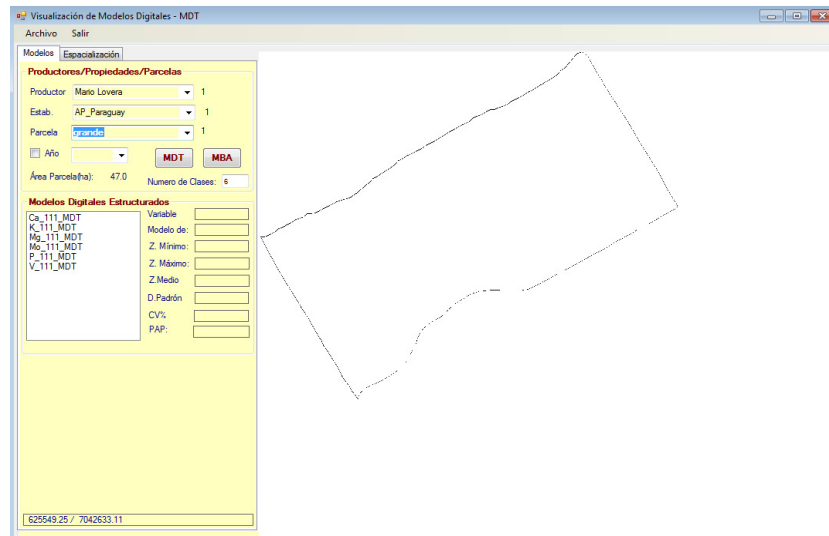


Figura 24 – Tela de Visualização de Modelos Digitais com o desenho do perímetro do talhão experimental recuperado no Sistema CR Campeiro.

Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

Na sequência, foi selecionado o modelo digital no quadro de lista. Com a seleção são recuperados e apresentados o PAP, os limites do modelo digital em termos de valores máximo e mínimo do atributo, no quadro de Mapas de Modelos Digitais, uma estruturação padrão de visualização em Classes Fixas (CF), de seis classes que são definidas a partir do valor mínimo, cujo intervalo entre classes é calculado pela amplitude de variação do atributo no MD, dividido pelo número de classes padrão (Figura 25).

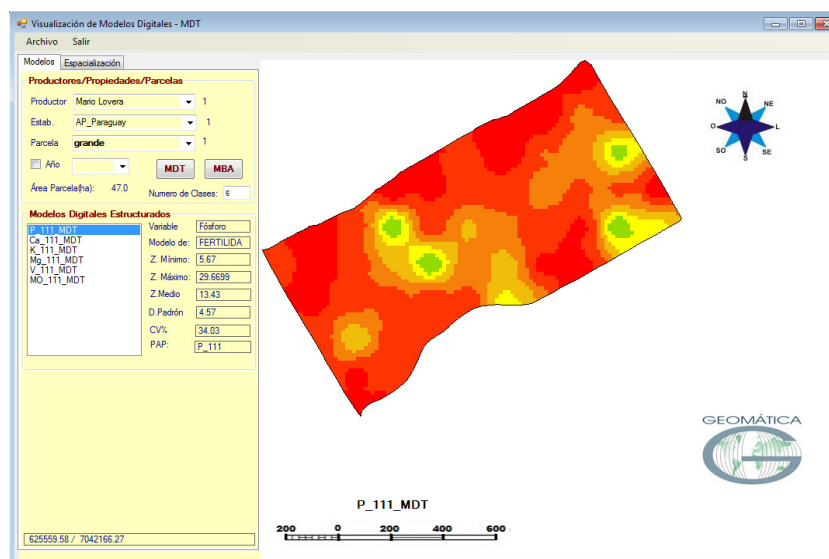


Figura 25 – Operação básica de recuperação do Modelo Digital de Fósforo do Talhão Experimental no Sistema CR Campeiro.

Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

A visualização do modelo digital no Sistema CR Campeiro pode ser feita através de três tipos de classes aplicadas a qualquer modelo digital que são classes fixas, classes variáveis e classes percentuais.

Além destas classes, tem-se a opção de visualização por níveis de interpretação de acordo com a Comissão Estadual de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (COMISSÃO, 2004), também nos critérios de interpretação de análise de solos de regiões do Cerrado, de acordo com entidades de pesquisa como a Embrapa, Fundação MS, Universidade Federal do Mato Grosso entre outros, e para os fins de adaptação do *software* para o Paraguai foram inseridos os níveis de interpretação dos atributos de solos utilizados no país (Figura 26)

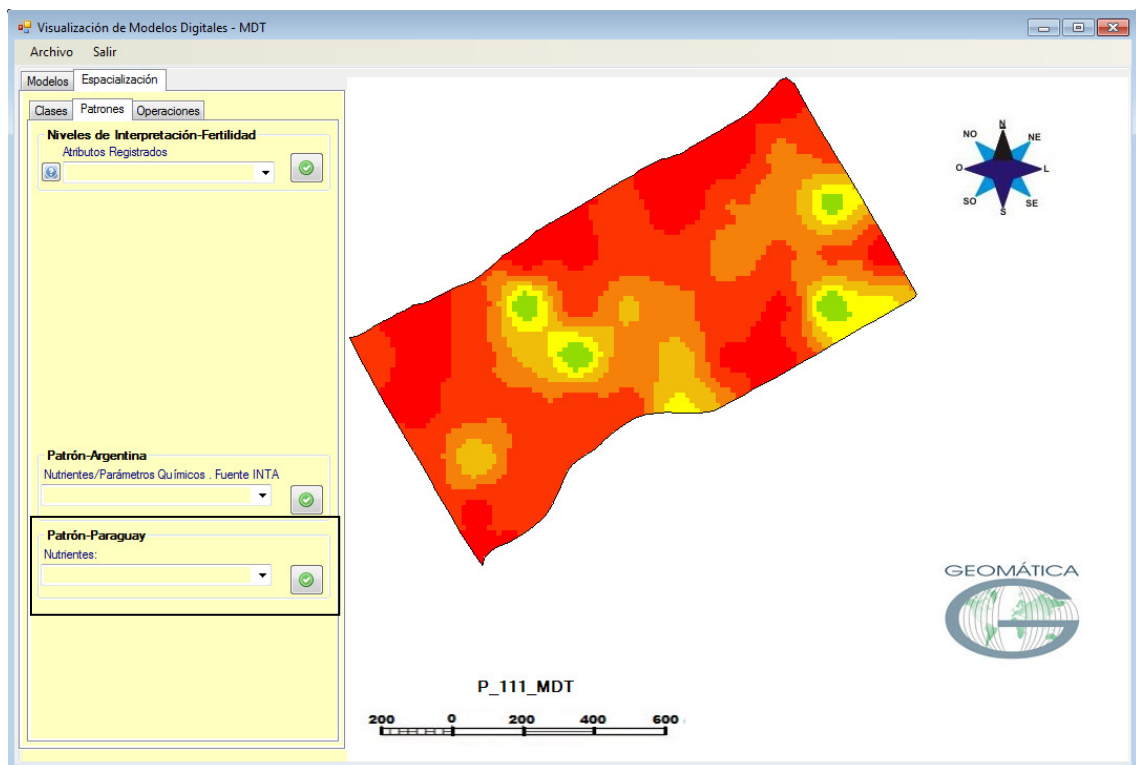


Figura 26 – Tela de Opções de Visualização por Critérios de Interpretação segundo diferentes padrões.

Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

4.9.1 Função de Visualização por Critério de Interpretação de Análises de Solo – Paraguai

Esta função é baseada nos critérios de interpretação de análise de solos do Paraguai, de acordo com os níveis utilizados no Programa de Manejo de Solos da Cooperativa Colônias Unidas (HAHN, 2009), que foram adaptados de Wendling (2005), Cubilla (2005), Barreto (2008) e Hahn (2008) em que cada nível corresponde a uma classe de visualização. Estes níveis têm limites estabelecidos que foram caracterizados como muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

Assim, cada atributo de solo inserido possui um limite mínimo e um limite máximo e corresponderá a uma classe de visualização segundo os critérios do Paraguai.

Para utilizar esta função é necessário que as unidades dos elementos químicos que deram origem aos modelos digitais correspondam às unidades definidas nos níveis de interpretação do critério de análise.

As classes de interpretação estão pré-definidas para os solos do Paraguai e para os diversos elementos químicos das análises de solo.

O primeiro exemplo mostra a visualização de um modelo de Fósforo para o talhão experimental (Figura 27). Na Figura se observa a variação espacial do modelo de fósforo com os valores expressados em mg.kg^{-1} . Dos 47,06 hectares do talhão experimental, 3,01 hectares foram situados no nível baixo, 18,55 hectares no nível médio, 24,04 hectares no nível alto e 1,46 hectares no nível muito alto. Sendo o modelo que apresentou maior coeficiente de variação (Tabela 4).

Estudos acerca da variabilidade espacial dos atributos do solo dos talhões de produtores da Cooperativa Colônias Unidas no Paraguai alertam da existência de ampla variabilidade, sobretudo no fósforo com coeficientes de variação altos entre 35 e 50% devido a elevada utilização de fertilizantes formulados com alto percentual do nutriente como 18-46-00 e 00-30-10 na linha de semeadura (HAHN, 2011). O talhão trabalhado nesta validação também possui um uso intensivo dos fertilizantes fosfatados, que poderia causar o maior Coeficiente de Variação, de 46,9% entre os atributos estudados.

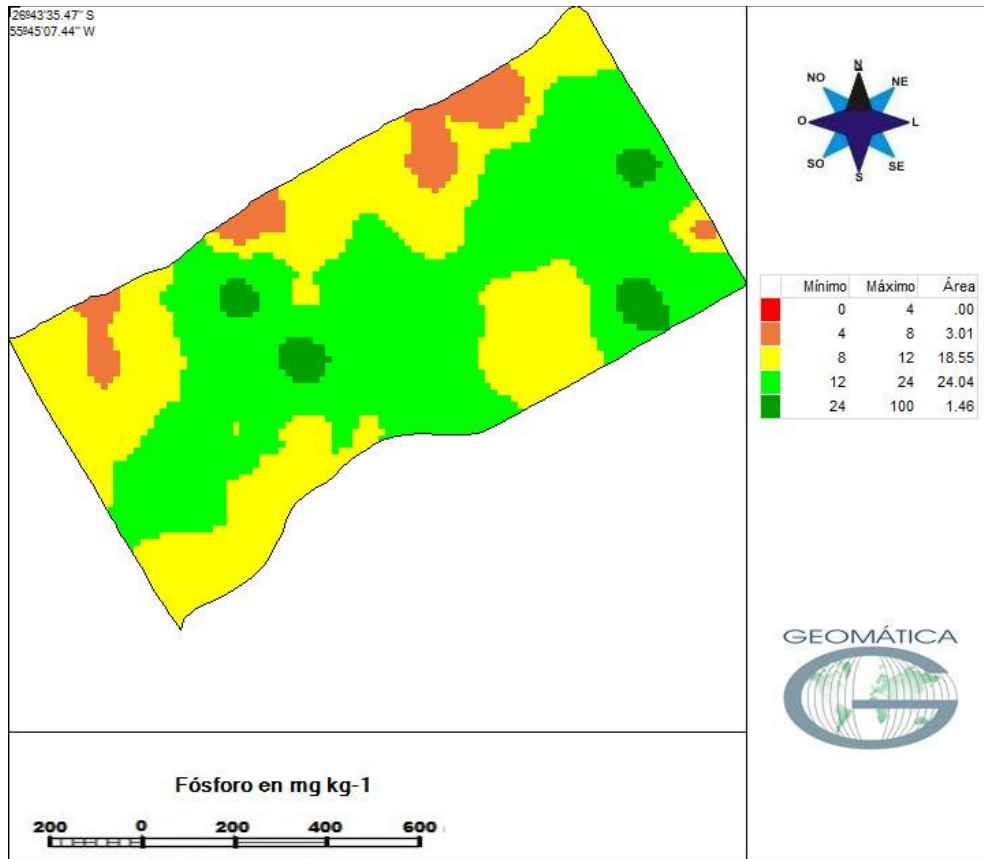


Figura 27 – Mapa de Fertilidade de Fósforo obtido com o Sistema CR Campeiro do talhão experimental. Alto Verá, Paraguai.
Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

O solo do talhão experimental pertence ao Latossollo Vermelho (EMBRAPA, 2006) solos com percentual alto de argila. López et al. (1995) definiram a região que abarca Alto Verá como uma região com declives, com variabilidade de argila entre 30 e 60% dependendo de sua topografia e material de origem.

Na figura 28 do talhão estudado, verificou-se uma média de 35,47% característico da região. Analisando a variabilidade espacial em argila do talhão, somente três hectares foram encontrados com teores acima de 40% (nível médio) e o restante de 44 hectares, com valores entre 20 e 40% de argila no solo (nível baixo).

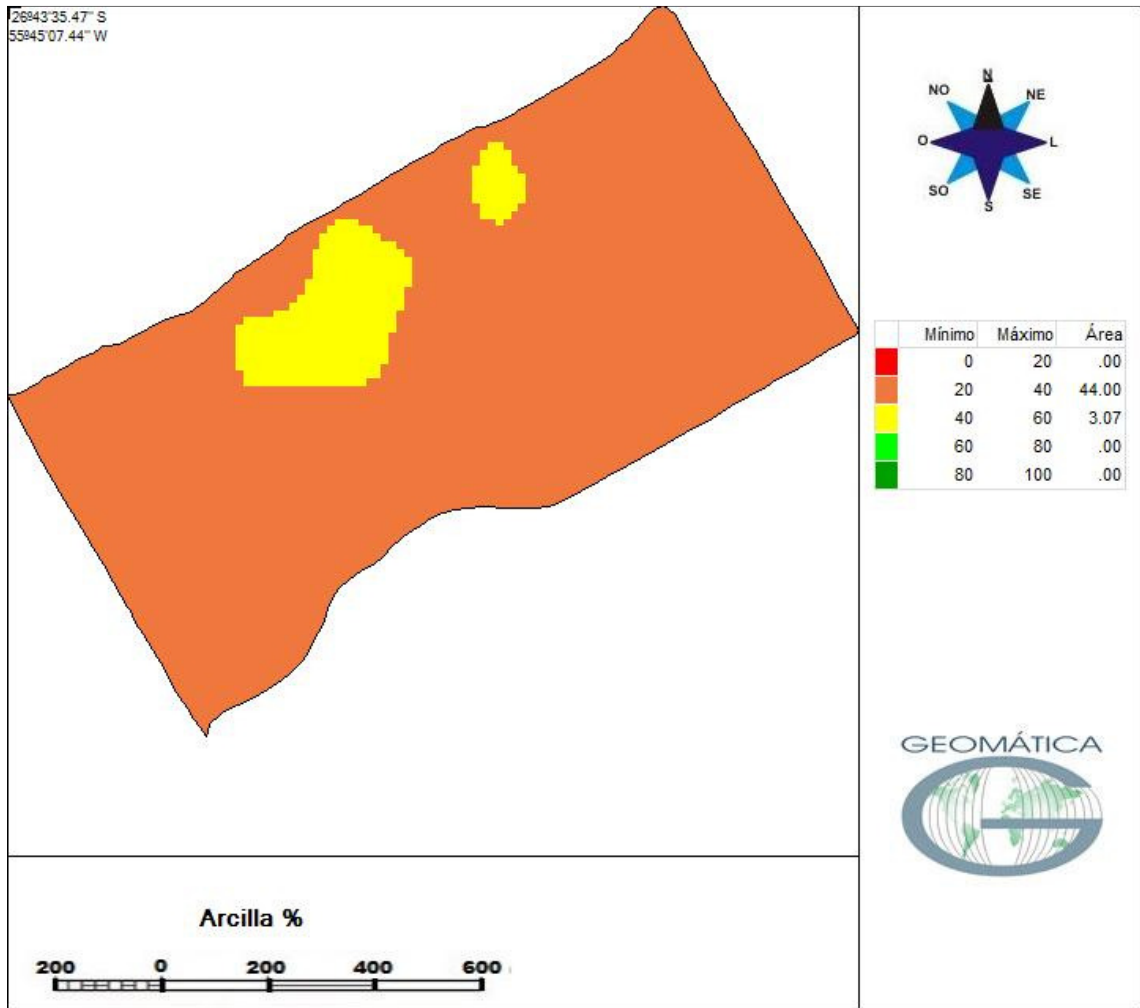


Figura 28 – Mapa de Fertilidade de Argila obtido com o Sistema CR Campeiro do talhão experimental. Alto Verá, Paraguai.

Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

Na figura 29, observa-se o mapa de Matéria Orgânica do solo em porcentagem, com 1,66 hectares no nível baixo, 44,41 no nível médio e um hectare no nível alto, sendo o modelo que apresentou menor coeficiente de variação (Tabela 4). Hahn e Bonussi (2010) demonstraram dados semelhantes com uma pesquisa de diagnóstico em mais de 200 talhões, que na região da Cooperativa Colônias Unidas a maioria dos talhões trabalhados sob plantio direto se situam com níveis médios de matéria orgânica entre 2,5 e 3,5, por mais que já tenham 20 anos do sistema plantio direto consolidado, não foram encontrados níveis altos. Os autores recomendaram a realização de análise de solos detalhados para conhecer a variabilidade da matéria orgânica e sua evolução.

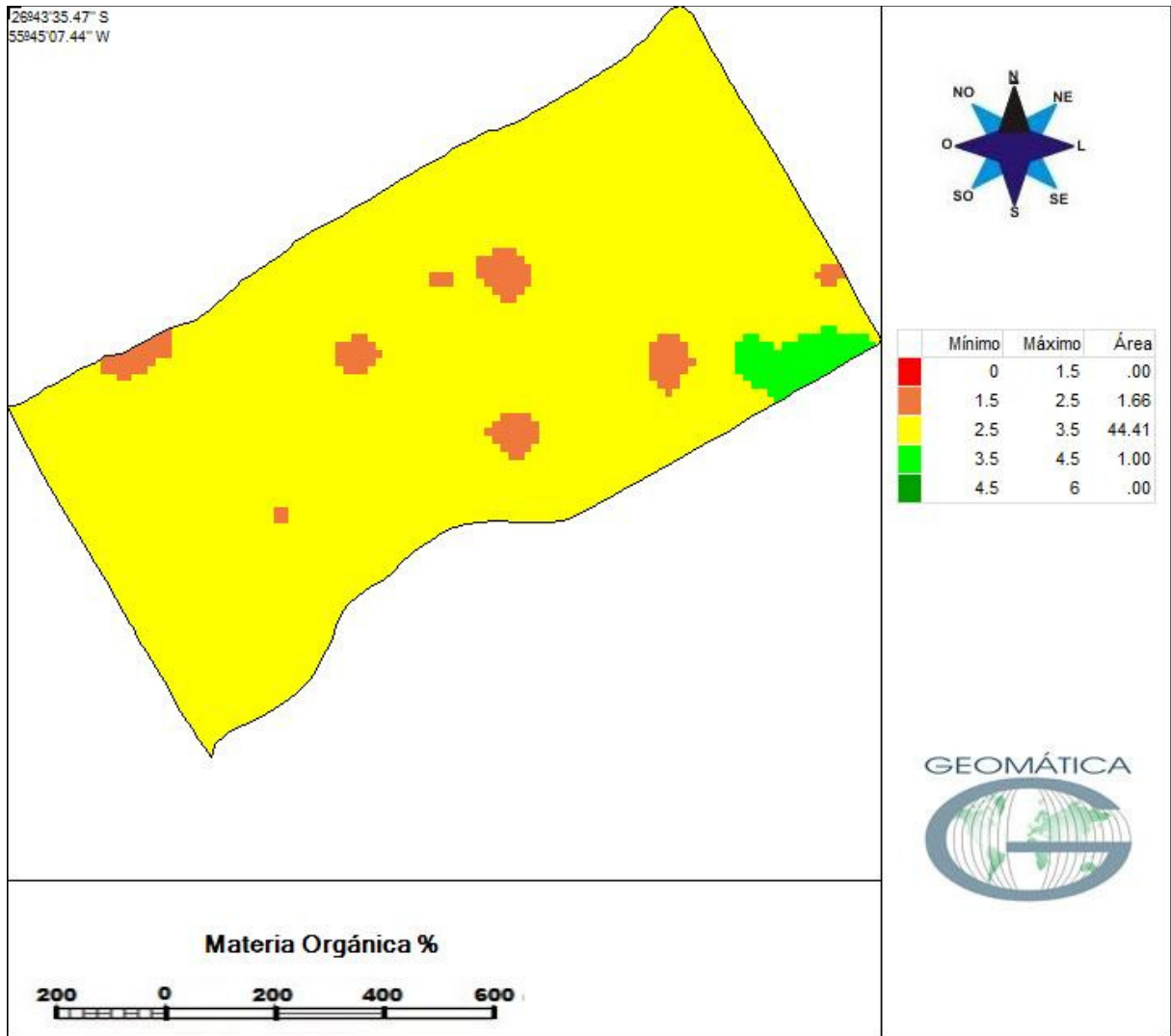


Figura 29 – Mapa de Fertilidade de Matéria Orgânica do Solo obtido com o Sistema CR Campeiro do talhão experimental. Alto Verá, Paraguai.
Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

O uso do sistema Campeiro auxiliando o sistema de informação geográfica para realização de mapas de matéria orgânica do solo seria de utilidade e uma boa ferramenta no diagnóstico e no controle da evolução espacial e temporal da matéria orgânica nos solos do Paraguai.

Igualmente num diagnóstico feito no Paraguai, o Potássio apresentou deficiência nos solos em um percentual de 50% dos 209 talhões estudados (HAHN; BONUSSI, 2010). Sendo assim, recomenda-se a construção de sua fertilidade nas áreas deficientes.

No talhão analisado nesta validação também foi encontrado em torno de 30% da área com deficiência de potássio (Figura 30) e fazer sua correção por sitio

específico com ajuda do diagnóstico e prescrição com o sistema CR Campeiro melhoraria a eficiência no uso de fertilizante potássio, sendo esta técnica importante pela economia que geraria nas atividades dos produtores agrícolas paraguaios.

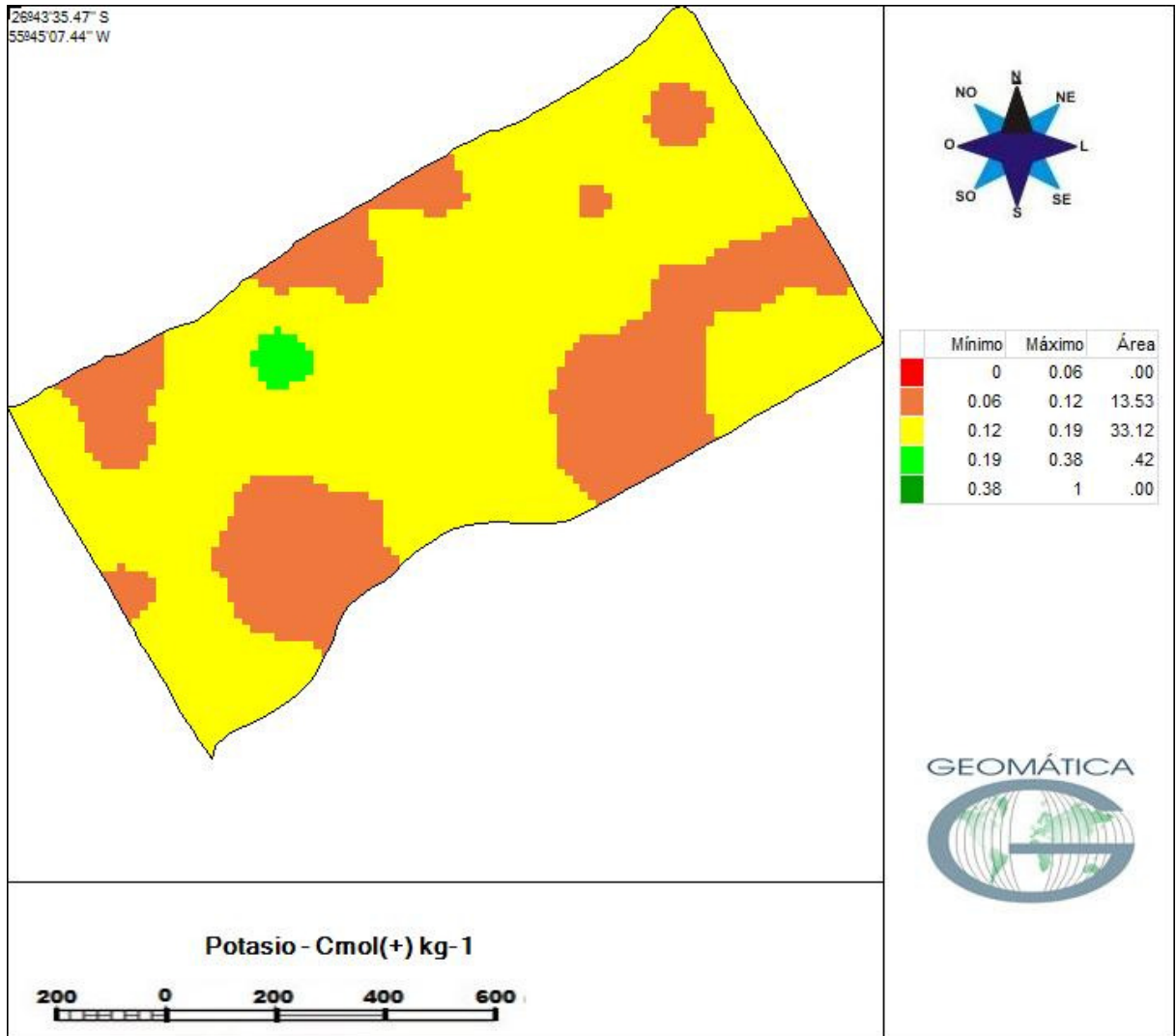


Figura 30 – Mapa de Fertilidade de Potássio obtido com o Sistema CR Campeiro do talhão experimental. Alto Verá, Paraguai.

Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

O método da Saturação de Bases para realizar correção da acidez do solo com calcário é o mais utilizado na agricultura paraguaia, a maioria dos talhões agrícolas precisam elevar sua saturação para 60% visando obter altas produtividades (HAHN; BONUSSI, 2010).

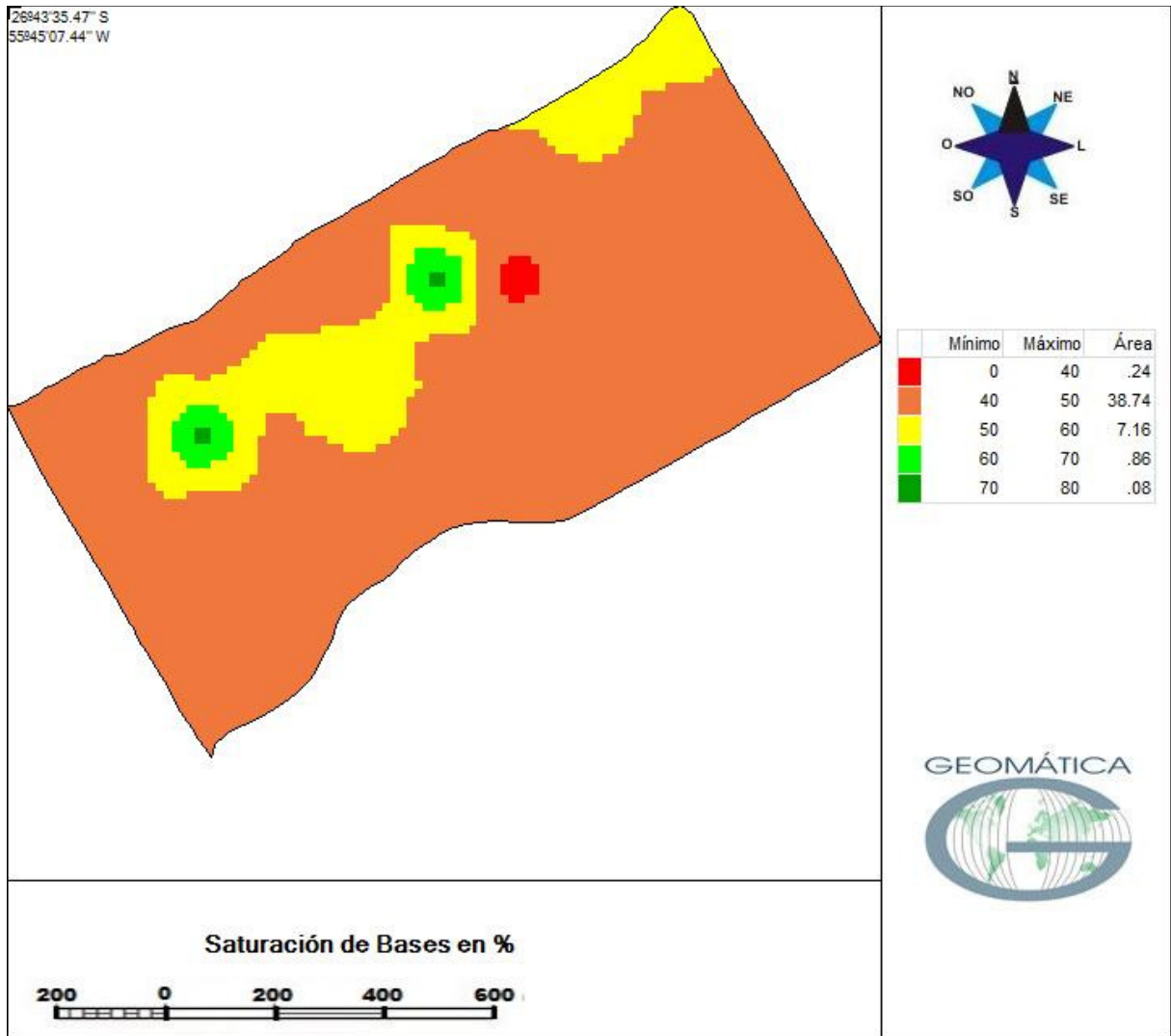


Figura 31 – Mapa de Fertilidade de Saturación de Bases obtido com o Sistema CR Campeiro do talhão experimental. Alto Verá, Paraguai.
Fonte: Sistema CR Campeiro 7.18

A respeito do talhão estudado, verificou-se saturação de bases com valores que foram de 0,24 hectares no nível muito baixo, 38,74 hectares no nível baixo, 7,16 hectares no nível médio, 0,86 hectares no nível alto e 0,08 hectares no nível muito alto (Figura 31). Hahn (2011) alerta que o uso de corretivos de acidez para os solos paraguaios com a tecnologia de AP é uma atividade promissora e uma necessidade atual, já que poderia gerar economia de até 40% comparando com a correção tradicional pela média e, assim, também, a otimização aplicando a quantidade adequada no lugar correto.

5 CONCLUSÕES

O Sistema CR Campeiro demonstrou eficiência como ferramenta para gestão de operações de Agricultura de Precisão validado para o Paraguai, apresentando adaptabilidade na regionalização do sistema com a inclusão dos Departamentos, distritos e outros critérios necessários para o cadastramento dos produtores paraguaios.

O trabalho permitiu a inserção no sistema dos níveis de fertilidade dos diversos atributos da fertilidade de solo para a geração dos mapas de fertilidade segundo critérios calibrados com pesquisas locais no Paraguai.

Foram validadas as ferramentas de Agricultura de Precisão do Sistema com o estudo de caso realizado com um talhão e um produtor do Paraguai aportando um tutorial do funcionamento das mudanças realizadas para a validação do sistema no país com suas respectivas adaptações e as traduções feitas ao espanhol.

Finalmente o trabalho possibilitou a utilização satisfatória do Sistema CR Campeiro 7 em grande escala no Paraguai, com os produtores da Cooperativa Colônias Unidas.

REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C. et al. **Projeto Aquarius-Cotrijal: pólo de AP**. Revista Plantio Direto, Passo Fundo, v. 91, n. 1, p. 39- 47, jan./fev. de 2006.

AMARAL, A. S; ANGHINONI, I. **Alterações de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto**. Pesq. Agropec. Bras., 36:695-702, 2001.

BANCO CENTRAL DEL PARAGUAI (BCP) **Sistema de Cuentas Nacionales del Paraguay Año Base 1994 - SERIE 2001 – 2010**. Asunción, 2011

BARRETO, U. **Recomendações de Fertilização Fosfatada e Potássica para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. 2008.

BONGIOVANNI R. E. C; MANTOVANI, S. Best y A. Roel (eds.). **Agricultura de Precisión**: Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable. PROCISUR/IICA. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico y Agroindustrial del Cono Sur. Montevideo, Uruguay. ISBN 92-9039-741-1; 244 p. 2006

CAPECO **Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas**. Aceso em 11-01-2012 <http://www.capeco.org.py/>

CARVALHO, J. R. P; ASSAD, E. D. **Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo**: comparação de métodos de interpolação. Engenharia Agrícola, v. 25, n. 2, p. 377-384, 2005.

CASSOL, L.C., ANGHINONI, I. Alterações nas características de um solo podzólico vermelho-escuro após quatro anos de cultivo nos sistemas de plantio direto e convencional. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, VIÇOSA, 25, 1995. **Resumos...** Viçosa : SBCS, 1995. 2429p. p.1843-1844.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

COUTO, E. G; SCARAMUZZA, J. F; MARASCHINI, L. **Influência dos métodos de interpolação dos dados nos mapas usados na agricultura de precisão.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2002, Viçosa. Anais... Viçosa: SIAP, 2002. p. 1-5.

CUBILLA, M. M. C. **Calibração visando recomendações de fertilização fosfatada para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai.** 97 f. Mestrado em Ciência do Solo – Universidade Federal de Santa Maria. 2005.

DALLMEYER, A.U; SCHLOSSER, J. F. **Mecanización para la agricultura de precisión.** In: BLU, R. O; MOLINA, L. F. Agricultura de precisión - Introducción al manejo sitio específico. Chillán-Chile : INIA, 1999. Cap.3, p.75-104.

DE LLAMAS, P. **Zonificación agroecológica del cultivo de la mandioca en la República del Paraguay.** Tesis de Maestría em Ciencias. Colegio de Postgraduados, Instituto de Enseñanza e Investigación em Ciencias Agrícolas, Centro de Edafología. Montecillo, México. 1990.

DERPSCH R.; FRIEDRICH T. **Global overview of Conservation Agriculture No tilladoption.** In: IV Congresso Mundial da Agricultura Conservacionista. 2009. Disponível na Internet: <http://www.wccagri.ernet.in/>.

DIRECCIÓN DE CENSOS Y ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS (DCEA) Ministerio de Agricultura y Ganadería. **Censo Agropecuario Nacional.** 2.008.

DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA, ENCUESTAS Y CENSOS "**Atlas Censal Del Paraguay 2002.** Disponível na internet em http://www.dgeec.gov.py/Publicaciones/Biblioteca/Atlas%20Censal%20del%20Paraguay/atlas_censal_paraguay.html. Acesso em 16-01-2012

DOBERMANN, A; PING, J.L. **Geostatistical integration of yield monitor data and remote sensing improves yield maps.** Agronomy Journal, Madison, v.96, n.1, p.285-297, 2004.

ELIAS, A. I; CAMARGO, J. R. **O estado da arte da Agricultura de Precisão no Brasil.** – Piracicaba: L. A. Balastreire, 2000.

EMBRAPA: SEMINÁRIO TEMÁTICO. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO, I. **Tecnologia em mecanização no Brasil: Equipamentos e sistemas para o futuro,** Sete Lagoas-MG,1997. 35p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FATECHA, A. **Guía para la fertilización de cultivos anuales e perennes de la región Oriental del Paraguay**. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Subsecretaría de Estado de Agricultura, Dirección de Investigación Agrícola. Caacupe, Paraguay, 1999.

FATECHA, D.A. **Clasificación de la fertilidad, acidez activa (pH) y necesidad de cal agrícola de los suelos de la región oriental del Paraguay**. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Tesis como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. San Lorenzo, Paraguay, 2004.

GERT-JAN STADS Y VÍCTOR SANTANDER. **Paraguay Indicadores de Ciencia y Tecnología Agrícola**. ASTI. Cuaderno de país no 40. 2008

GRASSI B. **Atlas Climático Del Chaco Paraguayo**. Fundación para el Desarrollo Sustentable Del Chaco, p8-31. 2005.

GIOTTO, E. **Manual do Campeiro 2.0. Sistema de gerenciamento agropecuário**. Santa Maria, UFSM, CCR, Departamento de Engenharia Rural, FATEC, 1997. 159 p.

GIOTTO, E. et al. **A Agricultura de Precisão com o Sistema CR Campeiro 6**. Santa Maria, UFSM, CCR, Departamento de Engenharia Rural, FATEC, 2007. 308 p.

GIOTTO, E. Projeto CR Campeiro (2011). **Curso de Treinamento em Agricultura de Precisão Apresentação do Projeto Campeiro**. Disponível em <http://www.crcampeiro.net/moodle/SEMANA1/aula22.htm> acessado el 9-01-2012

HAHN, E. **Recomendação de Nitrogênio, Fósforo e Potássio para girassol Sob Sistema Plantio Direto no Paraguai**. 2008. 97 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria.

HAHN, E. **GH Projetc – Software para el gerenciamento de recepción de muestras, interpretación de análisis laboratorial y recomendación de correctivos y fertilización em suelos y cultivos de la Región Oriental**. 2009

HAHN, E; BONUSSI, D. **Interpretación y diagnóstico de niveles de fertilidad de suelos agrícolas sobre siembra directa en la zona de influencia de la Cooperativa Colonias Unidas (Paraguay)**. International Plant Institute (IPNI). Informaciones Agronómicas N° 45. 2010.

HAHN, E. **Avances en manejo sitio-específico de suelos en el Paraguay**. International Plant Institute (IPNI). Informaciones Agronómicas N° 4. 2011.

INBIO Instituto de Biotecnología Agrícola. **Estimación de Superficie Campaña Agrícola 2.010/2011**. Disponible em <http://www.inbio.org.py>. Acceso em 11-01-2012.

IICA INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA. **La ruralidad y los territorios agrários Del Paraguay**. 2011. 196p.

KANEGAE JÚNIOR et al. **Avaliação de interpoladores estatísticos e determinísticos como instrumento de estratificação de povoamentos clonais de Eucaliptus sp**. Cerne, v. 12, n. 2, p. 123-136, 2006.

KLEPKER, D; ANGHINONI, I. **Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação**. R. Bras. Ci. Solo, 19:395-401, 1995.

KOPPEN W. **Walter de Gruyter Publishers**, Berlín, Germany.1931, 338p.

LÓPEZ, O.E; GONZALEZ, E; DE LLAMAS, P.A; MOLINAS,A.S; FRANCO, E.S; GARCIA, S; RIOS, E. **Estudio de Reconocimiento de Suelos, Capacidad de Uso de la Tierra y Propuesta de Ordenamiento Territorial Preliminar de la Región Oriental del Paraguay**. Asunción, MAG /Subsecretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente /Banco Mundial, 1995. 246p.

MANTOVANI, E.C; QUEIROZ, D.M; DIAS, G. P. **Máquinas e operações utilizadas na agricultura de precisão**. In: SILVA,F. M. da.(Coord.). Mecanização e agricultura de precisão.Poços de Caldas : UFLA/SBEA, 1998. p.109-157.

MELLO, C. R. et al. **Modelos matemáticos para predição da chuva de projeto para regiões do Estado de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, n. 1, p. 121-128, 2003

MERCANTE, E; URIBE-OPAZO, M.A; JOHANN, J.A; SOUZA, E.G. **Variabilidade temporal da produtividade da soja em uma área experimental com e sem manejo químico localizado**. In: R. Bras. Ci. Solo, 27:1149-1159, 2003.

MORIYA, K. **Erosion actual y potencial del suelo en Paraguay** (Ministero de Agricultura y Ganaderia, Asuncion (Paraguay). 1994. p. 175-184.

MORIYA, K; DERPSCH, R; FLORENTÍN M. A. **Importancia de la siembra directa para alcanzar la sustentabilidad agrícola**. Proyecto Conservación de Suelos MAG-GTZ, DEAG, San Lorenzo, Paraguay, 40 pp 2000

PEREIRA, Nonô. **Importância do Plantio Direto**. Revista Plantio Direto. Edição no 77– Setembro-Outubro, 2003. Passo Fundo: Editora Aldeia Norte, p. 8.

PHILLIPS, S.H; YOUNG JUNIOR, H. M. **No-tillage farming**. Milwaukee, Reimam Associates, 1973. 224p.

PIRES, J. L. F; CUNHA G. R. da; PASINATO, A; FRANCA, S; RAMBO, L. **Discutindo agricultura de precisão: aspectos gerais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 18 p.

SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE (SEAM); INSTITUTO FEDERAL DE GEOCIÊNCIAS Y RECURSOS NATURALES (BGR- Hannover). Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní. 2009

SILVA, S. A. et al. **Avaliação de interpoladores estatísticos e determinísticos na estimativa de atributos do solo em agricultura de precisão**. Idesia, v. 26, n. 2, p. 75-81, 2008.

SOUZA, L. S. **Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. 162p. (Tese de Doutorado).

SOUZA, G. S; LIMA J. S; XAVIER A. C; ROCHA W. S. D. **Krigagem Ordinária e Inverso do Quadrado da Distância Aplicados na Espacialização de Atributos Químicos de um Argissolo**. Scientia Agraria, Curitiba, v.11, n.1, p.073-081, Jan./Feb. 2010.

TIEPPO, R. C. et al. **Avaliação de diferentes interpoladores na geração de mapas temáticos da produtividade de soja em agricultura de precisão**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 4., 2007, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV/CNPMS/SBEA, 2007. p. 1-4.

WENDLING, A. 2005. **Recomendação de nitrogênio e potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai**. Universidad Federal de Santa María, Santa María, Brasil (Dissertação de Mestrado).

ANEXOS

Anexo A – Relatório da malha de amostragem do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai.



Grilla de Muestro
 Grilla Rectangular
 Grilla Estructurada - Puntos generados en la grilla
 Productor: Mario Lovera
 Establecimiento: AP_Paraguay
 Parcela: grande

Tamaño del Grid: 1 hectáreas

| Número-Código | E (m) | N (m) | Longitud | Latitud |
|---------------|-----------|------------|---------------|---------------|
| 001 - 001009 | 624965.69 | 7043198.50 | 55°44'36.74'' | 26°43'36.76'' |
| 002 - 002008 | 624865.69 | 7043098.50 | 55°44'40.32'' | 26°43'40.47'' |
| 003 - 002009 | 624965.69 | 7043098.50 | 55°44'36.70'' | 26°43'40.15'' |
| 004 - 002010 | 625065.69 | 7043098.50 | 55°44'33.88'' | 26°43'39.98'' |
| 005 - 003006 | 624665.69 | 7042998.50 | 55°44'47.52'' | 26°43'43.36'' |
| 006 - 003007 | 624765.69 | 7042998.50 | 55°44'43.90'' | 26°43'43.32'' |
| 007 - 003008 | 624865.69 | 7042998.50 | 55°44'40.29'' | 26°43'43.29'' |
| 008 - 003009 | 624965.69 | 7042998.50 | 55°44'36.67'' | 26°43'43.26'' |
| 009 - 003010 | 625065.69 | 7042998.50 | 55°44'33.53'' | 26°43'43.23'' |
| 010 - 004004 | 624465.69 | 7042898.50 | 55°44'54.73'' | 26°43'46.67'' |
| 011 - 004005 | 624565.69 | 7042898.50 | 55°44'51.11'' | 26°43'46.64'' |
| 012 - 004006 | 624665.69 | 7042898.50 | 55°44'47.49'' | 26°43'46.61'' |
| 013 - 004007 | 624765.69 | 7042898.50 | 55°44'43.87'' | 26°43'46.57'' |
| 014 - 004008 | 624865.69 | 7042898.50 | 55°44'40.25'' | 26°43'46.54'' |
| 015 - 004009 | 624965.69 | 7042898.50 | 55°44'36.63'' | 26°43'46.51'' |
| 016 - 004010 | 625065.69 | 7042898.50 | 55°44'33.17'' | 26°43'46.48'' |
| 017 - 004011 | 625165.69 | 7042898.50 | 55°44'29.39'' | 26°43'46.45'' |
| 018 - 005002 | 624265.69 | 7042798.50 | 55°45'01.93'' | 26°43'49.98'' |
| 019 - 005003 | 624365.69 | 7042798.50 | 55°44'58.31'' | 26°43'49.95'' |
| 020 - 005004 | 624465.69 | 7042798.50 | 55°44'54.69'' | 26°43'49.92'' |
| 021 - 005005 | 624565.69 | 7042798.50 | 55°44'51.76'' | 26°43'49.89'' |
| 022 - 005006 | 624665.69 | 7042798.50 | 55°44'47.45'' | 26°43'49.86'' |
| 023 - 005007 | 624765.69 | 7042798.50 | 55°44'43.83'' | 26°43'49.82'' |

| | | | | |
|--------------|-----------|------------|---------------|---------------|
| 024 - 005008 | 624865.69 | 7042798.50 | 55°44'40.21'' | 26°43'49.79'' |
| 025 - 005009 | 624965.69 | 7042798.50 | 55°44'36.60'' | 26°43'49.76'' |
| 026 - 005010 | 625065.69 | 7042798.50 | 55°44'32.98'' | 26°43'49.73'' |
| 027 - 005011 | 625165.69 | 7042798.50 | 55°44'29.36'' | 26°43'49.69'' |
| 028 - 006001 | 624165.69 | 7042698.50 | 55°45'05.51'' | 26°43'53.26'' |
| 029 - 006002 | 624265.69 | 7042698.50 | 55°45'01.89'' | 26°43'53.23'' |
| 030 - 006003 | 624365.69 | 7042698.50 | 55°44'58.27'' | 26°43'53.20'' |
| 031 - 006004 | 624465.69 | 7042698.50 | 55°44'54.66'' | 26°43'53.17'' |
| 032 - 006005 | 624565.69 | 7042698.50 | 55°44'51.41'' | 26°43'53.14'' |
| 033 - 006006 | 624665.69 | 7042698.50 | 55°44'47.42'' | 26°43'53.10'' |
| 034 - 006007 | 624765.69 | 7042698.50 | 55°44'43.80'' | 26°43'53.77'' |
| 035 - 006008 | 624865.69 | 7042698.50 | 55°44'40.18'' | 26°43'53.45'' |
| 036 - 006009 | 624965.69 | 7042698.50 | 55°44'36.56'' | 26°43'53.13'' |
| 037 - 007002 | 624265.69 | 7042598.50 | 55°45'01.86'' | 26°43'56.48'' |
| 038 - 007003 | 624365.69 | 7042598.50 | 55°44'58.24'' | 26°43'56.45'' |
| 039 - 007004 | 624465.69 | 7042598.50 | 55°44'54.62'' | 26°43'56.42'' |
| 040 - 007005 | 624565.69 | 7042598.50 | 55°44'51.55'' | 26°43'56.39'' |
| 041 - 007006 | 624665.69 | 7042598.50 | 55°44'47.38'' | 26°43'56.35'' |
| 042 - 007007 | 624765.69 | 7042598.50 | 55°44'43.76'' | 26°43'56.32'' |
| 043 - 008002 | 624265.69 | 7042498.50 | 55°45'01.82'' | 26°43'59.73'' |
| 044 - 008003 | 624365.69 | 7042498.50 | 55°44'58.20'' | 26°43'59.70'' |
| 045 - 008004 | 624465.69 | 7042498.50 | 55°44'54.58'' | 26°43'59.67'' |
| 046 - 009003 | 624365.69 | 7042398.50 | 55°44'58.17'' | 26°44'02.95'' |
| 047 - 009004 | 624465.69 | 7042398.50 | 55°44'54.55'' | 26°44'02.92'' |

Anexo B – Relatório da Geoestatística do Modelo Digital do Terreno de Fósforo do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai



Estructuración de Modelos Digitais do Terreno

 Interpolador - Inverso del cuadrado de la distancia
 Nombre del modelo - P_111_MDT
 Proyecto de Agricultura de Precisión - P_111
 Variable - Fósforo
 Tipo de modelo- FERTILIDADE
 Datos del Modelo
 E inicial - 624115.66
 E final - 625235.66
 N inicial - 7043248.69
 N final - 7044208.69
 Espaciamiento entre columnas - 10
 Espaciamiento entre líneas - 10
 Número de líneas - 96
 Número de columnas - 112
 Radio de búsqueda - 150 metros

| Punto | Dato | Calculado | Diferencia | Coord. E m | Coord. N m |
|-------|-------|-----------|------------|------------|------------|
| 1 | 8.31 | 8.31 | .00 | 624965.69 | 7043198.50 |
| 2 | 5.67 | 5.67 | .00 | 624865.69 | 7043098.50 |
| 3 | 15.03 | 15.03 | .00 | 624965.69 | 7043098.50 |
| 5 | 10.09 | 10.09 | .00 | 624665.69 | 7042998.50 |
| 6 | 6.51 | 6.51 | .00 | 624765.69 | 7042998.50 |
| 7 | 13.85 | 13.85 | .00 | 624865.69 | 7042998.50 |
| 8 | 16.81 | 16.81 | .00 | 624965.69 | 7042998.50 |
| 9 | 27.69 | 27.68 | -.01 | 625065.69 | 7042998.50 |
| 10 | 6.92 | 6.93 | .01 | 624465.69 | 7042898.50 |
| 11 | 8.31 | 8.31 | .00 | 624565.69 | 7042898.50 |
| 12 | 12.81 | 12.81 | .00 | 624665.69 | 7042898.50 |
| 13 | 10.5 | 10.50 | .00 | 624765.69 | 7042898.50 |
| 14 | 17.01 | 17.01 | .00 | 624865.69 | 7042898.50 |
| 15 | 12.66 | 12.66 | .00 | 624965.69 | 7042898.50 |
| 16 | 12.46 | 12.47 | .01 | 625065.69 | 7042898.50 |
| 17 | 7.32 | 7.33 | .01 | 625165.69 | 7042898.50 |
| 18 | 7.52 | 7.52 | .00 | 624265.69 | 7042798.50 |
| 19 | 12.26 | 12.26 | .00 | 624365.69 | 7042798.50 |

| | | | | | |
|----|-------|-------|------|-----------|------------|
| 20 | 29.4 | 29.39 | -.01 | 624465.69 | 7042798.50 |
| 21 | 10.92 | 10.93 | .01 | 624565.69 | 7042798.50 |
| 22 | 18.59 | 18.59 | .00 | 624665.69 | 7042798.50 |
| 23 | 14.24 | 14.24 | .00 | 624765.69 | 7042798.50 |
| 24 | 10.68 | 10.68 | .00 | 624865.69 | 7042798.50 |
| 25 | 8.7 | 8.70 | .00 | 624965.69 | 7042798.50 |
| 26 | 29.67 | 29.66 | -.01 | 625065.69 | 7042798.50 |
| 27 | 22.75 | 22.75 | .00 | 625165.69 | 7042798.50 |
| 28 | 10.88 | 10.88 | .00 | 624165.69 | 7042698.50 |
| 29 | 7.32 | 7.32 | .00 | 624265.69 | 7042698.50 |
| 30 | 11.34 | 11.34 | .00 | 624365.69 | 7042698.50 |
| 31 | 18.2 | 18.20 | .00 | 624465.69 | 7042698.50 |
| 32 | 29.67 | 29.66 | -.01 | 624565.69 | 7042698.50 |
| 33 | 14.84 | 14.84 | .00 | 624665.69 | 7042698.50 |
| 34 | 19.58 | 19.58 | .00 | 624765.69 | 7042698.50 |
| 35 | 8.31 | 8.31 | .00 | 624865.69 | 7042698.50 |
| 36 | 8.7 | 8.70 | .00 | 624965.69 | 7042698.50 |
| 37 | 8.9 | 8.90 | .00 | 624265.69 | 7042598.50 |
| 38 | 13.05 | 13.05 | .00 | 624365.69 | 7042598.50 |
| 39 | 11.87 | 11.87 | .00 | 624465.69 | 7042598.50 |
| 40 | 9.69 | 9.70 | .01 | 624565.69 | 7042598.50 |
| 41 | 11.27 | 11.27 | .00 | 624665.69 | 7042598.50 |
| 42 | 23.54 | 23.54 | .00 | 624765.69 | 7042598.50 |
| 43 | 11.87 | 11.87 | .00 | 624265.69 | 7042498.50 |
| 44 | 21.76 | 21.75 | -.01 | 624365.69 | 7042498.50 |
| 45 | 11.27 | 11.27 | .00 | 624465.69 | 7042498.50 |
| 46 | 8.51 | 8.51 | .00 | 624365.69 | 7042398.50 |
| 47 | 9.89 | 9.89 | .00 | 624465.69 | 7042398.50 |

Precisión del modelo : P_111_MDT

Promedio de las desviaciones absolutas = .00

Promedio de las desviaciones observadas = .00

Índice Residual Normalizado = .0003

Desviación Estándar = .005

Mayor desviación observada = .01

Anexo C – Relatório da Geoestatística do Modelo Digital do Terreno de Argila do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai



Estructuración de Modelos Digitais do Terreno

 Interpolador - Inverso del cuadrado de la distancia
 Nombre del modelo - ARC_111_MDT
 Proyecto de Agricultura de Precisión - ARC_111
 Variable - Arcilla
 Tipo de modelo- FERTILIDADE
 Datos del Modelo
 E inicial - 624115.66
 E final - 625235.66
 N inicial - 7043248.69
 N final - 7044208.69
 Espaciamiento entre columnas - 10
 Espaciamiento entre líneas - 10
 Número de líneas - 96
 Número de columnas - 112
 Radio de búsqueda - 150 metros

| Punto | Dato | Calculado | Diferencia | Coord. E m | Coord. N m |
|-------|------|-----------|------------|------------|------------|
| 1 | 34 | 34.00 | .00 | 624965.69 | 7043198.50 |
| 2 | 39 | 39.00 | .00 | 624865.69 | 7043098.50 |
| 3 | 35 | 35.00 | .00 | 624965.69 | 7043098.50 |
| 5 | 36 | 36.00 | .00 | 624665.69 | 7042998.50 |
| 6 | 42 | 42.00 | .00 | 624765.69 | 7042998.50 |
| 7 | 34 | 34.00 | .00 | 624865.69 | 7042998.50 |
| 8 | 34 | 34.00 | .00 | 624965.69 | 7042998.50 |
| 9 | 35 | 35.00 | .00 | 625065.69 | 7042998.50 |
| 10 | 36 | 36.00 | .00 | 624465.69 | 7042898.50 |
| 11 | 43 | 43.00 | .00 | 624565.69 | 7042898.50 |
| 13 | 35 | 35.00 | .00 | 624765.69 | 7042898.50 |
| 14 | 35 | 35.00 | .00 | 624865.69 | 7042898.50 |
| 15 | 39 | 39.00 | .00 | 624965.69 | 7042898.50 |
| 16 | 40 | 40.00 | .00 | 625065.69 | 7042898.50 |
| 17 | 39 | 39.00 | .00 | 625165.69 | 7042898.50 |
| 18 | 40 | 40.00 | .00 | 624265.69 | 7042798.50 |
| 19 | 38 | 38.00 | .00 | 624365.69 | 7042798.50 |
| 20 | 43 | 43.00 | .00 | 624465.69 | 7042798.50 |

| | | | | | |
|----|----|-------|------|-----------|------------|
| 21 | 46 | 45.99 | -.01 | 624565.69 | 7042798.50 |
| 22 | 35 | 35.00 | .00 | 624665.69 | 7042798.50 |
| 23 | 39 | 39.00 | .00 | 624765.69 | 7042798.50 |
| 24 | 34 | 34.00 | .00 | 624865.69 | 7042798.50 |
| 25 | 40 | 40.00 | .00 | 624965.69 | 7042798.50 |
| 26 | 34 | 34.00 | .00 | 625065.69 | 7042798.50 |
| 27 | 33 | 33.00 | .00 | 625165.69 | 7042798.50 |
| 28 | 35 | 35.00 | .00 | 624165.69 | 7042698.50 |
| 29 | 36 | 36.00 | .00 | 624265.69 | 7042698.50 |
| 31 | 38 | 38.00 | .00 | 624465.69 | 7042698.50 |
| 32 | 34 | 34.01 | .01 | 624565.69 | 7042698.50 |
| 33 | 36 | 36.00 | .00 | 624665.69 | 7042698.50 |
| 34 | 34 | 34.00 | .00 | 624765.69 | 7042698.50 |
| 35 | 39 | 39.00 | .00 | 624865.69 | 7042698.50 |
| 36 | 39 | 39.00 | .00 | 624965.69 | 7042698.50 |
| 37 | 34 | 34.00 | .00 | 624265.69 | 7042598.50 |
| 38 | 35 | 35.00 | .00 | 624365.69 | 7042598.50 |
| 39 | 34 | 34.00 | .00 | 624465.69 | 7042598.50 |
| 40 | 40 | 40.00 | .00 | 624565.69 | 7042598.50 |
| 41 | 38 | 38.00 | .00 | 624665.69 | 7042598.50 |
| 42 | 34 | 34.00 | .00 | 624765.69 | 7042598.50 |
| 43 | 39 | 39.00 | .00 | 624265.69 | 7042498.50 |
| 44 | 35 | 35.00 | .00 | 624365.69 | 7042498.50 |
| 45 | 39 | 39.00 | .00 | 624465.69 | 7042498.50 |
| 46 | 38 | 38.00 | .00 | 624365.69 | 7042398.50 |
| 47 | 38 | 38.00 | .00 | 624465.69 | 7042398.50 |

Precisión del modelo : ARC_111_MDT

Promedio de las desviaciones absolutas = .00

Promedio de las desviaciones observadas = .00

Índice Residual Normalizado = .0000

Desviación Estándar = .002

Mayor desviación observada = .01

Anexo D – Relatório da Geoestatística do Modelo Digital do Terreno de Matéria Orgânica do Solo do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai



Estructuración de Modelos Digitais do Terreno

 Interpolador - Inverso del cuadrado de la distancia
 Nombre del modelo - MO_111_MDT
 Proyecto de Agricultura de Precisión - MO_111
 Variable - Materia Orgánica
 Tipo de modelo- FERTILIDADE
 Datos del Modelo
 E inicial - 624115.66
 E final - 625235.66
 N inicial - 7043248.69
 N final - 7044208.69
 Espaciamiento entre columnas - 10
 Espaciamiento entre líneas - 10
 Número de líneas - 96
 Número de columnas - 112
 Radio de búsqueda - 150 metros

| Punto | Dato | Calculado | Diferencia | Coord. E m | Coord. N m |
|-------|------|-----------|------------|------------|------------|
| 1 | 2.95 | 2.95 | .00 | 624965.69 | 7043198.50 |
| 2 | 2.63 | 2.63 | .00 | 624865.69 | 7043098.50 |
| 3 | 2.57 | 2.57 | .00 | 624965.69 | 7043098.50 |
| 5 | 2.68 | 2.68 | .00 | 624665.69 | 7042998.50 |
| 6 | 2.6 | 2.60 | .00 | 624765.69 | 7042998.50 |
| 7 | 2.95 | 2.95 | .00 | 624865.69 | 7042998.50 |
| 8 | 3.48 | 3.48 | .00 | 624965.69 | 7042998.50 |
| 9 | 3.11 | 3.11 | .00 | 625065.69 | 7042998.50 |
| 10 | 2.73 | 2.73 | .00 | 624465.69 | 7042898.50 |
| 11 | 3.3 | 3.30 | .00 | 624565.69 | 7042898.50 |
| 12 | 2.47 | 2.47 | .00 | 624665.69 | 7042898.50 |
| 13 | 2.41 | 2.41 | .00 | 624765.69 | 7042898.50 |
| 14 | 3.32 | 3.32 | .00 | 624865.69 | 7042898.50 |
| 15 | 2.95 | 2.95 | .00 | 624965.69 | 7042898.50 |
| 16 | 2.65 | 2.65 | .00 | 625065.69 | 7042898.50 |
| 17 | 2.47 | 2.47 | .00 | 625165.69 | 7042898.50 |
| 18 | 2.44 | 2.44 | .00 | 624265.69 | 7042798.50 |
| 19 | 2.52 | 2.52 | .00 | 624365.69 | 7042798.50 |

| | | | | | |
|----|------|------|-----|-----------|------------|
| 20 | 2.55 | 2.55 | .00 | 624465.69 | 7042798.50 |
| 21 | 2.36 | 2.36 | .00 | 624565.69 | 7042798.50 |
| 22 | 2.95 | 2.95 | .00 | 624665.69 | 7042798.50 |
| 23 | 2.73 | 2.73 | .00 | 624765.69 | 7042798.50 |
| 24 | 2.71 | 2.71 | .00 | 624865.69 | 7042798.50 |
| 25 | 2.3 | 2.30 | .00 | 624965.69 | 7042798.50 |
| 26 | 3.73 | 3.73 | .00 | 625065.69 | 7042798.50 |
| 27 | 3.89 | 3.89 | .00 | 625165.69 | 7042798.50 |
| 28 | 2.73 | 2.73 | .00 | 624165.69 | 7042698.50 |
| 29 | 2.81 | 2.81 | .00 | 624265.69 | 7042698.50 |
| 30 | 2.68 | 2.68 | .00 | 624365.69 | 7042698.50 |
| 31 | 3.11 | 3.11 | .00 | 624465.69 | 7042698.50 |
| 32 | 3.46 | 3.46 | .00 | 624565.69 | 7042698.50 |
| 33 | 2.68 | 2.68 | .00 | 624665.69 | 7042698.50 |
| 34 | 2.36 | 2.36 | .00 | 624765.69 | 7042698.50 |
| 35 | 2.84 | 2.84 | .00 | 624865.69 | 7042698.50 |
| 36 | 2.57 | 2.57 | .00 | 624965.69 | 7042698.50 |
| 37 | 2.63 | 2.63 | .00 | 624265.69 | 7042598.50 |
| 38 | 2.81 | 2.81 | .00 | 624365.69 | 7042598.50 |
| 39 | 2.47 | 2.47 | .00 | 624465.69 | 7042598.50 |
| 40 | 2.97 | 2.97 | .00 | 624565.69 | 7042598.50 |
| 41 | 2.73 | 2.73 | .00 | 624665.69 | 7042598.50 |
| 42 | 3.16 | 3.16 | .00 | 624765.69 | 7042598.50 |
| 43 | 2.52 | 2.52 | .00 | 624265.69 | 7042498.50 |
| 44 | 2.87 | 2.87 | .00 | 624365.69 | 7042498.50 |
| 45 | 2.49 | 2.49 | .00 | 624465.69 | 7042498.50 |
| 46 | 3.24 | 3.24 | .00 | 624365.69 | 7042398.50 |
| 47 | 2.87 | 2.87 | .00 | 624465.69 | 7042398.50 |

Precisión del modelo : MO_111_MDT

Promedio de las desviaciones absolutas = .00

Promedio de las desviaciones observadas = .00

Índice Residual Normalizado = .0001

Desviación Estándar = .000

Mayor desviación observada = .00

Anexo E – Relatório da Geoestatística do Modelo Digital do Terreno de Potássio do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai



Estructuración de Modelos Digitais do Terreno

 Interpolador - Inverso del cuadrado de la distancia
 Nombre del modelo - K_111_MDT
 Proyecto de Agricultura de Precisión - K_111
 Variable - Potasio
 Tipo de modelo- FERTILIDADE
 Datos del Modelo
 E inicial - 624115.66
 E final - 625235.66
 N inicial - 7043248.69
 N final - 7044208.69
 Espaciamiento entre columnas - 10
 Espaciamiento entre líneas - 10
 Número de líneas - 96
 Número de columnas - 112
 Radio de búsqueda - 150 metros

| Punto | Dato | Calculado | Diferencia | Coord. E m | Coord. N m |
|-------|------|-----------|------------|------------|------------|
| 1 | 0.16 | .16 | .00 | 624365.69 | 7042698.50 |
| 2 | 0.14 | .14 | .00 | 624465.69 | 7042698.50 |
| 3 | 0.16 | .16 | .00 | 624565.69 | 7042698.50 |
| 4 | 0.13 | .13 | .00 | 624665.69 | 7042698.50 |
| 5 | 0.14 | .14 | .00 | 624765.69 | 7042698.50 |
| 6 | 0.08 | .08 | .00 | 624865.69 | 7042698.50 |
| 7 | 0.11 | .11 | .00 | 624965.69 | 7042698.50 |
| 8 | 0.13 | .13 | .00 | 624265.69 | 7042598.50 |
| 9 | 0.12 | .12 | .00 | 624365.69 | 7042598.50 |
| 10 | 0.07 | .07 | .00 | 624465.69 | 7042598.50 |
| 11 | 0.11 | .11 | .00 | 624565.69 | 7042598.50 |
| 12 | 0.12 | .12 | .00 | 624665.69 | 7042598.50 |
| 13 | 0.15 | .15 | .00 | 624765.69 | 7042598.50 |
| 14 | 0.11 | .11 | .00 | 624265.69 | 7042498.50 |
| 15 | 0.12 | .12 | .00 | 624365.69 | 7042498.50 |
| 16 | 0.1 | .10 | .00 | 624465.69 | 7042498.50 |
| 17 | 0.14 | .14 | .00 | 624365.69 | 7042398.50 |
| 18 | 0.12 | .12 | .00 | 624465.69 | 7042398.50 |

| | | | | | |
|----|------|-----|-----|-----------|------------|
| 19 | 0.12 | .12 | .00 | 624965.69 | 7043198.50 |
| 20 | 0.16 | .16 | .00 | 624865.69 | 7043098.50 |
| 21 | 0.1 | .10 | .00 | 624965.69 | 7043098.50 |
| 23 | 0.11 | .11 | .00 | 624665.69 | 7042998.50 |
| 24 | 0.13 | .13 | .00 | 624765.69 | 7042998.50 |
| 25 | 0.11 | .11 | .00 | 624865.69 | 7042998.50 |
| 26 | 0.15 | .15 | .00 | 624965.69 | 7042998.50 |
| 27 | 0.12 | .12 | .00 | 625065.69 | 7042998.50 |
| 28 | 0.11 | .11 | .00 | 624465.69 | 7042898.50 |
| 29 | 0.1 | .10 | .00 | 624565.69 | 7042898.50 |
| 30 | 0.18 | .18 | .00 | 624665.69 | 7042898.50 |
| 31 | 0.12 | .12 | .00 | 624765.69 | 7042898.50 |
| 32 | 0.14 | .14 | .00 | 624865.69 | 7042898.50 |
| 33 | 0.11 | .11 | .00 | 624965.69 | 7042898.50 |
| 34 | 0.1 | .10 | .00 | 625065.69 | 7042898.50 |
| 35 | 0.11 | .11 | .00 | 625165.69 | 7042898.50 |
| 36 | 0.09 | .09 | .00 | 624265.69 | 7042798.50 |
| 37 | 0.13 | .13 | .00 | 624365.69 | 7042798.50 |
| 38 | 0.22 | .22 | .00 | 624465.69 | 7042798.50 |
| 39 | 0.16 | .16 | .00 | 624565.69 | 7042798.50 |
| 40 | 0.12 | .12 | .00 | 624665.69 | 7042798.50 |
| 41 | 0.12 | .12 | .00 | 624765.69 | 7042798.50 |
| 42 | 0.11 | .11 | .00 | 624865.69 | 7042798.50 |
| 43 | 0.1 | .10 | .00 | 624965.69 | 7042798.50 |
| 44 | 0.15 | .15 | .00 | 625065.69 | 7042798.50 |
| 45 | 0.17 | .17 | .00 | 625165.69 | 7042798.50 |
| 46 | 0.13 | .13 | .00 | 624165.69 | 7042698.50 |
| 47 | 0.1 | .10 | .00 | 624265.69 | 7042698.50 |

Precisión del modelo : K_111_MDT

Promedio de las desviaciones absolutas = .00

Promedio de las desviaciones observadas = .00

Índice Residual Normalizado = .0001

Desviación Estándar = .000

Mayor desviación observada = .00

Anexo F – Relatório da Geoestatística do Modelo Digital do Terreno de Saturação de Bases do talhão experimental, Alto Verá, Paraguai



Estructuración de Modelos Digitais do Terreno

 Interpolador - Inverso del cuadrado de la distancia
 Nombre del modelo - V_111_MDT
 Proyecto de Agricultura de Precisión - V_111
 Variable - Saturación de Bases
 Tipo de modelo- FERTILIDADE
 Datos del Modelo
 E inicial - 624115.66
 E final - 625235.66
 N inicial - 7043248.69
 N final - 7044208.69
 Espaciamiento entre columnas - 10
 Espaciamiento entre líneas - 10
 Número de líneas - 96
 Número de columnas - 112
 Radio de búsqueda - 150 metros

| Punto | Dato | Calculado | Diferencia | Coord. E m | Coord. N m |
|-------|-------|-----------|------------|------------|------------|
| 1 | 57.14 | 57.14 | .00 | 624965.69 | 7043198.50 |
| 2 | 57.27 | 57.26 | -.01 | 624865.69 | 7043098.50 |
| 3 | 43.2 | 43.21 | .01 | 624965.69 | 7043098.50 |
| 5 | 45.47 | 45.48 | .01 | 624665.69 | 7042998.50 |
| 6 | 44.84 | 44.84 | .00 | 624765.69 | 7042998.50 |
| 7 | 41.77 | 41.77 | .00 | 624865.69 | 7042998.50 |
| 8 | 46.59 | 46.59 | .00 | 624965.69 | 7042998.50 |
| 9 | 44.48 | 44.48 | .00 | 625065.69 | 7042998.50 |
| 10 | 42.57 | 42.57 | .00 | 624465.69 | 7042898.50 |
| 11 | 40.23 | 40.24 | .01 | 624565.69 | 7042898.50 |
| 12 | 71.65 | 71.63 | -.02 | 624665.69 | 7042898.50 |
| 13 | 36.15 | 36.16 | .01 | 624765.69 | 7042898.50 |
| 14 | 46.23 | 46.23 | .00 | 624865.69 | 7042898.50 |
| 15 | 46.92 | 46.92 | .00 | 624965.69 | 7042898.50 |
| 16 | 47.95 | 47.95 | .00 | 625065.69 | 7042898.50 |
| 17 | 47.6 | 47.60 | .00 | 625165.69 | 7042898.50 |
| 18 | 45.25 | 45.25 | .00 | 624265.69 | 7042798.50 |
| 19 | 47.73 | 47.73 | .00 | 624365.69 | 7042798.50 |

| | | | | | |
|----|-------|-------|------|-----------|------------|
| 20 | 51.88 | 51.88 | .00 | 624465.69 | 7042798.50 |
| 21 | 57.61 | 57.60 | -.01 | 624565.69 | 7042798.50 |
| 22 | 46.46 | 46.47 | .01 | 624665.69 | 7042798.50 |
| 23 | 46.91 | 46.91 | .00 | 624765.69 | 7042798.50 |
| 24 | 45.19 | 45.19 | .00 | 624865.69 | 7042798.50 |
| 25 | 45.26 | 45.26 | .00 | 624965.69 | 7042798.50 |
| 26 | 47.52 | 47.52 | .00 | 625065.69 | 7042798.50 |
| 27 | 49.74 | 49.74 | .00 | 625165.69 | 7042798.50 |
| 28 | 48.35 | 48.35 | .00 | 624165.69 | 7042698.50 |
| 29 | 45.51 | 45.51 | .00 | 624265.69 | 7042698.50 |
| 30 | 71.36 | 71.34 | -.02 | 624365.69 | 7042698.50 |
| 31 | 47.33 | 47.33 | .00 | 624465.69 | 7042698.50 |
| 32 | 50.94 | 50.94 | .00 | 624565.69 | 7042698.50 |
| 33 | 48.57 | 48.57 | .00 | 624665.69 | 7042698.50 |
| 34 | 47.82 | 47.82 | .00 | 624765.69 | 7042698.50 |
| 35 | 45.58 | 45.58 | .00 | 624865.69 | 7042698.50 |
| 36 | 45.91 | 45.91 | .00 | 624965.69 | 7042698.50 |
| 37 | 45.5 | 45.50 | .00 | 624265.69 | 7042598.50 |
| 38 | 47.24 | 47.24 | .00 | 624365.69 | 7042598.50 |
| 39 | 41.91 | 41.92 | .01 | 624465.69 | 7042598.50 |
| 40 | 43.63 | 43.63 | .00 | 624565.69 | 7042598.50 |
| 41 | 44.42 | 44.42 | .00 | 624665.69 | 7042598.50 |
| 42 | 45.76 | 45.76 | .00 | 624765.69 | 7042598.50 |
| 43 | 44.93 | 44.93 | .00 | 624265.69 | 7042498.50 |
| 44 | 46.07 | 46.07 | .00 | 624365.69 | 7042498.50 |
| 45 | 43.5 | 43.50 | .00 | 624465.69 | 7042498.50 |
| 46 | 43.55 | 43.55 | .00 | 624365.69 | 7042398.50 |
| 47 | 43.5 | 43.50 | .00 | 624465.69 | 7042398.50 |

Precisión del modelo : V_111_MDT

Promedio de las desviaciones absolutas = .00

Promedio de las desviaciones observadas = .00

Índice Residual Normalizado = .0001

Desviación Estándar = .005

Mayor desviación observada = .02