

Confecção de Mapa de Transitabilidade do Terreno Usando SIG e Imagens de Satélite

Leonildo dos Santos ¹
 Erivaldo Antônio da Silva ²
 Douglas Mazzaro Bertolin ³

Departamento de Cartografia
 Universidade Estadual Paulista
 Faculdade de Ciências e Tecnologia

¹ ✉ leonildo@prudente.unesp.br

Conteúdo	1 Introdução 2 O Sistema de Informação Geográfica 3 Metodologia e Aplicação 3.1 Seleção das fontes de dados 3.1.1 Carta topográfica - Mapa de Declividade 3.1.2 Imagem de satélite TM/Landsat-7 - Mapa de Hidrografia 3.1.3 Mapa de solos 3.1.4 Mapa de Vegetação 3.2 Integração dos dados no SIG 4 Conclusão 5 Referências Bibliográficas
-----------------	---

Resumo : O trabalho visa apresentar uma metodologia para a confecção de Mapas de Transitabilidade do Terreno utilizando o Sistema de Informações Geográficas (SIG) "Modular GIS Environment" (MGE) da Intergraph, a partir de cartas topográficas, mapas de solos, mapas de vegetação, mapas de declividade e imagens de satélite do sensor "Thematic Mapper" LANDSAT-7, da área de estudo localizada no município de Presidente Venceslau-SP. Como limites de variação da declividade do terreno, são adotados os mesmos do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), para estimar o grau de impedimento à mecanização agrícola e estabelecer as classes de transitabilidade do terreno. A metodologia consiste na digitalização de mapas existentes, interpretação das imagens de satélite, atualizações cartográficas, geração de mapas derivados e posterior cruzamento dos dados e informações no ambiente do MGE, obtendo-se como produto final o Mapa de Transitabilidade do Terreno, que é um documento cartográfico importante para uso nas atividades agrícolas de manejo do solo e escoamento da produção.

Palavras chave : Transitabilidade, Solo, Declividade

Abstract : The aim of this research is to present a methodology to produce the Off-Road Transitability Maps using the Geographic Information System (GIS) Modular GIS Environment (MGE) of Intergraph, through the utilize of topographic maps, declivity maps and satellite images Thematic Mapper Landsat-7. The study area is located in Presidente Venceslau-SP district. The limits of declivity variation adopted by National Service of Soil Surveys and Conservation (SNLCS) are used to estimate the impediment degree to the agricultural mechanization and to stablish off-road transitability classes. The methodology consists on the digitization of existent maps, interpretation of the satellite images, cartographic updating, derived maps generation and posterior crossing of those data and informations in the MGE environment, to obtain as final product the Off-Road Transitability Maps, that is an important cartographic document for using in the agricultural activities of soil handling and transportation production.

Keywords : Transitability, Soil, Declivity

1 Introdução

A transitabilidade através campo é uma propriedade do terreno de permitir o movimento de tratores usados no manejo dos solos ou veículos de escoamento da produção, leves, médios ou pesados, sobre rodas ou sobre lagartas. A transitabilidade depende das condições do terreno, da configuração do veículo e de seu desempenho.

Por ser um assunto complexo e dinâmico, a transitabilidade deveria ser avaliada individualmente para cada tipo de veículo, a fim de se chegar a um prognóstico confiável, principalmente porque todo ambiente natural é composto de uma infinidade de variáveis, que afetam a transitabilidade diferentemente. No entendimento de Shamburguer (1968), um veículo deslocando-se através campo, se estiver subindo uma encosta, é afetado por uma combinação de consistência do solo, grau de aspereza da superfície, declividade e vegetação. Por outro lado, diferentes combinações de variáveis podem produzir o mesmo efeito no deslocamento. Uma combinação de solo e vegetação pode produzir o mesmo impedimento ao movimento de um veículo que a ação separada da declividade.

O estabelecimento de uma metodologia que possa descrever o conjunto de todas as variáveis de um ambiente natural simultaneamente, torna-se um problema difícil e inviável. Uma solução razoável, continua a dizer Shamburguer (1968) é a divisão do conjunto de variáveis do terreno em quatro grandes grupos, com a finalidade de simplificar a solução do problema. A divisão facilita a descrição, o entendimento e a definição dos quatro grupos de variáveis do tipo zonais : relevo, solo, vegetação e hidrografia.

Por razões de ordem prática o Mapa de Transitabilidade do Terreno não é confeccionado separadamente para cada tipo de veículo. O que se faz na realidade é a avaliação das condições do terreno referentes à mobilidade, dividindo-o em classes de transitabilidade (Schreier 1979). Para se chegar às classes de transitabilidade são tomadas para análise, as variáveis do terreno que possuem características zonais, a exemplo da vegetação, solo, corpos d'água e declividade.

Então para se chegar às classes de transitabilidade e produzir o Mapa de Transitabilidade do Terreno, deve-se ter as imagens de satélite da região de trabalho das épocas seca e chuvosa, dividir o conjunto total das variáveis do terreno nos quatro grandes grupos, que são o relevo, o solo, a vegetação e a hidrografia e integrar estes dados e informações através de um Sistema de Informação Geográfica.

2 O Sistema de Informação Geográfica

Sistemas de Informação Geográfica são ferramentas utilizadas na coleta, checagem, integração e análise de dados e informações relacionadas com a superfície da Terra, oriundas de diferentes fontes tais como imagens de satélite, mapas topográficos, mapas de solo e vegetação, hidrografia, dados de senso, etc. Estas são armazenadas em um banco de dados, utilizado para gerenciar de maneira estruturada esta grande quantidade de informações. Os dados devem estar todos no mesmo referencial geográfico, para possibilitar a manipulação, a comparação e a análise.

O MGE "Modular GIS Environment", corresponde à plataforma básica e fundamental da solução Intergraph para Geoprocessamento. Este produto fornece acesso às rotinas utilitárias (edição gráfica, criação de banco de dados, ligação de entidades gráficas ao banco de dados), aos outros módulos aplicativos e ao gerenciador de banco de dados relacional, complementando todo o fluxo de operações responsável pela criação e manutenção do banco de dados. Possui um conjunto flexível de ferramentas para o mapeamento, o cadastro e o planejamento ambiental.

O MGNUC "MGE Basic Nucleus", é a plataforma e o pré-requisito para o MGE e outras aplicações de GIS baseadas no MicroStation 32, como o "MGE Analyst", que pode ser adicionado ao MGE para realizar análises. Integra o ambiente gráfico com o banco de dados relacional e possui ferramentas de cartografia e um ambiente para acesso e consulta tanto aos dados gráficos quanto aos dados dos projetos. Tem característica de gerenciador dos dados e banco de dados dos projetos.

O MGAD "MGE Administrator", permite a definição e a modelagem do banco de dados relacional em um ambiente gráfico e interativo. Tem a característica de estruturar e montar as tabelas do banco de dados através do ambiente gráfico.

O MGMAP "MGE Base Mapper", permite realizar a entrada de dados, possui comandos para a checagem e a validação das informações gráficas e alfanuméricas, prepara os dados gráficos e as informações alfanuméricas para cálculos e análises. Tem a característica de localização e correção de erros de digitalização através de parâmetros definidos pelo usuário, incluindo geração de interseções, elementos duplicados, pontos livres, vértices desnecessários e eliminação de elementos muito pequenos.

O MGA "MGE Analyst", segundo Rodrigues (1997), promove a análise espacial, gerando respostas para as questões relativas ao referenciamento espacial que existe entre as feições geográficas. O MGA gera arquivos topologicamente estruturados a partir de arquivos de desenhos, para uso na realização de análises espaciais. Um arquivo topológico é uma representação matemática do relacionamento existente entre elementos geográficos. Destina-se principalmente para o cruzamento temático.

O MTA "MGE Terrain Analyst", é um produto integrado ao MGE que propicia a criação, manipulação e análise de modelos numéricos de terreno. O MTA oferece um amplo espectro de funcionalidades para a análise e apresentação de superfícies, a partir de uma malha de triângulos (TIN – Triangulated Irregular Network) ou em grade regular (GRID – Gridded Data). O modelo TIN é composto por triângulos, onde os lados de cada triângulo possuem diferentes informações relativas à altitude, declividade e orientação. A superfície TIN utiliza uma inteligente estrutura que inclui feições cartográficas do tipo ponto, linha ou área. O modelo GRID é um tipo de superfície onde a representação dos dados é realizada por quadriculado, composto por espaçamentos regulares nos sentidos X e Y. O GRID é gerado a partir de uma superfície TIN já existente.

3 Metodologia e Aplicação

3.1 Seleção das fontes de dados

Para a confecção do Mapa de Transitabilidade do Terreno são selecionadas pelo menos três fontes de dados, de onde são extraídas as informações e digitalizados os temas desejados, referentes a cada unidade de análise. Estas unidades constituem polígonos fechados, cujas características de forma e dimensões são capazes de abranger um grupo grande de informações temáticas, como declividade, solo, vegetação e hidrografia.

O uso das fontes de dados fica condicionado a um estudo preliminar para verificar a compatibilidade de cada fonte, com respeito ao sistema de coordenadas e à projeção cartográfica utilizada. Na aplicação da metodologia proposta neste trabalho foi escolhida uma área de estudo de 12 x 13 Km, localizada no município de Presidente Venceslau-SP, entre as coordenadas geográficas: latitude - 21° 38'S e 21°45'S e longitude - 51°45'W e 51°52'W. As fontes de dados selecionadas foram as que se seguem:

3.1.1 Carta topográfica - Mapa de Declividade

A carta topográfica escala 1/50.000 - Fóz do Rio do Peixe, Edição-1975, nomenclatura SF-22-V-D-V-1, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, foi utilizada para o georeferenciamento da imagem de satélite do sensor "Thematic Mapper" LANDSAT-7 e para a digitalização das curvas de nível e pontos cotados - figura 1 (Altimetria) – necessários à geração do Modelo Numérico do Terreno e conseqüente obtenção do **mapa de declividade**, que é a contribuição do grupo de variáveis zonais referentes ao relevo. Como limites de variação da declividade do terreno, foram adotados os mesmos do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), para estimar o grau de impedimento à mecanização agrícola e depois estabelecer as classes de transitabilidade do terreno. As classes de declividade adotadas são as que se seguem:

Nulo : Terras que permitem, em qualquer época do ano, o emprego de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas, ordinariamente utilizados. São geralmente de topografia plana e praticamente plana, com declividade inferior a 3%, não oferecendo impedimentos relevantes à mecanização. O rendimento do trator (número de horas de trabalho usadas efetivamente) é superior a 90%. [(TQT) : Transitável em Qualquer Tempo]

Ligeiro : Terras que permitem, durante quase todo o ano, o emprego da maioria das máquinas agrícolas. São quase sempre de relevo suave ondulado, com declividade de 3 a 8%, profundas a moderadamente profundas, podendo ocorrer em áreas de relevo mais suave, apresentando no entanto, outras limitações (como textura muito arenosa ou muito argilosa, restrições de drenagem, pequena profundidade, pedregosidade, sulcos de erosão, etc). O rendimento do trator deve estar entre 75 a 90%. [(BTS/RTU) : Trânsito Bom em Tempo Seco e Regular em Tempo Úmido]

Moderado : Terras que não permitem o emprego de máquinas ordinariamente utilizadas, durante todo o ano. Estas terras apresentam relevo ondulado, com declividade de 8 a 20% ou topografia mais suave, no caso de ocorrência de outros impedimentos à mecanização (pedregosidade, rochiosidade, profundidade exigua, textura muito arenosa ou muito argilosa, grandes sulcos de erosão, drenagem imperfeita, etc). O rendimento do trator normalmente está entre 50 a 75%. [(RTS/rTU) : Trânsito Regular em Tempo Seco e ruim em Tempo Úmido]

Forte : Terras que permitem apenas, em quase sua totalidade, o uso de implementos de tração animal, ou máquinas especiais. Caracterizam-se pelos declives acentuados (20 a 45%) em relevo forte ondulado. Sulcos e voçorocas podem constituir impedimentos ao uso de máquinas, bem como pedregosidade, rochiosidade, pequena profundidade, má drenagem, etc. O rendimento do trator é inferior a 50%. [(rTS/ITU) : Trânsito ruim em Tempo Seco e Intransitável em Tempo Úmido]

Muito Forte : Terras que não permitem o uso de maquinaria, sendo difícil até mesmo o uso de tração animal. Normalmente são de topografia montanhosa, com declives superiores a 45%, com impedimentos muito fortes devido à pedregosidade, rochiosidade, profundidade ou problemas de drenagem. Convém enfatizar que uma determinada área, do ponto de vista de mecanização, para ser de importância agrícola, deve ter dimensões mínimas de utilização capazes de propiciar um bom rendimento ao trator. [(IQT) : Intransitável em Qualquer Tempo]

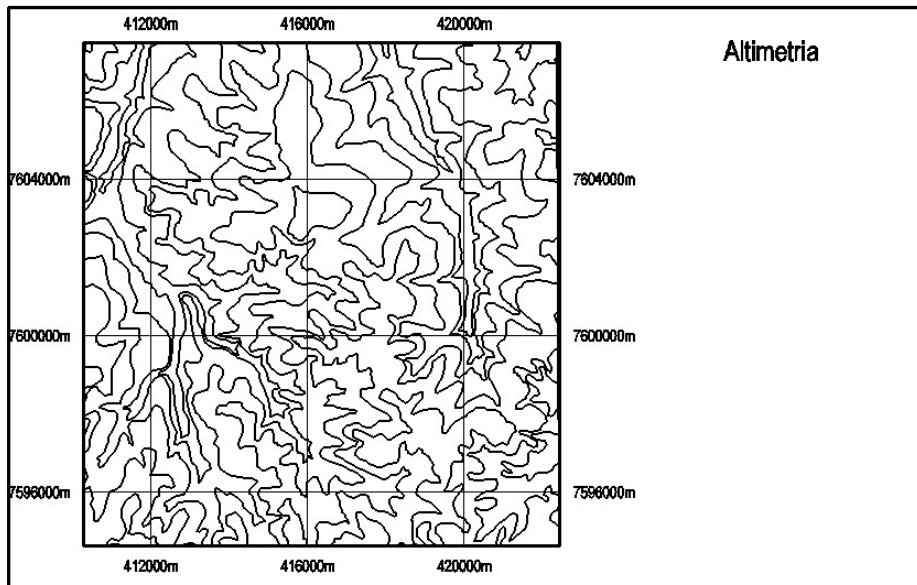


Figura 1 : Altimetria

3.1.2 Imagem de satélite TM/Landsat-7 - Mapa de Hidrografia

A imagem de satélite do sensor "Thematic Mapper" Landsat-7, que cobre a área de estudo localizada na região do Pontal do Paranapanema (município de Presidente Venceslau-SP), depois de georeferenciada usando pontos extraídos da carta topográfica, possibilitou fazer interpretações visuais para atualizações cartográficas, geração do mapa de vegetação, checagem das características do solo e estudo da hidrografia para observação das condições de encharcamento do terreno. Por não apresentar áreas de brejo, nem áreas sujeitas à inundação para a região de estudo, o mapa de hidrografia oriundo desta fonte, não foi considerado no cruzamento das classes que geraram o Mapa de Trafegabilidade do Terreno.

3.1.3 Mapa de solos

Utilizou-se o mapa de solos escala 1/200.000, ano 1979, folha P. P. F. Sol. 203L 5/6, fornecido pela Centrais Elétricas de São Paulo - CESP.

Após ter sido georeferenciado, foi digitalizado e representado na figura 2, apresenta, de acordo com a legenda, os solos:

AL2 : Solos Aluviais textura média, imperfeitamente drenado, relevo praticamente plano.
[(BTS/RTU) : Trânsito Bom em Tempo Seco e Regular em Tempo Úmido]

GH + GPH : Solos Gley Húmico textura argilosa, muito mal drenado, relevo plano de várzea + Gley Pouco Húmico textura argilosa, imperfeitamente a mal drenado, relevo plano de várzea.
[(RTS/rTU) : Trânsito Regular em Tempo Seco e ruim em Tempo Úmido]

LV1A : Latossolo Vermelho escuro textura média a arenosa, acentuadamente drenado, relevo suave ondulado.
[(BTS/RTU) : Trânsito Bom em Tempo Seco e Regular em Tempo Úmido]

PV1 : Podzólico Vermelho-amarelo textura média, bem drenado, relevo praticamente plano.
[(RTS/rTU) : Trânsito Regular em Tempo Seco e ruim em Tempo Úmido]

PV2 : Podzólico Vermelho-amarelo textura média, bem drenado, relevo ondulado.
[(RTS/rTU) : Trânsito Regular em Tempo Seco e ruim em Tempo Úmido]

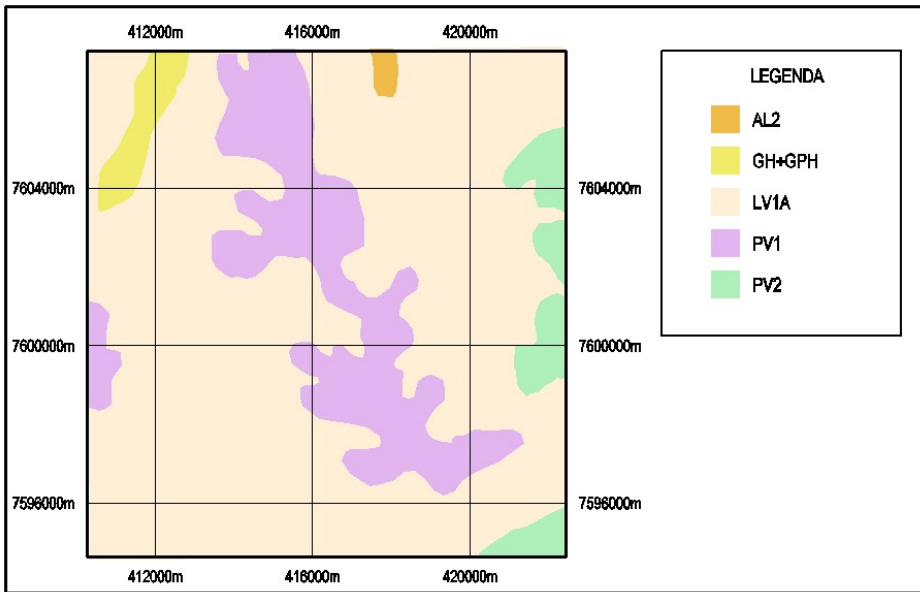


Figura 2 : Mapa de Solos

3.1.4 Mapa de Vegetação

A classificação da vegetação, a partir da carta topográfica e por interpretação visual na imagem de satélite TM Landsat-7, está representada na legenda constante da figura 3, pelas classes:

Pasto + Macega.

[(TQT) : Transitável em qualquer tempo]

Mata.

[(IQT) : Intransitável em Qualquer Tempo]

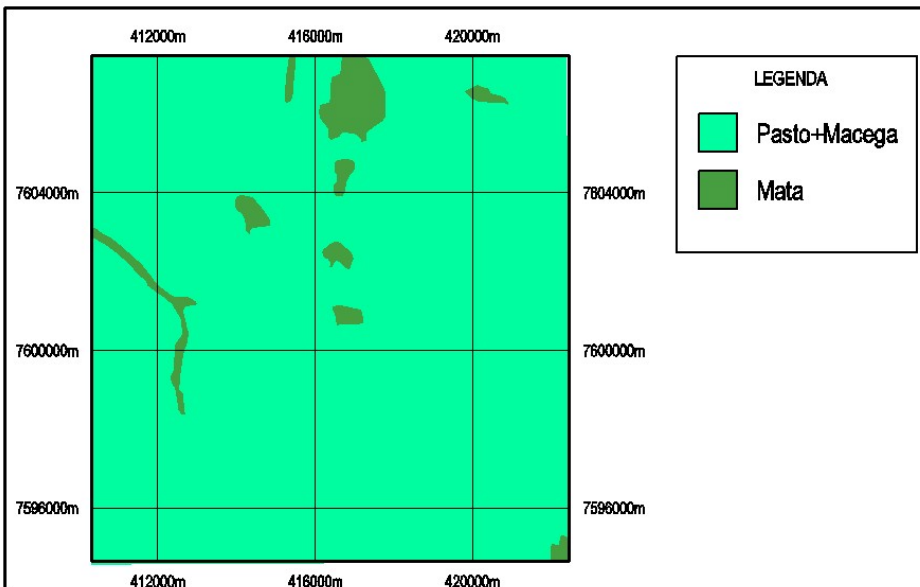


Figura 3 : Mapa de Vegetação

3.2 Integração dos dados no SIG

Definida a área de estudo enquadrada por suas coordenadas geográficas, passa-se à organização, adição e manipulação de dados do projeto no ambiente do MGE, após o planejamento de sua estrutura e de sua hierarquia. Como o MGE não continha nenhum dado gráfico ou alfanumérico do projeto Mapa de Transitabilidade do Terreno as etapas abaixo foram necessárias para o fluxo de trabalho:

Organização do projeto :

- Criação de um projeto;

- Criação de um banco de dados (Access);
- Criação de um esquema utilizando RIS (Relational Interface System);
- Definição do esquema do projeto;
- Construção das categorias;
- Construção das feições e tabelas do banco de dados;
- Definição dos sistemas de coordenadas.

Adição e manipulação dos dados do projeto :

- Preenchimento dos dados do projeto;
- Definição da área de trabalho;
- Validação e segurança da integridade dos dados;
- Carregamento dos dados gráficos e informações do banco de dados relacional;
- Construção dos arquivos de índice geográfico e uso das funções de localização.

O cruzamento dos três mapas no MGE, gera como produto final o Mapa de Transitabilidade do Terreno, objeto principal deste trabalho. O cruzamento é processado através de operações lógicas "E", "OU" e "NÃO" estabelecidas entre as classes dos três mapas.

O resultado final do cruzamento é um mapa em formato vetorial e representado na figura 4, mostra o Mapa de Transitabilidade com suas cinco classes de transitabilidade.

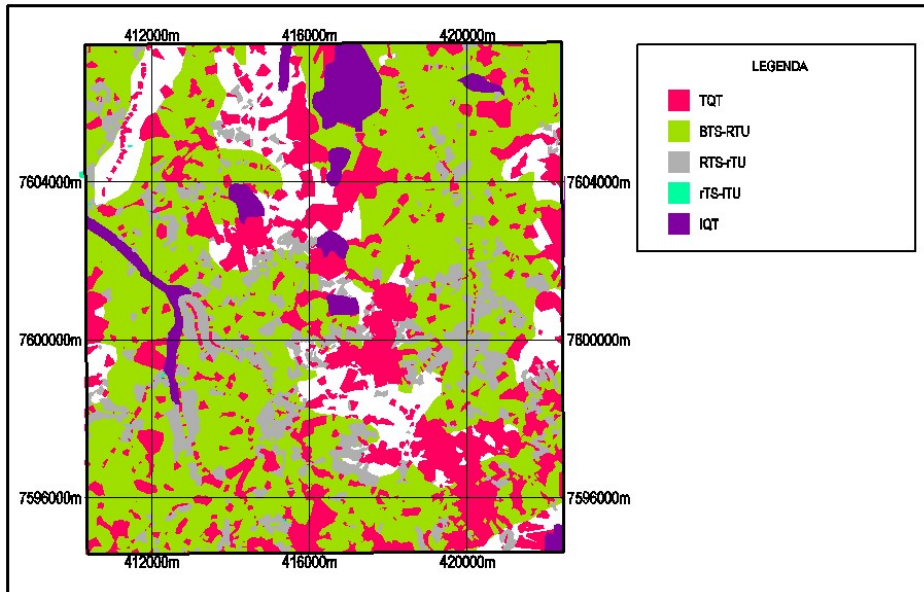


Figura 4 : Mapa de Transitabilidade do Terreno

4 Conclusão

A inexistência de uma metodologia consagrada para a obtenção da trafegabilidade do terreno foi o obstáculo maior a ser ultrapassado para se chegar ao produto final.

O fato de não existir limites para a variação da declividade, na fixação das classes de transitabilidade que aparecem no Mapa final, leva o cartógrafo à adoção dos mesmos limites de variação usados pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), para estimar o grau de impedimento à mecanização agrícola das terras.

O Mapa de Transitabilidade do Terreno obtido por Sistemas de Informações Geográficas é um documento cartográfico útil que vai permitir ao usuário do campo obter informações digitais quanto ao movimento de tratores usados no manejo dos solos ou outros veículos usados no escoamento da produção, sejam eles leves, médios ou pesados, sobre rodas ou sobre lagartas.

5 Referências Bibliográficas

- Shamburguer, J.H., Grabau, W.E.:** *Mobility Environmental Research Study – A Quantitative Method for Describing Terrain for Ground Mobility*, Technical Report – 3-726, Vol 1, 5-10, Vicksburg, Mississippi, 1968.
- Schreier, H., Lavkulich, L. M.:** *A Numerical Approach to Terrain Analysis for Off-Road Trafficability*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Journal of the American Society of Photogrammetry-ASP, Vancouver – Canadá, Vol 45, 635, 1979.
- Rodrigues, M. A., Gava, S. A., Kleiner, R. M.:** *MGE Analyst*, Centro de Treinamento – Sisgraph, São Paulo, 1997.