

Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto

Leonardo Tullio
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2018

LEONARDO TULLIO

(Organizador)

Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A642 Aplicações e princípios do sensoriamento remoto [recurso eletrônico]
/ Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2018. – (Aplicações e Princípios do sensoriamento
remoto; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-54-3

DOI 10.22533/at.ed.543180210

1. Sensoriamento remoto. I. Tullio, Leonardo.

CDD 621.3678

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Aplicações e princípios de Sensoriamento Remoto” aborda em seu primeiro Volume uma apresentação de 21 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área de Sensoriamento Remoto em suas diversas aplicações no meio urbano e rural.

O uso de imagens de satélite através do Sensoriamento Remoto está cada vez mais sendo utilizada para o planejamento e tomada de decisão rápida, visto que, a era tecnológica permite rapidez e confiança nos resultados. Contudo, sua utilização está na dependência de fatores de interação entre ambiente e sensor, que afetam nos produtos finais. Assim, sua qualidade depende de quatro tipos de resolução: temporal; espacial; espectral e radiométrica, que se referem a condição do satélite, isso deve ser levado em consideração no tipo de análise e o que pretende -se analisar.

Em contrapartida, a aquisição de imagens a nível terrestre já é possível com a utilização dos VANTES (Veículo Aéreo não Tripulado), porém fatores afetam seu movimento e resultam em imagens com pouca qualidade, estando diretamente na dependência do tipo de sensores acoplados. A análise por modelos e técnicas computacionais permite melhores e mais confiáveis resultados, que podem expressar a real condição. Porém, índices para comparação de variáveis ainda são desconhecidos e necessitam de trabalhos mais específicos para a geração de mapas interativos e virtuais.

Assim, o Sensoriamento Remoto é atualmente a área que mais cresce, visto a possibilidade da interação e tomada de decisão por meio de imagens e programas computacionais, tornando uma grande ferramenta em diversas áreas de atuação.

Por fim, espero que esta obra atenda a demanda por conhecimento técnico de qualidade e que novas pesquisas utilize-a de norte para traçar novos rumos para o Sensoriamento Remoto Aplicado.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A DINÂMICA DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO ACRE ENTRE OS ANOS DE 2004 E 2010	
<i>Juliana de Oliveira Tostes</i>	
<i>Márcio Rocha Francelino</i>	
<i>José Francisco de Oliveira Júnior</i>	
<i>Gustavo Bastos Lyra</i>	
CAPÍTULO 2	13
ADEQUAÇÃO DE BANCO DE DADOS E UTILIZAÇÃO DE ATRIBUTO DE HIERARQUIA NA GERAÇÃO DE ROTAS ÓTIMAS PARA O ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL	
<i>Júlia Vaz Tostes Miluzzi de Oliveira</i>	
<i>Pedro Sepulveda Neto</i>	
<i>Charles Marques de Souza</i>	
<i>Fausto Weimar Acerbi Junior</i>	
CAPÍTULO 3	25
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE GERAÇÃO DE MDT APLICADO AO PARQUE AMBIENTAL VITÓRIO PIASSA - PR	
<i>Gabriel Roldo Gomes</i>	
<i>João Henrique Ferrarini</i>	
<i>Marcelle Luisa Calegari</i>	
<i>Danielli Batistella</i>	
<i>Priscila da Silva Victorino</i>	
CAPÍTULO 4	34
ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES COM O ZONEAMENTO DO SOLO URBANO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBUÍ, SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP.	
<i>Paulo Roberto Belisário</i>	
<i>Maiara Resende Ribeiro</i>	
<i>Mario Valério Filho</i>	
CAPÍTULO 5	44
ANÁLISE DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA (RMG), NO PERÍODO DE 1986 A 2016	
<i>Joelson de Souza Passos</i>	
<i>Jepherson Correia Sales</i>	
<i>Gabriella Santos Arruda de Lima</i>	
CAPÍTULO 6	57
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA ÁREA URBANA DE UM TRECHO DO RECIFE E REGIÃO METROPOLITANA ATRAVÉS DE ORTOFOTOCARTAS ANTIGAS E IMAGEM DO GOOGLE EARTH	
<i>Leonardo Carlos Barbosa</i>	
<i>Luiz Carlos Barbosa da Silva</i>	
<i>Laízy de Santana Azevedo</i>	
CAPÍTULO 7	66
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DE PARTE DE BAIRRO NOVO - OLINDA ENTRE 1986 A 2014 UTILIZANDO ORTOFOTOCARTA E ORTOFOTOS	
<i>Júlio César Albuquerque Simões Belo</i>	
<i>Mirelly de Oliveira Farias</i>	
<i>Carlos Alberto Borba Schuler</i>	

CAPÍTULO 8 75

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DE DUNAS AO LONGO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO NORTE RS VIA DADOS TM LANDSAT 5

Jean Marcel de Almeida Espinoza
Deivid Cristian Leal Alves
João Augusto de Carvalho Ferreira
Jefferson Rodrigues dos Santos
André Bilibio Westphalen
Miguel da Guia Albuquerque

CAPÍTULO 9 83

ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT-8 (OLI)

Rodrigo Moura Pereira
Dayanna Teodoro Quirino
Derblai Casaroli
Lucas Melo Vellame
Delvio Sandri

CAPÍTULO 10 98

ESTUDO DO DESFLORESTAMENTO E QUALIDADE AMBIENTAL A PARTIR DO USO DE TECNOLOGIAS EM SENSORIAMENTO REMOTO

Roberta Monique da Silva Santos
Stiffanny Alexa Saraiva Bezerra
Álefe Lopes Viana
Nelson Felipe de Albuquerque Lins Neto
José Roselito Carmelo da Silva

CAPÍTULO 11 115

EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE VITÓRIA - SEBV E IMPLICAÇÕES PARA O GRADIENTE FLÚVIO-ESTUARINO.

Fernando Jakes Teubner Junior
Gilberto Fonseca Barroso

CAPÍTULO 12 131

ÊXODO RURAL E ESTADO DA VEGETAÇÃO NATIVA: DESENVOLVIMENTO DE UM INDICADOR SOCIOECONÔMICO E VALIDAÇÃO COM IMAGENS DE SATÉLITE NO MUNICÍPIO DE CANGUÇU - RS, BRASIL

Jefferson Rodrigues dos Santos
Júlia Borges Telmo
Lucas Munhoz Caseiro
Jean Marcel de Almeida Espinosa
João Augusto de Carvalho Ferreira

CAPÍTULO 13 142

FRAGILIDADE AMBIENTAL DE UMA MICROBACIA, VISANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Sérgio Campos
Marcelo Campos
Thyellenn Lopes de Souza
Mateus Campos Leme
Mikael Timóteo Rodrigues

CAPÍTULO 14 152

IMAGEM DE REFLECTÂNCIA DE SUPERFÍCIE USGS COMO REFERÊNCIA PARA COMPARAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CORREÇÃO ATMOSFÉRICA

Patricia Michele Pereira Trindade
Dejanina Luderitz Saldanha

<i>Waterloo Pereira Filho</i>	
CAPÍTULO 15	163
INFERÊNCIA DA PROFUNDIDADE DA ZONA EUFÓTICA E DO COEFICIENTE VERTICAL DE ATENUAÇÃO DE LUZ NA ÁGUA DA REPRESA MAUÁ, RIO TIBAGI/PR, A PARTIR DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS LANDSAT-8/OLI	
<i>Adriana Castreghini de Freitas Pereira</i>	
<i>Paulo Henrique Marques de Castro</i>	
CAPÍTULO 16	174
MODELAGEM DE CORREDORES ÓTIMOS PARA INSTALAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS FERROVIÁRIOS COM O SOFTWARE LIVRE DINÂMICA EGO A PARTIR DE PRODUTOS GRATUITOS DE SENSORIAMENTO REMOTO	
<i>Felipe Ramos Nabuco de Araújo</i>	
<i>Jefferson William Lopes Almeida</i>	
<i>Ítalo Sousa de Sena</i>	
<i>Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega</i>	
CAPÍTULO 17	187
PLANEJAMENTO DE UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA EM PROJETO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA	
<i>Daniel de Almeida Papa</i>	
<i>Evandro Orfanó Figueiredo</i>	
<i>Alexandre Pansini Camargo</i>	
<i>Luiz Carlos Estraviz Rodriguez</i>	
CAPÍTULO 18	199
RELAÇÃO ENTRE RESPOSTA ESPECTRAL, BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM OCORRÊNCIAS DE CERRADO NA PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO PARDO: ESTUDO PRELIMINAR	
<i>Ronaldo Medeiros dos Santos</i>	
<i>Vinícius Orlandi Barbosa Lima</i>	
<i>Marcelo Rossi Vicente</i>	
<i>Talita Moreira Câmara</i>	
<i>Cecília Cristina Almeida Mendes</i>	
<i>Diana Marques Silva</i>	
<i>Gesiane Simara Barbosa</i>	
CAPÍTULO 19	209
SENSORIAMENTO REMOTO NA CULTURA DO ALGODÃO	
<i>Ziany Neiva Brandão</i>	
<i>João Henrique Zonta</i>	
<i>Luciano Shozo Shiratsuchi</i>	
CAPÍTULO 20	225
TEMPERATURA DE BRILHO POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT-8 NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TIETÊ NO ESTADO DE SÃO PAULO	
<i>Adriana Fantinati Conceição</i>	
<i>Denivaldo Ferreira de Souza</i>	
<i>Pedro Enrico Salamim Fonseca Spanghero</i>	
<i>Lindon Fonseca Matias</i>	
CAPÍTULO 21	235
UTILIZAÇÃO DE IMAGENS CCD-CBERS-2B NA ANÁLISE DOS ALINHAMENTOS GEOLÓGICOS DA PROVÍNCIA PEGMATÍTICA BORBOREMA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE	
<i>Paulo Sérgio de Rezende Nascimento</i>	
SOBRE O ORGANIZADOR	248

ADEQUAÇÃO DE BANCO DE DADOS E UTILIZAÇÃO DE ATRIBUTO DE HIERARQUIA NA GERAÇÃO DE ROTAS ÓTIMAS PARA O ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL

Júlia Vaz Tostes Miluzzi de Oliveira

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
– UEMS
Cassilândia - MS

Pedro Sepulveda Neto

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul –
UEMS
Cassilândia - MS

Charles Marques de Souza

Universidade Federal de Lavras – UFLA/DCF
Lavras - MG

Fausto Weimar Acerbi Junior

Universidade Federal de Lavras – UFLA/DCF
Lavras - MG

RESUMO: A criação e/ou adaptação de um banco de dados para utilização em uma análise de rede requer cuidado especial com a topologia dos elementos para que a geração das rotas seja efetivamente otimizada. Esse processo leva tempo e deve ser feito manualmente. O objetivo deste estudo foi identificar os impedimentos ao uso de um analista de rede com concomitante adequação das linhas de estradas, tanto do ponto de vista topológico quanto do espacial, para geração de rotas ótimas entre as fontes de matéria-prima e unidades de beneficiamento da KLABIN S.A., unidade de Santa Catarina. Também foram geradas instruções de direção para maior segurança e orientação dos

motoristas. A fase de preparação do banco de dados identificou entraves e peculiaridades para o uso da extensão e permitiu a exclusão de linhas inexistentes e criação das linhas ainda não mapeadas. As instruções de direção foram geradas corretamente, comprovando que a modelagem dos atributos foi realizada com sucesso. As rotas geradas para os atributos Distância e Tempo foram, de fato, as rotas ótimas tanto com a simulação de barreiras quanto sem essa simulação. As informações geradas podem ser mais refinadas e confiáveis, de acordo com o nível de precisão espacial das linhas que compõem as formas e o tipo de informação no banco de dados.

PALAVRAS-CHAVE: network analyst, adequação de banco de dados, topologia, colheita florestal, otimização de rotas.

ABSTRACT: The creation and/or adaptation of a database to be used in a network analysis needs a special care with the topology of the elements for this network becomes in fact optimized. This process takes time and must be done manually. The objective of this study was to identify the impediments of the use of a network analyst with concomitant suitability of the roads lines, both from the topological point of view as well as from the spatial, for generation of optimal routes between the sources of raw materials and packing units of KLABIN S.A., Santa Catarina's

unit. We also as generating driving instructions for major safety and guidance of the drivers. The database preparation phase identified obstacles and peculiarities for the use of the extension and allowed the exclusion of non-existent lines and the creation of the lines still unmapped. The driving instructions were generated correctly, stating the modeling of the attributes was done correctly. The routes generated for the Distance and Time attributes were satisfactory for both, with and without the use of simulated barriers. The information generated can be more refined and reliable according to the spatial accuracy level of the lines that make up the shapes and the type of information in the database.

KEYWORDS: network analyst, database adequacy, topology, forest harvesting, route optimization.

1 | INTRODUÇÃO

O planejamento do transporte objetiva um transporte rápido e eficiente, com a máxima utilização dos recursos disponíveis (MACHADO, 2011). Souza (2004) relatou que para uma mesma distância de transporte, quanto menor for o valor do produto florestal, maior será a importância do transporte no custo final do produto. O transporte representa até 40% do custo total da madeira para as indústrias de celulose e até 25% para as indústrias de madeira serrada. A colheita e o transporte representam, em média, de 60% a 70% dos custos da madeira colocada no pátio das fábricas, respectivamente.

Um dos métodos mais eficientes e utilizados atualmente, como ferramenta para o planejamento e tomada de decisões é o SIG (Sistema de Informação Geográfica). As empresas que utilizam os SIG's reconhecem que a habilidade de entender e manejar os recursos florestais pode ser consideravelmente melhorada (COUTO, 1993).

Exemplos de aplicação do SIG no transporte florestal podem ser vistos em vários estudos. Barddal (1994) utilizou um SIG para elaborar projetos de estradas, reformulando os traçados existentes para otimizar o transporte de madeira. Motta et al. (1996) demonstraram a viabilidade dos SIG's e da distância virtual na determinação da rota ótima de transporte florestal rodoviário. Venturi (2000) utilizou um SIG para planejar a manutenção da malha rodoviária, enquanto Weber et al. (2003) o utilizou para a avaliação de opções de traçado da estrada a ser pavimentada, considerando o uso do solo e altimetria do terreno como subsídios para simulações e tomada de decisão.

O uso de redes para a medição de distâncias fornece resultados mais precisos para análises do que quando usadas distâncias em linha reta. Uma rede é um sistema de elementos interconectados, como linhas e pontos, que representam possíveis rotas de um local para outro, armazenando a conectividade entre as características de origem (ESRI, 2014).

Para Burrough (1989), a criação da base de dados é a etapa mais importante

no processo de qualquer análise em um SIG, e cabe salientar que a qualidade dos dados originais e a precisão da técnica são fatores que irão determinar o nível de confiabilidade nos resultados finais do trabalho.

Na otimização do transporte, a roteirização é uma das ferramentas disponíveis em alguns SIG's. Roteirização é o processo de criação de um ou mais roteiros ou sequências de paradas a serem cumpridos, com o objetivo de visitar um conjunto de pontos distintos geograficamente e pré-determinados. Segundo Hoffmann et. al. (2009), problemas de roteirização podem ser definidos como problema de um caixeiro viajante e consiste em encontrar o roteiro ou sequência de cidades a serem visitadas, minimizando a distância total percorrida, e assegurando que cada cidade seja visitada exatamente uma vez.

Como um subproblema do problema do caixeiro viajante, temos o problema do menor caminho, mas na otimização do transporte, os melhores caminhos não necessariamente representam os caminhos de menores distâncias, podem ser caminhos de tempos mínimos, custos mínimos, entre outras formas que se deseja medir um percurso.

Assim, o objetivo do trabalho foi a identificação de entraves para a utilização de uma ferramenta de análise de redes, e a criação e avaliação de uma base de dados confiável do ponto de vista topológico, para utilização nesse analista de rede, com o fim de geração de rotas ótimas entre as fontes de matéria prima e as unidades beneficiadoras da empresa KLABIN S.A., unidade de Santa Catarina.

2 | METODOLOGIA DE TRABALHO

2.1 Área de Estudo

Esse estudo foi desenvolvido utilizando o banco de dados das fazendas da empresa KLABIN S.A., situadas nos municípios de Correia Pinto e São José do Cerrito, ambos situados no estado de Santa Catarina (Figura 1).

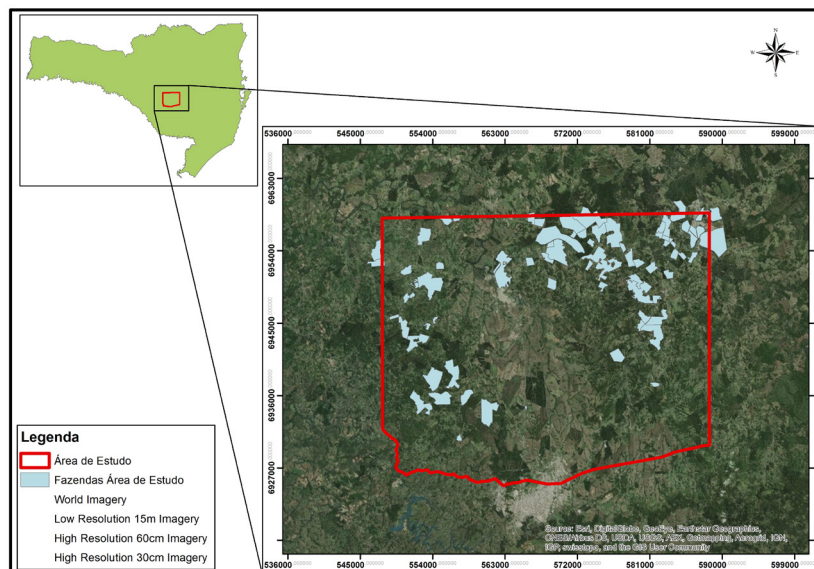


Figura 1. Localização da área de estudo.

A região tem um relevo com média de elevação de 1.000 metros acima do nível do mar, formando um “degrau” entre o Alto Rio Itajaí e o Planalto dos Campos Gerais. De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima da região é mesotérmico subtropical úmido- Cfb, com verões frescos, cujas temperaturas médias dos meses mais quentes são inferiores a 22°C, sem estação seca e invernos com geadas severas e frequentes.

2.2 Base de Dados

As atividades foram desenvolvidas no software ArcGIS 10.3, na extensão *Network Analyst*, utilizando o solucionador *Best Route*. A conferência das linhas de estradas foi feita utilizando o *Google Earth* e o *World Imagery* do ArcGIS online.

Para a estruturação da base de dados do trabalho, foram utilizados diferentes arquivos no formato shapefile: 4 exportados da base de dados da KLABIN S.A (Estradas municipais, Estradas Federais, Linhas Fazendas e Estradas Logística) e 1 do órgão oficial do Departamento Estadual de Infraestrutura - DEINFRA.

O primeiro passo para que os shapes pudessem ser usados conjuntamente foi a padronização do sistema de coordenadas dos mesmos. Para isso todos os shapes foram reprojetoados para o sistema de coordenadas padrão adotado pela empresa, o SIRGAS 2000 (Zona UTM 22 S).

Pela utilização de diferentes shapes, houve sobreposição das linhas coincidentes. Essas linhas tinham diferentes níveis de precisão espacial. Nesse momento, a conferência dessas linhas se baseou nas imagens do *World Imagery*, permanecendo na base de dados a que apresentasse maior precisão espacial. Esse procedimento foi inteiramente manual devido a necessidade de análise criteriosa.

Houve um cuidado especial com o campo referente à pavimentação, por que

o mesmo tem influência direta nos resultados, já que a velocidade média da via, para esse trabalho, depende do tipo de pavimentação. Algumas linhas dos arquivos shapefile utilizados não apresentavam essa informação, dessa forma a via não seria selecionada como parte da rota, se a impedância escolhida levasse em consideração um atributo de tempo ou de hierarquia. Assim, foi necessário atribuir essa informação aos campos onde não havia. Como forma de corrigir tal erro, foi feita a conferência com as linhas dos outros arquivos shapefile da seguinte forma: se na linha selecionada não constasse a informação de pavimentação, era procurado nas outras linhas coincidentes, vindas dos outros arquivos shapefile, e atualizado no arquivo da linha da base de dados do trabalho. Se não houvesse linhas coincidentes ou se não houvesse a informação em nenhuma das linhas, a linha era exportada para o *Google Earth* para confirmação do tipo de pavimentação.

2.3 Correção da Topologia dos elementos Vetoriais

A rede de estradas criada foi a base para que mais adiante o solucionador *Best Route* pudesse analisar e gerar resultados, e por este motivo a mesma deve ser modelada de acordo com os padrões de topologia, a fim de garantir a conectividade das feições, conhecidas por edges e junctions, e conseqüentemente a integridade dos resultados. Os edges são as linhas que conectam os elementos e fazem a junção das viagens. Os junctions são os pontos que conectam os edges uns aos outros, permitindo a transposição de uma linha para a outra. Estes dois elementos são básicos de qualquer estrutura de rede. A adequação dos elementos ao padrão de topologia é feita através da aplicação de regras topológicas.

As regras topológicas utilizadas para a correção foram: Must not intersect, Must not overlap, Must not intersect or touch interior, Must not self overlap, Must not self intersect, Must be single part, Must not have dangles e Must not have pseudo nodes.

Todos os erros do tipo 'Must not intersect' puderam ser corrigidos pela ferramenta '*Split*', que divide as linhas que se cruzam no ponto de interseção.

Todos os erros do tipo 'Must not have pseudo nodes' foram corrigidos pela ferramenta '*Merge to largest*', que funde duas linhas. Mas quando duas linhas são fundidas, a linha menor perde os seus atributos, passando a ter os mesmos atributos da maior. Isso ocasiona perda de informação se as linhas fundidas não tiverem, por exemplo, a mesma pavimentação. Por isso é tão importante a conferência do tipo de pavimentação das linhas antes da etapa de exclusão e adequação propriamente dita do banco de dados.

Os erros do tipo 'Must not intersect or touch interior' podem ser corrigidos com as ferramentas '*Split*' e '*Subtract*'. O '*Subtract*' remove as linhas duplicadas e/ou sobrepostas.

Todos os erros do tipo 'Must not self overlap' e 'Must not self intersect' foram corrigidos pela ferramenta '*Simplify*', que remove a sobreposição da linha do recurso

em erro.

Todos os erros do tipo 'Must be single part' foram corrigidos pela ferramenta 'Explode' que cria linhas únicas a partir de linhas com partes múltiplas.

Os erros corrigidos com as ferramentas 'Subtract' e 'Simplify' foram corrigidos caso a caso, já que foi necessário escolher qual linha seria subtraída ou simplificada. Os erros do tipo 'Must not have dangles' foram os erros mais numerosos e com correção mais demorada, pois tiveram que ser reparados um a um. A correção teve de ser feita caso a caso por que esse tipo de erro pode ter sido fruto de duas linhas que deveriam estar conectadas, mas não estavam, ou poderiam indicar um ponto final. Quando não estavam conectadas, a conexão foi feita manualmente e caso se tratasse de um ponto final, o erro foi marcado como exceção, já que um ponto final não pode ser considerado um erro se realmente indicar o final de alguma via.

Os erros do tipo 'Must not have pseudo nodes' foram os últimos erros a serem corrigidos, pois grande parte das correções de topologia criam pseudo nós nas linhas. Assim, ao corrigir esses erros por último, garantimos que não fossem gerados mais erros desse tipo.

Muitas correções de topologia geram outros erros, como por exemplo, um pseudo nó gerado a partir de duas linhas não conectadas. Por isso, após a correção de todos os erros a Topologia foi validada e os erros conferidos novamente até que não houvesse nenhum erro restante.

Paralelamente ao processo de correção da topologia, foi realizado o processo de adequação espacial das linhas que não estavam espacialmente condizentes com as imagens do *World Imagery* (ArcGIS Online), mapeamento das linhas não existentes e exclusão das que constavam na base de dados porém não mais existiam.

2.4 Criação da Network Dataset

O tráfego que ocorre sobre a rede é controlado pelos atributos de redes. É no momento da configuração destes atributos que a *Network Dataset* é modelada. O uso padrão de cada atributo define qual atributo será utilizado como principal. Atributos de Hierarquia não podem ser utilizados como principais para geração das rotas, sendo utilizados como secundários, servindo de desempate entre duas vias que poderão compor uma rota, por exemplo.

Os atributos trabalhados foram: Tempo, Distância e Hierarquia. Tempo e Distância são do tipo 'Cust', ou seja, tem um tipo de uso referente aos custos, já o atributo Hierarquia não. O atributo Distância veio da tabela de atributos, sendo o comprimento total de cada via. O atributo Hierarquia também veio da tabela e está relacionado com o tipo de pavimentação. Foi criada uma coluna na tabela de atributos classificando a preferência de pavimentação: Asfalto- 1, Cascalho- 2 e Terra- 3. Assim, seriam priorizadas as vias Asfaltadas, em seguida as cascalhadas e por último as de terra. Para o tempo, através da Equação 1, criou-se uma coluna na tabela de atributos com

o tempo necessário para transpor cada trecho da estrada.

$$T = \frac{L}{\frac{V * 1000}{60}} \quad (1)$$

Onde T é o Tempo (min), L é o Comprimento da via (m) e V é a Velocidade média da via (km/h).

Foi criada uma coluna na tabela de atributos para a velocidade média que variou de acordo com a pavimentação. Como regra geral, na KLABIN S.A. adota-se: Asfalto- 80 km/h, Cascalho- 50 km/h e Terra- 30 km/h.

2.5 Solucionador Route

Para testar a *Network Dataset*, foram realizados testes para avaliar a eficiência do solucionador. O objetivo era sair da fábrica de Correia Pinto e chegar a Fazenda Cerro Pelado V.

Para testar o atributo Distância, foi criada uma série de rotas. A primeira rota gerada foi a rota ótima e a partir dela, foram geradas mais 2 rotas utilizando barreiras que impediram o trânsito na via onde foi alocada. O teste para o atributo Tempo foi feito da mesma forma. As barreiras nos dois testes foram colocadas aleatoriamente para testar a *Network Dataset*.

Usando Hierarquia, é utilizada uma heurística que favorece o tráfego nos níveis mais altos. O objetivo do solucionador continua sendo minimizar a impedância, mas favorecendo a ordem superior de Hierarquia. O teste do atributo Hierarquia consistiu na geração de rotas ótimas para os atributos Distância e Tempo, com e sem a utilização do atributo Hierarquia como secundário.

A geração das instruções de direção também foi feita na etapa de configuração do solucionador. O roteiro gerado é mais uma ferramenta que auxilia a orientação do condutor.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adequação à topologia e a correção das linhas é um processo demorado, e em grande parte impossível de operacionalizar devido à necessidade de análise criteriosa e comparação com imagens de satélite. É impossível corrigir todas as linhas, do ponto de vista da precisão espacial. Novas estradas são abertas frequentemente e estradas já existentes desaparecem pela falta de uso e consequente crescimento da vegetação. Uma forma mais confiável para a atualização e consolidação da base de estradas, para que se possa operacionalizar as rotas geradas pelo *Network Analyst*, seria o levantamento a campo, contínuo e dinâmico.

3.1 Resultados dos testes

Os testes dos atributos mostraram que a topologia foi corrigida satisfatoriamente, pois foi possível a geração dos elementos Junctions e Edges, como ilustrado na Figura 2, e das rotas, como ilustrado nas Figuras 3, 4 e 5.

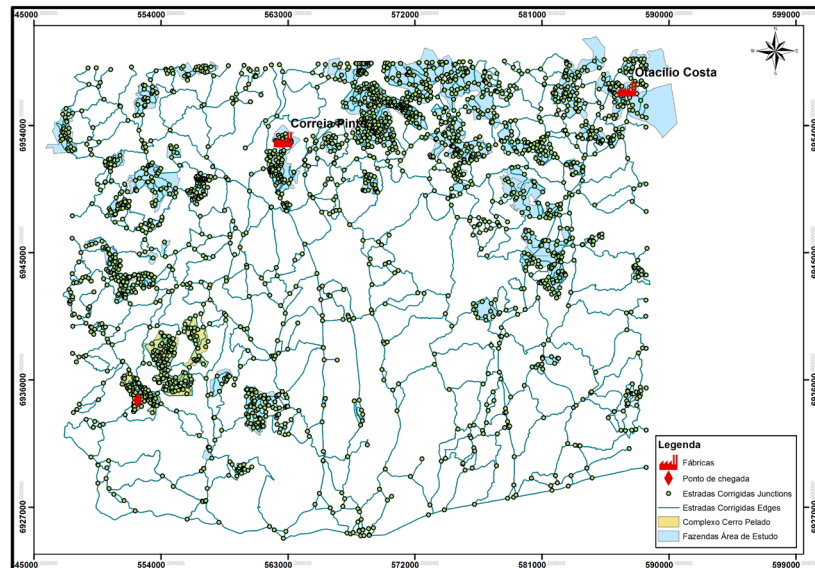


Figura 2. Network Dataset estruturada e pontos de início e fim das rotas.

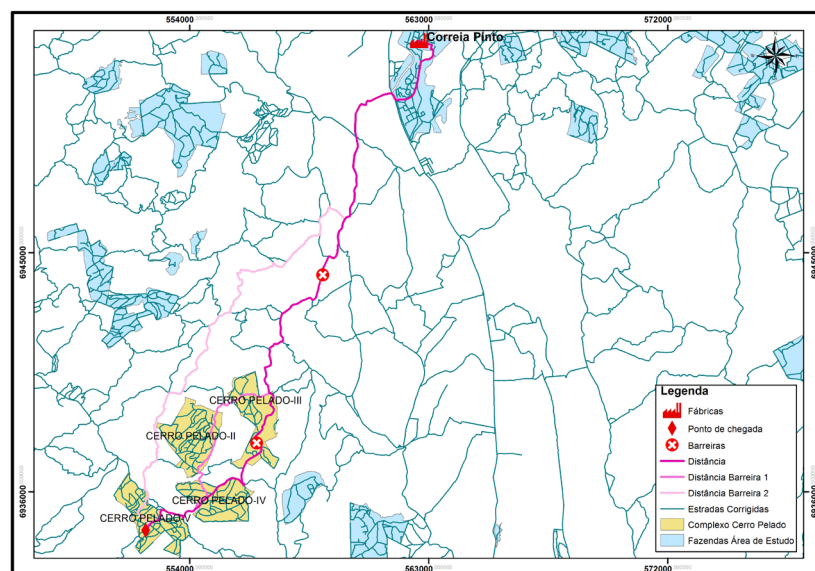


Figura 3. Rotas geradas baseadas no atributo Distância.

As rotas geradas sem barreiras nos testes dos atributos Distância e Tempo, foram as rotas ótimas: para o atributo distância (Figura 3), a menor rota foi a gerada sem barreira alguma e para o atributo Tempo (Figura 4) a rota mais rápida foi aquela gerada sem barreira. Os resultados indicaram que a *Network Dataset* foi modelada corretamente e os atributos estavam funcionando. A Tabela 1 mostra as informações

das rotas geradas a partir do atributo Distância e a Tabela 2 apresenta as informações das rotas geradas a partir do atributo Tempo.

As distâncias totais para o atributo Tempo foram maiores, mas com menores porcentagens de Terra. Isso era esperado, já que este atributo está diretamente relacionado a pavimentação, por ela influenciar na velocidade média de deslocamento que entra no cálculo do Tempo.

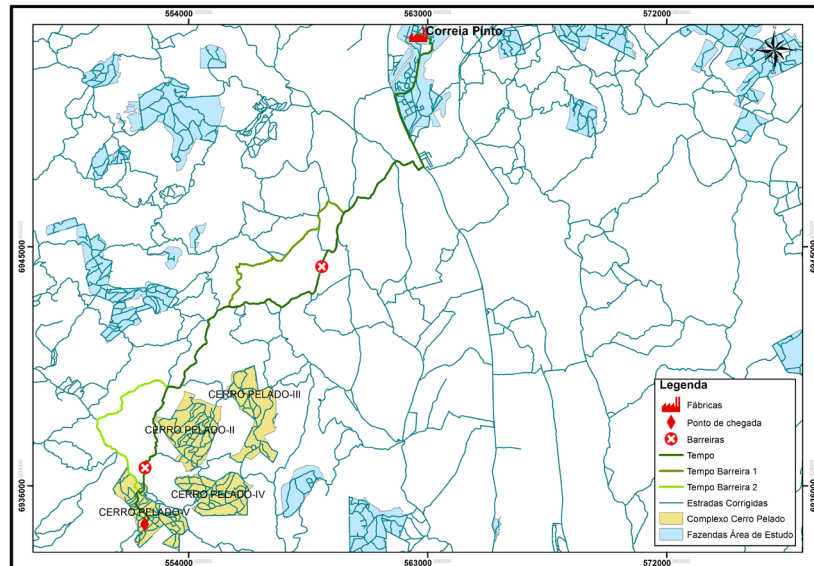


Figura 4. Rotas geradas com base no atributo Tempo.

Rota	Pavimentação	Distância (km)	Tempo (Min)
Distância	Asfalto	2,16	1,62
	Cascalho	14,24	17,18
	Terra	11,49	23,52
	Total	27,89	42,32
Distância Barreira 1	Asfalto	2,16	1,62
	Cascalho	15,74	18,88
	Terra	10,47	20,95
	Total	28,38	41,45
Distância Barreira 2	Asfalto	2,16	1,62
	Cascalho	24,43	29,31
	Terra	2,54	5,09
	Total	29,14	36,02

Tabela 1: Descrição de Distâncias e Tempos das rotas geradas com base no atributo Distância.

Rota	Pavimentação	Distância (km)	Tempo (Min)
Tempo	Asfalto	6,24	4,68
	Cascalho	21,12	25,35
	Terra	2,22	4,44
	Total	29,59	34,47
Tempo Barreira 1	Asfalto	6,24	4,68
	Cascalho	21,85	26,22
	Terra	2,22	4,44
	Total	30,31	35,34
Tempo Barreira 2	Asfalto	6,24	4,68
	Cascalho	22,11	26,54
	Terra	4,12	8,24
	Total	32,47	39,45

Tabela 2: Descrição de Distâncias e Tempos das rotas geradas com base no atributo Tempo.

Ao usarmos Hierarquia como atributo secundário, para as duas análises, como ilustrado na Figura 5, não foram geradas rotas diferentes das geradas quando não foi utilizando esse atributo como secundário. Isso mostra que o uso do atributo Hierarquia, para a *Network Dataset* estruturada, não produziu efeito algum e pode indicar que para esse tipo de estrutura de vias, tal atributo não produz diferença.

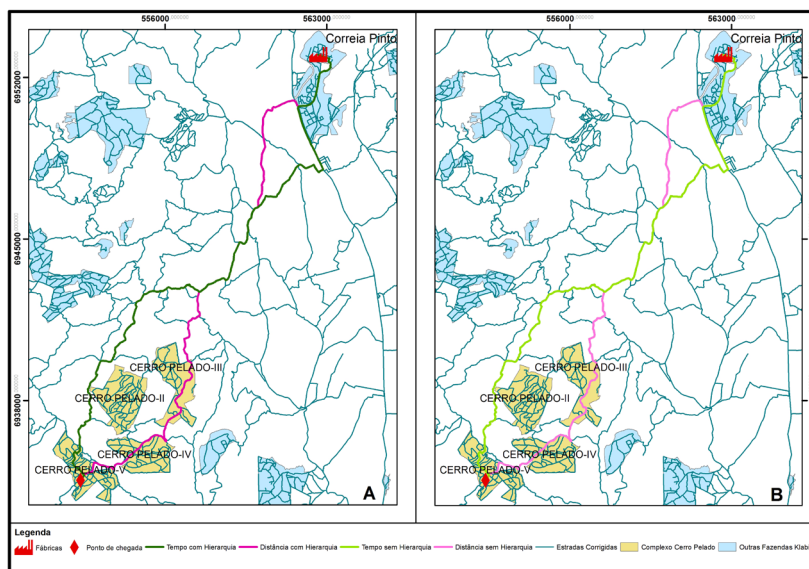


Figura 5. A) Rotas geradas com o atributo Hierarquia como secundário. B) Rotas geradas não utilizando o atributo Hierarquia como secundário.

O '*Directions*' de todas as rotas geradas (Figura 6) foi criado corretamente, podendo ser usado juntamente com a rota no campo para orientação do condutor, e também afirma o resultado que os atributos foram modelados corretamente e estavam funcionando.

Step	Description	Distance	Time	Map
1:	Start at Graphic Pick 1	29 km	35 min	Map
2:	Go east	516 m	< 1 min	Map
3:	Turn right	235 m	< 1 min	Map
4:	Turn right	2,7 km	2 min	Map
5:	Bear right on BR 116	223 m	< 1 min	Map
6:	Continue on Cascalhada	6,1 km	7 min	Map
7:	Turn right	761 m	< 1 min	Map
8:	Turn left	1,3 km	2 min	Map
9:	Make sharp right on Cascalhada	2,3 km	3 min	Map
10:	Turn left	3,6 km	4 min	Map
11:	Make sharp right	7,6 km	9 min	Map
12:	Turn right	1,5 km	2 min	Map
13:	Turn left	379 m	< 1 min	Map
14:	Make sharp right	98 m	< 1 min	Map
15:	Turn left	730 m	1 min	Map
16:	Turn right and immediately turn left	556 m	1 min	Map
17:	Turn right	274 m	< 1 min	Map
18:	Finish at Location 1, on the right			Map
Total time: 35 min				
Total distance: 29 km				

Figura 6. Directions gerado com informações dos atributos Distância e Tempo.

4 | CONCLUSÕES

A extensão *Network Analyst* se mostrou eficiente para o que foi proposto no trabalho, dependendo a confiabilidade e a complexidade dos resultados apenas do nível de qualidade e quantidade de informação existente na base de dados.

A aplicação da metodologia proposta é possível, mas o processo ainda permite melhorias, sendo necessário aprimorar o uso das ferramentas e equipamentos que possam diminuir o tempo de preparação dos dados e aumentar a confiabilidade nas linhas, assim como um estudo criterioso de informações que possam ser extraídas do processo.

É possível utilizar a metodologia proposta para a geração de rotas, mas os atributos utilizados do *Network Analyst* são muito básicos, necessitando de um maior entendimento da ligação com o frete e possível transformação do cálculo de frete em atributo da *Network Dataset*, possibilitando assim a geração de rotas ótimas baseadas diretamente no frete.

REFERÊNCIAS

- BARDDAL, S. M. A. **Utilização do SIG na KLABIN.** In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 1. , Curitiba, 1994. Anais... Curitiba, 1994. p. 83-92.
- BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment.** 1989. 194 p. Monografia em Solos e Recursos Naturais. University of Oxford, Oxford, 1989.
- COUTO, H. T. Z. **Sistemas de informações geográficas: Aplicações Florestais.** IPEF Série Técnica, Piracicaba, v. 9, n. 28, 1993. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr28/cap01.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2018.
- ESRI. Disponível em: <<http://www.esri.com/software/arcgis>> Acesso em: 22 mai. 2018.
- HOFFMANN, E. H.; ZIMMERMANN, K. W.; BORTOLETO, S. **Sistema de roteirização urbana: Aplicação na saúde urbana,** 2009, Curitiba. Disponível em:<<http://www.aebi.com.br/>> Acesso: 22 mai. de 2018.

KOPPEN, W. **Climatologia**. México: Fundo de Cultura Econômica, 1948.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. B.; MACHADO, R. R. **Transporte Rodoviário Florestal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2011. 217 p.

MOTTA, L. P.; MACHADO, C. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, J. C.; RIBEIRO, C. A. A. S. **Utilização do sistema de informações geográficas e da distância virtual na otimização do transporte florestal rodoviário**. Revista Árvore, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 381-394, 1996.

SOUZA, D. O. **Algoritmos genéticos aplicados ao planejamento do transporte principal de madeira**. 2004, 184 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, 2004.

VENTURI, N. L. **GIS aplicado na área florestal**. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 4., Anais... Curitiba, 2000. p. 143-157.

WEBER, E.; HASENACK, H.; NODARI, F. A.; REICHMANN, N. C. **Análise de alternativas de traçado de uma estrada utilizando rotinas de apoio à decisão em SIG**. In: GIS BRASIL - CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 4., Anais... Curitiba, 1998.

SOBRE O ORGANIZADOR

Leonardo Tullio Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia – Geotecnologias, com ênfase em Topografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-54-3



9 788585 107543