

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**SUZANA DANIELA ROCHA SANTOS**

**PROPOSTA DE SIMBOLOGIA PARA A REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL  
DE POSTES DE UMA REDE DE ENERGIA ELÉTRICA**

**CURITIBA**

**2011**

**SUZANA DANIELA ROCHA SANTOS**

**PROPOSTA DE SIMBOLOGIA PARA A REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL DE  
POSTES DE UMA REDE DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Dissertação apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de Mestre em Ciências  
Geodésicas, pelo Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Geodésicas, Departamento de  
Geomática, Setor de Ciências da Terra da  
Universidade Federal do Paraná.**

**Orientadora: Profa. Dra. Luciene Stamato Delazari  
Co-orientadora: Profa. Dra. Maria Cecilia Bonato  
Brandalize**

**CURITIBA**

**2011**

Santos, Suzana Daniela Rocha  
Proposta de simbologia para a representação  
tridimensional de postes de uma rede de energia elétrica  
/ Suzana Daniela Rocha Santos. – Curitiba, 2011.  
159 f.: il., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do  
Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Geodésicas.

Orientador: Luciene Stamato Delazari

Coorientadora: Maria Cecília Bonato Brandalize

1. Mapas - Símbolos. 2. Imagem tridimensional. 3.  
Linhas elétricas - Postes e torres. I. Delazari, Luciene


## TERMO DE APROVAÇÃO

SUZANA DANIELA ROCHA DOS SANTOS

*“PROPOSTA DE SIMBOLOGIA PARA A REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL  
DE POSTES DE UMA REDE DE ENERGIA ELÉTRICA”*

Dissertação nº 252 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora:



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciene Stamato Delazari  
Departamento de Geomática, UFPR



Prof. Dr. Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva  
Instituto Militar do Exército, IME



Prof. Dr. Alzir Felipe Buffara Antunes  
Departamento de Geomática, UFPR

Curitiba, 30 de novembro de 2011.

## DEDICATÓRIA

A minha mãe, Lúcia Maria Rocha Santos,  
Por ter me concedido a vida, por ter dedicado a sua vida em prol da minha felicidade,  
Por seu amor, compreensão, amizade, por ter me ensinado o que é ter princípios,  
Por sempre me mostrar a verdade, a justiça, a bondade, a vontade de ser melhor,  
Por sempre ter me dado força para conquistar meus sonhos e  
Por tudo o que fui,  
Por tudo que sou e por tudo que serei.  
Dedico tudo a senhora mãe.  
As minhas irmãs Regina e Yone que sempre estiveram ao meu lado me dando força,  
coragem pra seguir em frente e por me completarem.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por todas as bênçãos concedidas, pela proteção e por todas as dificuldades superadas.

A minha família pelo amor, companheirismo e força. Em especial ao meu sobrinho Carlos Gabriel que apesar de ter apenas um aninho sempre me recebe com amor, carinho e um belo sorriso.

Ao meu namorado Marcilio Bona Andrade, pela amizade, compreensão em ficar esperando por mim nesses dois anos, pelas palavras de força e coragem, por sempre ter acreditado em mim e sempre me estimular a seguir em frente.

Aos meus primos Bruno, Ítalo. E aos meus afilhados Iara, Ryan e Breno, pelo amor, carinho e recepções calorosas.

A minha orientadora professora Dra. Luciene Stamato Delazari, por ter aceitado a orientação, amizade, pela sua compreensão, ensinamentos, dedicação a esta pesquisa, por sempre está disponível a me ajudar, pelos puxões de orelhas merecidos dados na hora certa e por todas as críticas e conselhos.

A minha co-orientadora professora Dra. Maria Cecilia Bonato Brandalize, pela co-orientação, amizade, pela disposição em ajudar e contribuir com essa pesquisa, pelas palavras tranqüilizadoras, por sua disponibilidade sempre que precisei e por todas as críticas e conselhos.

À banca de Qualificação da Dissertação: o professor Dr. Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva e a professora Dra. Claudia Robbi Sluter, pelos conselhos, críticas e incentivos.

Ao meu amigo Lineardo Ferreira de Sampaio Melo, por ter sido o responsável por eu estar aqui fazendo esse mestrado. Por ter me consolado nos momentos de angustia, medo, incerteza. Por ter me tranqüilizado nos momentos de raiva, ansiedade e nervosismo. Por sempre estar ao meu lado nessa caminhada.

A minha amiga Marly Teresinha, pela amizade, carinho, apoio, conversas e sempre se disponibilizar em ajudar em todos os momentos e situações.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, pelos ensinamentos e amizade.

A CAPES, pelo apoio financeiro.

As Empresas e Instituições que cederam alguns dados no decorrer deste trabalho: COPEL, Esteio e IPPUC.

A secretaria Mônica por sempre está disponível para ajudar e resolver aos problemas burocráticos, amizade e momentos de descontração.

Aos meus amigos André, Hecralito, Elizabete e Rodrigo, por terem contribuído com essa pesquisa com conversas e discussões.

Aos meus amigos do laboratório Marcio, Ivone, Luciana, Bruna pela amizade e momentos de descontração.

Aos meus amigos do curso Karol, Fabiane, Suelem, Diuli, Rogers, Ivo, Vagner, Nadson, Felipe Marques, Marcos, Miguel, Gloria, Wander pela amizade e momentos de descontração.

As minhas amigas Graça, Raquel e Isolda pela amizade e recepções calorosas sempre que retornava a minha terra natal.

Aos meus amigos Juliano, Juciliane, Mariana, Eduardo, Michael, pela amizade, conselhos e momentos de descontração.

E a todos aqueles que de forma direta ou indireta fizeram parte desse trabalho, muito obrigada!

## EPÍGRAFE

Toda pedra do caminho  
Você pode retirar  
Numa flor que tem espinhos  
Você pode se arranhar  
Se o bem e o mal existem  
Você pode escolher  
É preciso saber viver

Roberto Carlos



## RESUMO

O desenvolvimento da tecnologia informática e de técnicas de realidade virtual causaram alterações significativas na cartografia. Essas mudanças estão presentes nos processos de geração, atualização e uso dos mapas. As novas técnicas de visualização e as novas possibilidades de interação computacional oferecem uma oportunidade para a criação de novas formas de representação da paisagem. Alguns desses novos modelos cartográficos compreendem os mapas interativos, mapas tridimensionais e mapas virtuais. A representação de dados geográficos em mapas tridimensionais facilita a compreensão da informação não só pelos especialistas em cartografia, mas também pelos usuários com pouca ou até mesmo sem nenhuma experiência com o uso de mapas, pois sua apresentação aproxima-se mais da realidade, o que auxilia na compreensão das relações espaciais dos objetos representados. A indústria de engenharia elétrica tem sido considerada uma das maiores conquistas da engenharia do século XX. Um grande problema encontrado nesta área é a busca por melhorias na forma de visualização das informações das redes de energia elétrica, já que as boas condições de funcionamento das redes são de extrema importância para a sociedade. No contexto das redes de distribuição de energia elétrica os mapas tridimensionais representam uma ferramenta que possibilita vários recursos para a gestão territorial, pois tornam possível a visualização não só da localização geográfica dos equipamentos que compõem a rede elétrica, mas também de suas características não espaciais. Para desenvolver as representações tridimensionais para redes de energia elétrica faz-se necessário estudar os seus componentes, classificá-los e definir a simbologia adequada para o seu uso. Entretanto, na literatura sobre o assunto ainda são poucas as pesquisas sobre as formas de representar tais redes tridimensionalmente. Deste modo, neste trabalho aborda-se a questão da melhoria do processo de comunicação cartográfica com o uso de símbolos tridimensionais na representação de sistemas de redes de energia elétrica. Neste sentido foi desenvolvido um projeto cartográfico para a representação tridimensional de redes de energia elétrica, considerando a avaliação nas mudanças das etapas do projeto cartográfico de mapas bidimensionais para mapas tridimensionais, a análise das variáveis visuais adequadas à representação tridimensional, a construção da simbologia tridimensional, a aplicação da simbologia ao modelo tridimensional e a realização de experimentos para este tipo de representação cartográfica. Os resultados

dessa pesquisa foram alcançados a partir da elaboração da simbologia tridimensional. Os símbolos foram elaborados respeitando os princípios de projeto cartográfico para mapas tridimensionais, e os princípios de aplicação das variáveis visuais, e foram baseados na experiência do usuário para alcançar o processo de comunicação cartográfica. Para a representação das redes de energia elétrica as variáveis que se mostraram mais adequadas foram a cor, a textura e o valor. Como resultados dessa pesquisa apresentam-se duas propostas de simbologia tridimensional, uma realística e outra geométrica, sendo que a realística não foi considerada adequada por exigir um grande esforço computacional e pela dificuldade em representar todos os detalhes da feição de interesse em escalas menores.

Palavras-chave: projeto cartográfico, símbolos tridimensionais, variáveis visuais, representação tridimensional.

## ABSTRACT

The development of computer technology and virtual reality techniques have caused significant changes in cartography. These changes are present in the processes of generation, update and use of maps. The new visualization techniques and new possibilities of interaction computational offer an opportunity to create new forms of landscape representation. Some of these new cartographic models include interactive maps, virtual maps and three-dimensional maps. The representation of spatial data in three-dimensional maps of information facilitates understanding not only by specialists in cartography, but also by users with little or even no experience with the use of maps, because their presentation is closer to reality, which assists in an understanding of spatial relationships of the objects represented. The electrical engineering industry has been considered one of the greatest engineering achievements of the twentieth century. A major problem encountered in this area is the search for improvements in the form of information visualization of electric power grids, since the good working of the networks are very important to society. In the context of the distribution networks of electricity dimensional maps represent a tool that enables multiple resources for territorial management, make it possible to visualize not only the geographical location of equipment that make up the grid, but also non-spatial characteristics. To develop the three-dimensional representations for electric power networks it is necessary to study their components, classify them and define the appropriate symbology for its use. However, the literature on the subject yet there is little research on the ways to represent three-dimensionally such networks. Thus, this addresses paper the issue of improving the process of cartographic communication using symbols to represent three-dimensional systems of electric power grids. In this regard a project was developed for mapping three-dimensional representation of electric power grids, considering the changes in the evaluation stage of cartographic design of two-dimensional maps for three-dimensional maps, analysis of visual variables suitable for three-dimensional representation, the construction of three-dimensional symbology, the application of the symbology dimensional model and experiments conducting for this kind of cartographic representation. The research results were achieved from the development of three-dimensional symbology. The symbols were designed with the principles of cartographic design for three-dimensional maps, and application of the principles of visual variables,

and were based on user experience to achieve the process of cartographic communication. For the representation of electric power grids variables that were more appropriate were the color, texture and value. As results of this survey are presented two proposals for three-dimensional symbology, and a realistic geometric another, being realistic that was not considered appropriate to require a large computational effort and the difficulty in representing all the details of the feature of interest in minor scales.

Keywords: cartographic design, three-dimensional symbols, variables, visual, three-dimensional representation.

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – MODELOS USADOS NOS TESTES: (A) MAPA BIDIMENSIONAL, (B) MAPA TOPOGRÁFICO, (C) ORTOFOTO PRETO E BRANCO E (D) MODELO TRIDIMENSIONAL SIMBÓLICO.....	21
FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO DE SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS E DA REDE DE GASODUTOS .....	23
FIGURA 3 – SÍMBOLOS ELABORADOS EM 2D E 3D PARA AVALIAR A PERCEPÇÃO DO USUÁRIO .....	24
FIGURA 4 – VISTAS DOS CENÁRIOS ELABORADOS PARA O TESTE DE PERCEPÇÃO DO USUÁRIO .....	25
FIGURA 5 – SÍMBOLOS USADOS PARA REPRESENTAR CADA CLASSE: (A) SISTEMA DE TRANSPORTES, (B) ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA, (C) ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO E (D) OUTROS ELEMENTOS .....	27
FIGURA 6 – VISTAS DOS MODELOS: (A) MODELO 1, (B) MODELO 2 E (C) MODELO 3.....	27
FIGURA 7 – CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E PROJETO GRÁFICO PARA A REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL DO CAMPUS DA UNESP .....	29
FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO TEMÁTICA TRIDIMENSIONAL COM ORTOFOTO DA UNESP .....	30
FIGURA 9 – EXEMPLO DE UMA IMAGEM EM PERSPECTIVA A PARTIR DE UM MDT .....	33
FIGURA 10 – EXEMPLOS DE APRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS 3D .....	34
FIGURA 11 – EXEMPLO DE UMA PAISAGEM EM PERSPECTIVA ALTAMENTE REALISTA.....	35
FIGURA 12 – MODELO SIMPLIFICADO DO PROCESSO DE COMUNICAÇÃO PROPOSTO POR ROBINSON AND PETCHENIK (1976).....	40
FIGURA 13 - VERSÃO DO MODELO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA DE KOLÁČNÝ (1969).....	40

FIGURA 14 – COMPARAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS COGNITIVOS EM REPRESENTAÇÕES 2D E 3D .....	42
FIGURA 15 – DIAGRAMA DA SISTEMÁTICA DE TRABALHO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETO CARTOGRÁFICO.....	45
FIGURA 16 – ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DE UM MAPA 3D PROPOSTO POR TERRIBILINI (2001) E USADA POR HAEBERLING (2002, 2004 E 2008).....	49
FIGURA 17 – COMPARATIVO DAS ETAPAS DE PROJETO CARTOGRÁFICO PARA MAPAS BIDIMENSIONAIS E MAPAS TRIDIMENSIONAIS A PARTIR DOS CONCEITOS DE SLUTER (2008), BANDROVA (2005) E HAEBERLING (2008) .....	52
FIGURA 18 – DIAGRAMA DA SISTEMÁTICA DE TRABALHO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETO CARTOGRÁFICO PARA REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL.....	53
FIGURA 19 – LISTA DAS VARIÁVEIS VISUAIS DE BERTIN.....	55
FIGURA 20 – LISTA DE VARIÁVEIS VISUAIS QUANTITATIVAS PROPOSTA POR SLOCUM (2001).....	56
FIGURA 21 – LISTA DE VARIÁVEIS VISUAIS QUALITATIVAS PROPOSTA POR SLOCUM (2001).....	57
FIGURA 22 – SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS TRIDIMENSIONAIS: A) GEOMÉTRICO; B) PONTUAL REALÍSTICO; C) LINEAR; E D) DE ÁREA .....	63
FIGURA 23 – SÍMBOLO CARTOGRÁFICO TRIDIMENSIONAL PARA REPRESENTAÇÃO DE UMA IGREJA EM QUATRO NÍVEIS DE DETALHES DIFERENTES.....	64
FIGURA 24 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO PROJETO CARTOGRÁFICO PARA DESENVOLVIMENTO DESSA PESQUISA .....	69
FIGURA 25 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO A NÍVEL NACIONAL E ESTADUAL .....	71
FIGURA 26 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO A NÍVEL MUNICIPAL EM ESCALA DE VISUALIZAÇÃO APROXIMADA DE 1:280.000 E 1:28.000 .....	71

FIGURA 27 – LOCALIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DA REDE NA ÁREA DE ESTUDO: (A) TRANSFORMADORES E (B) POSTES E ILUMINAÇÃO PÚBLICA EM ESCALA DE VISUALIZAÇÃO APROXIMADA DE 1:28.000 .....	73
FIGURA 28 – LOCALIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DA REDE NA ÁREA DE ESTUDO: (A) REDE PRIMÁRIA, (B) REDE SECUNDÁRIA E (C) REDE PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA EM ESCALA DE VISUALIZAÇÃO APROXIMADA DE 1:28.000 .....	73
FIGURA 29 – SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS USADOS PELA COPEL .....	80
FIGURA 30 – REPRESENTAÇÃO BIDIMENSIONAL USADA PELA COPEL NAS ESCALAS 1:32.000 E 1:8.000 .....	85
FIGURA 31 – REPRESENTAÇÃO BIDIMENSIONAL USADA PELA COPEL NAS ESCALAS 1:5.000 E 1:2.000 .....	85
FIGURA 32 – REPRESENTAÇÃO BIDIMENSIONAL USADA PELA COPEL NAS ESCALAS 1:1.000 E 1:500 .....	86
FIGURA 33 – SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS USADOS PELA COPEL NAS CLASSES E SUBCLASSES .....	87
FIGURA 34 – SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS USADOS PELA COPEL NAS SUBDIVISÕES EM ALTURAS E VOLTAGENS.....	88
FIGURA 35 – EXTRATO MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO .....	89
FIGURA 36 – COMPARATIVO ENTRE A FEIÇÃO REAL E OS SÍMBOLOS PROPOSTOS.....	91
FIGURA 37 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS TRIDIMENSIONAIS.....	92
FIGURA 38 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS PARA A FEIÇÃO CABOS.....	93
FIGURA 39 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM A VARIÁVEL VISUAL FORMA.....	95
FIGURA 40 – VARIÁVEL VISUAL FORMA SOBRE O MDT EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300 .....	97

FIGURA 41 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM A VARIÁVEL VISUAL ORIENTAÇÃO.....	98
FIGURA 42 – VARIÁVEL VISUAL ORIENTAÇÃO SOBRE O MDT EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300 .....	99
FIGURA 43 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM A VARIÁVEL VISUAL TEXTURA.....	100
FIGURA 44 – VARIÁVEL VISUAL TEXTURA SOBRE O MDT EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300 .....	101
FIGURA 45 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM A VARIÁVEL VISUAL COR .....	102
FIGURA 46 – VARIÁVEL VISUAL COR SOBRE O MDT EM ESCALA DE VISUALIZAÇÃO APROXIMADA DE 1:300 .....	104
FIGURA 47 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM A VARIÁVEL VISUAL TAMANHO.....	105
FIGURA 48 – VARIÁVEL VISUAL TAMANHO SOBRE O MDT EM ESCALA DE VISUALIZAÇÃO APROXIMADA DE 1:300 .....	106
FIGURA 49 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM A VARIÁVEL VISUAL VALOR .....	107
FIGURA 50 – VARIÁVEL VISUAL VALOR SOBRE O MDT EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300 .....	108
FIGURA 51 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM AS VARIÁVEIS VISUAIS COR E FORMA.....	111
FIGURA 52 – COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS VISUAIS COR E FORMA EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300 .....	112
FIGURA 53 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM AS VARIÁVEIS VISUAIS FORMA E TEXTURA .....	113



FIGURA 54 – COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS VISUAIS FORMA E TEXTURA EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300 .....	113
FIGURA 55 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM AS VARIÁVEIS VISUAIS FORMA E VALOR.....	114
FIGURA 56 – COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS VISUAIS FORMA E TEXTURA EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300 .....	115
FIGURA 57 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E TRIDIMENSIONAIS REALÍSTICOS SIMPLIFICADOS .....	117
FIGURA 58 – REPRESENTAÇÃO DOS SÍMBOLOS REALÍSTICOS SIMPLIFICADOS NA ESCALA APROXIMADA DE 1:1000.....	118
FIGURA 59 – REPRESENTAÇÃO REALÍSTICA COM OS CABOS DA REDE NA ESCALA APROXIMADA DE 1:1.000 .....	118
FIGURA 60 – REPRESENTAÇÃO DOS SÍMBOLOS REALÍSTICOS NA ESCALA APROXIMADA DE 1:500 .....	119
FIGURA 61 – REPRESENTAÇÃO REALÍSTICA COM OS CABOS DA REDE COM ESCALA APROXIMADA DE 1:500.....	119
FIGURA 62 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS TRIDIMENSIONAIS.....	121
FIGURA 63 – REPRESENTAÇÃO DOS SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS SOBRE O MDT NA ESCALA APROXIMADA DE 1:1.000.....	121
FIGURA 64 – REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA COM OS CABOS DA REDE NA ESCALA APROXIMADA DE 1:1.000 .....	122
FIGURA 65 – REPRESENTAÇÃO DOS SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS SOBRE O MDT NA ESCALA APROXIMADA DE 1:500.....	122
FIGURA 66 – REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA COM OS CABOS DA REDE NA ESCALA APROXIMADA DE 1:500 .....	123
FIGURA 67 – REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA COM OS CABOS DA REDE NA ESCALA APROXIMADA DE 1:500 .....	123
FIGURA 68 – REPRESENTAÇÃO REALÍSTICA COM OS CABOS DA REDE NA ESCALA APROXIMADA DE 1:500 .....	124
FIGURA 69 – QUADRO RESUMO DA FEIÇÃO REAL, A REPRESENTAÇÃO BIDIMENSIONAL E AS DUAS PROPOSTAS DE SIMBOLOGIA .....	125

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DAS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS.....	26
TABELA 2 – PARÂMETROS USADOS PARA TRANSFORMAÇÃO DAS IMAGENS.....	74
TABELA 3 - RESUMO DA APLICAÇÃO DAS VARIÁVEIS VISUAIS NO MODELO TRIDIMENSIONAL.....	109

## LISTA DE SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
COLLADA	Collaborative Design Activity
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
COMPAGAS	Companhia Paranaense de Gás
ECEME	Escola de Comando e Estado Maior do Exército
ESTEIO	ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A.
FCT	Faculdade de Ciências e Tecnologia
IME	Instituto Militar de Engenharia
IPPUC	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital de Terreno
PPGCG	Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SGBDR	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional
TIN	Triangulated Irregular Network
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UNESP	Universidade Estadual Paulista
VCR	Video Cassette Recorder

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1. OBJETIVOS DO TRABALHO.....	17
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	17
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
1.2 JUSTIFICATIVA .....	18
1.3 APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	20
2.1 PESQUISAS SOBRE REPRESENTAÇÃO E SIMBOLOGIA TRIDIMENSIONAL ...	20
2.2 MAPA TRIDIMENSIONAL.....	31
2.3 PROJETO CARTOGRÁFICO PARA MAPAS TRIDIMENSIONAIS.....	39
2.4 SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS TRIDIMENSIONAIS.....	54
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	66
3.1 MATERIAIS.....	66
3.2 MÉTODOS .....	68
3.2.1 DEFINIÇÃO DA PROPOSTA DE PROJETO CARTOGRÁFICO PARA REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	68
3.2.1.1 CONHECIMENTO DO USUÁRIO E SUAS NECESSIDADES .....	69
3.2.1.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	70
3.2.1.3 ELABORAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA.....	72
3.2.1.4 DEFINIÇÃO DO SOFTWARE PARA A VISUALIZAÇÃO DOS DADOS TRIDIMENSIONAIS .....	74
3.2.1.5 DESCRIÇÃO DA REPRESENTAÇÃO BIDIMENSIONAL DO SISTEMA DE REDES DE ENERGIA ELÉTRICA REALIZADA PELA COPEL .....	75
3.2.1.6 DESCRIÇÃO DOS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS USADOS PELA COPEL ...	76
3.2.1.7 ELABORAÇÃO DO MODELO TRIDIMENSIONAL.....	77
3.2.1.8 DEFINIÇÃO DOS PRINCÍPIOS PARA ELABORAÇÃO DA SIMBOLOGIA TRIDIMENSIONAL.....	77
3.2.1.8.1 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DE SIMBOLOGIA.....	78

3.2.1.8.1.1 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DE SÍMBOLOS REALÍSTICOS SIMPLIFICADOS.....	78
3.2.1.8.1.2 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DE SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS.....	79
3.2.1.8.2 DESCRIÇÃO DA ELABORAÇÃO DA APLICAÇÃO DAS VARIÁVEIS VISUAIS PARA A REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL.....	80
<b>4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>82</b>
4.1 TESTES DE PERCEPÇÃO VISUAL .....	82
4.2 DESCRIÇÃO DAS NECESSIDADES DO USUÁRIO .....	82
4.3 DESCRIÇÃO DA REPRESENTAÇÃO BIDIMENSIONAL UTILIZADA PELA COPEL .....	83
4.4 DESCRIÇÃO DA SIMBOLOGIA USADA PELA COPEL .....	86
4.5 CONSTRUÇÃO DO MODELO TRIDIMENSIONAL.....	88
4.6 PROJETO DOS SIMBOLOS TRIDIMENSIONAIS .....	89
4.6.1 SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS REALÍSTICOS SIMPLIFICADOS.....	90
4.6.2 SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GEOMÉTRICOS .....	91
4.6.3 ESCOLHA DAS VARIÁVEIS VISUAIS .....	93
4.7 EXPERIMENTO DA PROPOSTA DE SIMBOLOS TRIDIMENSIONAIS .....	116
4.7.1 EXPERIMENTO DOS SÍMBOLOS REALÍSTICOS SIMPLIFICADOS.....	116
4.7.2 ANÁLISE DOS SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS .....	120
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	126
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>130</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>133</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ramo da Engenharia Elétrica pode, sem dúvida, ser considerado um dos maiores e mais complexos da área das engenharias, e sua evolução e desenvolvimento estão diretamente ligados ao bem estar e à qualidade de vida da população. Apesar de ser um das grandes conquistas da engenharia, pode-se afirmar que nos dias atuais ainda persistem dificuldades no gerenciamento dos sistemas de geração, transporte e distribuição de energia e das informações geradas neste processo, tanto pela sua complexidade quanto pela quantidade de informações existentes que precisam ser manipuladas e tratadas (GOMES, 2010).

Um sistema de energia elétrica é composto por três etapas principais: a geração, na qual certo tipo de energia é transformado em energia elétrica; a transmissão, na qual a energia elétrica é transportada em altas tensões; e a distribuição, na qual a energia é distribuída ao consumidor final em baixas tensões (ANTUNES, 2006).

Os técnicos das concessionárias de energia elétrica são desafiados no seu dia-a-dia a lidar com um grande volume de dados que são transmitidos através dos sistemas de gerência de energia e ambientes de monitoração computacional, com a finalidade de fornecer subsídios à operação do sistema nos centros de controle. Tal desafio consiste em transformar os dados transmitidos em informações úteis, de forma que o trabalho seja realizado mais eficientemente. Quando os limites de operação do sistema são violados, os equipamentos falham e outros problemas aparecem nos sistemas de geração e transmissão de energia, exigindo que ações corretivas rápidas sejam executadas. Os dados transmitidos para os técnicos têm que permitir a avaliação de falhas no sistema de maneira global para que estes consigam identificar com facilidade as possíveis fontes dos problemas detectados. Dentro deste contexto, é de grande importância para os técnicos de redes de energia elétrica ter a representação dos elementos e suas variáveis que envolvem a operação do sistema para apoio à tomada de decisão, de modo a proporcionar essas decisões em tempo hábil para evitar a interrupção do sistema (GOMES, 2010).

Um dos problemas encontrados nesta área é a busca por melhorias na forma de visualização das informações das redes de energia elétrica, já que as boas condições de funcionamento das redes são de extrema importância para a sociedade (GOMES, 2010).

A visualização de redes de distribuição de energia elétrica sempre foi um problema. Estas redes, nos mapas bidimensionais, são representadas por símbolos lineares e pontuais e sua localização geográfica definida por um sistema de coordenadas plano. Como todos os elementos das redes são visualizados em mapas bidimensionais, é bastante difícil distinguir e interpretar elementos da rede que possuem uma mesma localização geográfica.

Os mapas bidimensionais, além de servirem como meio de representação dos elementos da rede servem também para a realização de análises e consultas sobre o estado da mesma. Ainda hoje, muitas concessionárias de energia elétrica realizam o processo de restauração das redes de energia por meio de consultas ao diagrama unifilar da rede representado sobre os mapas bidimensionais, que não representam com fidelidade a rede elétrica e sua localização, o que impede assim a tomada de medidas rápidas e precisas (CRISPINO, 2001). As representações bidimensionais apresentam limitações quanto a algumas análises tais como: realocação de postes, definição de vão entre os postes, entre outras.

Nesta pesquisa, será realizado um estudo para as redes de energia elétrica da Companhia Paranaense de Energia – COPEL. A representação cartográfica usada pela concessionária é a bidimensional e esta não considera o perfil ou o modelado do terreno e a extensão da rede. Por exemplo, as envergaduras da rede provocadas por deflexão não são representadas, o que causa deficiência na obtenção da real extensão da rede, e acarreta, com isso, ausência de informações quanto às suas medidas reais, o que pode ocasionar problemas futuros com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, companhia responsável pela fiscalização das concessionárias de energia elétrica do país, que exige o total controle das redes e de sua extensão. Com a falta de medidas da rede outro problema pode aparecer, a cobrança de valores adicionais às tarifas de energia elétrica, pois os custos realizados com manutenção de equipamentos e da própria rede são repassados ao consumidor.

Com a representação tridimensional de redes de distribuição de energia elétrica o modelado do terreno e da rede são considerados, tornando possível a análise da real extensão da rede. A representação 3D de todos os cabos sobre a cidade torna possível, portanto, diferenciar os mesmos das vias, uma vez que estes estão localizados sobre o terreno em diferentes altitudes.

A legenda utilizada pelos técnicos da concessionária é a norma técnica para a representação de redes de energia elétrica e a sua consulta é realizada de forma separada ao modelo bidimensional. Como a COPEL não faz uso de legenda inserida nas representações bidimensionais à representação cartográfica tridimensional poderá facilitar a interpretação das informações e elementos contidos nas redes, porque dependendo do tipo de símbolo adotado, essas representações podem ser mais próximas da realidade. A simbologia a ser usada no modelo tridimensional deve facilitar o entendimento de fenômenos ocorridos de forma mais ágil e eficiente.

Os elementos do sistema de redes de distribuição elétrica da COPEL têm a sua localização geográfica definida por um sistema de coordenadas plano. Como todos os elementos das redes são visualizados em mapas bidimensionais é bastante difícil distinguir e interpretar aqueles que estão representados numa mesma localização geográfica. Assim, os problemas enfrentados pela COPEL são os mesmos enfrentados por quaisquer concessionárias de serviços de utilidades e já foram descritos na literatura por Du e Zlatanova (2006). São eles:

- Os principais cabos da rede passam sobre as ruas da cidade. A representação das vias e dos cabos da rede é feito por meio da primitiva gráfica linha, o que resulta na sobreposição de informações em mapas bidimensionais, e dificulta assim a interpretação dos mapas bidimensionais até mesmo por técnicos experientes;
- Os cabos das redes de utilidades, tais como telefone, TV a cabo, internet, também se sobrepõem;
- As redes de energia elétrica têm diversos componentes, entre eles: postes, transformadores, chaves, luminárias, religadores; que são representados por símbolos pontuais, o que dificulta o entendimento por parte dos usuários;



- As redes de energia elétrica apresentam grande quantidade de elementos verticais, como postes e cabos, que nos mapas bidimensionais têm a sua representação apenas por símbolos pontuais. Essas informações de altura não são incluídas nos mapas e os técnicos têm que contar com sua experiência de trabalho em campo para detecção dos valores de altura. A informação da altura, portanto, é importante para que os técnicos possam identificar áreas de risco, áreas em que os cabos estão fora dos padrões de alturas exigidos pela ANEEL, além de auxiliar na identificação de construções com alturas irregulares próximas à rede.

Os mapas tridimensionais estão sendo usados nas mais diferentes áreas do conhecimento e para os mais diversos fins. No contexto da engenharia elétrica esses mapas estão sendo usados para estudos nas áreas de manutenção das redes, identificação de áreas com perda de energia e avaliação de áreas de segurança. O problema encontrado no uso desses novos modelos é a falta de princípios para sua elaboração e a falta de padronização dos símbolos usados, ou seja, faltam princípios cartográficos na criação desses mapas tridimensionais. Assim, a comunicação cartográfica fica comprometida. Entretanto, na literatura sobre o assunto ainda são poucas as pesquisas acerca das melhores formas de representar tais redes tridimensionalmente.

A falta de princípios cartográficos e comprovações científicas de como elaborar mapas e símbolos tridimensionais muitas vezes acarreta o mau uso dessa forma de representação. Com isso, os mapas 3D são produzidos em função do bom senso do cartógrafo e, geralmente, de modo a reproduzir o mundo real sem fazer uso de uma simbologia adequada, sem considerar os aspectos gráficos do mapa e as necessidades do usuário. O estabelecimento de tais princípios cartográficos para geração de mapas tridimensionais constitui uma base indispensável para a elaboração destes produtos voltados para qualquer grupo de usuários.

Neste trabalho serão avaliadas as questões relacionadas ao projeto cartográfico para mapas tridimensionais e a simbologia para a representação de redes

de distribuição de energia elétrica. Dessa forma, a seguinte hipótese deverá ser verificada:

Se uma representação tridimensional de postes de uma rede de energia elétrica for gerada a partir de princípios cartográficos e fizer uso de uma simbologia adequada, então o usuário será capaz de organizar, interpretar e gerar novos conhecimentos advindos da representação cartográfica, porque o projeto cartográfico e a simbologia fazem parte do processo de comunicação cartográfica.

## 1.1. OBJETIVOS DO TRABALHO

### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

Diante do contexto e hipótese apresentados, nesta pesquisa tem-se como objetivo geral a proposição de Projeto Cartográfico para a representação tridimensional de postes e cabos de uma rede de energia elétrica com ênfase nas mudanças no uso das variáveis visuais para a representação cartográfica tridimensional.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Propor projeto cartográfico para a representação tridimensional de redes de energia elétrica;
- ✓ Avaliar a aplicabilidade das variáveis visuais na representação tridimensional;
- ✓ Propor uma simbologia tridimensional;
- ✓ Aplicar a simbologia proposta ao modelo tridimensional.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Para Petrovic e Masera (2005), a principal tarefa do mapa é a representação das informações espaciais, que servem para a comunicação entre cartógrafo e usuário a partir do modelo de comunicação cartográfico proposto por Kolacny, em 1969. A comunicação cartográfica é bem sucedida quando o usuário é capaz de ler e reconhecer completamente o conteúdo do mapa projetado pelo cartógrafo.

Para Terribilini (1999), uma nova maneira de melhorar o processo de comunicação cartográfica entre mapa e usuário, sem saber como exatamente a informação é processada no sistema de percepção humano, é produzindo mapas que sejam mais semelhantes ao mundo real.

Os mapas, sejam bidimensionais ou tridimensionais, para cumprirem com o seu papel de comunicação, devem ser construídos tendo como base a teoria de comunicação cartográfica. A simbologia desempenha um dos principais papéis no processo de comunicação cartográfica. Os símbolos têm que transmitir o máximo de informações ao usuário, já que significados são atribuídos para a representação de elementos do mundo real.

O problema da simbologia em mapas tridimensionais é bastante complexo. Os princípios para elaboração de simbologia para mapas bidimensionais não podem ser aplicados diretamente para a geração de símbolos em mapas tridimensionais. A visualização de mapas em perspectiva necessita de aspectos adicionais, tais como a escolha do ponto de vista, o grau de abstração do símbolo; e estes devem ser considerados no projeto de símbolos tridimensionais (HAEBERLING, 1999).

Em todo o processo de criação de mapas tridimensionais é importante que o cartógrafo conheça as variáveis gráficas envolvidas em cada etapa. Muitas vezes, mesmo estando cientes da possibilidade de uso destas variáveis, os cartógrafos não as levam em conta em seus projetos (HAEBERLING, 2002).

O processo de elaboração de uma representação cartográfica tridimensional tem um impacto na aparência final do mapa. Por isso é importante que se crie uma representação deste tipo seguindo as etapas de um projeto cartográfico, pois estas são executadas de forma interativa e, se a representação não for satisfatória, o

cartógrafo é capaz de avaliar cada etapa do projeto separadamente para identificar em qual delas houve problemas (HAEBERLING, 2004).

A contribuição desta pesquisa está em dois campos distintos. Para a cartografia, os resultados dessa pesquisa irão contribuir com subsídios quanto à tomada de decisões para o projeto cartográfico tridimensional e quanto aos princípios de visualização cartográfica a serem adotados para este tipo de representação. Para as concessionárias de energia elétrica, os resultados podem auxiliar os técnicos de redes na identificação de problemas, na atualização da base de dados, no planejamento de novas obras e, na leitura e proposição de padronização de símbolos para a representação dos elementos importantes.

Tendo em vista o aumento das aplicações de representações cartográficas tridimensionais, esta pesquisa investigará a contribuição dos princípios do projeto cartográfico para representações tridimensionais de redes de energia elétrica e a proposição e uso de uma simbologia para que se cumpra o processo de comunicação cartográfica.

### 1.3 APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DO TRABALHO

A pesquisa aqui apresentada esta dividida em cinco capítulos. No capítulo 1 foi realizada uma introdução ao tema, apresentado o problema de pesquisa e os objetivos do trabalho. No capítulo 2, apresenta-se o estado da arte da pesquisa em simbologia tridimensional e uma revisão bibliográfica do tema da pesquisa. No capítulo 3 é apresentada a metodologia usada para a escolha da área de estudo, para a elaboração do modelo cartográfico tridimensional, além da descrição da representação bidimensional e dos símbolos bidimensionais usados pela COPEL, a elaboração das análises das variáveis visuais e a elaboração da metodologia para a proposta da simbologia. No capítulo 4 apresentam-se os resultados e discussões sobre as análises das variáveis visuais empregadas e da proposta de simbologia. E, no capítulo 5 apresentam-se as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PESQUISAS SOBRE REPRESENTAÇÃO E SIMBOLOGIA TRIDIMENSIONAL

As representações tridimensionais estão cada vez mais conquistando espaço tanto por profissionais de cartografia como por usuários em geral. Esse interesse nas representações tridimensionais é devido à sua aparência atrativa e, como estas são menos comuns que as representações bidimensionais, instigam diferentes tipos de usuários. Como as potencialidades, facilidades e dificuldades no uso dessas representações ainda são questões em aberto, alguns autores da área de cartografia estão estudando como avaliar esses produtos.

Um trabalho importante na área de representação cartográfica tridimensional foi realizado por Petrovic e Masera (2005). Neste trabalho os autores avaliaram como as representações cartográficas tridimensionais podem suprir as necessidades dos usuários.

Para o teste, os mesmos autores elaboraram três modelos diferentes de representação cartográfica tridimensional da área escolhida para o estudo e utilizaram ainda uma representação cartográfica bidimensional de um mapa topográfico. Os mapas testados foram:

- Modelo 1: mapa topográfico bidimensional;
- Modelo 2: mapa topográfico tridimensional gerado a partir de um MDT e de um mapa topográfico bidimensional utilizado como textura;
- Modelo 3: modelo tridimensional gerado a partir de um MDT e de uma ortofoto em preto e branco utilizada como textura; e
- Modelo 4: representação simbólica tridimensional de fenômenos atmosféricos.

Os modelos podem ser observados na Figura 1 a seguir.

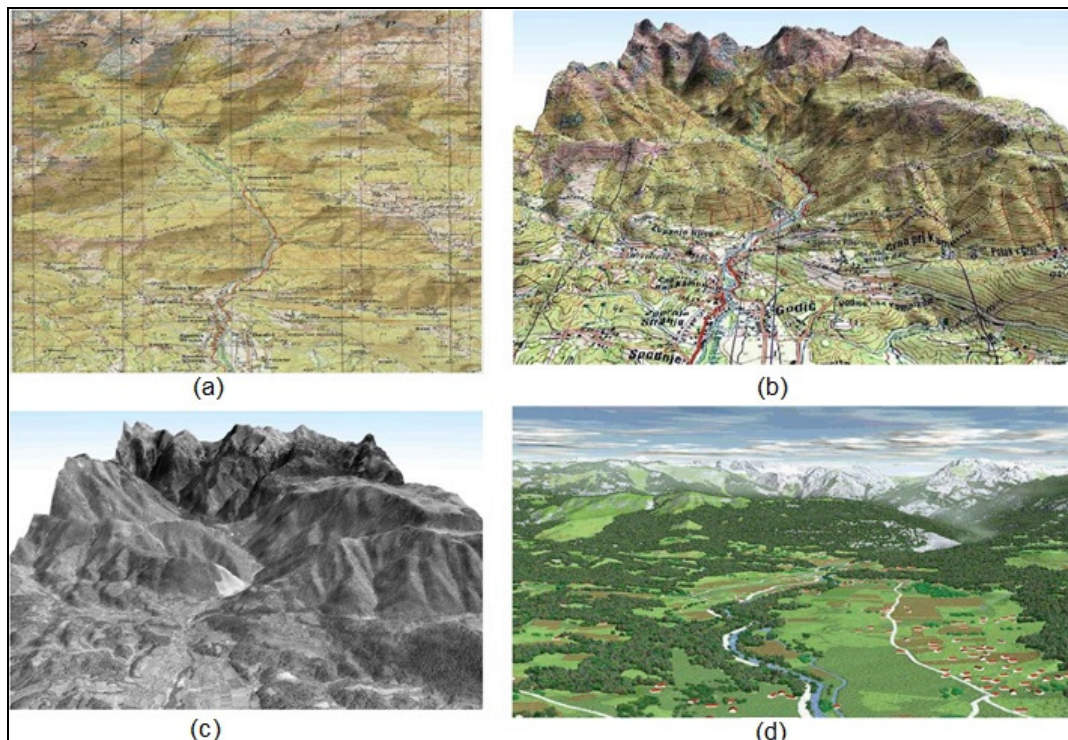


FIGURA 1 – MODELOS USADOS NOS TESTES: (A) MAPA BIDIMENSIONAL, (B) MAPA TOPOGRÁFICO, (C) ORTOFOTO PRETO E BRANCO E (D) MODELO TRIDIMENSIONAL SIMBÓLICO  
 FONTE: PETROVIC E MASERA (2005)

O teste foi aplicado a um grupo de 119 pessoas selecionadas entre usuários de mapas quaisquer e não necessariamente cartógrafos. Entre os usuários encontravam-se agrimensores, urbanistas, montanhistas, escoteiros e guias turísticos. O teste consistia em pedir para que os usuários utilizassem os quatro modelos de mapas apresentados, da mesma forma e para atividades semelhantes. Em um primeiro momento do teste os usuários tinham que responder perguntas sobre como extrair dados numéricos, como distâncias, diferenças de alturas entre dois pontos ou por faixa selecionada e direções. Em um segundo momento, os usuários deveriam responder perguntas sobre o reconhecimento de um ponto específico, de áreas e objetos. E em um terceiro momento, a questões gerais do tipo qual modelo eles preferem para seu uso e, por que os mapas tridimensionais são vantajosos ou não.

Após os entrevistados responderem às perguntas em relação aos quatro modelos apresentados, os resultados obtidos mostraram que para a realização de

medidas de distâncias entre pontos, a maioria escolheu o mapa topográfico bidimensional, já que o uso desse tipo de mapa é mais comum e geralmente utilizado em processos cartométricos. Em relação aos modelos tridimensionais, os entrevistados comentaram que não souberam diferenciar o modelo 2 do modelo 3, ou seja, para os entrevistados ambos eram o mesmo tipo de produto. A avaliação dos entrevistados ainda em relação ao modelo 2 é que este facilita a interpretação por ter seus contornos definidos pelo MDT em conjunto com as informações do mapa topográfico.

Na segunda parte do teste, que consistia da identificação de objetos, áreas e pontos, os entrevistados identificaram os elementos no modelo 2 a partir de suas experiências com mapas topográficos, já que nenhum dos três modelos tridimensionais possuía legenda. Em relação ao modelo 3, os entrevistados acharam que se tratava de uma representação pobre. Os resultados em relação ao modelo 4 mostram que os objetos foram melhor identificados em comparação ao modelo 1, uma vez que os símbolos tridimensionais são mais associativos e, com isso, os entrevistados não tiveram problemas em identificar os objetos.

Na terceira etapa do teste os entrevistados responderam que de todos os modelos apresentados o preferido é o de número 2 por facilitar as medições, a obtenção de distâncias e por já estarem familiarizados com esse tipo de representação cartográfica. Em relação às vantagens e desvantagens das representações cartográficas tridimensionais, os entrevistados citaram como vantagem a facilidade na identificação de objetos e do próprio modelado do terreno, mesmo por usuários inexperientes e, como desvantagem, a obtenção de medidas, principalmente em áreas de oclusão.

Du e Zlatanova (2006) desenvolveram estudos de visualização tridimensional de gasodutos. Os autores desenvolveram símbolos tridimensionais para representar os dutos e alguns de seus elementos e substituíram a representação dos dutos, antes feita por linhas nos mapas bidimensionais, por cilindros, que nas representações tridimensionais são consideradas verdadeiras representações em 3D. Os autores substituíram ainda os pontos que representavam os elementos da rede de gasodutos por símbolos tridimensionais e escolheram representar os dutos por cilindros por

serem figuras geométricas de fácil construção. Os autores acreditam que a representação de gasodutos é mais complexa em relação à representação de redes de energia elétrica. No entanto, sugerem que o método de simbolização por eles desenvolvido pode ser utilizado para representar as redes de energia elétrica. A representação dos dutos e a simbologia criada podem ser vistos na Figura 2.

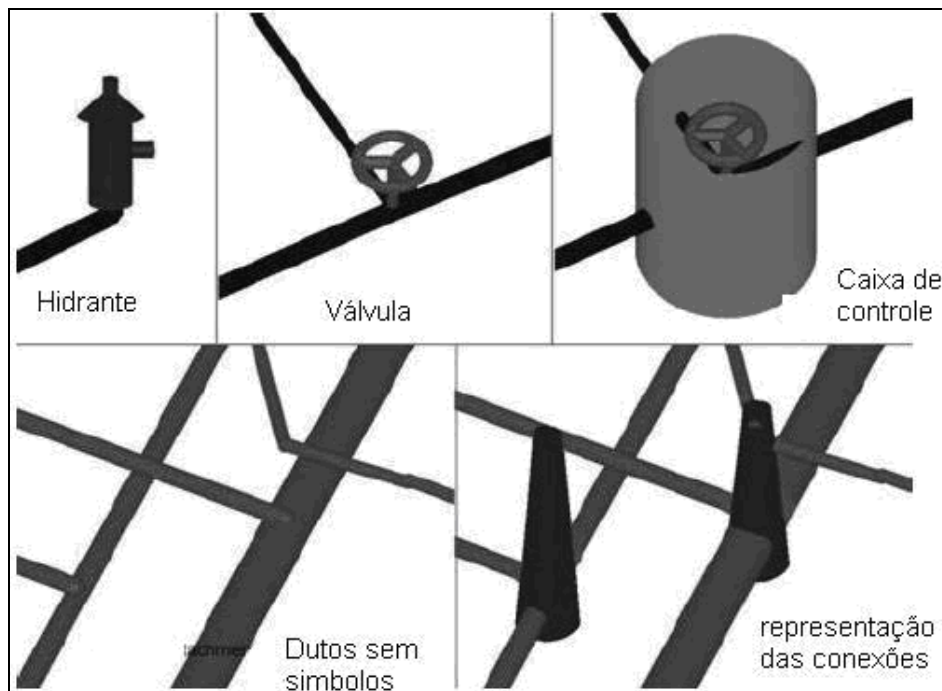


FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO DE SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS E DA REDE DE GASODUTOS  
 FONTE: DU E ZLATANOVA (2006)

Du e Zlatanova (2006) conseguiram elaborar uma simbologia, mesmo sem adotar princípios para elaboração de símbolos, que atendessem às necessidades do trabalho desenvolvido e conseguiram, através de testes e experimentos, provar que o tipo de simbologia utilizada na pesquisa aumenta o número de informações representadas, porque com o uso dos símbolos tridimensionais puderam ser adicionadas informações tais como: função dos elementos, direção do fluxo, tipos de conectividade além da melhoria na visualização da rede. Os mesmos autores demonstraram ainda que símbolos e representações tridimensionais são mais atraentes, mas acreditam que ainda são necessários outros estudos voltados à melhoria da representação das redes de gasodutos.



Silva et al. (2007) desenvolveram uma proposta metodológica para elaboração de símbolos militares tridimensionais baseados em símbolos do manual de campanha C21-30 de abreviaturas, símbolos e convenções cartográficas. Foram elaborados testes para avaliar a eficiência de comunicação destes símbolos num ambiente de visualização tridimensional, com a identificação dos símbolos de um ponto de vista prático, com a busca do modelo de símbolo mais atraente e eficiente na transmissão de informações e com a avaliação e percepção do usuário. Foram elaborados quatro tipos de símbolos: a) 2D - modelo vetorial bidimensional; b) 3D - modelo vetorial tridimensional; c) 2D-T - símbolos em 2D com textura (uma imagem matricial com o desenho do símbolo aplicado sobre a superfície de um cubo); d) 3D-T - símbolos em 3D com textura (uma imagem matricial com o desenho do símbolo inserida nas faces de um cubo, com uma visão tridimensional). Os símbolos elaborados podem ser visualizados na Figura 3.

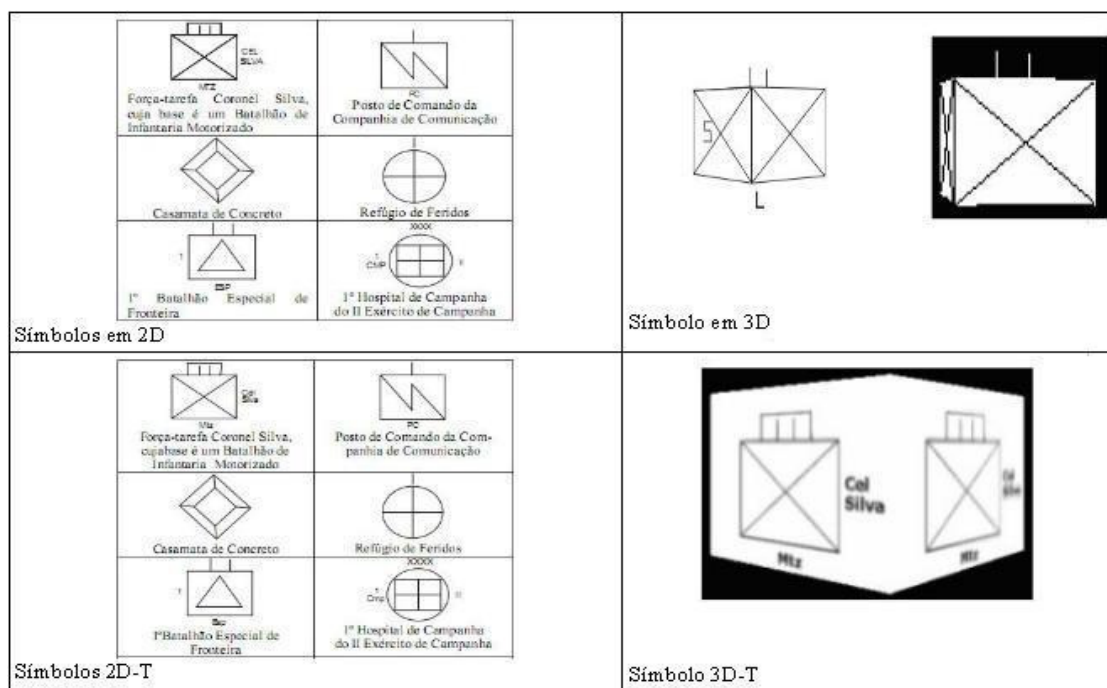


FIGURA 3 – SÍMBOLOS ELABORADOS EM 2D E 3D PARA AVALIAR A PERCEPÇÃO DO USUÁRIO  
 FONTE: SILVA ET AL. (2007)

Com base nos símbolos propostos foi gerado um cenário de visualização tridimensional para o teste. Composto por uma representação virtual do terreno e o

conjunto de símbolos elaborados. O teste foi aplicado em profissionais da Escola de Comando e Estado Maior do Exército – ECEME e alunos do curso de graduação da Seção de Ensino de Engenharia Cartográfica do Instituto Militar de Engenharia – IME. A escolha dos usuários limitou-se ao meio militar porque esse grupo tem melhor conhecimento dos símbolos militares que foram elaborados, retirados do universo de algumas especializações do exército tais como: infantaria, engenharia, cavalaria, comunicação e material bélico. Os cenários podem ser observados na Figura 4.

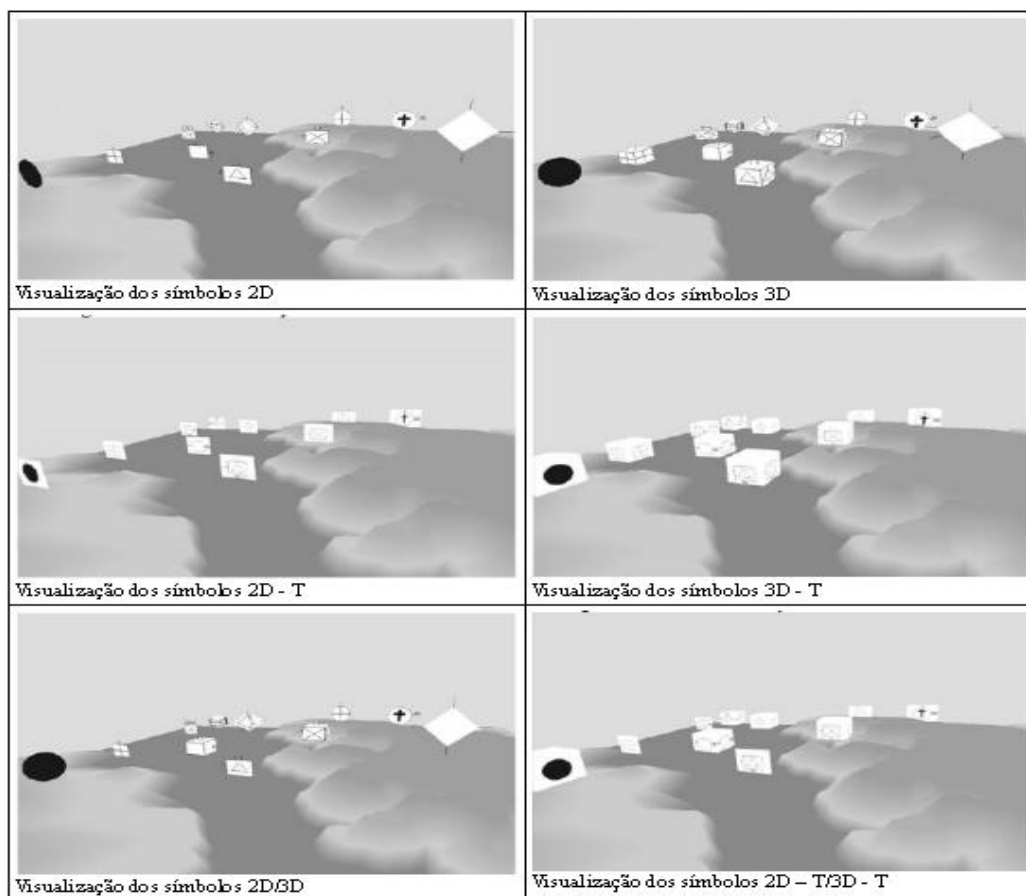


FIGURA 4 – VISTAS DOS CENÁRIOS ELABORADOS PARA O TESTE DE PERCEPÇÃO DO USUÁRIO  
 FONTE - SILVA ET AL. (2007)

Os resultados do teste mostraram que a maior parte dos entrevistados possui experiência em visualização tridimensional. Os símbolos com textura apresentaram um aspecto embaçado e os símbolos sem textura não apresentaram uma boa

definição, o que não influenciou nas respostas dos entrevistados. No cenário onde os autores misturam símbolos 2D e 3D alguns símbolos não foram identificados. Este fato talvez possa ser justificado em função de que alguns símbolos sofreram ajustes. Em relação à visualização, o teste mostrou que as representações 3D e 3D-T foram consideradas as melhores. Um ponto negativo apontado pelos entrevistados é a falta de nitidez dos símbolos.

Com a realização dos testes os autores concluíram que a simples reprodução dos símbolos em papel do manual C21-30 a partir do ambiente bidimensional no tridimensional não oferece interpretações corretas. Os entrevistados não conseguiram identificar os símbolos no modelo tridimensional, o que demonstra que tem que haver estudos na área de transposição do meio analógico para o meio digital.

Fosse (2008) avaliou a simbologia em representações cartográficas tridimensionais a partir de um teste de percepção cartográfica. Para a realização do teste, a autora apresentou três modelos tridimensionais (modelo 1, modelo 2 e modelo 3) para avaliação da simbologia.

A realização dos testes compreendeu a adoção de características cartográficas diferentes para cada modelo. A descrição das três representações cartográficas pode ser observada na Tabela 1.

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DAS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS

<b>Simbologia</b>	
<b>Modelo 1</b>	Carta topográfica
<b>Modelo 2</b>	Mapa turístico
<b>Modelo 3</b>	Realística

FONTE: FOSSE (2008)

A avaliação da simbologia compreendeu a simbolização dos objetos e feições elaboradas com base na divisão empregada na carta topográfica e na presença de classes e subclasses da região de estudo. A simbolização consistiu de quatro classes: sistema de transportes, elementos de hidrografia, elementos de vegetação e outros elementos. As Figuras 5.a, 5.b, 5.c, 5.d ilustram a simbologia adotada para representar cada classe.

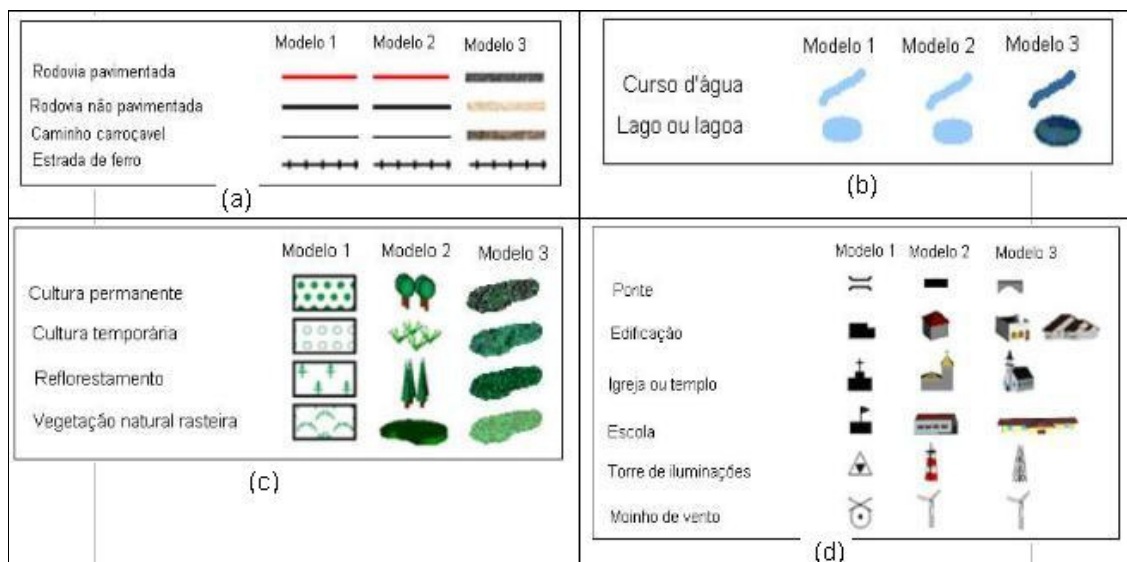


FIGURA 5 – SIMBOLOS USADOS PARA REPRESENTAR CADA CLASSE: (A) SISTEMA DE TRANSPORTES, (B) ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA, (C) ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO E (D) OUTROS ELEMENTOS  
 FONTE: FOSSE (2008)

Fosse desenvolveu tarefas para avaliar aptidão, análise da simbologia por classe, análise da simbologia num contexto geral, críticas e sugestões. O teste foi aplicado a dois grupos diferentes de entrevistados: dezessete alunos do curso de engenharia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ e seis alunos do curso de pós-graduação em ciências geodésicas da Universidade Federal do Paraná - UFPR. Nas Figuras 6.a, 6.b, 6.c ilustram-se os modelos usados para as três representações cartográficas tridimensionais utilizadas no teste de percepção cartográfica.

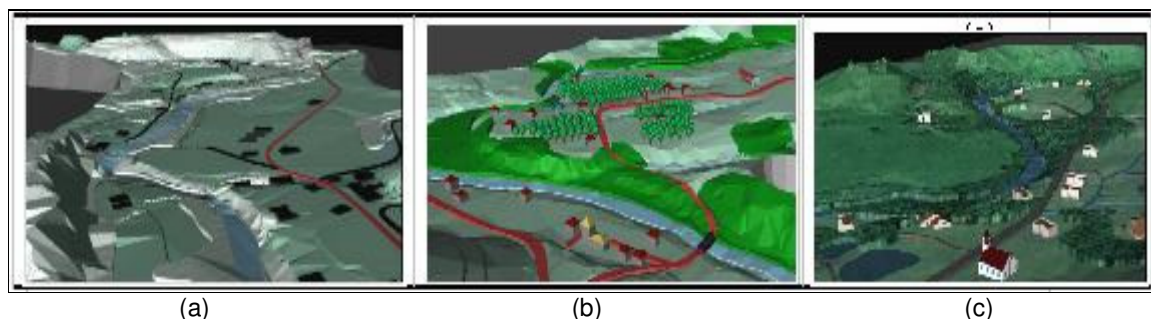


FIGURA 6 – VISTAS DOS MODELOS: (A) MODELO 1, (B) MODELO 2 E (C) MODELO 3  
 FONTE: FOSSE (2008)

Após a realização dos testes de percepção cartográfica a autora concluiu que uma representação cartográfica tridimensional deve seguir princípios de simbolismo, como ocorre em uma representação bidimensional. A autora sugere que objetos que são representados por símbolos pontuais no plano sejam representados por símbolos pontuais tridimensionais nas representações cartográficas tridimensionais. O nível de detalhe dos símbolos pontuais tridimensionais deve ser estudado, de forma específica, para proporcionar uma interpretação adequada.

Em relação às variáveis visuais pôde-se concluir que o tom de cor e tamanho, associadas à primitiva gráfica linha, se mostram adequadas ao processo de comunicação cartográfica também nas representações tridimensionais; as variáveis visuais cor e textura associadas à primitiva gráfica área e usadas para representar os elementos de hidrografia, ainda necessitam de mais estudos já que os testes não foram suficientes para determinar a melhor simbologia para os modelos tridimensionais.

Para os elementos de vegetação a autora sugere o uso de símbolos pontuais tridimensionais. No que diz respeito à forma e às cores adequadas para representar os elementos dessa classe são necessários mais estudos. Neste caso, a disposição dos símbolos e a distância do ponto de vista podem interferir no processo de comunicação cartográfica.

Outro exemplo de desenvolvimento de símbolos cartográficos tridimensionais é o trabalho de Marques et al. (2009) no qual foi gerado um modelo temático tridimensional do campus da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/Unesp com base na elaboração de um projeto cartográfico.

O projeto cartográfico teve como objetivo definir as variáveis que envolviam a área a ser representada, as classes das informações geográficas que seriam representadas no mapa, os símbolos com suas respectivas cores e a organização das informações considerando a escala e a mídia utilizada. A Figura 7 ilustra a classificação dos elementos de informação geográfica e o projeto gráfico elaborados.





















Classe / Subclasse		Composição			Símbolo	Geometria	Variável Visual	Nível
<b>Prédio:</b>	T E M Á T I C O	R	G	B				
Agência bancária		250	10	190		Volume	Cor Matriz	≠
Biblioteca		200	130	130				
Diretoria / Comunicação		0	92	230				
Discentes		232	190	255				
Docente		255	211	127				
Laboratório		245	122	122				
Moradia		251	234	81				
Museu Arqueológico		169	0	230				
Cantina		230	152	0				
Outros		204	204	204				
<b>Área Esportiva:</b>								
Campo de Futebol	85	255	0		Área	Cor Matriz	≠	
Pista de Atletismo	0	0	0					
Quadra de Esporte	205	137	102					
Piscina	0	255	255					
<b>Hidrografia</b>	B A S E C A R T O G R Á F I C A							
Rio		0	230	255		Linha	Cor Matriz	≠
Lago		60	180	240		Área		
<b>Via:</b>								
Rua Interna	255	170	0		Área	Cor Matriz	O	
Calçada	255	255	0					
Caminho	255	255	0		Linha			
Limite	255	0	0		Linha	Cor Matriz	-	
Ortofoto		-		-	Imagem (3D)	-	-	

FIGURA 7 – CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E PROJETO GRÁFICO PARA A REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL DO CAMPUS DA UNESP  
 FONTE: MARQUES ET AL. (2009)

Para a geração do modelo temático tridimensional foi gerada uma *Triangulated Irregular Network* – TIN da área e sobre a mesma foram inseridas as classes e subclasses já identificadas no projeto gráfico. As edificações foram representadas pela geometria volume, a área esportiva foi representada pela geometria tipo área, a hidrografia e as vias foram representadas por dois tipos de geometria, área e linha. Entretanto, no modelo gerado se fez uso da variável visual matiz de cor para identificar e classificar as diferentes classes e subclasses. O modelo temático tridimensional elaborado e o projeto gráfico desenvolvido mostraram-se adequados para este trabalho, no entanto, pesquisas devem ser realizadas para avaliar e validar cada etapa do projeto gráfico. O modelo temático tridimensional pode ser observado na Figura 8.



FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO TEMÁTICA TRIDIMENSIONAL COM ORTOFOTO DA UNESP  
FONTE: MARQUES ET AL. (2009)

As tecnologias atuais permitem a produção de mapas computacionalmente e em três dimensões como uma forma de melhorar a visualização e a percepção do

espaço terrestre pelo usuário. A elaboração destes modelos apresenta alguns problemas, como a falta de princípios para elaboração dos símbolos tridimensionais. No passado, muitos pesquisadores se concentraram em estudos para resolver problemas de simbolização nos mapas bidimensionais estabelecendo, assim, os princípios necessários para compor o modelo bidimensional. Só há pouco tempo cartógrafos deram início aos estudos para a elaboração de símbolos tridimensionais.

Atualmente os produtores desses modelos elaboram a simbologia de acordo com suas necessidades, muitos deles representam os fenômenos geográficos e os dados espaciais por meio de figuras geométricas, por serem mais simples de construir e, com a evolução das técnicas computacionais, as representações tornaram-se mais realísticas. Os trabalhos desenvolvidos por Petrovic e Maserà (2005), Du e Zlatanova (2006), Silva et al. (2007), Fosse (2008) e Marques et al. (2009) demonstram que esses autores desenvolveram símbolos tridimensionais para atender as necessidades específicas de suas pesquisas, o que evidencia a falta de princípios comuns a todos os projetos. Por ser um processo que exige a aplicação de técnicas computacionais torna-se difícil a avaliação desses símbolos. Os trabalhos demonstram que a melhoria na simbolização ocorre de forma gradativa. Mesmo com as tecnologias para criação de símbolos tridimensionais evoluindo rapidamente, ainda há necessidade de aprofundamento dos estudos nesta área.

## 2.2 MAPA TRIDIMENSIONAL

Os avanços tecnológicos das últimas décadas permitem aos cartógrafos criar uma grande variedade de produtos que podem ser vistos na tela do computador (PETROVIC, 2003). Estas sofisticadas tecnologias, não surpreendentemente, resultaram em uma série de modernos produtos cartográficos que vão muito além da definição convencional de mapa (MOELLERING, 1980), na qual o mapa é a representação gráfica de uma porção da superfície física, em uma determinada escala, com a representação de acidentes físicos e culturais, (Fitz, 2010). Alguns desses novos modelos cartográficos compreendem os mapas interativos, mapas tridimensionais e mapas virtuais.



Com o aumento do uso destes mapas, surgiu a necessidade dos cartógrafos entenderem o que são esses novos produtos, seu processo e sua história de criação. Os primeiros mapas animados foram criados na década de 30 em fotogramas utilizando desenho a mão, baseados nas técnicas de animação de desenhos animados. Como esta técnica manual é bastante demorada, acadêmicos de cartografia e cientistas da área de computação começaram a experimentar o potencial da animação em computadores surpreendentemente cedo, na década de 50. Em 1970, Waldo Tobler criou o primeiro mapa animado em perspectiva tridimensional, representando o crescimento populacional de Detroit, criado em computador, e trinta anos depois esse conhecimento passou a ser usado como motivação central para o processo de geovisualização. A partir da década de 70, com o advento da tecnologia Video Cassette Recorder - VCR, mapas animados podiam ser copiados e distribuídos de forma mais fácil e barata em relação aos mapas elaborados manualmente. Alguns dos autores que confeccionaram esses modelos de mapas foram: Hoinkes (1973), Sheperd e Boyle (1976), Bryant e Zobrist (1977), Moellering (1978) e Schneider (1979). Com o avanço tecnológico, o desenvolvimento de interfaces gráficas, interatividade em tempo real e formatos de arquivos padronizados, finalmente os cartógrafos tinham em mãos uma poderosa ferramenta para confecção de mapas animados. Com o desenvolvimento da Internet na década de 90, os mapas animados chegaram aos usuários de forma mais fácil, rápida e barata (HARROWER, 2009).

Embora os cartógrafos tenham se interessado pelo potencial dos mapas animados por décadas, até recentemente estes modelos eram relativamente escassos em virtude das dificuldades em elaborá-los, distribuí-los e visualizá-los, o que só começou a ser resolvido nas últimas décadas. Comparados aos mapas estáticos, os mapas animados sempre foram difíceis de produzir e sua história compreende três épocas distintas: (1) época da produção manual; (2) época dos dados visualizados na tela do computador; e (3) época baseada na produção e visualização realizada por computadores, vivida nos dias atuais (HARROWER, 2009).

Assim como os mapas animados são atualmente do interesse dos cartógrafos, por décadas os mapas em perspectiva foram uma tradição na cartografia. Com a disponibilidade de dados geográficos em formato digital e tecnologias modernas, o

cartógrafo é capaz de produzir imagens tridimensionais facilmente. Tais representações cartográficas tridimensionais recebem o nome de “mapas 3D” ou “mapas tridimensionais”. Embora o termo “mapas tridimensionais” não seja encontrado na literatura cartográfica especializada, alguns autores como Haeberling (2002; 2008), Petrovic (2003) e Bandrova (2005) justificam o uso do termo.

Haeberling (2002) explica que existem razões específicas pelas quais o termo “mapas tridimensionais” deva ser usado. O termo mapa, porque estes produtos integram e mostram fenômenos espaciais dispostos sobre a superfície de um MDT de acordo com os padrões de generalização e simbolização cartográfica. E o termo tridimensional, porque percebemos a representação através do nosso sistema de percepção, ou seja, em perspectiva tridimensional. A Figura 9 mostra uma imagem em perspectiva construída a partir de um modelo digital de terreno.



FIGURA 9 – EXEMPLO DE UMA IMAGEM EM PERSPECTIVA A PARTIR DE UM MDT  
FONTE: HAEBERLING (2002)

Para Petrovic (2003), mapas tridimensionais são uma apresentação da paisagem em perspectiva, onde os objetos topográficos e fenômenos são apresentados por símbolos cartográficos com seus significados em legenda. A Figura 10 apresenta dois exemplos de representações cartográficas 3D, a Figura 10.a consiste na representação tridimensional de um vilarejo usando símbolos geométricos pontuais tridimensionais e a Figura 10.b a representação de uma área com montanhas usando simulação de efeitos naturais.

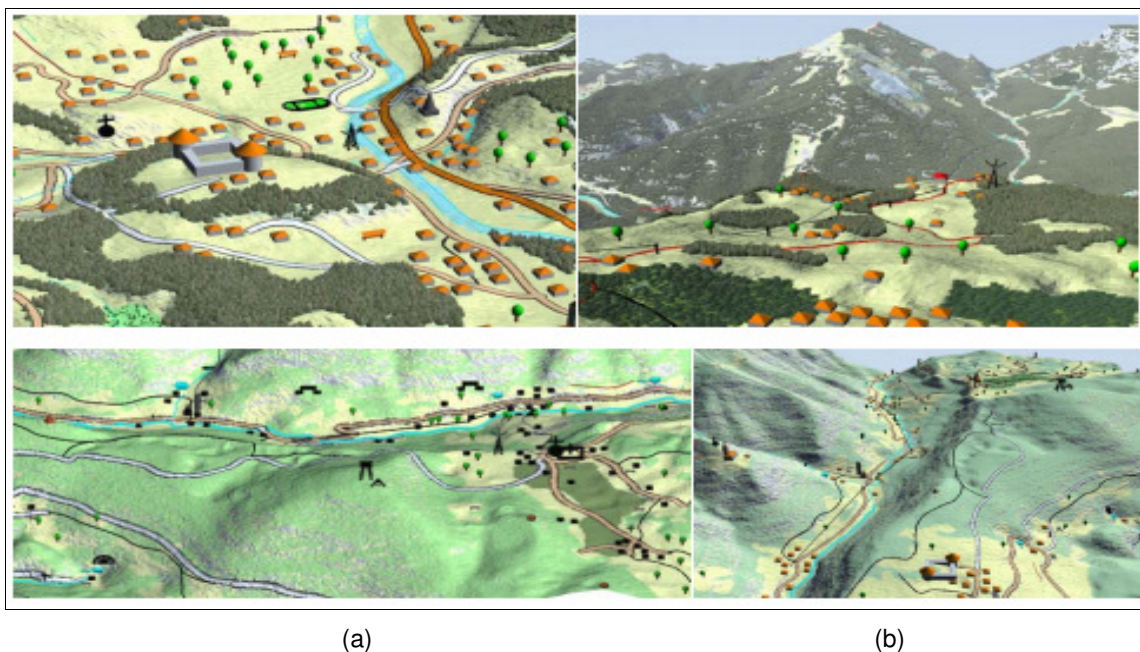


FIGURA 10 – EXEMPLOS DE APRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS 3D  
 FONTE: PETROVIC (2003)

Para Petrovic (2003), a apresentação da paisagem tridimensional ou de representações tridimensionais pode ser denominada “mapa” se satisfizer alguns requisitos encontrados nos mapas tradicionais, que são:

- Todos os objetos representados devem ter definida sua posição geográfica em um sistema de coordenadas conhecido e acessível ao usuário;
- Os objetos e fenômenos devem ser projetados em um sistema de coordenadas planas, de acordo com a projeção cartográfica, que garanta as deformações em valores conhecidos;
- O uso de uma simbologia adequada para garantir a comunicação cartográfica e a transferência de informação entre o cartógrafo e o usuário do mapa;
- Uso dos princípios de generalização cartográfica para a definição dos níveis de detalhe e o número de informações existente nos mapas.

Bandrova (2001; 2005) considera que um mapa tridimensional é uma representação tridimensional virtual altamente realista da superfície terrestre, bem

como dos objetos e fenômenos da natureza e da sociedade, gerada no computador a partir de definições matemáticas. Os objetos e fenômenos representados são classificados, projetados e visualizados de acordo com finalidades específicas. A Figura 11 mostra uma imagem em perspectiva altamente realista da paisagem.



FIGURA 11 – EXEMPLO DE UMA PAISAGEM EM PERSPECTIVA ALTAMENTE REALISTA  
FONTE: BANDROVA (2005)

Haeberling (2002) considera que uma verdadeira representação tridimensional ou uma representação altamente realística, como citado por Bandrova (2001; 2005), só pode ser visualizada de forma interativa através de equipamentos especiais. Haeberling (2005) considera ainda que mapas tridimensionais não constituem, necessariamente, uma imagem altamente realista da paisagem.

O modelo apresentado por Bandrova (2001; 2005) mostra a realidade de uma forma mais completa, mais realista, ou seja, de uma forma fotorealística em função das texturas usadas sobre o modelo criado. Apesar dos usuários preferirem uma representação fotorealística por não necessitarem adquirir novos conhecimentos para interpretá-la, pois esse tipo de representação é comum à percepção humana, facilitando assim o seu reconhecimento. Esse tipo de representação não tem o requisito principal de um mapa, que é o seu valor informativo, faltando ainda um dos principais elementos cartográficos, que é a simbolização (FOSSE, 2008). Com a falta da simbologia o processo de comunicação cartográfico fica prejudicado.

Haeberling (2008) considera o termo “mapa tridimensional” adequado para as representações em perspectiva visualizadas em mídia bidimensional. Entretanto, ele sugere o uso do termo “mapa” se os objetos retratados forem georreferenciados por um modelo cartográfico, se o modelo de dados for generalizado e, se a aparência

gráfica de objetos únicos for classificada e simbolizada por uma legenda. É tridimensional se for percebido em perspectiva tridimensional. O autor acredita que nos mapas tridimensionais a aparência gráfica deva ser classificada para que os usuários, ao analisarem uma representação tridimensional, possam identificar e ter controle sobre todas as características topográficas visíveis na paisagem devendo a visualização ser completa.

Petrovic e Masera (2005) classificam os mapas tridimensionais de acordo com o nível da representação tridimensional apresentado no mapa. Tal classificação encontra-se descrita a seguir:

- Modelos Tridimensionais Simples: mapas topográficos bidimensionais ou ortofotos sobre modelo digital de terreno;
- Modelos Tridimensionais Avançados: modelos digitais de terreno com simbologia tridimensional, observados ainda em mídia bidimensional (tela do computador). Considerados representações cartográficas em 2.5D;
- Modelos Tridimensionais Verdadeiros: vistos em ambiente virtual, com equipamentos especiais, ou seja, mapas virtuais.

De acordo com a classificação feita pelos autores citados, os mapas tridimensionais simples podem ser usados como uma ferramenta complementar dos mapas bidimensionais ou como suporte para algumas tarefas simples realizadas em mapas bidimensionais. Os mapas topográficos ou as ortofotos são usados como uma textura sobre o MDT para auxiliar a leitura do modelo, pois o MDT usado sozinho torna-se um modelo com poucas informações para o usuário interpretar. As fotografias aéreas só podem ser usadas como mapas se as mesmas forem retificadas usando como modelo de correção um MDT.

A segunda classificação, mapas tridimensionais avançados, que na verdade são as representações em 2.5D, são os mapas tridimensionais produzidos atualmente pelos cartógrafos para os mais variados fins. Os conceitos apresentados por Petrovic (2003), Haeberling (2002; 2008) e Bandrova (2001; 2005) se encaixam nessa classificação de mapas tridimensionais avançados, porque mesmo sendo modelos

criados a partir de um MDT e com simbologia tridimensional, ainda são apresentados em um ambiente bidimensional. Então, os autores defendem que esses mapas 2.5D, de acordo com a classificação de Petrovic e Maserà (2005), são mapas tridimensionais porque o sistema de percepção humano assim os percebe, ou seja, da mesma forma como percebe o mundo real. Os modelos tridimensionais verdadeiros apresentados na terceira classificação de Petrovic e Bandrova (2005), considerados pelos autores como mapas virtuais, vêm sendo discutidos na literatura cartográfica desde a década de 70. Moellering, em trabalhos realizados em 1976 e 1977, considera que os mapas bidimensionais em papel são mapas reais por apresentarem uma imagem cartográfica diretamente visível e tangível. A definição, portanto, independe do fato dos mapas serem produzidos por processo manual ou computacional. Para Moellering (1980), os mapas virtuais são imagens cartográficas visualizadas na tela do computador com realidade permanente e tangível e que devem sofrer um processamento prévio para serem visualizadas. Os mapas virtuais podem ser transformados em mapas reais a partir de operações cartográficas importantes que são: processamento e análise da informação dependendo do tipo de uso específico do mapa, transformação dos dados digitais interativos organizados em tabelas para coordenadas fixas em papel, dados e imagens virtuais em dados cartográficos e, com isso, sua definição vai além de mapas vistos em realidade virtual. Em 1970, Riffe chamou os mapas virtuais de mapas temporários por representarem uma imagem transitória na tela do computador.

Para que uma representação da superfície impressa ou vista na tela do computador possa ser definida como mapa é necessário que a mesma seja criada a partir de princípios cartográficos, contenha uma simbologia que represente os diferentes elementos naturais, artificiais ou culturais da área representada e que as informações sejam classificadas e generalizadas. Das definições apresentadas por Petrovic (2003), Haeberling (2002; 2008) e Bandrova (2001; 2005), a única que não pode ser considerada como mapa é a apresentada por Bandrova, pela ausência da simbologia, considerada um dos principais elementos do mapa e o que torna possível a comunicação cartográfica entre mapa e usuário.

A partir das definições apresentadas por Petrovic (2003), Haeberling (2002; 2008) e Bandrova (2001; 2005), pode-se concluir que mapas tridimensionais são representações em perspectiva geradas a partir de um modelo digital de terreno, e podem ser impressas ou observadas na tela do computador, respeitando os princípios de representação e simbolização cartográfica estabelecidos para os mapas bidimensionais, já que ainda não existem princípios próprios à geração desses produtos.

Uma definição que melhor explica o conceito de mapa tridimensional é apresentada por Haeberling (1999), que o define como uma representação cartográfica em perspectiva de uma área delimitada da superfície, combinando as informações topográficas com as definições da legenda. As informações topográficas de um mapa tridimensional devem incluir as características do terreno, que são altitude, declividade e exposição, e os demais elementos topográficos, tais como, lagos, rios, áreas povoadas e outras infra-estruturas, rodovias e ferrovias, além de apresentar o uso do solo e a vegetação. Todos os nomes e informações necessárias para a representação devem ser acrescentados à tela ou exibidos em caixas de informações separadas do mapa.

Para Haeberling (1999), os mapas tridimensionais herdam três características, listadas por Pescada e Gruenreich (1994), dos tradicionais mapas topográficos bidimensionais. São elas:

- A posição geográfica de todos os elementos deve ser definida e pode ser extraída pelo usuário do mapa;
- Todos os elementos representados pertencem a classes definidas no projeto cartográfico;
- Todas as classes definidas para representar os elementos devem ser diferenciadas umas das outras claramente.

No entanto, uma diferença importante entre os mapas tridimensionais e os mapas bidimensionais é a aparência gráfica. Em um mapa bidimensional a topografia é simbolizada por curvas de nível, pontos cotados e/ou relevo sombreado. Nos mapas

tridimensionais o relevo é visto em perspectiva, assim, a interpretação do relevo nesse modelo torna-se mais intuitiva. No entanto, Haerberling (1999) considera que os mapas tridimensionais podem apresentar problemas quanto à interpretação do relevo por conterem três deficiências, descritas a seguir.

- Devido à vista em perspectiva, a geometria da área representada pode não ser interpretada corretamente;
- Como a escala da cena não é constante, a medição de distâncias torna-se difícil, exceto se a cena estiver em primeiro plano e;
- Dependendo do ponto de vista escolhido para interpretação da cena, pontos de interesse ou elementos da representação cartográfica podem ficar escondidos.

Das definições apresentadas por Haerberling (1999, 2002, 2008), Bandrova (2001, 2005) e Petrovic (2003), a reportada por Haerberling (1999), como apontado anteriormente, é considerada a mais adequada. Isso porque a definição apresentada pelo autor é a mais completa e a que mais se aproxima dos mapas bidimensionais, com os quais os usuários estão acostumados, o que pode facilitar o uso e entendimento dos mapas 3D.

### 2.3 PROJETO CARTOGRÁFICO PARA MAPAS TRIDIMENSIONAIS

O uso de mapas acontece quando há a necessidade de coleta, representação e utilização de dados geográficos pelos usuários. A eficiência dos mapas está diretamente ligada ao processo de comunicação cartográfica. Para que o processo de comunicação cartográfica ocorra de forma precisa é necessário que o cartógrafo projete mapas baseados na realidade do usuário. O modelo de comunicação cartográfica, de uma forma mais simples, trata os mapas como canais que transmitem as informações de uma fonte, o mundo real, para um destinatário, o usuário (MONTELLO, 2002). Esse modelo pode ser observado na Figura 12.



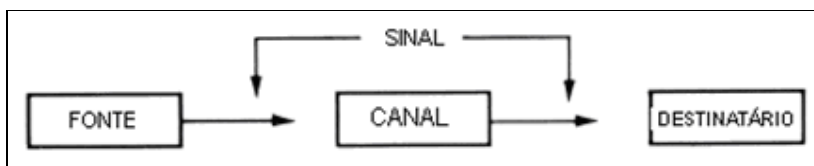


FIGURA 12 – MODELO SIMPLIFICADO DO PROCESSO DE COMUNICAÇÃO PROPOSTO POR ROBINSON AND PETCHENIK (1976)  
 FONTE: MONTELLO (2002)

Em 1972, a Associação Cartográfica Internacional – ICA discutiu sobre o processo de comunicação cartográfica, ou seja, sobre a transmissão de informações por meio de mapas. Essas discussões apontaram o modelo de comunicação cartográfica proposto por Koláčný, em 1969, como um dos mais citados e utilizados. O modelo propõe que cartógrafo e usuário são dependentes um do outro e que essa dependência se dá a partir da sobreposição da realidade, como vista pelo cartógrafo, à realidade como entendida pelo usuário. As fases desse processo podem ser vistas na Figura 13.

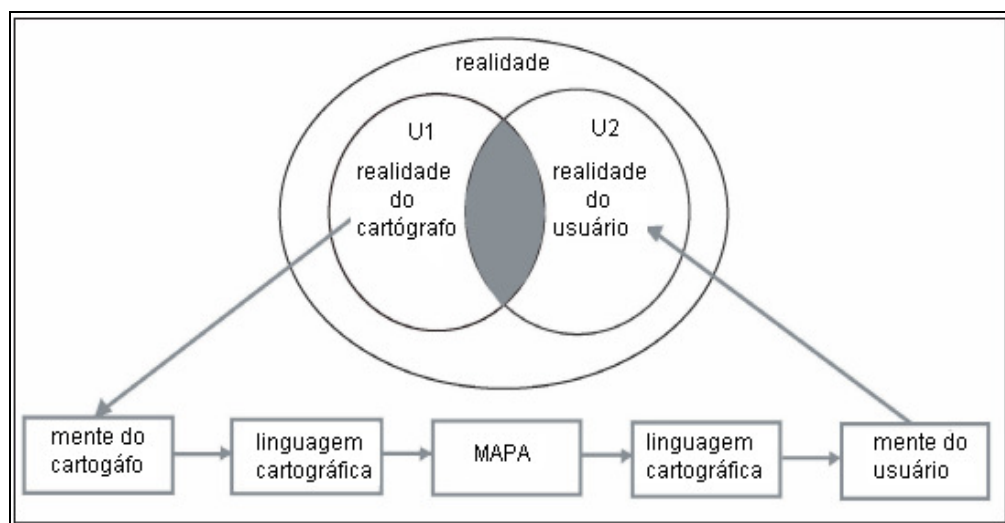


FIGURA 13 - VERSÃO DO MODELO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA DE KOLÁČNÝ (1969)  
 FONTE: SLUTER (2008)

O processo cognitivo nos mapas bidimensionais ocorre de forma complexa, isso porque a sobreposição da realidade do cartógrafo com a realidade do usuário tem que ocorrer e esse processo de comunicação cartográfica depende da linguagem cartográfica, ou seja, do tipo de símbolo usado. Nos mapas tridimensionais esse processo cognitivo pode ocorrer de forma mais simples quando a linguagem cartográfica adotada pelo cartógrafo é realística, com isso esses modelos tridimensionais tornam-se mais associativos ao mundo real a partir das experiências dos usuários.

Yongjun (2010) desenvolveu um modelo comparando o processo de comunicação cartográfica em mapas bidimensionais com mapas tridimensionais. O autor acredita que o complexo processo de interpretação passa a ser mais rápido quando são usados símbolos tridimensionais realísticos, pois esses símbolos apresentam mais eficiência cognitiva que os símbolos bidimensionais. Isso porque nos mapas que fazem uso de símbolos tridimensionais realísticos o usuário pode identificar e relacionar os objetos representados com os elementos do mundo real. Nos modelos tridimensionais rápido processo cognitivo se dá em função da simbologia usada, que é semelhante as feições do mundo em que vivemos. A comparação dos processos cognitivos pode ser visto vista na Figura 14 que apresenta uma comparação entre o processo de interpretação do mapa bidimensional com o processo de interpretação do mapa tridimensional.

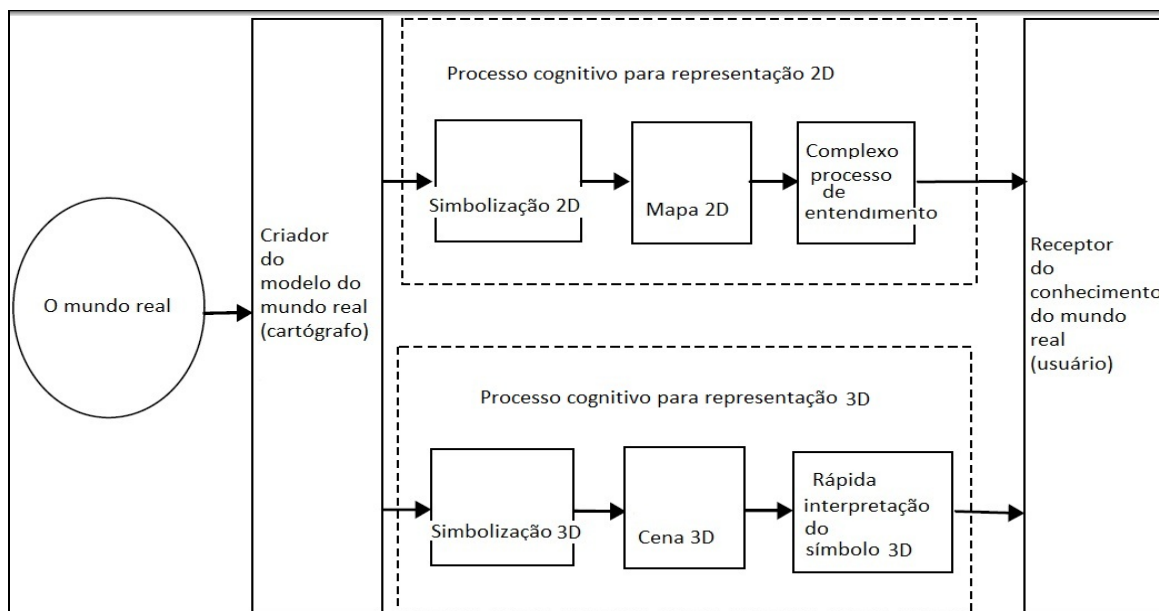


FIGURA 14 – COMPARAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS COGNITIVOS EM REPRESENTAÇÕES 2D E 3D

FONTE: YONGJUN (2010)

Para a elaboração de mapas topográficos bidimensionais, os princípios cartográficos já estão bem estabelecidos, e são utilizados há décadas, por gerações de cartógrafos espalhados por todo o mundo (HURNI e LEUZINGER, 1995, IMHOF, 1968; PESCADÁ e GRUENREICH, 1994). No entanto, existe pouco conhecimento consolidado para a geração de mapas tridimensionais (HAEBERLING, 1999).

Petrovic (2003) defende que um mapa tridimensional, para ser eficiente, tem que satisfazer os principais requisitos dos princípios da percepção humana para a representação cartográfica, além de apresentar vantagens ao usuário.

Haeberling (2004) acredita que os mapas tridimensionais são construídos considerando as preferências dos autores de mapas, ou seja, dos cartógrafos, que na maioria das vezes não estão cientes de todas as possibilidades de geração desses modelos. Assim, o projeto cartográfico de mapas tridimensionais é afetado por variáveis gráficas e visuais que têm um efeito sobre o aspecto gráfico do mapa como, por exemplo, a modelagem dos objetos, a aparência dos objetos, a perspectiva, os efeitos atmosféricos e os fenômenos naturais.

A definição de princípios para elaboração de mapas tridimensionais aumentaria a coerência entre a criação e o significado dos símbolos do mapa. Os princípios

cartográficos são necessários para definir a forma dos símbolos, para determinar o nível de detalhe da visualização em perspectiva e para determinar a posição geográfica dos elementos do mapa (HAEBERLING, 1999).

A maior parte dos exemplos de mapas tridimensionais apresenta problemas típicos quanto à elaboração do projeto cartográfico. Esses problemas, segundo Haerberling (1999), são:

- A não consideração das necessidades do usuário;
- Elaboração de símbolos e legendas não adequadas para o tipo de uso e necessidades do usuário e;
- A falta de princípios cartográficos para mapas tridimensionais.

Petrovic (2003) considera que as apresentações tridimensionais têm que seguir os princípios de apresentação cartográfica dos tradicionais mapas bidimensionais, não apenas em definições, mas também nos princípios de concepção.

O desenvolvimento do projeto cartográfico é importante porque este faz parte do processo de comunicação cartográfica. O objetivo do projeto cartográfico não é apenas a escolha da simbologia, mas também a identificação do uso de cada mapa. Então, para que o mapa cumpra com seu papel de comunicação cartográfica, a tarefa inicial do projeto cartográfico é entender e estabelecer as relações de uso de cada mapa que será construído (SLUTER, 2008).

No projeto cartográfico de um mapa bidimensional as etapas a serem realizadas pelo cartógrafo, segundo Sluter (2008), são:

- Conhecer o usuário e suas necessidades. É importante saber qual o nível de conhecimento sobre mapas que o usuário possui, entender quais as suas necessidades e quais atividades vai desempenhar com o uso dos mapas. O conhecimento do usuário e os prováveis usos são importantes para que o cartógrafo estabeleça o contexto no qual o projeto cartográfico será desenvolvido, para que o mapa desempenhe seu papel de comunicação cartográfica de forma eficaz;

- Determinar cada um dos mapas a ser projetado e construído. Com a identificação do usuário e suas necessidades, o cartógrafo está preparado para definir os mapas que serão construídos. Conhecendo as necessidades do usuário o cartógrafo está preparado para determinar as informações a serem mapeadas, estabelecer os critérios de classificação dessas informações, detectar quais temas serão mapeados e quais temas serão apresentados em cada mapa temático;
- Definir a escala e projeção cartográfica de cada mapa. Com a definição dos temas e das classificações das informações a serem mapeadas em cada mapa, determina-se a escala do mapa de acordo com o menor elemento a ser representado. A escala é que define o nível de detalhe das informações para a representação nos mapas. Escolhida a escala, define-se a projeção cartográfica.
- Coletar e analisar os dados fonte. Os dados são coletados em campo e analisados por meio de análises manuais, no caso da completude, ou através de relatórios sobre a obtenção dos dados, no caso da atualidade e linhagem. A completude é um importante fator de qualidade de dados que pode determinar a adequação de um conjunto de dados para uma aplicação. A qualidade dos dados também pode ser afetada pelo componente de uso.
- Definir a linguagem cartográfica de cada mapa. A escolha da linguagem cartográfica é uma das etapas mais importantes do projeto cartográfico, porque a escolha da simbologia é o que tornará possível o processo de comunicação cartográfica dos mapas. Como cada mapa a ser construído deve atender as necessidades de seus usuários, cada mapa tem a sua própria linguagem cartográfica;
- Construção do mapa. Com todas as etapas do projeto cartográfico concluídas, são confeccionadas as primeiras versões dos mapas, a partir das quais é possível realizar análises sobre a qualidade das representações gráficas. Se as representações não são satisfatórias, verifica-se cada etapa do projeto cartográfico para identificar em qual delas houve erros.

As fases do projeto cartográfico descritas acima podem ser observadas no diagrama da Figura 15, proposto por Sluter (2008).

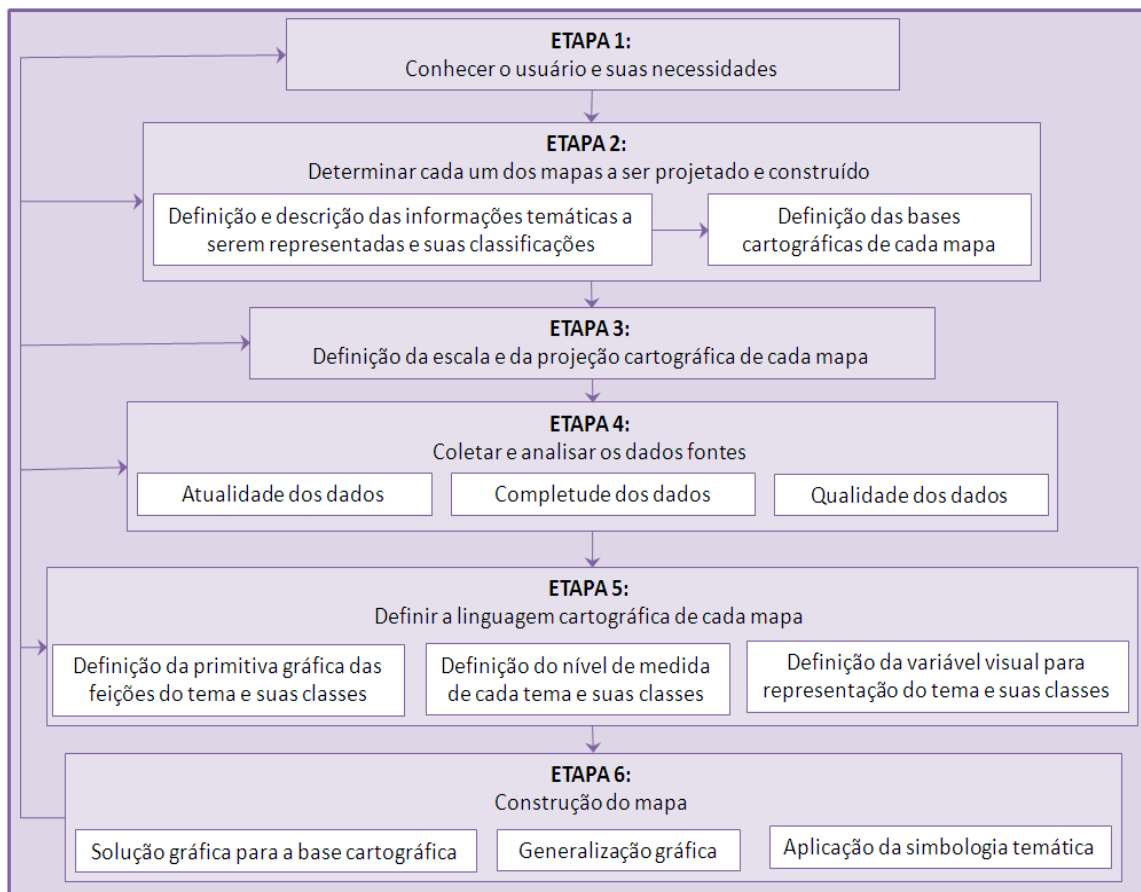


FIGURA 15 – DIAGRAMA DA SISTEMÁTICA DE TRABALHO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETO CARTOGRÁFICO  
FONTE: SLUTER (2008)

O projeto cartográfico de mapas bidimensionais deve ser adotado como modelo de referência para o estabelecimento de princípios ao projeto de mapas tridimensionais, a fim de padronizar o processo de comunicação cartográfica desses mapas. Embora ainda não existam regras para a construção de mapas tridimensionais, alguns autores desenvolveram estudos nessa área, que serão utilizados como base para este estudo.

Elmes (2005) considera que existem três processos que são comuns a todos os mapas: a redução (que determina a escala), seleção e captação das informações e simbolização. Estes processos são usados na construção de mapas tridimensionais por Haerberling (2002), que acrescenta os processos de visualização e modelagem de dados através de um Modelo Digital do Terreno.

Bandrova (2005), afirma que a criação dos mapas tridimensionais realizada a partir de mapas em papel, necessita de oito etapas, mas quando os mapas tridimensionais são gerados a partir de arquivos de coordenadas em meio digital, são necessárias apenas seis das oito etapas. Assim, neste processo desconsideram-se a segunda e a terceira etapa. As etapas a serem seguidas são:

- Preparação dos dados fonte para a criação do mapa;
- Conversão dos dados fonte do formato analógico para o digital;
- Inclusão da terceira dimensão, ou seja, da coordenada Z;
- Reconstrução do Modelo Digital do Terreno;
- Projeção de feições principais como: edifícios, ruas, estradas e outros;
- A escolha da simbologia tridimensional;
- Preparação de texturas para as imagens;
- Visualização do mapa tridimensional na forma fotorealista.

Dentro desse contexto, Haerberling (1999, 2002, 2004, 2005, 2008) desenvolveu estudos para a elaboração de um projeto cartográfico para mapas tridimensionais. De acordo com estes estudos, o autor apresenta três aspectos que devem ser considerados:

- Determinação do grupo de usuários: nessa etapa devem ser considerados o conhecimento e experiência dos usuários com mapas. A identificação do usuário é importante para saber o grau de complexidade da representação cartográfica tridimensional. O cartógrafo tem que estar ciente dos tipos de uso com essa representação;

- Especificações das necessidades dos usuários: a análise das necessidades do usuário está diretamente ligada à identificação do mesmo. As principais necessidades dos usuários na utilização de mapas tridimensionais são:
  - ✓ Determinação das características topográficas;
  - ✓ Orientação;
  - ✓ Localização de elementos geográficos;
  - ✓ Medições.
- Derivação dos princípios para a elaboração da simbologia: cada característica topográfica do mundo real é representada nos mapas através de símbolos com seus significados em legenda. Para que o processo de comunicação se cumpra, é necessário que o usuário interprete corretamente os símbolos. A simbologia deve ser projetada de acordo com o tipo de uso do mapa e os conhecimentos do usuário, para que o mesmo possa interpretá-lo de maneira correta. Para símbolos em mapas tridimensionais, o cartógrafo deve levar ainda em consideração:
  - ✓ A aparência gráfica dos símbolos;
  - ✓ Os parâmetros de vista da cena;
  - ✓ A interatividade do modelo, no nível de detalhe do símbolo e no zoom.

Para o processo de criação de mapas tridimensionais outros três aspectos devem ser levados em consideração: o conceitual, o técnico e o do produto (HAEBERLING, 2008).

- Conceitual: nessa etapa as questões do contexto do usuário e seu ambiente pessoal devem ser considerados cuidadosamente. Para o processo e representação deve-se avaliar as habilidades e competências dos usuários (por exemplo: educação, experiências, conhecimentos); as experiências com tipos de aplicativos (por exemplo: orientação, informação, análise); e as experiências de campo.
- Técnico: para abordar os aspectos de produção os dados digitais de entrada e os processos computacionais são obrigatórios. Essa etapa analisa as



diferentes fontes dos dados geográficos, tais como imagens digitais de satélite, digitalização de cartas topográficas, software de representação; e os diferentes softwares de visualização dos dados geográficos, pois estes dependem do tipo de dado a ser apresentado.

- Do produto: nessa fase considera-se o conteúdo temático, utilização dos dados, disponibilidade dos dados (incluindo custos) e, a aparência visual do mapa tridimensional, visto que a aparência é um dos fatores mais importantes para atrair os usuários a fazerem uso de um mapa.

O mesmo autor considera que as principais etapas para a criação de mapas tridimensionais são:

- A modelagem de dados - consiste em transformar os diferentes tipos de dados topográficos ou temáticos para torná-los compatíveis com os softwares que serão utilizados na geração dos mapas; para isso os aspectos geométricos e semânticos dos dados devem ser analisados;
- A simbolização - consiste na geração do modelo de paisagem, no qual as características gráficas de cada classe e atributos gráficos são adicionados aos objetos que compõem o modelo. Os atributos gráficos são: forma, tamanho, cor, brilho, textura e outras características gráficas como nitidez e transparência. Nessa etapa as regras de generalização cartográfica devem ser respeitadas;
- A visualização - compreende a exibição do modelo cartográfico tridimensional na mídia designada e são determinados os demais parâmetros para a composição da apresentação da paisagem, como iluminação e sombreamento.

As principais etapas descritas do processo de criação de mapas tridimensionais proposto por Haeberling (2004 e 2008) podem ser vistas na Figura 16.

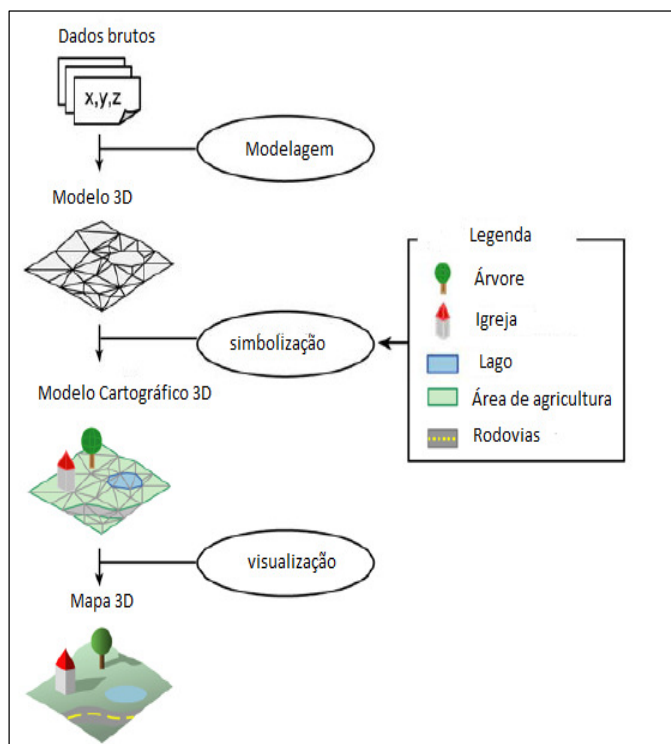


FIGURA 16 – ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DE UM MAPA 3D PROPOSTO POR TERRIBILINI (2001) E USADA POR HAEBERLING (2002, 2004 E 2008)  
 FONTE: HAEBERLING (2004)

Para a elaboração do projeto cartográfico para mapas tridimensionais pode-se considerar as etapas do projeto cartográfico para mapas bidimensionais como referência, com as necessárias modificações em cada etapa, tendo em vista, que os mapas tridimensionais, na sua grande maioria, são apresentados na tela do computador.

No projeto cartográfico de mapas tridimensionais apresentados por Harberling (2004), as etapas realizadas são semelhantes às etapas realizadas nos mapas bidimensionais.

O projeto cartográfico apresentado por Haeberling (2008) é semelhante ao projeto cartográfico apresentado por Sluter (2008) para mapas bidimensionais. Apesar dos projetos desenvolvidos apresentarem uma ordem de etapas diferente, os propósitos das mesmas se equivalem.

A primeira fase dos projetos de Sluter (2008) e Haeberling (2008) é a identificação do usuário e suas necessidades; a segunda etapa do projeto de Sluter

(2008) é a definição de cada mapa a ser projetado, enquanto que na proposta de Haerberling (2008) a definição dos mapas a serem projetados faz parte da última etapa, a definição do produto. Nos mapas bidimensionais a definição de cada mapa a ser projetado está diretamente ligada com as necessidades do usuário, isso porque o cartógrafo precisa entender qual conhecimento o usuário precisa extrair do mapa projetado, por isso essa etapa vem logo após a identificação do usuário. Nos mapas tridimensionais, como o processo de comunicação ainda é pouco conhecido, a falta de conhecimento de que tipo de informação o usuário busca com o uso do mapa tridimensional faz com que o produtor desses mapas dê mais importância a sua aparência e aos custos desse modelo. Com isso a escolha dos mapas a serem projetados ocorre na última etapa no projeto de Haerberling (2008).

A etapa três do projeto de Sluter (2008) não é desenvolvida por Haerberling (2008) por se tratar de uma representação em que a escala não é estática e sim interativa, diferente dos mapas bidimensionais. Já a quarta etapa é desenvolvida por Sluter (2008) e por Haerberling (2008), só que em ordens diferentes. No projeto para mapa tridimensional a quarta etapa de Sluter corresponde à segunda de Haerberling.

Para Sluter (2008), nos mapas bidimensionais a escolha da simbologia é definida na quinta etapa. Isso por que a relação entre projeto cartográfico e comunicação cartográfica não ocorre apenas pela definição da simbologia de cada mapa, mais também pelo uso dos mesmos. Como cada mapa deve ser construído para atender as necessidades de cada usuário, para cada mapa específico, é definida uma linguagem cartográfica.

A elaboração dos símbolos bidimensionais deve levar em conta três aspectos interdependentes: a dimensão espacial da feição e a primitiva gráfica para representá-la; o nível (ou escala) de medida, definido pelas características do fenômeno a serem representadas; e as variações visuais (variáveis visuais) das primitivas gráficas, que serão usadas para representar as feições e suas classificações. Já nos mapas tridimensionais a definição da simbologia faz parte da primeira fase do projeto cartográfico; isso porque Haerberling (1999) acredita que nos mapas tridimensionais a simbologia deve ser completamente voltada para o usuário e suas necessidades, e essas necessidades têm uma forte influência na aparência gráfica dos mapas

tridimensionais. Os símbolos devem ser projetados de forma que os usuários possam perceber as informações de acordo com a sua formação e com a satisfação de suas necessidades, já que nos mapas tridimensionais a aparência gráfica não é fixa e as variáveis visuais das primitivas gráficas (forma, tamanho, largura da linha, sombra, cor) variam de acordo com a posição do símbolo, com a distribuição na paisagem e com os efeitos que compõem a representação do modelo.

A última etapa responsável pela geração e visualização dos mapas ocorre para os dois projetos cartográficos na mesma ordem.

No projeto cartográfico apresentado por Bandrova (2005) são desenvolvidas apenas duas etapas: a etapa técnica, que cuida dos dados fontes, sejam analógicos ou digitais e a geração do produto, que trata da projeção das feições reais, escolha da simbologia, preparação de texturas e a visualização. O projeto desenvolvido por Bandrova (2005) não apresenta o contexto do usuário como mostrado por Haeberling (2008), porque sua representação é altamente realística, o que coloca a escolha da simbologia em segundo plano.

Para Bandrova (2001) os símbolos tridimensionais devem ser semelhantes aos objetos do mundo real, já que nesses modelos não há legenda. Bandrova (2005) acredita que as representações foto-realista atingem o maior número de usuários, dos mais diferentes perfis. No entanto, uma representação realística pode perder o significado de mapa, porque sem o uso de uma simbologia o processo de comunicação cartográfica fica comprometido. Uma comparação entre as etapas de elaboração de mapas bidimensionais e tridimensionais apresentada pelos três autores supra-citados podem ser observadas na Figura 17.

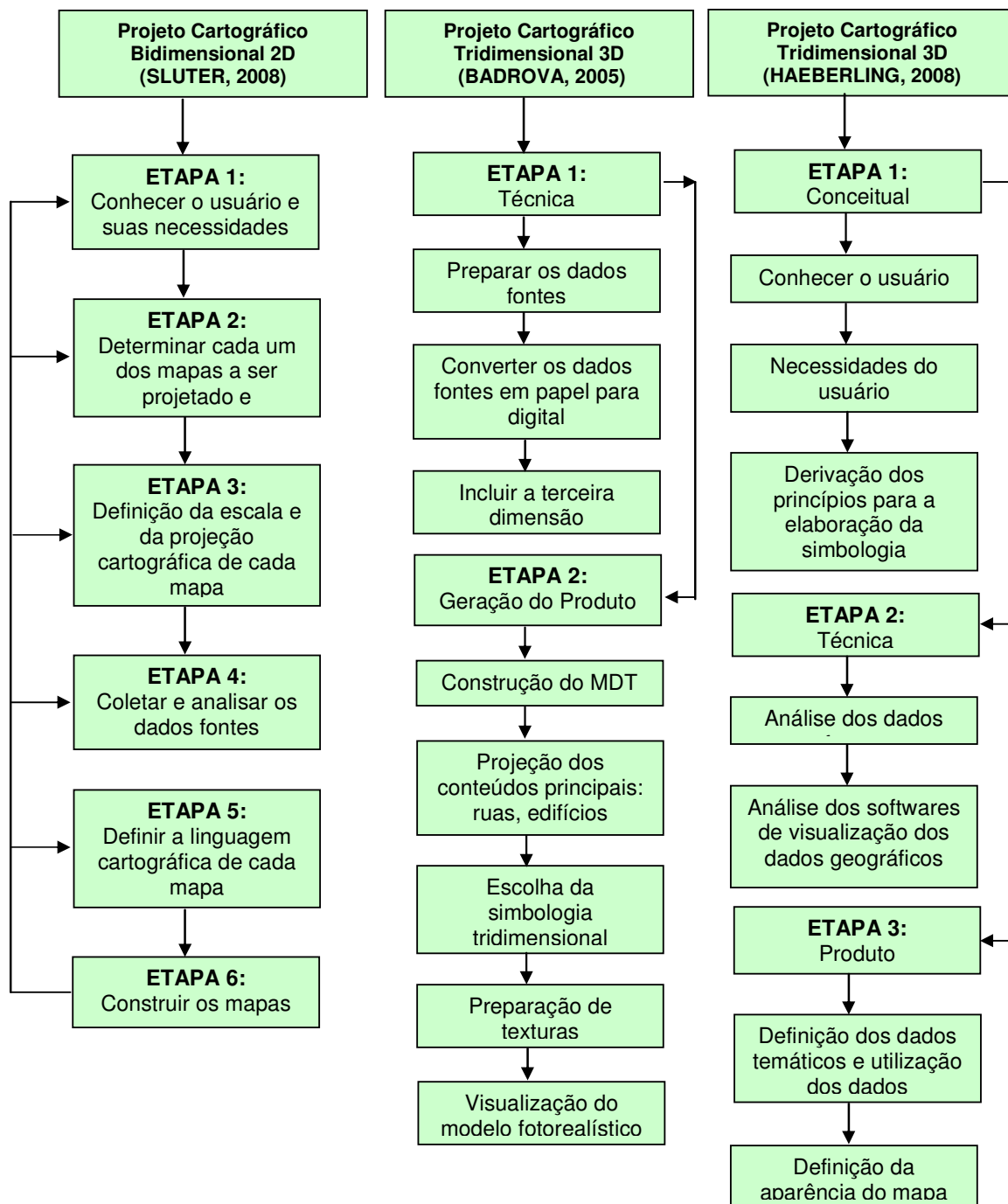


FIGURA 17 – COMPARATIVO DAS ETAPAS DE PROJETO CARTOGRÁFICO PARA MAPAS BIDIMENSIONAIS E MAPAS TRIDIMENSIONAIS A PARTIR DOS CONCEITOS DE SLUTER (2008), BANDROVA (2005) E HAEBERLING (2008)  
 FONTE: A AUTORA (2011)

As etapas a serem realizadas para a elaboração de mapas tridimensionais são semelhantes às etapas para elaboração de mapas bidimensionais descritas por Sluter (2008). No entanto, para o projeto de mapas tridimensionais as etapas de elaboração da simbologia e escolha da escala acontecem de forma diferente. Com isso as etapas de elaboração de um mapa tridimensional podem ser vistas na figura 18.

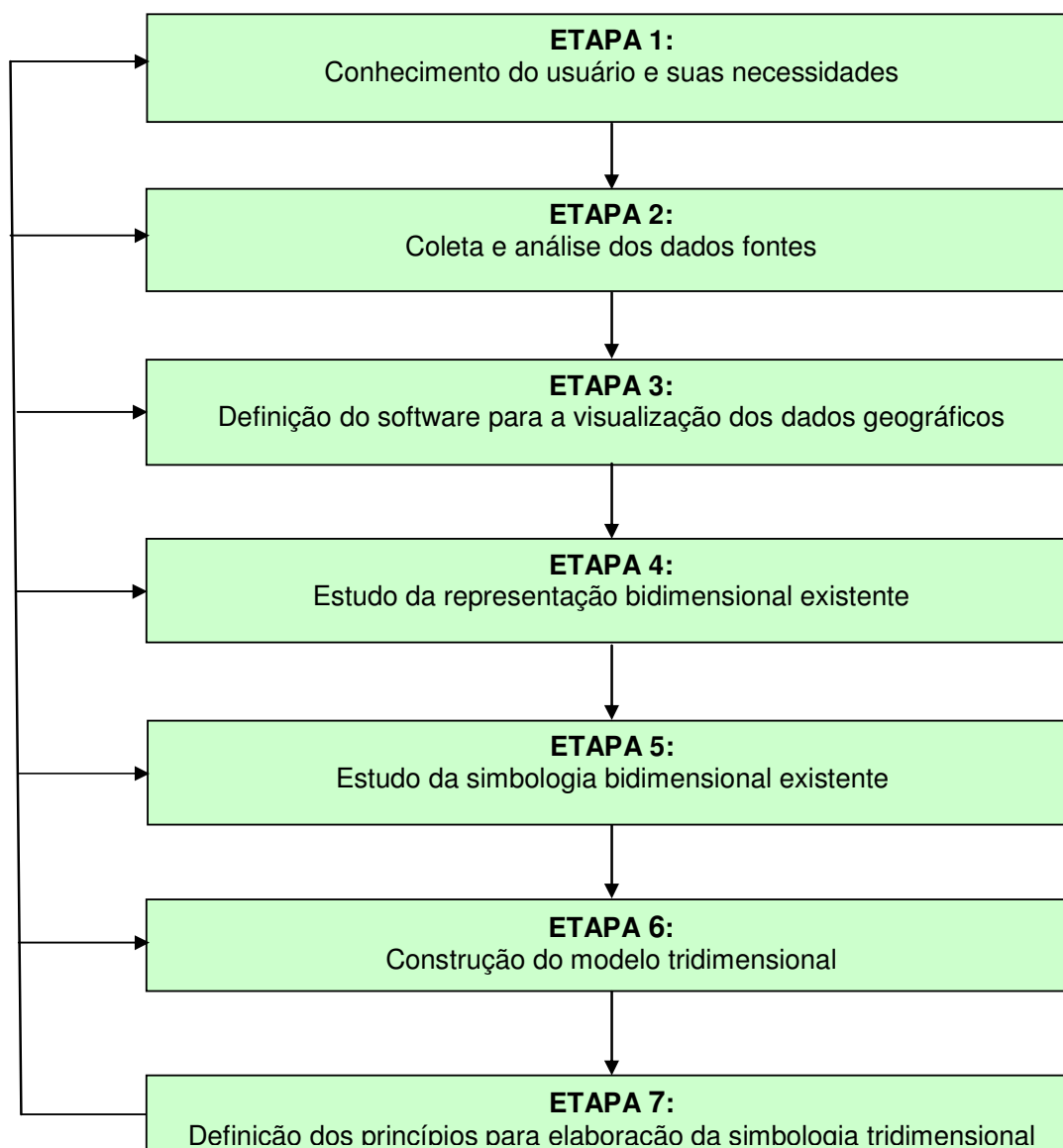


FIGURA 18 – DIAGRAMA DA SISTEMÁTICA DE TRABALHO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETO CARTOGRÁFICO PARA REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL  
FONTE: A AUTORA (2011)

## 2.4 SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS TRIDIMENSIONAIS

No processo de geração de mapas tridimensionais há um grande número de sinais gráficos que influenciam a criação destes mapas. Em conjunto, esses sinais são conhecidos como “aspectos gráficos” ou “variáveis visuais”. Os diferentes tipos de mapas e seu processo de criação exigem a escolha, pelos cartógrafos, de uma ou várias dentre as diversas variáveis visuais disponíveis. Estas variáveis constituem grupos de parâmetros que exercem diferentes efeitos sobre a apresentação dos elementos de um mapa. Estas variáveis tornam possível a criação e controle de todos os recursos do mapa, incluindo a forma como as características dos mapas devem aparecer em representações em perspectiva (HAEBERLING, 2002).

As variáveis visuais são comumente usadas para descrever as diferenças percebidas em vários símbolos dos mapas que são usados para representar fenômenos geográficos. As primeiras discussões sobre variáveis visuais foram desenvolvidas pelo cartógrafo Jacques Bertin (1983) e, posteriormente, outros cartógrafos como McCleary (1983), Morrison (1984), DiBiase et al. (1991) e MacEachren (1994) desenvolveram estudos na área (SLOCUM, 2001).

Bertin (1986) considera que um objeto ou feição pode ser representado no plano por um ponto, uma linha ou área e que estes ainda podem variar em tamanho, valor, granulação, cor, orientação, forma e, com a representação da terceira dimensão, ou seja, cada uma das oito variáveis visuais pode caracterizar um componente da informação. Ainda segundo Bertin (1986), as variáveis visuais apresentadas por ele podem ser classificadas quanto ao nível de organização de seus elementos em qualitativas (associativas/dissociativas e seletivas), ordenadas (ranking) e quantitativas (contáveis). A lista de variáveis apresentadas por Bertin (1986) pode ser observada na Figura 19. O mesmo autor considera que as variáveis visuais tamanho e valor são as variáveis da terceira dimensão.

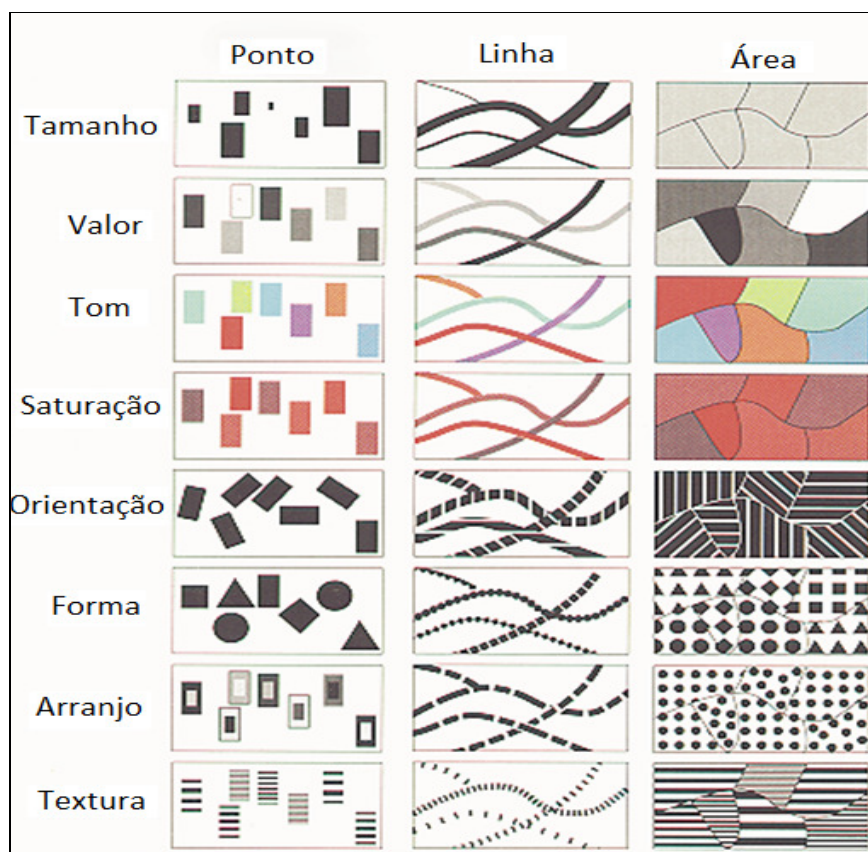


FIGURA 19 – LISTA DAS VARIÁVEIS VISUAIS DE BERTIN.  
 FONTE: BERTIN ADAPTADA POR ROBBI (2000)

Slocum (1999, 2001, 2005 e 2010) apresentou uma lista de variáveis visuais derivadas a partir da lista original de Bertin. Na sua abordagem, Slocum (2005) inclui variáveis visuais para a representação de dados 2.5 D que são: espaçamento, tamanho, altura em perspectiva e cor; e para as representações tridimensionais verdadeiras: espaçamento, tamanho, cor, orientação, forma e disposição. A lista de variáveis visuais apresentadas por Slocum (2005) é dividida em duas partes, uma para representação de dados quantitativos, que refletem uma classificação ordinal, intervalar e razão e outra para a representação de dados qualitativos, cujo nível de medida é nominal. As variáveis visuais qualitativas não podem ser usadas para representar os fenômenos 2.5 D porque são inerentemente numéricas. A variável visual cor pode representar tanto fenômenos qualitativos como quantitativos. Nos fenômenos quantitativos as diferentes escalas de cores podem demonstrar variações de quantidades, como por exemplo, escala de cor com variações do vermelho para o



amarelo pode demonstrar a variação de população de uma região, já nos fenômenos qualitativos pode-se variar a representação dos dados em cores, como por exemplo, verde, amarelo e azul, cuja variação não está associada a uma ordem ou ranking de valores como, alto, baixo ou médio. A lista de variáveis visuais apresentadas por Slocum (2005) pode ser vista nas Figuras 20 e 21.

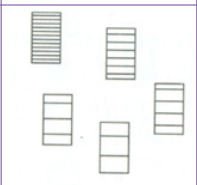
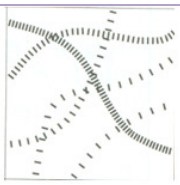

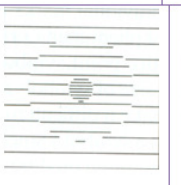
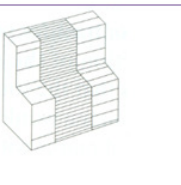


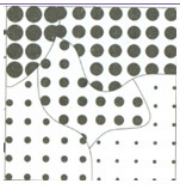
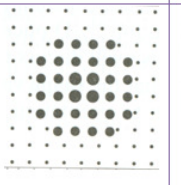
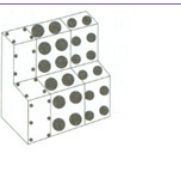
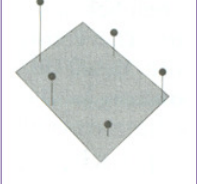


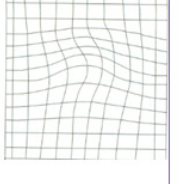
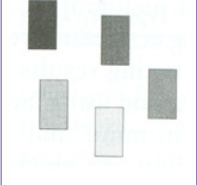

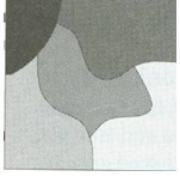
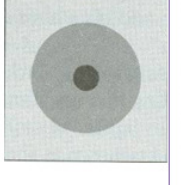
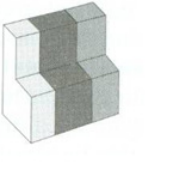
VARIÁVEIS VISUAIS PARA FENÔMENOS QUANTITATIVOS					
	PONTO	LINHA	ÁREA	2,5 D	VERDADEIRO 3 D
Espaçamento					
Tamanho					
Altura em perspectiva					Não é possível representar
Cor					

FIGURA 20 – LISTA DE VARIÁVEIS VISUAIS QUANTITATIVAS PROPOSTA POR SLOCUM (2001).  
FONTE: SLOCUM (2001)

VARIÁVEIS VISUAIS PARA FENÔMENOS QUALITATIVOS					
	PONTO	LINHA	ÁREA	2,5 D	VERDADEIRO 3 D
Orientação				Não recomendada à representação	
Forma				Não recomendada à representação	
Disposição				Não recomendada à representação	
Cor					

FIGURA 21 – LISTA DE VARIÁVEIS VISUAIS QUALITATIVAS PROPOSTA POR SLOCUM (2001).  
FONTE: SLOCUM (2001)

As representações cartográficas tridimensionais herdam características das variáveis visuais estabelecidas por Bertin (1983). Como citados anteriormente, diferentes etapas de geração de mapas tridimensionais exigem a distinção, pelo cartógrafo, de diferentes aspectos gráficos. Para Heaberling (2002), a melhor maneira de determinar a aparência dos objetos em um mapa tridimensional é através do uso dos aspectos gráficos para simbolização. O grupo de aspectos gráficos inclui:

- Posicionamento dos elementos;

- Aspectos que afetam diretamente a aparência gráfica dos mapas;
- Aspectos responsáveis por controlar o comportamento dos objetos individuais e em grupo e;
- Aspectos para determinar características de orientação, selecionando os atributos gráficos.

Para Haeberling (2002) existem muitas combinações possíveis para configurar cada grupo de aspectos citados. Os autores de mapas tridimensionais, portanto, adotam os princípios dos mapas bidimensionais. Para a representação de dados tridimensionais é necessário ampliar a lista de variáveis de Bertin, incluindo aquelas normalmente encontradas em modelos tridimensionais interativos, pois segundo Slocum (2005), as variáveis de Bertin não são suficientes para distinguir os diferentes tipos de elementos de uma representação cartográfica tridimensional. Haeberling (2002) apresenta uma lista das variáveis visuais presentes nos modelos tridimensionais interativos, citando algumas variações sofridas pelas variáveis visuais da lista de Bertin.

- Forma: o aspecto gráfico da forma determina o impacto de generalização, de abstração e o grau de homogeneidade em toda a cena tridimensional representada. Nas representações tridimensionais a forma dos objetos passa a ser tridimensional. A forma é uma variável associativa que, nas representações bidimensionais, permite a qualificação e percepção dos objetos. Essa variável visual deve ser usada com cuidado, pois a mesma é fonte de lamentáveis erros. Isso porque no mapa 3D se torna difícil a representação de diversas formas diferentes, além do que estas só são percebidas corretamente a partir de um certo tamanho.
- Tamanho: nas representações tridimensionais, escolher as dimensões proporcionais de um objeto muda as características do próprio objeto. Por exemplo, com um ajuste no exagero vertical, uma paisagem pode ser representada como uma superfície plana ou drasticamente acidentada. Nas representações bidimensionais o tamanho é uma variável visual quantitativa

e ordenada, pois uma diferença de tamanho pode exprimir a diferença de proporção entre duas grandezas, não necessitando, muitas vezes, de legenda para explicitá-las. O tamanho pode ainda ser uma variável dissociativa, permite a visualização variada de categorias na cena. Nas representações tridimensionais o tamanho traz dois problemas: o de implantação, pois só permite a representação dos dados pontualmente; e o de patamares, que acarretam problemas de correspondência entre valores e tamanhos representados.

- Cor e brilho: os softwares para criação de mapas disponibilizam atualmente paletes com milhares de variações de cor e brilho. A escolha da cor e do brilho, portanto, não são mais dependentes da habilidade manual do autor do mapa, embora esta capacidade continue sendo um pré-requisito essencial para os cartógrafos. A cor é uma variável visual altamente seletiva, mas ela não pode assegurar uma seletividade completa.
- Texturas e padrões: nas representações tridimensionais as texturas e os padrões podem ser criados por sobreposição de imagens raster sobre os objetos, ou podem ser produzidas através de técnicas computacionais sofisticadas. Graças à tecnologia disponível, os cartógrafos têm uma grande variedade de texturas e padrões à disposição para a concepção da superfície dos objetos. Nas representações bidimensionais as texturas são variações de intensidade da impressão visual, fornecidas por variações do tamanho dos elementos representados. Essa variável visual é seletiva, associativa e ordenada.
- Orientação: esta é a única variável visual clássica da lista de Bertin que não sofreu mudanças nas representações tridimensionais, pois tem menor importância no processo de concepção destes mapas. Isso se dá porque existem inúmeras possibilidades de orientação para um mapa tridimensional, dependendo da mudança do ponto de vista do observador. A orientação não pode ser considerada uma variável diferenciadora.
- Aspectos gráficos especiais: estes efeitos são facilmente criados com a maioria dos softwares modernos. A aparência gráfica de muitos objetos

pode ser projetada com aspectos gráficos especiais. Entre suas possíveis aplicações, os objetos do mapa podem ter superfícies transparentes, permitindo que outros elementos sejam vistos através deles.

- Características de orientação: também é definida no processo de simbologia, nas representações cartográficas tridimensionais e pode ser representada por textos que informam as coordenadas dos objetos representados. As características de orientação incluem:
  - Rotulagem e coordenadas: o cartógrafo decide como deve apresentar os textos e como introduzir um sistema coordenado de referência. As coordenadas podem ser exibidas como notas adicionais em caixas de informação ou de forma fixa.
  - Informação de escala: a informação sobre a escala é essencial para o leitor do mapa. Esta informação pode ser representada por uma escala gráfica, por exemplo.

Para a fase de apresentação final dos modelos tridimensionais é importante acrescentar algumas variáveis para completar a representação da cena (HAEBERLING, 2002).

- Visão geral do modelo: o cartógrafo deve escolher os princípios para representar o mapa tridimensional em um ambiente bidimensional. Em seguida, o cartógrafo deve escolher um método de projeção para a representação do modelo. Essa variável considera todas as características e procedimentos matemáticos da projeção central, incluindo a projeção paralela ou intermediária.
- Animação e movimento: no mapa interativo e nas cenas animadas, objetos podem ser modelados e definidos pela mudança de atributos gráficos como cor e textura, ou posicionais, aplicando rotações ou a partir de técnicas computacionais, onde o usuário pode caminhar ou realizar vôos sobre o modelo. Objetos também podem ter sua forma ou tamanho alterados ou

sofrerem mudanças de cor ou textura. A interatividade nos modelos tridimensionais é mais uma questão computacional que cartográfica.

- Estrutura do modelo: juntamente com a escolha das leis de projeção, o cartógrafo deve decidir o nível de detalhe dos objetos representados, que deve ser inversamente proporcional à velocidade de processamento do computador. O algoritmo implementado afeta significativamente a eficiência dos procedimentos de processamento para exibição na tela ou para a criação da imagem final.
- Definição da posição e orientação da câmera: importantes aspectos gráficos incluem as definições para a posição e geometria da câmera. A posição é determinada pelo plano das coordenadas espaciais (X, Y) e a altura (Z). Se estes valores são dados em coordenadas geográficas ou em um sistema de referência específico, a posição resultante depende do sistema de visualização utilizado pelo software. Essa variável gráfica representa o ponto de vista, fixo ou móvel. Para a especificação da geometria da câmera é necessário fixar o sentido da visão como componente horizontal, o ângulo de visão como componente vertical e, claro, o campo de visão. Para completar os elementos da geometria é preciso saber a posição do objeto a ser observado. Para o movimento da câmera é necessário atribuir variáveis dinâmicas, como velocidade, aceleração e desaceleração do movimento.
- Cor e iluminação: estes aspectos oferecem um grande número de variações, principalmente da representação do cenário. O tipo de iluminação deve ser escolhido com muito cuidado por causa do impacto global sobre todos os objetos integrados. Se um modelo é iluminado com luz direta (semelhante à do Sol), luz ambiente, ou luz artificial (usando luz direcional, spot lights ou luz refletida), os efeitos são completamente diferentes. A posição, o ângulo e a direção dos objetos representados também são influenciados por essa variável.
- Luz e sombras: os aspectos de somreamento dão vida a um mapa tridimensional. A interpretação da paisagem é fortemente influenciada pela interação entre iluminação e sombra. Sem os efeitos combinados de luz e

sombra, e os tons intermediários entre os dois extremos, a cena tridimensional não seria percebida como uma paisagem virtual. Os efeitos de sombreamento podem variar em diferentes graus de intensidade e nitidez.

- Efeitos atmosféricos e ambientais: este último grupo de aspectos gráficos permite a simulação de efeitos atmosféricos e ambientais em visualizações tridimensionais. Efeitos como nuvens e neblina permitem perceber os mapas tridimensionais como uma representação mais natural, ou seja, menos abstrata (TERRIBILINI, 2001).

Haeberling (2005) considera que os mapas tridimensionais incluem elementos adicionais relevantes à sua representação. Os cartógrafos devem cumprir com as tarefas de escolha de uma vista em perspectiva, definição de iluminação e de sombreamento, estruturação do espaço tridimensional e, por fim, dos efeitos atmosféricos. Para todas as variáveis, deve-se escolher a orientação, pois ela permite uma variação limitada de variações favoráveis para cada representação.

Para Petrovic (2003), cada objeto da realidade é um corpo na representação tridimensional. Alguns desses elementos têm uma ou duas dimensões predominantes e isso influencia a decisão do cartógrafo para a representação. Petrovic (2003) sugere que todos os modelos tridimensionais devem ser elaborados baseados no modelo digital de terreno, com a representação feita por simbologia apropriada. Além disso, Petrovic (2003) sugere que sejam usados símbolos pontuais geométricos tridimensionais para a representação de elementos artificiais pontuais como prédios, igrejas, monumentos e outros, como apresentado na Figura 22.a. Segundo o mesmo autor, os elementos naturais devem ser representados por símbolos realísticos, conforme Figura 22.b. Cada símbolo corresponde a uma simplificação geométrica dos elementos a serem representados, com seu tamanho e forma determinados de acordo com o grau de detalhe estabelecidos na representação. Para elementos com uma dimensão fixa na maior parte da sua extensão, tais como estradas, ferrovias, linhas de energia, cursos de água, deve-se representá-los por símbolos lineares tridimensionais, conforme a Figura 22.c. Os símbolos tridimensionais de área são usados para

representar elementos com a dimensão da altura fixa, como apresentado na Figura 22.d.

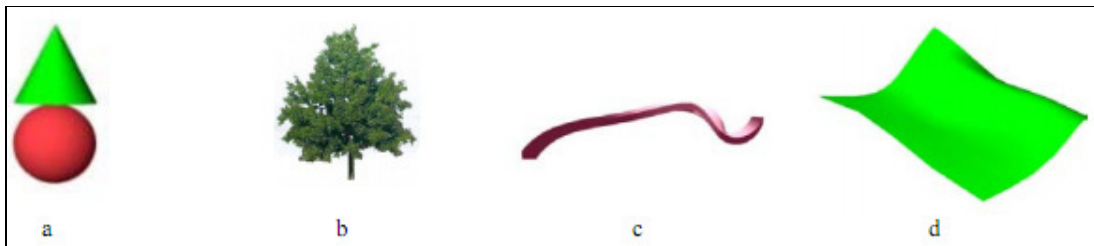


FIGURA 22 – SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS TRIDIMENSIONAIS: A) GEOMÉTRICO; B) PONTUAL REALÍSTICO; C) LINEAR; E D) DE ÁREA  
FONTE: PETROVIC (2003)

Petrovic (2003) considera que o emprego das variáveis de Bertin, nos mapas tridimensionais, é um pouco diferente em relação ao emprego nos mapas bidimensionais. Nas representações tridimensionais os elementos são vistos claramente e em diferentes proporções quando mais próximos ou mais afastados do ponto de vista do usuário. Entretanto, estas variáveis não são suficientes para as representações tridimensionais, pois não consideram o ponto de vista do usuário do mapa. Para Petrovic (2003), cada elemento deve ter uma aparência diferente em função da distância do ponto de vista ao objeto representado, ou seja, deve ser feita uma representação para cada escala de apresentação, considerando as limitações visuais desta, ou os níveis de detalhe, já que a mudança de escala não acontece de forma linear como nos mapas bidimensionais. Na Figura 23 observa-se um exemplo de representação de símbolos cartográficos tridimensionais com níveis de detalhes diferentes. Os níveis de detalhes são baseados no ponto de vista do usuário.



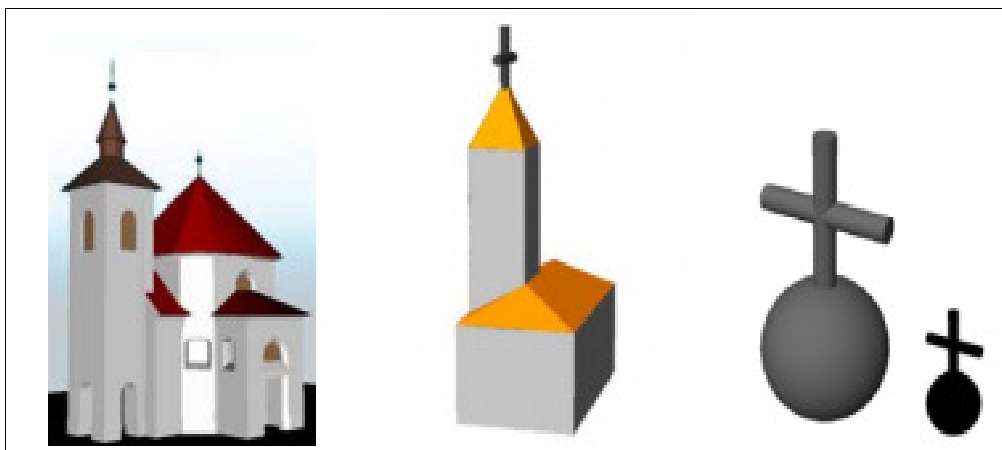


FIGURA 23 – SÍMBOLO CARTOGRÁFICO TRIDIMENSIONAL PARA REPRESENTAÇÃO DE UMA IGREJA EM QUATRO NÍVEIS DE DETALHES DIFERENTES  
 FONTE: PETROVIC (2003)

Para Yongjun (2010), não é necessário representar um objeto de forma altamente realística, pois se entre o símbolo e o objeto real não houver diferenças, o modelo perde seu significado. Portanto, não podemos esperar que todos os detalhes dos objetos possam ser representados no ambiente de visualização. Para o autor, um modelo tridimensional simbólico é um modelo tridimensional abstrato e pode descrever objetos e fenômenos de forma intuitiva e realística. O mesmo autor define “modelo tridimensional simbólico” como um gráfico ou uma imagem de um modelo gráfico, ou seja, como o objeto que descreve a forma, tamanho e posição de uma variedade de entidades geográficas, bem como a distribuição espacial e temporal e as características de fenômenos geográficos em ambientes tridimensionais. Esses modelos apresentam a informação espacial de uma forma mais realística, facilmente percebida pelo usuário.

Para Slocum (2005), o emprego de uma única variável visual não é suficiente para distinguir as diferentes classes dos objetos de uma representação cartográfica tridimensional, pois estas representações sofrem interferências da escala interativa e dos diferentes pontos de vista.

Nas representações das redes de energia elétrica o uso das variáveis visuais permitirá a identificação dos diferentes elementos representados sem apresentar confusão na identificação dos símbolos.

As variáveis gráficas descritas por Haerberling (2002) não serão testadas nessa pesquisa por se tratarem de variáveis gráficas de representações tridimensionais interativas e para composição final do modelo.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os objetivos desta pesquisa compreendem a elaboração de uma proposta de projeto cartográfico tridimensional, a elaboração de uma proposta de simbologia para a representação cartográfica tridimensional de redes de energia elétrica. De forma a atingir tais objetivos, este capítulo apresenta a metodologia desenvolvida para a geração da simbologia cartográfica tridimensional, para a composição do modelo cartográfico tridimensional.

#### 3.1 MATERIAIS

Para as etapas de elaboração da base cartográfica, geração do modelo tridimensional e elaboração da simbologia utilizou-se um computador registrado pelo LABCARTO, da UFPR. O computador possui um sistema operacional Microsoft Windows XP Professional versão 2002, com 1GB de memória RAM e modelo AMD Sempron (TM) 2.200+1.5 GHZ.

Além disso, foi necessário a utilização de software para CAD comercializado pela Autodesk e para SIG comercializados pela ESRI descrito de forma mais detalhada abaixo.

Na etapa de geração da base cartográfica foram utilizados:

- Arquivos *shapefile* contendo os dados da rede elétrica (chaves, postes, iluminação pública, transformadores, rede primária e secundária), fornecidos pela COPEL, com escala de visualização de 1:2.000. Os dados fornecidos são do ano de 2011 com a última atualização realizada na data de fornecimento dos dados para essa pesquisa, em março do mesmo ano, já que a base da COPEL é atualizada sempre que há alguma modificação na rede;
- Arquivo *shapefile* contendo as vias da área de estudo, fornecido pela COPEL do ano de 2011 e com escala de visualização de 1:2.000;

- Nove ortofotos do ano de 2007 com os índices (J11, J12, J13, J14, K11, K12, K13, K14), que cobrem a área de estudo e fornecidas pelo IPPUC;
- Base cartográfica da área de estudo, também fornecida pelo IPPUC com escala de 1:3.000 do ano de 2010.

Na etapa de geração do modelo tridimensional foram utilizados:

- Dados *laser scanner* fornecidos pela Esteio;
- Arquivos *shapefile* contendo curvas de nível em escala de 1:1.000 da área de estudo, fornecidos pelo IPPUC, as curvas de nível são do ano de 1999;
- Software ArcGIS com extensão ArcScene, que será usado para a geração do modelo tridimensional e para composição da biblioteca de símbolos. O ArcScene será utilizado para a visualização do modelo tridimensional com a simbologia proposta.
- Software AutoCad 2010, utilizado para a transformação das curvas de nível em massa de pontos.

Na etapa de elaboração da simbologia serão utilizados:

- Software AutoCAD 2010, para a geração da simbologia por conter um sistema de modelagem tridimensional amplo, que possibilita ao usuário o emprego de inúmeras ferramentas para a modelagem de objetos tridimensionais;
- Software AutoCAD 2006, para transformar os objetos modelados no AutoCad 2010 do formato DWG para o formato 3DS, já que a biblioteca de símbolos do ArcGIS não reconhece o formato DWG;
- Software Google SketchUp versão 8.0, para criação e aplicação da textura e granulação usados nos símbolos para os experimentos com as variáveis visuais. Esse software será usado porque a textura gerada no AutoCAD não é reconhecida pelo ArcGIS, com isso o símbolo gerado no

AutoCAD será exportado no formato 3DS a geração da textura e posteriormente importado para o ArcGIS no formato COLLADA, único formato compatível com os dois softwares.

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 DEFINIÇÃO DA PROPOSTA DE PROJETO CARTOGRÁFICO PARA REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

As etapas do projeto cartográfico avaliadas na revisão bibliográfica constituem resultados de pesquisas acerca da elaboração de mapas bidimensionais e tridimensionais, onde os princípios cartográficos para mapas bidimensionais são adequados, quando possível, à elaboração de mapas 3D. Neste trabalho desenvolveu-se um projeto cartográfico para elaboração de uma representação cartográfica tridimensional de redes de energia elétrica com base nas etapas descritas para representações bidimensionais e tridimensionais.

Para cada um dos projetos cartográficos verificados, descreveu-se de forma completa e detalhada as etapas sugeridas pelos autores para a elaboração de mapas tridimensionais, considerando as mudanças devidas à apresentação de dados tridimensionais.

Assim, para a elaboração do projeto cartográfico tridimensional para redes de distribuição de energia elétrica, consideraram-se como base as etapas descritas por Sluter (2008) e por Haerberling (2008). As alterações a serem consideradas neste processo referem-se às etapas de escolha da simbologia e da escala de representação, como descrito no item 2.3 desta dissertação. As etapas da metodologia realizadas nessa pesquisa podem ser observadas na Figura 24.

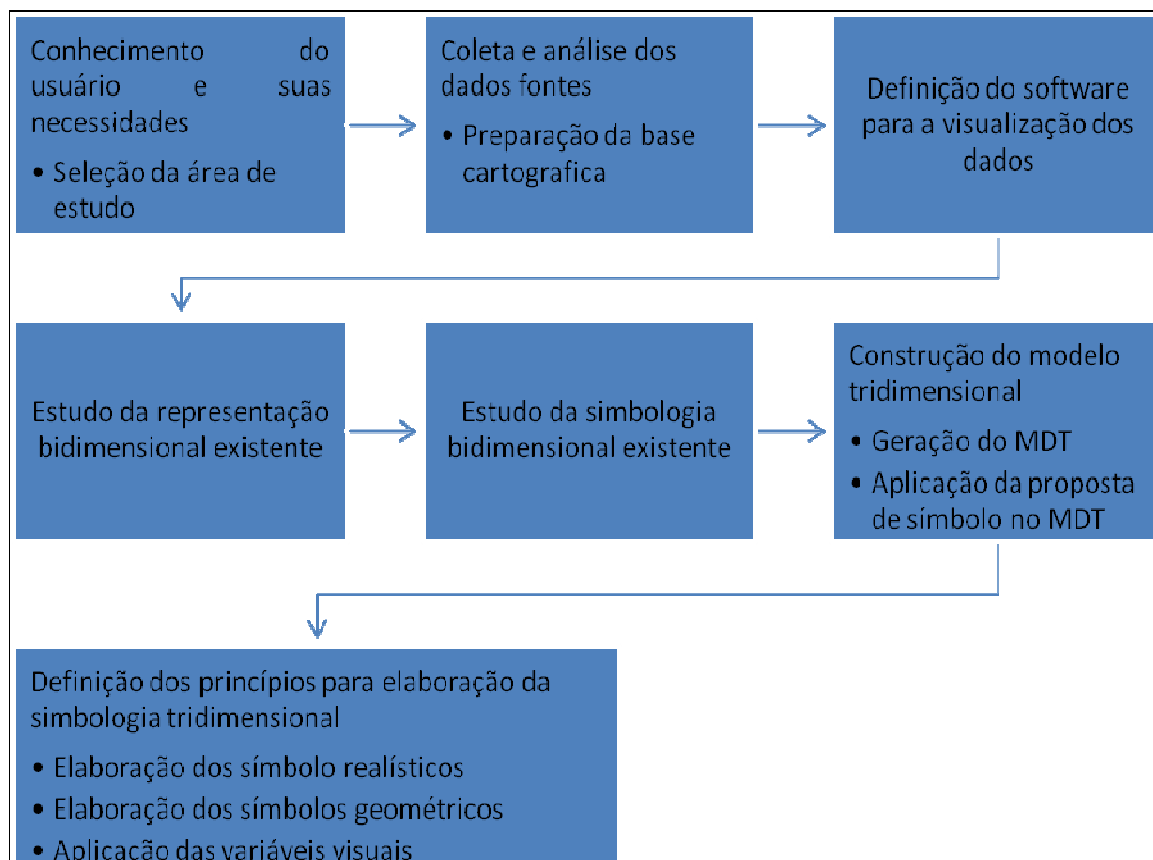


FIGURA 24 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO PROJETO CARTOGRÁFICO PARA DESENVOLVIMENTO DESSA PESQUISA  
 FONTE: A AUTORA, 2011

### 3.2.1.1 CONHECIMENTO DO USUÁRIO E SUAS NECESSIDADES

A primeira tarefa realizada no projeto cartográfico será conhecer o usuário e suas necessidades. Nesta etapa será realizada uma pesquisa sobre a existência de instituições que produzem e fazem uso de dados cartográficos tridimensionais, realizada através de visitas, telefonemas e trocas de e-mail. Inicialmente foram identificadas três companhias produtoras e usuárias de dados tridimensionais: COPEL, Companhia de Paranaense de Gás – COMPAGAS e Companhia de

Saneamento do Paraná – SANEPAR, todas localizadas no estado do Paraná com sede em Curitiba.

Esta pesquisa possibilitou a escolha do usuário para esse trabalho, que foi a COPEL. A escolha da COPEL se deu em virtude dos seus dados tridimensionais estarem sobre a superfície, o que possibilita pesquisas e análises em campo, o que seria complexo e demorado com os dados da COMPAGAS e SANEPAR por apresentarem seus dados subterrâneos. As visitas realizadas na COPEL possibilitaram uma familiarização com a representação do sistema de distribuição de redes de energia elétrica realizada pela companhia e o contexto dos usuários. As informações relacionadas ao sistema de redes de distribuição de energia elétrica foram adquiridas através de entrevistas, em anexo, com os técnicos da própria COPEL e leituras de textos técnicos científicos, monografias, dissertações e teses da área de engenharia elétrica e normas da própria COPEL. A COPEL é responsável pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica além de cuidar do cadastro e manutenção das redes de distribuição.

### 3.2.1.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A geração do modelo tridimensional de redes de energia elétrica teve como primeiro passo o estabelecimento de uma área adequada para realização da pesquisa. Como o processo de comunicação cartográfica nas representações tridimensionais de redes de energia elétrica ainda é pouco entendido, procurou-se estabelecer uma área pequena e com possíveis fenômenos importantes para a avaliação do modelo tridimensional.

A área de estudo está, portanto, localizada na zona urbana da cidade de Curitiba, Estado do Paraná. Esta área tem como limites esquerdo e direito as longitudes  $49^{\circ}14'30,36''W$  e  $49^{\circ}12'55,18''W$ , e limites inferior e superior as latitudes  $25^{\circ}28'19,42''S$  e  $25^{\circ}26'37,81''S$ , abrangendo assim, o Bairro Jardim das Américas. A Figura 25 ilustra a localização da área de estudo no Brasil e no Estado do Paraná enquanto a Figura 26 ilustra a área de estudo no Município de Curitiba.

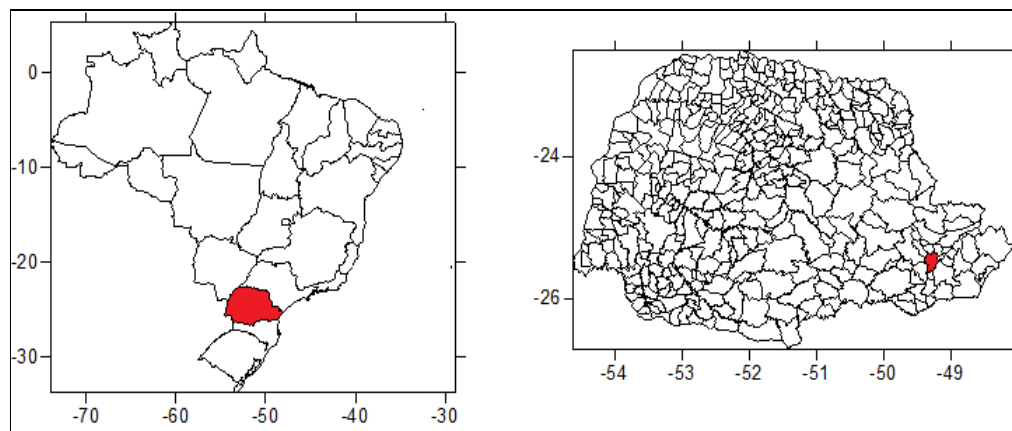


FIGURA 25 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO A NÍVEL NACIONAL E ESTADUAL  
 FONTE: A AUTORA, 2011

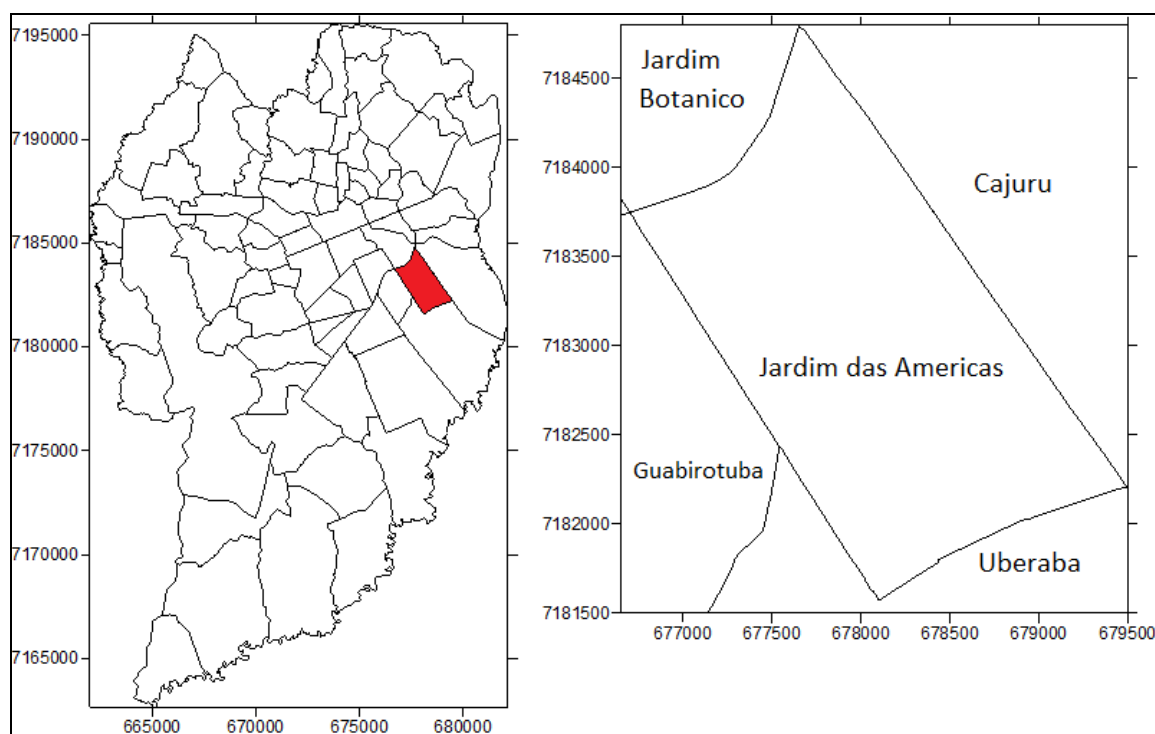


FIGURA 26 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO A NÍVEL MUNICIPAL EM ESCALA DE VISUALIZAÇÃO APROXIMADA DE 1:280.000 E 1:28.000  
 FONTE: A AUTORA, 2011

O bairro Jardim das Américas foi escolhido como área teste deste trabalho por ser uma área relativamente pequena e por se mostrar adequada para esta pesquisa.



Essa área apresenta informações significativas dos elementos de estudo dessa pesquisa (os postes e cabos da rede de energia elétrica), além da acessibilidade para pesquisa em campo para coleta de informações, por estar próxima da área de execução da pesquisa, uma vez que abrange o Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

### 3.2.1.3 ELABORAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

Para a elaboração da base cartográfica foi disponibilizada uma base cartográfica da área de estudo na escala 1:3.000, proveniente de restituição fotogramétrica de fotografias aéreas fornecidas pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC, na escala 1:12.000. As ortofotos foram fornecidas em formato TIF, na escala 1:3.000, tendo como sistema de referência o Datum horizontal SAD-69 Curitiba. Para a composição da base os dados da rede de distribuição de energia elétrica foram necessários. Esses dados foram fornecidos pela Companhia Paranaense de Energia – COPEL, em formato SHP (*shapefile*), no sistema de referência SAD-69 e na escala 1:2.000.

As feições fornecidas pela COPEL foram:

- Chaves;
- Iluminação pública;
- Postes;
- Quadras;
- Rede primária e secundária e;
- Transformadores.

Os dados referentes aos postes foram fornecidos pela COPEL em uma única tabela. Os elementos da tabela foram classificados por tipo de poste, de forma manual, no ArcGIS.

A localização geográfica dos elementos da rede na área de estudo pode ser observada nas Figuras 27 e 28.

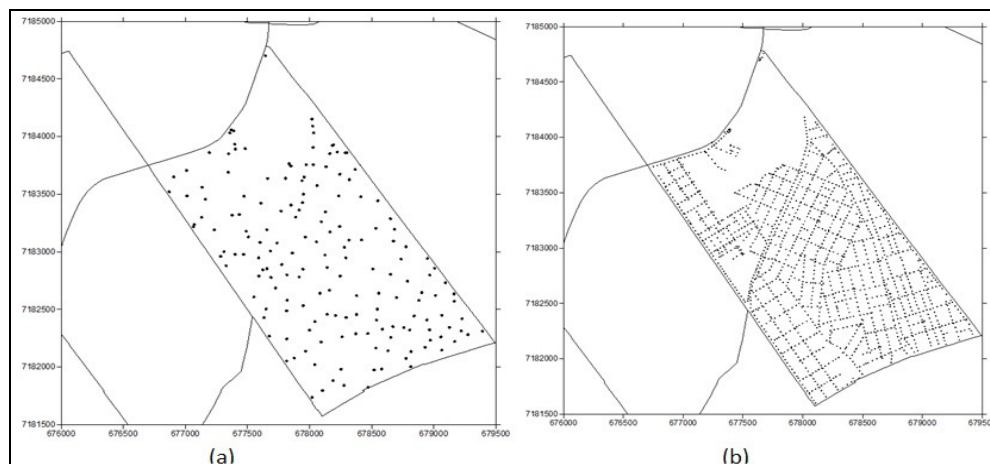


FIGURA 27 – LOCALIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DA REDE NA ÁREA DE ESTUDO: (A) TRANSFORMADORES E (B) POSTES E ILUMINAÇÃO PÚBLICA EM ESCALA DE VISUALIZAÇÃO APROXIMADA DE 1:28.000  
 FONTE: A AUTORA, 2011

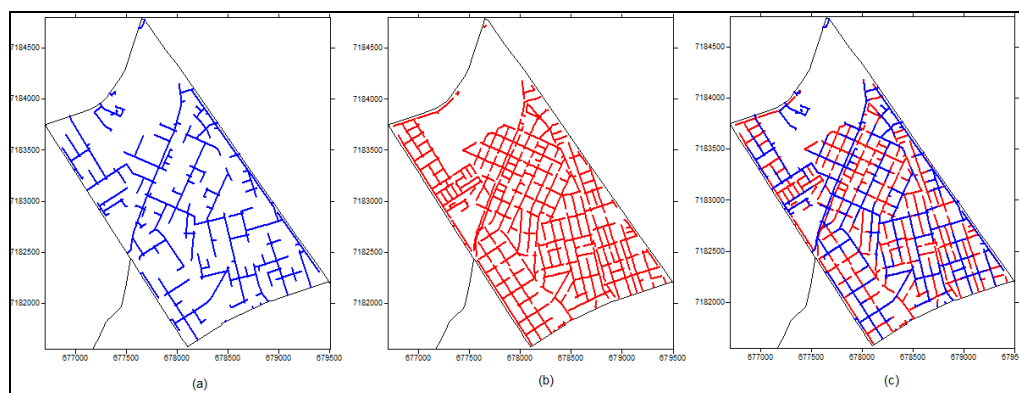


FIGURA 28 – LOCALIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DA REDE NA ÁREA DE ESTUDO: (A) REDE PRIMÁRIA, (B) REDE SECUNDÁRIA E (C) REDE PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA EM ESCALA DE VISUALIZAÇÃO APROXIMADA DE 1:28.000  
 FONTE: A AUTORA, 2011

Os arquivos dos dados das redes primárias e secundárias foram editados por conterem linhas sobrepostas e duplicação de informação. Essa edição foi realizada no ArcGIS, também de forma manual.

Para a obtenção do produto cartográfico final foi necessária a composição de um mosaico com as oito ortofotos (folhas J11, J12, J13, J14, K11, K12, K13, K14) fornecidas pelo IPPUC. Este foi gerado utilizando o software ArcGIS. Para essa pesquisa o mosaico foi usado como apoio de visualização dos dados da rede. Optou-

se por trabalhar com o sistema de referência SAD-69 e, para tanto, foi necessário uma transformação de referenciais das imagens fornecidas em SAD-69 Curitiba para SAD-69. A transformação foi realizada no software ArcGIS, a partir dos parâmetros de transformação apresentados na Tabela 2, usando o método de Molodensky.

TABELA 2 – PARÂMETROS USADOS PARA TRANSFORMAÇÃO DAS IMAGENS

<b>PARÂMETROS</b>		
Translações	$\Delta X$	-1,187 m
	$\Delta Y$	+1,185 m
	$\Delta Z$	-4,502 m

FONTE: IPPUC, 2011

#### 3.2.1.4 DEFINIÇÃO DO SOFTWARE PARA A VISUALIZAÇÃO DOS DADOS TRIDIMENSIONAIS

A geração do modelo tridimensional foi realizada no software ArcGIS 9.3 enquanto a visualização do cenário tridimensional foi realizada no software ArcScene 9.3, que é um software presente na extensão 3D Analyst do ArcGis e permite visualizar dados geográficos em três dimensões. O usuário pode sobrepor seus dados em várias camadas permitindo que cada camada da informação possa ser tratada de forma diferente. O ArcScene também fornece acesso a ferramentas de funções de análises. O software mostra-se adequado para a geração de cenários em perspectiva.

O software ArcScene 9.3 mostra-se indicado para gerar e visualizar o MDT e os símbolos tridimensionais usados nessa pesquisa, tendo em vista que abrange as necessidades de inserção de símbolos tridimensionais na sua biblioteca de símbolos, uma característica essencial para o presente trabalho.

### 3.2.1.5 DESCRIÇÃO DA REPRESENTAÇÃO BIDIMENSIONAL DO SISTEMA DE REDES DE ENERGIA ELÉTRICA REALIZADA PELA COPEL

A análise da representação do sistema de redes de energia elétrica será realizada a partir de visitas à COPEL e entrevistas aos usuários do sistema. Para tanto será consultado o SIG utilizado pela Concessionária para representar seu sistema de redes de distribuição de energia elétrica. A COPEL faz a representação do seu sistema através do Webgeo.

Webgeo é um sistema usado para acessar os dados correspondentes à cartografia, cadastro da rede elétrica, projetos elétricos e imagens na internet. O sistema foi desenvolvido em linguagem Java e JSP e sua criação foi baseada no ArcGIS Server da ESRI. Nesse sistema são usadas tecnologias diversas tais como: índices espaciais, cachê de dados, etc. O banco de dados usado é o Oracle e possui funções espaciais obtidas com o ArcSDE, aplicativo da família ArcGIS que serve como porta de entrada para o mundo dos SGBDR – Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados Relacionais, permitindo o armazenamento e gerenciamento de informações geográficas diretamente desses sistemas.

A representação bidimensional das redes de energia elétrica gerada pela concessionária é utilizada para que os técnicos possam ser capazes de realizar consultas rápidas para: a localização de clientes por nome, por número da unidade consumidora, por número do medidor; localizar endereços em todo o estado do Paraná; equipamentos encontrados na rede como transformadores, chaves elétricas, banco de capacitores, rede primária e secundária, postes, etc. Tal representação é também utilizada para que os técnicos realizem operações como descobrir a qual transformador e subestação um determinado cliente está conectado, operações de controle de implantação de novas redes de distribuição sobre a cidade e implantação de novos equipamentos. Essas informações são importantes para a manutenção da rede e identificação de possíveis problemas de funcionamento em equipamentos que compõem a rede de transmissão de energia elétrica.

### 3.2.1.6 DESCRIÇÃO DOS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS USADOS PELA COPEL

A simbolização dos elementos contidos na rede de distribuição de energia elétrica é realizada pela COPEL com base na classificação em classes e subclasses das feições cartográficas de interesse. A partir de consultas à norma técnica da COPEL de nº 841005 referente ao desenho de redes de distribuição, pode-se identificar quinze classes diferentes de elementos: postes, condutores, transformadores, chaves, pára-raios, reguladores, banco de capacitores, comando de iluminação com relé fotoelétrico, luminárias, caixa de derivação, estais, ligações à terra, ligações em cruzamento aéreo, ancoragem e estais com postes.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, a classe estudada foi a de postes. Analisando a norma técnica detectaram-se várias subclasses de postes. Essas subclasses foram elaboradas em função do tipo de material, da forma, da altura e da voltagem. Assim, a classe poste compreende três subclasses em relação ao tipo de material, que são:

- Poste de concreto armado;
- Poste de aço e;
- Poste de madeira.

Em relação à forma, as subclasses de postes são:

- Seção duplo T;
- Seção circular;
- Seção quadrada e;
- De trilho.

De acordo com a norma técnica analisada os postes representados na seção duplo T ainda podem se subdividir em 24 tipos, classificados por voltagem e altura. Os postes de seção circular estão subdivididos em 15 tipos, também classificados por

voltagem e altura. Os postes de seção quadrada estão classificados em três tipos em função apenas da altura.

### 3.2.1.7 ELABORAÇÃO DO MODELO TRIDIMENSIONAL

O modelo digital do terreno foi gerado no software ArcGIS 9.3 a partir de dados laser scanner e curvas de nível com equidistância de 5 em 5 metros. Os dados laser foram fornecidos pela empresa ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A., que realizou, em 2010, um levantamento na Avenida das Torres, região próxima à área de estudo, abrangendo assim parte da área a ser representada. Os dados laser fornecidos encontram-se no formato XYZ e com sistema de referência SAD-69. As curvas de nível são do ano de 1999 e foram fornecidas pelo IPPUC no formato SHP no sistema de referência SAD-69. Como os dados laser cobriam apenas parte da área de estudo, foi necessário o uso de curvas de nível para complementar as informações altimétricas da região.

### 3.2.1.8 DEFINIÇÃO DOS PRINCÍPIOS PARA ELABORAÇÃO DA SIMBOLOGIA TRIDIMENSIONAL

Nesta fase é importante considerar os princípios de elaboração da simbologia descritos por Haebbling (1999), que afirma que para elaboração de símbolos tridimensionais, além de respeitar os conhecimentos do usuário e tipo de uso desses mapas, deve-se considerar também a aparência gráfica do mapa, os parâmetros de vista da cena e a interatividade do modelo, no nível de detalhe do símbolo e no zoom.

A elaboração da simbologia deverá considerar a sugestão dos usuários sobre o uso de símbolos tridimensionais realísticos, o que seria mais atraente por se tratar de um modelo tridimensional. Por outro lado alguns usuários sugeriram a produção tridimensional dos símbolos da norma técnica, já que os técnicos estão familiarizados com a simbologia. A elaboração da simbologia resultou também em pesquisas realizadas em campo e estudos da norma técnica.

Antes da elaboração dos símbolos e do modelo tridimensional foi necessário o

estudo das variáveis visuais para os símbolos tridimensionais. A seguir é discutido de forma detalhada o estudo das variáveis visuais e a elaboração dos símbolos tridimensionais.

#### 3.2.1.8.1 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DE SIMBOLOGIA

A elaboração da proposta de símbolos para a representação cartográfica tridimensional do sistema de redes de energia elétrica foi realizada seguindo os princípios do projeto cartográfico para representações tridimensionais.

Nos sistemas de redes de distribuição de energia elétrica há um grande volume de informações que são organizadas de acordo com o item 3.2.3.4 desta dissertação. Os postes são divididos por tipo de material em: concreto armado, aço e madeira. A subclasse concreto armado se subdivide em seção duplo T, seção circular e seção quadrada totalizando 41 tipos de variações. A classe de postes de aço se subdivide em seção circular, trilho e ornamental, totalizando 3 tipos de variações. A classe de postes de madeira se subdivide em seção quadrada e seção circular, totalizando cinco tipos de variações.

A proposta deste trabalho é a elaboração de símbolos tridimensionais para a classe poste, porém sugere-se também uma proposta de símbolos para a representação dos cabos da rede elétrica para complementar a visualização deste sistema tridimensionalmente.

A elaboração da proposta dos símbolos tridimensionais para representar a classe postes será dividida em duas etapas: a elaboração de símbolos realísticos simplificados e a elaboração de símbolos geométricos.

##### 3.2.1.8.1.1 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DE SÍMBOLOS REALÍSTICOS SIMPLIFICADOS

A proposta de representação da classe postes terá como primeira fase a elaboração de símbolos realísticos simplificados. Como se trata de um modelo

tridimensional os usuários esperam que a representação dos objetos sejam feita de forma realística assim, podendo percebê-los da mesma forma como percebem o mundo real.

Para a elaboração destes símbolos foi necessário pesquisar, em campo, a forma dos postes (registradas por meio de fotografias) a fim de extrair os modelos finais para estes símbolos.

Os símbolos realísticos serão gerados no software AutoCAD 2010 utilizando a função 3D. Os símbolos serão exportados no formato DWG para o AutoCAD 2006 para então serem transformados para o formato 3DS e posterior exportação para o software SketchUp para adição da textura. Com a textura adicionada e transformada no formato COLLADA foi feita a importação para a biblioteca de símbolos do ArcGIS.

#### 3.2.1.8.1.2 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DE SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS

A segunda fase da elaboração dos símbolos compreenderá a criação de símbolos geométricos tridimensionais. Esses símbolos foram gerados a partir de pesquisas realizadas na norma técnica com os modelos dos símbolos usados pela COPEL.

Os símbolos geométricos foram elaborados no AutoCAD 2010, exportados no formato DWG para o AutoCAD 2006 e, em seguida transformados para o formato 3DS e exportados para a biblioteca de símbolos do ArcGIS. Os símbolos geométricos elaborados nessa fase serão os constantes da referida norma técnica, apenas em formato tridimensional.

A Figura 29 apresenta os símbolos bidimensionais da norma técnica.



Postes de Concreto Armado		
Seção Duplo T	Seção Circular	Seção Quadrada
 Tipo – D/150 daN / 9,0 m	 Tipo – C / 70 daN / 9,0 m	 Tipo – 9,0 m
 Tipo – D/150 daN / 10,5 m	 Tipo – C14/150 daN / 9,0 m	 Tipo – 10,0 m
 Tipo – D/200 daN / 10,5 m	 Tipo – C/200 daN / 9,0 m	 Tipo Especial (constar especificação)
 Tipo – D/200 daN / 11,0 m	 Tipo – C17/ 300 daN / 9,0 m	

FIGURA 29 – SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS USADOS PELA COPEL  
 FONTE: COPEL, 2003

### 3.2.1.8.2 DESCRIÇÃO DA ELABORAÇÃO DA APLICAÇÃO DAS VARIÁVEIS VISUAIS PARA A REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL

Para essa pesquisa a escolha das variáveis visuais será realizada a partir da análise realizada nos símbolos bidimensionais usados pela COPEL e de estudos realizados na lista de variáveis de Bertin (1983). As variáveis visuais: forma, orientação e textura usadas nos símbolos bidimensionais serão testadas inicialmente para avaliar a sua usabilidade nos modelos tridimensionais. As variáveis visuais: cor, tamanho e granulação presentes na lista de Bertin (1983) serão testadas para que se possa fazer um comparativo de quais variáveis gráficas proporcionam ao usuário a percepção das variações gráficas presentes na representação. As variáveis gráficas descritas por Haerberling (2002) não serão testadas nessa pesquisa por se tratarem de variáveis gráficas de representações tridimensionais interativas e para composição final do modelo.

Todos os símbolos serão criados no software AutoCAD 2006 e essa escolha se deu pelo fato do ArcGIS não permitir a modelagem dos símbolos presentes na sua biblioteca. Os símbolos serão criados no formato DWG e exportados para o ArcGIS no formato 3DS, formato compatível com o software. Para o teste dos símbolos com

textura e granulação será utilizado o software Google Sketchup, versão 8.0. O SketchUp possui dois formatos reconhecidos pelo ArcGIS, o SketchUp e o COLLADA. Os símbolos serão então gerados no AutoCAD, exportados em 3DS para o SketchUp e importados para o ArcGIS no formato COLLADA. Quando o símbolo é exportado neste formato é gerada automaticamente uma pasta para a textura e com isso o ArcGIS passa a reconhecer o símbolo com a sua textura. Em seguida, os símbolos serão inseridos no MDE para que as avaliações possam ser conduzidas.

## 4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 TESTES DE PERCEPÇÃO VISUAL

Percepção é a função cerebral que atribui significado a estímulos sensoriais, a partir da memória de experiências passadas (ALVES et al, 2002). É a partir da percepção que o indivíduo é capaz de organizar e interpretar as suas impressões sensoriais e atribuir significados ao seu meio (ALVES et al, 2002). Para os usuários de mapas a percepção é responsável pelo processo de interpretação dos mapas.

Os testes de percepção visual vêm sendo amplamente usados nas pesquisas em cartografia para avaliar como os usuários adquirem e organizam os conhecimentos advindos da interpretação que fazem nos mapas.

No caso dessa pesquisa, não foram realizados testes de percepção visual com usuários optando-se apenas na realização de experimentos com o grupo de cartógrafos responsável pela pesquisa, que consiste em duas professoras do curso de pós-graduação em Ciências Geodésicas da UFPR e uma aluna pós-graduação em Ciências Geodésicas da UFPR.

Os experimentos realizados consistiram em avaliar os elementos de um mapa discutidos nessa pesquisa. Os experimentos foram realizados a partir da observação da simbologia aplicada a um MDT da área em estudo.

### 4.2 DESCRIÇÃO DAS NECESSIDADES DO USUÁRIO

A partir da identificação do usuário e de pesquisas realizadas para entender quais as suas principais necessidades pode-se verificar que as necessidades da COPEL para uma representação bidimensional ou tridimensional consistem em necessidades de visualização da rede e seus elementos e as necessidades técnicas. As necessidades técnicas são:

- A visualização dos elementos que compõem a rede, de maneira que possam ser realizadas análises sobre o estado da mesma;

- O controle rigoroso na rede e em seus componentes para atender as exigências da ANEEL;
- Controle da real extensão da rede;
- A identificação de transformadores que estão habilitados a usuários;
- Identificação de transformadores sem uso, chaves e seu status (aberta ou fechada);
- Identificação e controle de áreas que são cobertas pela rede de distribuição;
- A identificação de construções irregulares próximas às redes;
- Identificação de áreas em que as redes não atendem aos padrões de altura exigidos pela ANEEL colocando dessa forma em risco os usuários localizados próximos a essas áreas.

Entretanto, as necessidades de visualização da rede e seus elementos consistem na principal necessidade e também preocupação da COPEL, isso porque a concessionária almeja com essa visualização a identificação de áreas de riscos com construções irregulares, redes ligadas a consumidores de forma ilegal e não segura, redes fora dos padrões de altura mínima necessária para a segurança do consumidor, além das necessidades de manutenção da rede.

Para atender as principais necessidades da COPEL o uso de uma representação tridimensional tornará possível a identificação rápida de áreas em que as redes estão fora dos padrões de altura e localização de construções irregulares próximas a rede por apresentar o verdadeiro perfil do terreno, a localização geográfica da rede e sua verdadeira altura. Com esse modelo os técnicos da COPEL poderão visualizar essas informações de forma mais rápida e precisa.

#### 4.3 DESCRIÇÃO DA REPRESENTAÇÃO BIDIMENSIONAL UTILIZADA PELA COPEL

A partir de observações e discussões sobre a atual representação do sistema de distribuição de energia elétrica usada pela COPEL foi possível detectar alguns problemas do ponto de vista da representação cartográfica.

Tais problemas referem-se às redes de distribuição de energia elétrica, que são trifásicas, mas têm a sua representação feita de forma unifilar (Figura 30). Esse tipo de representação só ocorre de forma teórica, pois para representar uma rede trifásica em mapas bidimensionais, sem torná-la confusa e sem a sobreposição de todos os seus elementos, é necessário adotar um processo de representação diferenciado. Assim, para que os técnicos possam visualizar e identificar os elementos da rede, a COPEL representa um dos cabos com a sua localização geográfica verdadeira. O segundo cabo, para ser visualizado, é representado com um deslocamento de mais ou menos um metro da sua verdadeira localização, ou seja, o cabo não pode ser visualizado sob condições reais, enquanto o terceiro cabo simplesmente não é representado, resultando num elemento fantasma para a representação (Figura 31). O problema se agrava quando à rede são incorporadas as quadras, pois os cabos têm que ser deslocados para que não se sobreponham às mesmas. A sobreposição de informação torna difícil a leitura e interpretação dos elementos mapeados.

A visualização dos símbolos da rede na tela do computador só ocorre a partir da escala 1:8.000, sendo que nesta escala apenas os transformadores podem ser visualizados. A Figura 30 apresenta a visualização da rede na escala 1:32.000 e 1:8.000 respectivamente, observando-se que a visualização dos elementos ocorre de forma confusa devido à sobreposição e à falsa localização geográfica dos mesmos. A Figura 31 apresenta a rede nas escalas 1:5.000 e 1:2.000 respectivamente e, a partir dessas escalas a simbologia passa a ser visualizada com mais facilidade. A Figura 32 apresenta a rede nas escalas 1:1.000 e 1:500, nas quais observa-se com maior clareza a simbologia empregada.



FIGURA 30 – REPRESENTAÇÃO BIDIMENSIONAL USADA PELA COPEL NAS ESCALAS 1:32.000 E 1:8.000  
 FONTE: A AUTORA, 2011.



FIGURA 31 – REPRESENTAÇÃO BIDIMENSIONAL USADA PELA COPEL NAS ESCALAS 1:5.000 E 1:2.000  
 FONTE: A AUTORA, 2011

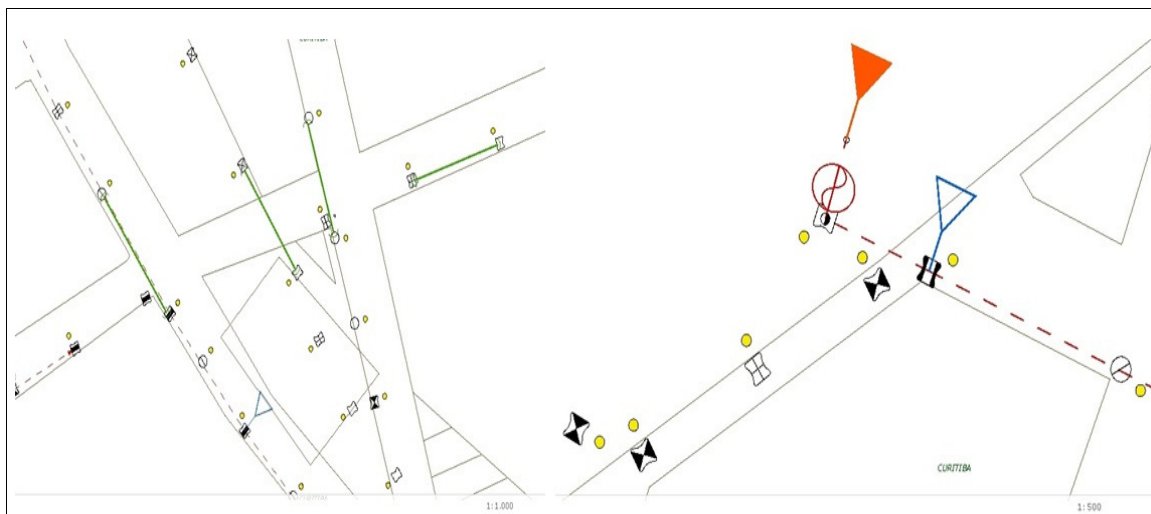


FIGURA 32 – REPRESENTAÇÃO BIDIMENSIONAL USADA PELA COPEL NAS ESCALAS 1:1.000 E 1:500

FONTE: A AUTORA, 2011

#### 4.4 DESCRIÇÃO DA SIMBOLOGIA USADA PELA COPEL

A partir da análise da norma técnica utilizada pela COPEL verificou-se que os símbolos usados são geométricos. Esses símbolos apresentam uma forma regular, não possuem significado direto, mas são símbolos fáceis de desenhar. Por terem formas simples, não ocupam muito espaço nas representações e, com isso, diminuem a possibilidade de oclusão de outros detalhes presentes nos mapas (BOS, 1984). Um problema encontrado no uso de símbolos geométricos é que nenhum significado explícito está associado a este tipo de representação. Para que os símbolos possam ser reconhecidos deve-se sempre recorrer à legenda. Por outro lado, a utilização de uma simbologia que é de conhecimento prévio do usuário e de seu uso diário, facilita a interpretação da simbologia 3D proposta por parte destes.

Os símbolos bidimensionais podem ser diferenciados uns dos outros a partir do uso das seguintes variáveis visuais: forma, orientação e textura. A forma é usada para diferenciar os postes por tipo de material, inclusive das suas subclasses (seção duploT, circular, quadrada e de trilho). A orientação e a textura são usadas de forma combinada para diferenciar as subdivisões em alturas e voltagens.

As diferentes classes de postes, subclasses e respectivas divisões, além dos símbolos e das variáveis visuais usadas pela COPEL podem ser observadas nas Figuras 33 e 34.








CATEGORIA	CLASSES	SUBCLASSES	SÍMBOLO	VARIÁVEIS VISUAIS
<b>Postes</b>	Por tipo de material	Concreto armado		Forma
		Aço		
		Madeira		
	Por tipo de forma	Duplo T		
		Circular		
		Quadrado		
		Trilho		

FIGURA 33 – SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS USADOS PELA COPEL NAS CLASSES E SUBCLASSES  
 FONTE: A AUTORA, 2011



CATEGORIA	SUBCLASSES	SUBDIVISÕES	SÍMBOLO	VARIÁVEIS VISUAIS
Postes	Concreto armado			Forma Orientação Textura
	Aço	Voltagem e altura		
	Madeira			
	Duplo T			Forma Orientação Textura
	Circular	Voltagem e altura		
	Quadrado			
	Trilho			

FIGURA 34 – SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS USADOS PELA COPEL NAS SUBDIVISÕES EM ALTURAS E VOLTAGENS  
 FONTE: A AUTORA, 2011

#### 4.5 CONSTRUÇÃO DO MODELO TRIDIMENSIONAL

O modelo tridimensional usado para teste nessa pesquisa foi gerado no ArcGis 9.3, visto que esse software abrange as necessidades de tridimensionalidade exigidos. Cabe ressaltar que Marques et al (2009) também apresentaram resultados relevantes no uso do ArcGis para gerar modelos para serem usados como uma representação cartográfica tridimensional.

Os dados usados como base para a elaboração do modelo digital de elevação – MDE consistiram de curvas de nível e dados laser scanner. A partir das curvas de nível realizou-se uma transformação das curvas de nível em uma nuvem de pontos cotados, que foram compatibilizados com os dados laser scanner para a geração do modelo tridimensional. Este foi gerado utilizando a estrutura TIN. Estudos realizados por outros autores comprovam que o uso do TIN para as representações tridimensionais são adequados por permitirem a visualização dos detalhes do terreno e apresentam uma aparência visual agradável aos usuários. A visualização do modelo

tridimensional foi realizada no ArcScene. O MDE foi gerado com uma resolução de pixel de 10m e tendo como sistema de referência o SAD 69, Fuso 22S e projeção cartográfica UTM. Após a geração do modelo tridimensional do terreno, os símbolos foram adicionados ao modelo. A Figura 35 apresenta um extrato do MDE gerado.

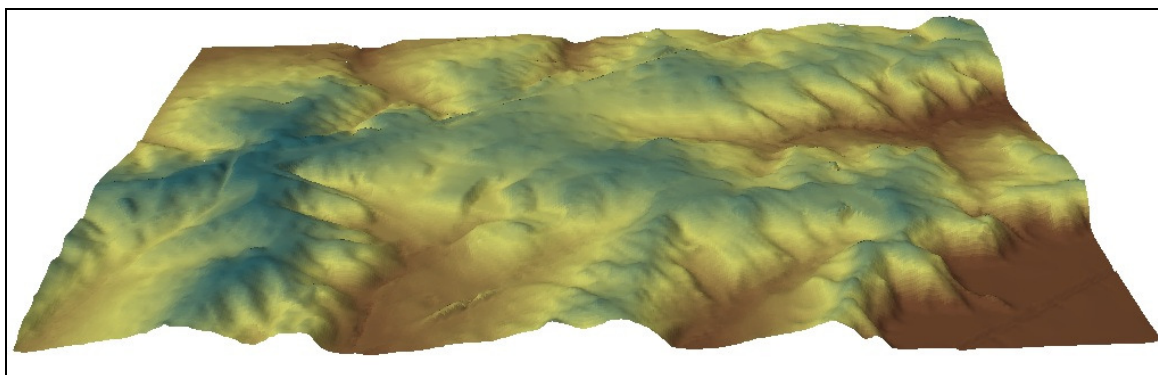


FIGURA 35 – EXTRATO MODELO DIGITAL DE ELEVÇÃO  
FONTE: A AUTORA, 2011

#### 4.6 PROJETO DOS SIMBOLOS TRIDIMENSIONAIS

Neste item é apresentado o projeto da proposta da simbologia para a representação dos postes do sistema de transmissão de redes de energia elétrica e, como mostrado no item 3.2.3.5.1 desta dissertação, esse processo foi dividido em duas etapas, sendo a primeira para os símbolos realísticos simplificados e a segunda para os símbolos geométricos.

Os símbolos foram criados no software AutoCAD 2006 com as dimensões reais encontradas no campo e foram elaborados em três alturas distintas: 9m, 10m, 12m; mesmo que a espessura dos postes varie de acordo com a sua altura optou-se em manter a espessura fixa de 30 cm para as três variações de altura. Esses símbolos, quando exportados para biblioteca de símbolos do ArcGIS, têm suas dimensões reais mantidas, enquanto na fase de visualização do modelo essas dimensões variam de acordo com a escala de visualização dos dados.

#### 4.6.1 SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS REALÍSTICOS SIMPLIFICADOS

Nessa etapa foi realizada uma pesquisa em campo, registrado por fotografias (Anexo xx), para extrair os modelos reais dos postes. Como resultado foram detectadas três subclasses diferentes: forma, materiais e voltagem. A subclasse forma se subdivide em três: circular, quadrado e duplo T. A subclasse materiais também se subdivide em três: aço, concreto e madeira; e a subclasse voltagem que, no mundo real, é evidenciada pela diferença de altura e espessura dos postes. Quanto maior a voltagem, maior a altura e espessura do poste.

Ao fim dessa etapa foram gerados dois tipos de postes: circular e duplo T, já que o quadrado não foi encontrado na área de estudo e o tipo trilho não existe mais na área urbana da cidade de Curitiba. A variação por tipo de material foi realizada usando texturas diferentes para diferenciar cada tipo de material e a variação por voltagem se deu com a variação da altura apenas, uma vez que espessura do poste se manteve fixa nessa pesquisa.

A elaboração desses símbolos de forma realística foi realizada porque os usuários de modelos tridimensionais esperam que a simbologia utilizada seja semelhante aos objetos do mundo real. A Figura 36 mostra a comparação entre a feição real e o símbolo realístico proposto nesta pesquisa.

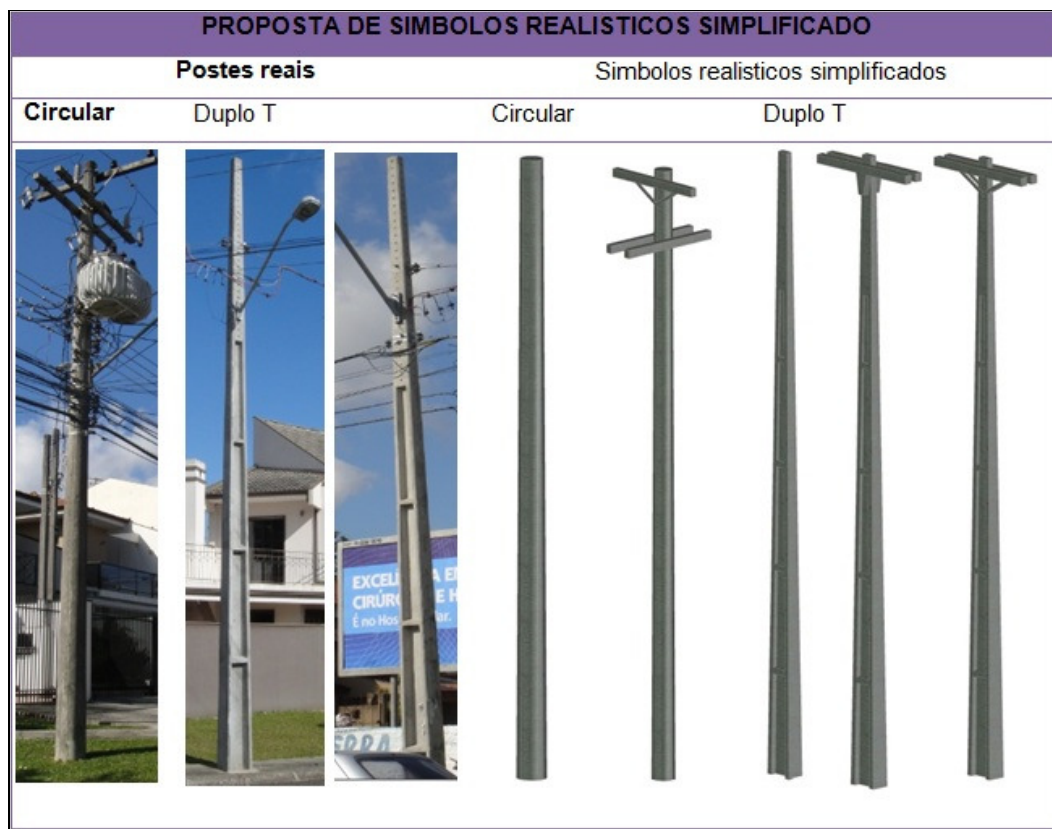


FIGURA 36 – COMPARATIVO ENTRE A FEIÇÃO REAL E OS SÍMBOLOS PROPOSTOS  
 FONTE: A AUTORA, 2011

#### 4.6.2 SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GEOMÉTRICOS

Nessa etapa foi realizada uma análise na norma técnica usada pela COPEL para extrair os modelos de símbolos em uso. Com base neste documento foram propostos quatro tipos de símbolos com variações em forma: circulares, quadrados, trilho, duplo T.

Os símbolos, além de variarem em forma também sofrem variação em textura e orientação. O símbolo usado para representar o poste duplo T, apesar de manter a mesma forma, apresenta 24 variações em voltagem e altura diferentes, representadas por diferentes texturas que variam em orientação. Para o símbolo circular, que representa o poste circular, ocorre o mesmo, uma variação de 21 tipos de símbolos circulares diferenciados pela textura e orientação para representar as diferentes voltagens. O símbolo quadrado usado para representar o poste quadrado sofre uma

variação de 3 tipos diferentes de altura. O símbolo usado para representar o poste tipo trilho não sofre variação. A variação por tipo de material foi realizada usando texturas diferentes para cada tipo de material. Os símbolos geométricos tridimensionais foram gerados de forma que seguissem o mesmo padrão dos símbolos bidimensionais. O símbolo bidimensional foi totalmente reproduzido no topo do símbolo tridimensional.

A elaboração dos símbolos geométricos foi realizada porque os usuários dessa pesquisa já estão habituados a trabalhar com esses símbolos, o que facilita sua identificação no modelo tridimensional. A Figura 37 mostra a comparação dos símbolos geométricos bidimensionais com os símbolos geométricos tridimensionais.

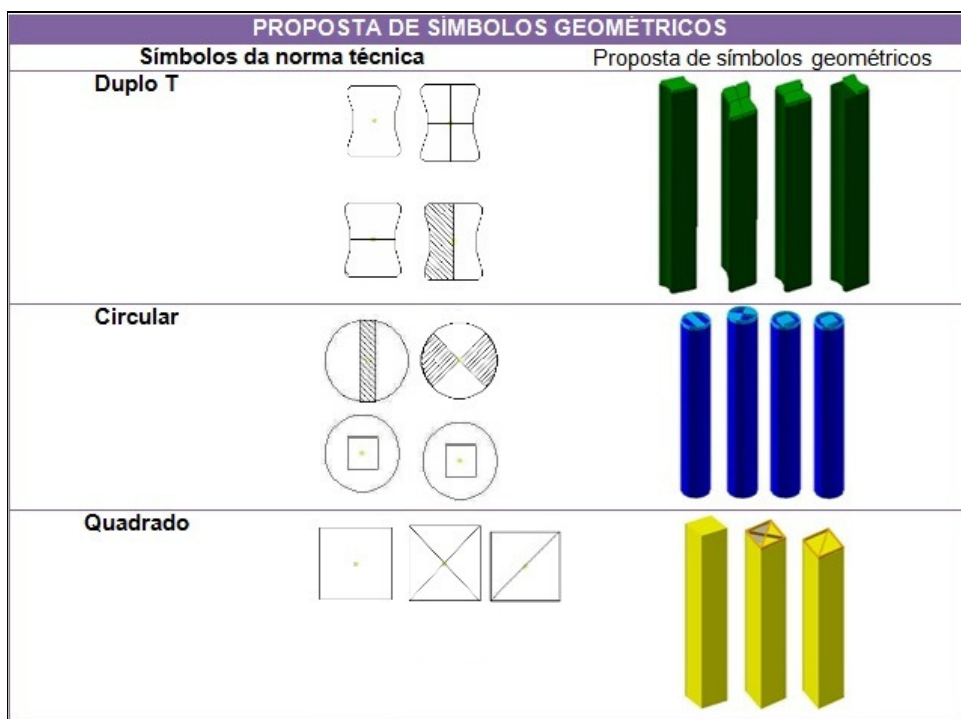


FIGURA 37 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS TRIDIMENSIONAIS  
 FONTE: A AUTORA, 2011

As redes elétricas são compostas por quatro cabos, que são: três fases A, B, e C e um neutro. Para a representação desses cabos nos modelos tridimensionais será adotado um símbolo linear, preservando a característica da feição original, tendo como variação gráfica tom de cor. Isso porque segundo Keates (1973) a variação em cor é o aspecto mais abrangente da variação de um símbolo, principalmente porque existe

uma grande variedade de diferenças visuais provocadas pela cor e os símbolos lineares são dependentes da variação em tom de cor. A Figura 38 mostra a proposta de símbolos para a representação dos cabos da rede de distribuição de energia elétrica.








PROPOSTA DE SÍMBOLOS PARA A REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL					
Classe	Subclasse	Subdivisões	Símbolo 2D	Símbolo 3D	Variável visual
Cabos	Rede primária	Fase A			VALOR
		Fase B	Não representado		
		Fase C	Não representado		
		Neutro	Não representado		
	Rede secundária				

FIGURA 38 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS PARA A FEIÇÃO CABOS  
 FONTE: A AUTORA, 2011

#### 4.6.3 ESCOLHA DAS VARIÁVEIS VISUAIS

As propriedades perceptivas visuais dos símbolos pontuais, lineares e de área devem ser estabelecidas de forma que representem as características dos fenômenos geográficos. As variações gráficas das primitivas gráficas são realizadas pelas variáveis visuais (ROBBI, 2000).

O uso das variáveis visuais nas representações tridimensionais deve ser estabelecido a partir da regra básica de legibilidade, que é o objetivo principal do projeto de símbolos e, segundo Keates (1973), de acordo com essa regra todos os símbolos devem ser identificados sem esforço mental. O uso das variáveis visuais tem que permitir que o usuário faça a identificação, discriminação e o reconhecimento dos símbolos nos modelos tridimensionais.

Para Keates (1973) a identificação do símbolo ocorre quando o usuário percebe que dois símbolos são idênticos ou apenas semelhantes, mas com algumas

diferenças. O autor acredita que a discriminação de um símbolo ocorre quando o usuário percebe símbolos iguais na cena e ao mesmo tempo percebe outros símbolos diferentes na mesma cena. O autor define o reconhecimento como sendo a capacidade do usuário classificar o símbolo ou associar um significado a ele.

Para esta pesquisa a escolha das variáveis visuais foi realizada em dois momentos: o primeiro foi um estudo sobre as variáveis visuais usadas nos símbolos bidimensionais para verificar a aplicabilidade dessas variáveis visuais nos modelos tridimensionais, já que nos modelos bidimensionais essas variáveis possibilitam o usuário identificar, discriminar e reconhecer os símbolos representados. As variáveis visuais utilizadas nos símbolos bidimensionais são: forma, orientação e textura. O segundo momento da escolha das variáveis visuais foi um estudo sobre a lista de variáveis visuais de Bertin (1983) para as representações bidimensionais e a lista de variáveis visuais apresentadas por Slocum (2005) para que se possa verificar a usabilidade de outras variáveis visuais nos modelos tridimensionais, uma vez que em tais modelos os resultados sobre o uso das variáveis visuais ainda estão em desenvolvimento, e não se conhecem quais variáveis visuais permitem que o usuário identifique, discrimine e reconheça o símbolo. As variáveis visuais que serão propostas nessa pesquisa são: cor, tamanho e granulação selecionadas da lista de variáveis de Bertin (1983).

A primeira variável visual estudada foi a forma, que segundo Bos (1984) e Bertin (1984), tem como característica a facilidade de desenho, embora as variações sejam quase ilimitadas e os símbolos possam ser projetados utilizando aspectos diferentes das representações bidimensionais. A variável visual forma, por não ser seletiva e sim associativa, deve ser usada com cuidado. A percepção associativa é útil quando se pretende equalizar uma variação e agrupar correspondências com todas as categorias desta variação combinadas (BERTIN, 1983). Além disso, por ser uma variável associativa, as pequenas variações de forma não são percebidas, pois têm o mesmo peso ou visibilidade (BERTIN, 1983).

Para esta pesquisa a variável visual forma foi usada nos símbolos realísticos simplificados para diferenciá-los seguindo os modelos reais vistos em campo e, nos símbolos geométricos, para separá-los em duas classes distintas: por tipo de material

e por tipo de forma, assim como descrito na norma técnica usada pela COPEL. A Figura 39 mostra a relação entre o símbolo bidimensional com o símbolo tridimensional proposto.

VARIÁVEL VISUAL FORMA								
CATEGORIA	CLASSES	SUBCLASSES	SIMBOLOS 2D			SIMBOLOS 3D		
Poste	Por tipo de material	Concreto armado	Duplo T	Circular	Quadrado	Duplo T	Circular	Quadrado
		Aço	Circular			Circular		
		Madeira	Quadrado	Circular	Quadrado	Circular		

FIGURA 39 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM A VARIÁVEL VISUAL FORMA  
 FONTE: A AUTORA, 2011

Os experimentos realizados mostraram que esta variável visual aplicada aos símbolos tridimensionais permite que o usuário detecte os elementos representados, mas não proporciona uma identificação ou discriminação dos diferentes elementos representados e conduz à falta de informações quando, o ponto de vista do usuário está distante da cena. Este problema também é encontrado nas representações bidimensionais, onde dependendo da escala do mapa e do número de informações representadas o usuário não será capaz de diferenciar as diferentes formas representadas, uma vez que estas podem se assemelhar, como por exemplo, um círculo, uma estrela de cinco pontas e uma estrela de seis pontas, de acordo com a escala, passarão a ser visualizadas apenas como ponto pelo usuário. Este fato é



justificado por Bertin (1986) quando afirma que a forma não tem seletividade. Este problema também está presente nas representações bidimensionais. Quando o ponto de vista está distante, as diferentes formas propostas à classe de postes apresentam-se apenas como pontos no modelo, não podendo ser diferenciadas. Um fator que pode influenciar na não discriminação das diferentes formas em pontos de vista distantes são as dimensões das feições representadas. Assim, em função da dimensão real de um poste, a identificação só será possível em escalas maiores, ou seja, com um ponto de vista mais próximo, uma vez que se trata de um modelo tridimensional. A partir da aproximação do ponto de vista é possível verificar as variações de forma propostas. Para representar elementos da rede de distribuição de energia elétrica essa variável visual pode ser usada para visualização em escalas grandes, permitindo assim a detecção e discriminação dos elementos da rede.

Assim, a escolha das variações de forma deve ser cuidadosa, pois nos modelos tridimensionais, de acordo com o ângulo de visão e com a distância ao observador, pode haver confusão na identificação e interpretação destas variações. Por exemplo, símbolos com formas geométricas de triângulo e losango podem ser confundidos pelo usuário em função do ponto de vista e do ângulo de visão adotados.

Conclui-se, portanto, que nos modelos tridimensionais, a variável visual forma não deve ser utilizada sozinha, e sim combinada a outras variáveis que permitam ao usuário identificar os diferentes elementos contidos na representação. Bertin (1986) considera que o uso da forma pode acarretar em alguns problemas, tais como: criar diferentes formas e produzir com rigor determinada informação; e quando usada de forma indevida, pode ser fonte de vários erros de avaliação da simbologia e se for usada para representar um grande volume de informações, como é o caso dos sistemas de redes de distribuição de energia elétrica, pode acarretar dificuldades na representação e sua interpretação.

A variação de forma, no entanto, apresenta como vantagens a revelação, ao usuário, dos elementos similares e não similares representados, bem como, facilita a identificação de quais elementos estão envolvidos na representação (BERTIN, 1983). Apresenta também como vantagem, segundo Keates (1973), a aplicabilidade em

todas as variações em aparência e estrutura. A Figura 40 apresenta a variável visual forma sobre o MDT em uma escala de visualização aproximada de 1:300.

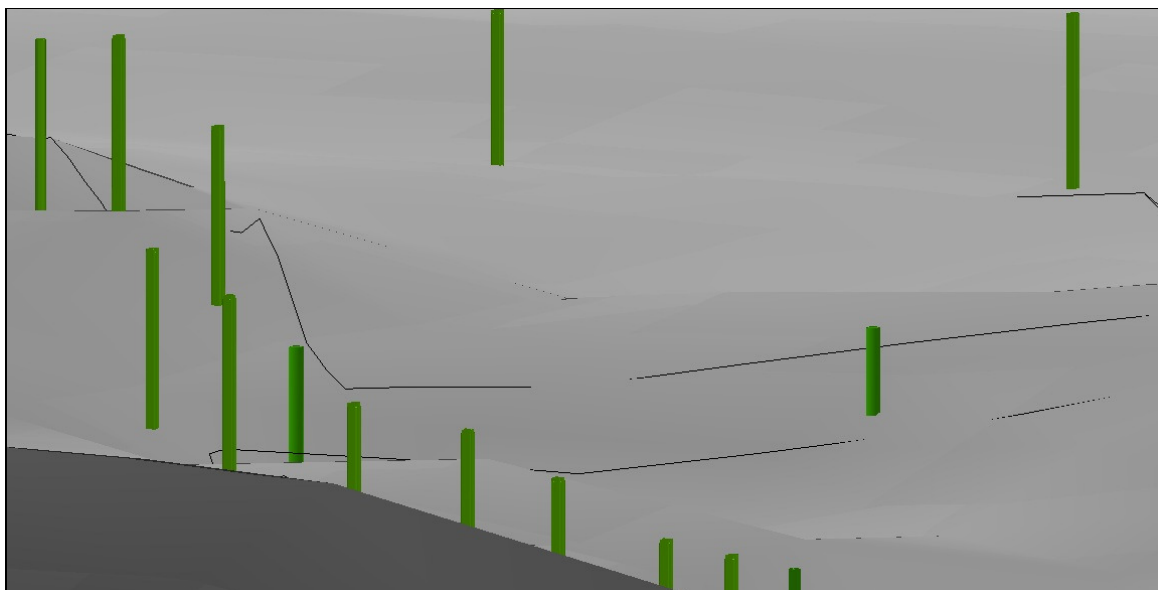


FIGURA 40 – VARIÁVEL VISUAL FORMA SOBRE O MDT EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300  
 FONTE: A AUTORA, (2011)

A segunda variável visual estudada foi a orientação, que nas representações bidimensionais oferece uma seletividade freqüentemente comparável à da cor e à da textura (BERTIN, 1986). Bertin (1986) acredita que a orientação apresenta boa seletividade na representação de símbolos pontuais e que o mesmo não ocorre com símbolos de área. O uso dessa variável visual é bastante limitado na prática, com variação máxima sugerida de quatro a seis direções distintas para símbolos pontuais, dependendo da forma aplicada aos mesmos. No caso do uso de símbolos circulares, por exemplo, variações de orientação não são possíveis, explica Bos (1984).

Tal variável visual foi usada de forma que cada variação em orientação represente um tipo de poste. Para esse experimento utilizou-se para representar cada classe e subclasse da feição postes o mesmo símbolo, tendo sua variação feita pela orientação do símbolo. A variação do símbolo foi realizada em intervalos de 15 em 15 graus, (15, 30, 45, 60, 75), para que a posição do símbolo não se repita. Essa variação segue a sugestão de Bos (1984) citado acima.

Para Keates (1973) alguns símbolos pontuais podem ser definidos pela sua orientação, porque mesmo que dois símbolos tenham a mesma forma geométrica podem ser distintos se orientados de formas diferentes. A Figura 41 mostra a relação entre o símbolo bidimensional com a variação de orientação proposta para cada símbolo tridimensional.

		VARIÁVEL VISUAL ORIENTAÇÃO						
CATEGORIA	CLASSES	SUBCLASSES	SÍMBOLOS 2D			SÍMBOLOS 3D		
Poste	Por tipo de material	Concreto armado	Duplo T	Circular	Quadrado	Duplo T 15°	Circular 30°	Quadrado 45°
		Aço		Circular			Circular 60°	
		Madeira	Quadrado	Circular		Quadrado 75°	Circular 90°	

FIGURA 41 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM A VARIÁVEL VISUAL ORIENTAÇÃO  
FONTE: A AUTORA, 2011

O experimento realizado permitiu verificar que a aplicação da variável visual orientação resultou na não identificação dos diferentes tipos de símbolos propostos. Isso ocorreu porque nas representações tridimensionais a variação de orientação é ainda mais restrita. Essa variável, quando usada individualmente, pode causar confusão na identificação dos símbolos pelos usuários, mesmo os mais familiarizados com esse tipo de representação. Assim, para os modelos tridimensionais o uso dessa variável não é adequado, mesmo com a variação do ponto de vista e do ângulo de visão do observador.

Esta variável visual nas representações tridimensionais não permite que o usuário possa distinguir o símbolo, mas pode ser útil quando combinada à variável visual textura na escolha da direção das linhas e padrões que a compõe.

No entanto, para representações pontuais, a orientação, assim como a textura e a cor, são as únicas combinações possíveis que podem auxiliar na diferenciação de símbolos de igual visibilidade (BERTIN, 1983). A Figura 42 representa a variável visual orientação sobre o MDT em uma escala de visualização aproximada de 1:300.

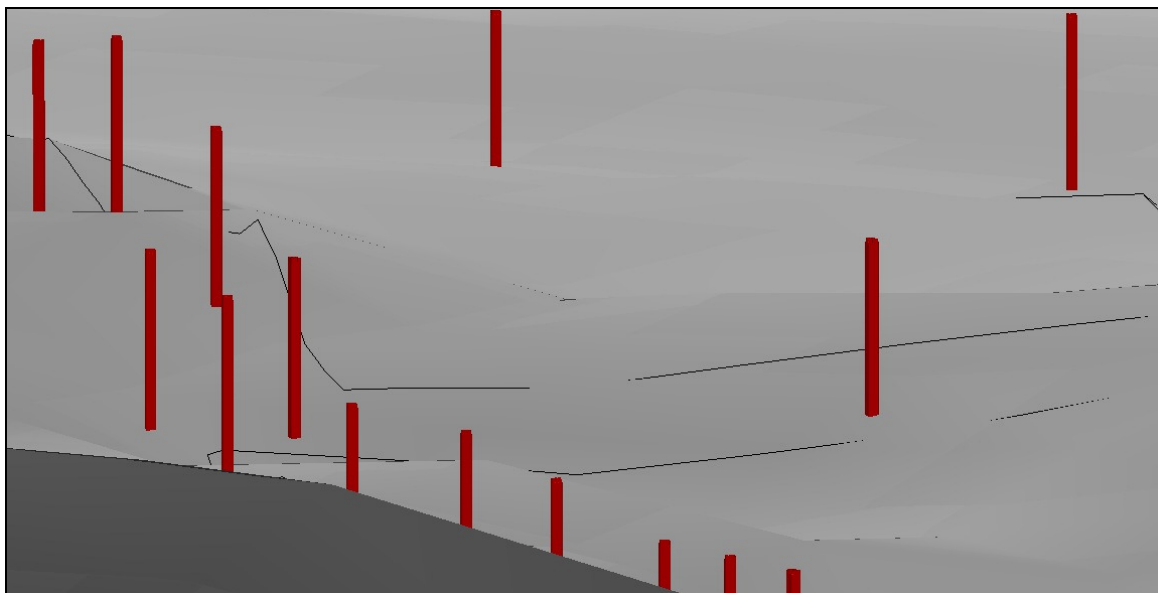


FIGURA 42 – VARIÁVEL VISUAL ORIENTAÇÃO SOBRE O MDT EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300

FONTE: A AUTORA, 2011

A terceira variável visual estudada foi a textura, definida como a variação de densidade de elementos gráficos por unidade de área. As melhores variações de texturas podem ser obtidas a partir de imagens ou com a redução de um padrão composto de elementos regulares repetidos (BOS, 1984). A aplicação da textura em símbolos pontuais é bastante complexa (BOS, 1984), pois estes símbolos são geralmente pequenos em tamanho, o que limita a aplicação da textura.

Essa variável visual foi usada para dividir a classe poste em subclasses por tipo de material (aço, concreto e madeira) de forma que cada tipo de poste possa ser distinguido por um tipo de textura. As texturas usadas foram escolhidas de forma que

os símbolos mantivessem as características dos materiais de fabricação de cada poste e as mesmas foram extraídas da biblioteca de texturas do software Sketchup versão 8.0. A Figura 43 mostra a relação entre o símbolo bidimensional com a variação de textura sem variação de cor proposta para cada um destes símbolos.

VARIÁVEL VISUAL TEXTURA								
CATEGORIA	CLASSES	SUBCLASSES	SÍMBOLOS 2D			SÍMBOLOS 3D		
Poste	Por tipo de material	Concreto armado	Duplo T	Circular	Quadrado	Duplo T	Circular	Quadrado
		Aço	Circular			Circular		
		Madeira	Quadrado	Circular	Quadrado	Circular	Quadrado	Circular

FIGURA 43 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM A VARIÁVEL VISUAL TEXTURA  
 FONTE: A AUTORA, 2011

A textura sem a variação de cor, quando aplicada aos símbolos tridimensionais, permitiu a identificação dos objetos apenas para pontos de vista próximos à cena, a partir de escala de 1:5.000. Quando o ponto de vista do usuário está mais distante, essa variável visual se confunde com o valor. Os resultados deste experimento vão ao encontro da afirmação de Bos (1984), pois a variação de textura é limitada nos símbolos pontuais. Como nas redes de distribuição de energia elétrica os elementos a serem representados na sua grande maioria são pontuais, o uso dessa variável é adequado, mas deve ser feito com cuidado, já que não permitirá a identificação dos

elementos da rede em pontos de vista distantes. Os resultados deste experimento podem ter sido comprometidos por uma perda de resolução da textura, já que as mesmas foram criadas no SketchUp e exportadas para o ArcGIS. A Figura 44 apresenta a aplicação da variável visual textura em uma escala de visualização aproximada de 1:300.

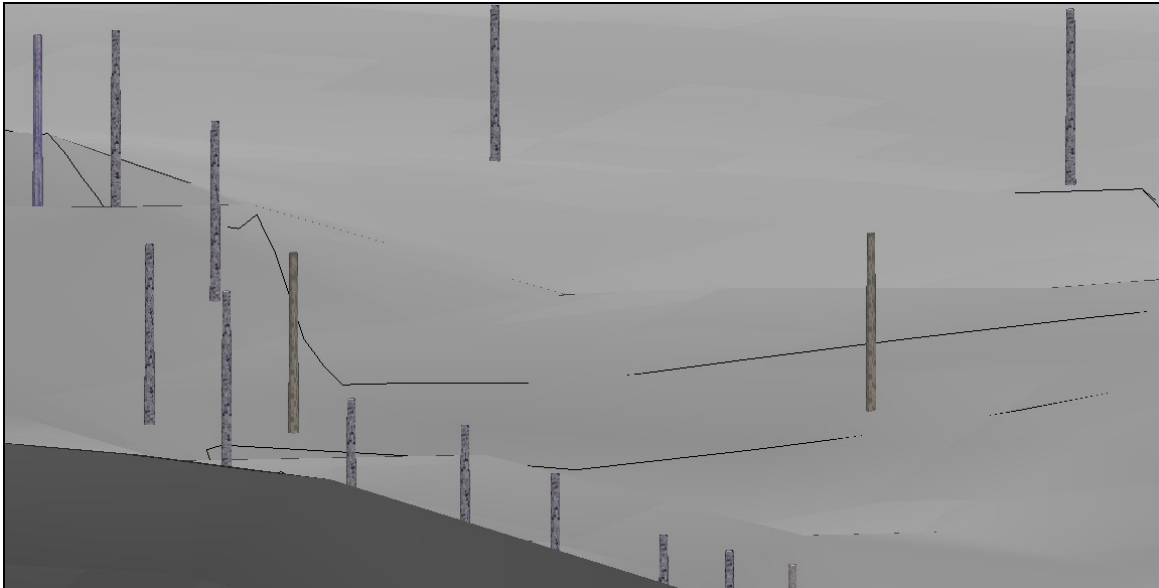


FIGURA 44 – VARIÁVEL VISUAL TEXTURA SOBRE O MDT EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300  
FONTE: A AUTORA, 2011.

A quarta variável visual estudada foi a cor, a mais usada para distinguir nominalmente os símbolos, pela sua característica seletiva e não ordenada (não apresenta variações de valor). A cor tem um caráter muito complexo e pode ser descrita a partir de três características: valor, matiz e saturação (BOS, 1984). O matiz significa o comprimento de onda de uma determinada cor, ou seja, refere-se ao nome dado às cores. O valor corresponde à quantidade de luz refletida por uma cor e, para uma cor específica, os valores de maior ou menor reflexão da luz encontram-se ordenados em uma escala de cinzas. A saturação, por sua vez, corresponde à pureza ou intensidade de uma cor, não envolvendo a mistura de outras cores (BOS, 1984). Bertin (1986) afirma que a cor não pode garantir a seletividade absoluta dos símbolos, uma vez que a seletividade só é máxima para as cores saturadas.

Para a presente pesquisa tal variável visual foi usada de forma que cada variação em cor representasse um tipo de poste. A Figura 45 mostra a relação entre o

símbolo bidimensional com a variação de cor proposta para cada símbolo tridimensional. A escolha de usar cores saturadas se deu porque, segundo Bertin (1986) as cores puras oferecerem uma melhor seletividade e que as cores puras não têm o mesmo valor e quanto mais nos distanciamos dessas cores, mais os tons tendem para um cinza. O autor também considera que o azul, verde e vermelho são cores fundamentais e o amarelo é uma cor primária. Bertin (1983) acredita que nas cores claras a melhor seletividade está no verde, amarelo e laranja. Keates (1973) define as cores verde, amarelo e laranja como cores quentes, que provocam um maior estímulo e maior percepção visual. Já nas cores escuras o autor acredita que a melhor seletividade é obtida no vermelho e azul. Nessa pesquisa foi realizada a escolha das cores no sistema RGB, com utilização das cores primárias verde, vermelho e azul, e das cores quentes amarelo e laranja, de forma que se possa avaliar quais cores causam maior grau de percepção dos símbolos representados.

VARIÁVEL VISUAL COR								
CATEGORIA	CLASSES	SUBCLASSES	SIMBOLOS 2D			SIMBOLOS 3D		
Poste	Por tipo de material	Concreto armado	Duplo T	Circular	Quadrado	Duplo T	Circular	Quadrado
		Aço	Circular			Circular		
		Madeira	Quadrado	Circular	Quadrado	Circular	Quadrado	Circular

FIGURA 45 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM A VARIÁVEL VISUAL COR  
 FONTE: A AUTORA, 2011

A aplicação da variável visual cor nos modelos tridimensionais permitiu a identificação e discriminação dos elementos representados, ou seja, permitiu uma melhor percepção visual das diferentes classes representadas. O olho humano é capaz de identificar diferentes tipos de cores, mesmo de pontos de vista distantes e ângulos de visão diversos, o que torna possível o uso dessa variável nos modelos tridimensionais, já que o ângulo de visão e o ponto de vista do usuário não são fixos como nos modelos bidimensionais.

Na representação dos sistemas de redes de energia elétrica essa variável visual torna possível a identificação dos diferentes tipos de postes em diversos pontos de vistas e ângulos de visão. A cor também é apropriada para representar um grande volume de informações, uma vez que há uma grande variedade de cores, segundo Bertin (1986). Essa variável visual é a mais forte, facilmente perceptível e intensamente seletiva (JOLY, 2001). Keates (1973) considera que a cor se aplica a todos os tipos de símbolos e está presente em todos os projetos, tanto nos cromáticos como nos monocromáticos. Mesmo um mapa em preto e branco faz uso da cor, embora que de forma mais simples que nos mapas coloridos. A Figura 46 apresenta o uso dessa variável visual sobre o MDT em uma escala de visualização aproximada de 1:300.



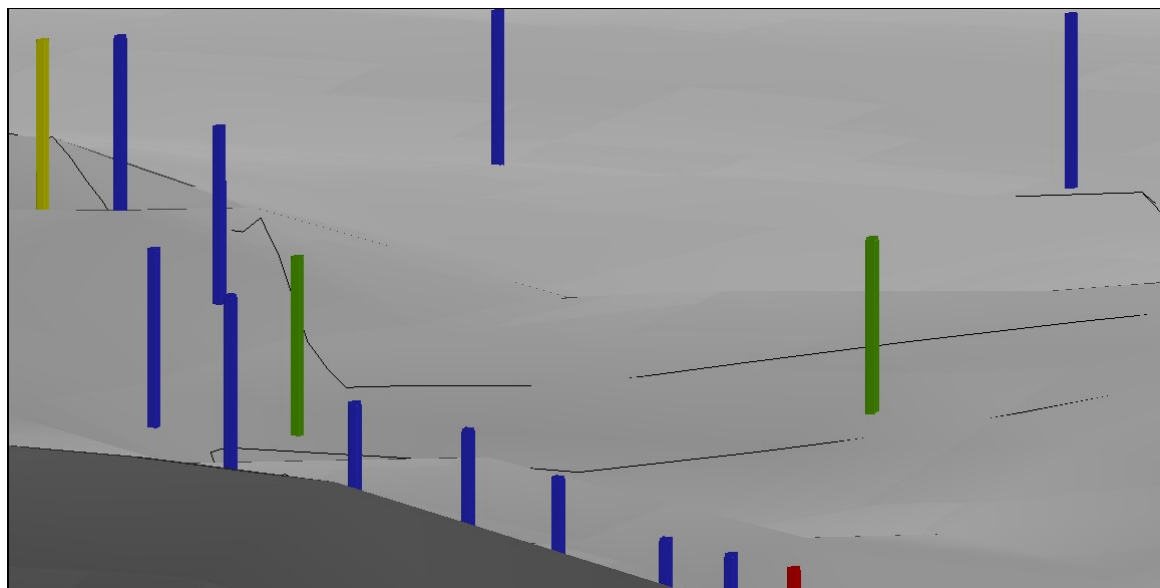


FIGURA 46 – VARIÁVEL VISUAL COR SOBRE O MDT EM ESCALA DE VISUALIZAÇÃO APROXIMADA DE 1:300  
FONTE: A AUTORA, 2011

A quinta variável visual estudada foi o tamanho, que se refere às dimensões (largura, comprimento, altura) aplicadas aos símbolos. O tamanho é uma variável, quantitativa, ordenada, altamente seletiva, porém dissociativa, além de bastante limitada em função de que o olho humano não percebe mais que quatro ou cinco tamanhos distintos aplicados a um mesmo símbolo (BERTIN, 1983).

Para a presente pesquisa tal variável visual foi usada de forma que cada variação em tamanho representasse um tipo de poste. A variação do símbolo foi realizada em intervalos de cinco em cinco metros, iniciando em 10 metros e com tamanho máximo de 35 metros (10, 15, 20, 25, 30, 35). Essa variação de cinco metros foi escolhida porque nas representações tridimensionais o símbolo deve ser exagerado para ser percebido. A Figura 47 mostra a relação entre o símbolo bidimensional com a variação de tamanho proposto para cada símbolo tridimensional.

VARIÁVEL VISUAL TAMANHO								
CATEGORIA	CLASSES	SUBCLASSES	SIMBOLOS 2D			SIMBOLOS 3D		
Poste	Por tipo de material	Concreto armado	Duplo T	Circular	Quadrado	Duplo T 10m	Circular 15m	Quadrado 20m
		Aço		Circular			Circular 25m	
		Madeira	Quadrado	Circular		Quadrado 30m	Circular 35m	

FIGURA 47 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM A VARIÁVEL VISUAL TAMANHO  
 FONTE: A AUTORA, 2011.

Nas redes de distribuição de energia elétrica essa variável pode ser usada para expressar as variações em altura da classe poste porque, segundo Joly (2001), o tamanho pode ser usado de forma proporcional ao do objeto que está sendo representado. Mesmo o tamanho assegurando uma ordem espontânea correspondente à da feição representada o emprego de tal variável visual nas representações tridimensionais não permite a identificação das diferentes classes de elementos. Os experimentos realizados nessa pesquisa mostraram que a aplicação dessa variável visual na representação das redes de energia elétrica não é adequada, mesmo a feição real tendo como principal característica a altura e tendo sua variação associada à voltagem.

Essa variável, quando usada nos modelos tridimensionais, deve apresentar uma escala maior de variação dos tamanhos da que seria normalmente aplicada aos modelos bidimensionais, isso porque nos modelos tridimensionais o usuário pode não perceber nitidamente a variação de tamanho, ou o usuário pode confundir o tamanho

dos símbolos em altura com a variação das altitudes do MDT, ou ainda, em função dos diferentes planos de visão compreendidos por este tipo de representação. Outro problema que pode ocorrer com o uso dessa variável nos modelos tridimensionais é a oclusão de elementos, porém, com a mudança do ponto de vista e do ângulo de visão isto pode ser facilmente solucionado. A Figura 48 mostra o emprego da variável visual tamanho sobre o MDT em uma escala de visualização aproximada de 1:300.

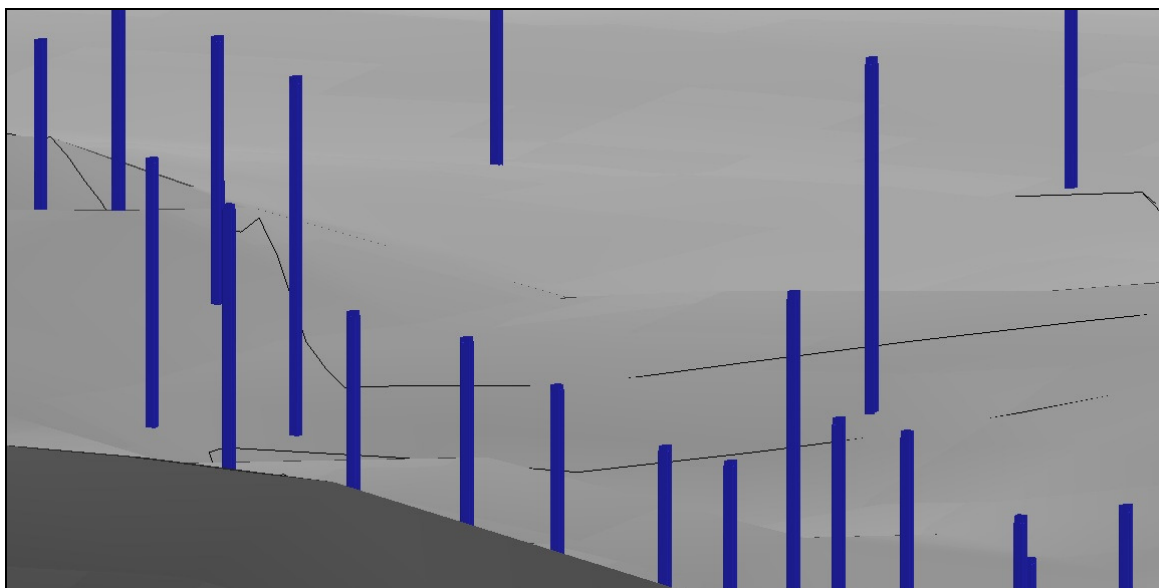


FIGURA 48 – VARIÁVEL VISUAL TAMANHO SOBRE O MDT EM ESCALA DE VISUALIZAÇÃO APROXIMADA DE 1:300  
FONTE: A AUTORA, 2011

A sexta variável visual estudada foi a disposição (SLOCUM, 2001), também denominada de granulação (BERTIN, 1986) ou valor (BOS, 1984). Esta variável refere-se à variação provocada pela adição de branco ou preto à cor pura (saturada), o que atribui à variável uma propriedade ordenada, propriedade esta que a cor pura não possui. A variação de valor pode ser obtida através de diferentes matizes ou tons de cinza. A variação de valor pode ainda ser observada através de uma escala contínua de tons variando do preto para o branco (BOS, 1984). Na cartografia, os efeitos similares de variação de tom podem ser obtidos através da aplicação de telas de linhas ou de pontos, constituídas por elementos que se repetem regularmente (BOS, 1984).

Para a presente pesquisa tal variável visual foi usada de forma que cada variação em valor representasse um tipo de poste. A Figura 49 apresenta a relação entre o símbolo bidimensional com a variação de valor (escala de variação do preto para o branco) proposta para cada símbolo tridimensional.

		VARIÁVEL VISUAL VALOR						
CATEGORIA	CLASSES	SUBCLASSES	SIMBOLOS 2D			SIMBOLOS 3D		
Poste	Por tipo de material	Concreto armado	Duplo T	Circular	Quadrado	Duplo T	Circular	Quadrado
		Aço	Circular			Circular		
		Madeira	Quadrado	Circular	Quadrado	Circular	Quadrado	Circular

FIGURA 49 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM A VARIÁVEL VISUAL VALOR  
 FONTE: A AUTORA, 2011

Para Bertin (1986) o valor pode ser tanto associativo, como seletivo, como ordenado. Seletivo, pois possibilita a imediata percepção de todos os elementos de uma categoria, desconsiderando todos os outros símbolos da representação (BERTIN, 1986). Associativo, pois quando combinada com qualquer outra variável visual, o valor resultará sempre dominante. Assim, o número identificável de tamanhos, cores, formas, orientações e texturas diminui com a variação de valor (BERTIN, 1983). E ordenado, pois impõe uma ordem entre os elementos representados que é universal e facilmente perceptível (BERTIN, 1986).

Esta variável, quando aplicada ao modelo tridimensional, tornou possível a detecção e discriminação dos elementos representados, mesmo para pontos de vista mais distantes. Essa variável permite que o usuário perceba a variação do branco ao preto nos símbolos tridimensionais rapidamente e, quanto mais próximo o ponto de vista, mais clara é a representação. O uso do valor permite uma visibilidade de diferentes planos de forma igual e permite o ordenamento desses símbolos conforme a sua granulação (BERTIN, 1986).

Nas representações das redes de energia elétrica o uso dessa variável visual permitirá a identificação dos diferentes elementos representados sem apresentar confusão na identificação dos símbolos, já que para Bertin (1986) o valor é transparente e permite selecionar os planos superpostos.

Um cuidado a ser tomado no uso desta variável em modelos tridimensionais é a possibilidade de confundir-la com a textura, uma vez que os referidos modelos e seus elementos apresentam-se sombreados e a escolha da escala de variação entre o preto e o branco deve ser realizada de forma cuidadosa, pois se for imprópria o símbolo será percebido com uma única cor. A Figura 50 apresenta a aplicação da variável visual valor sobre o MDT em uma escala de visualização aproximada de 1:300.

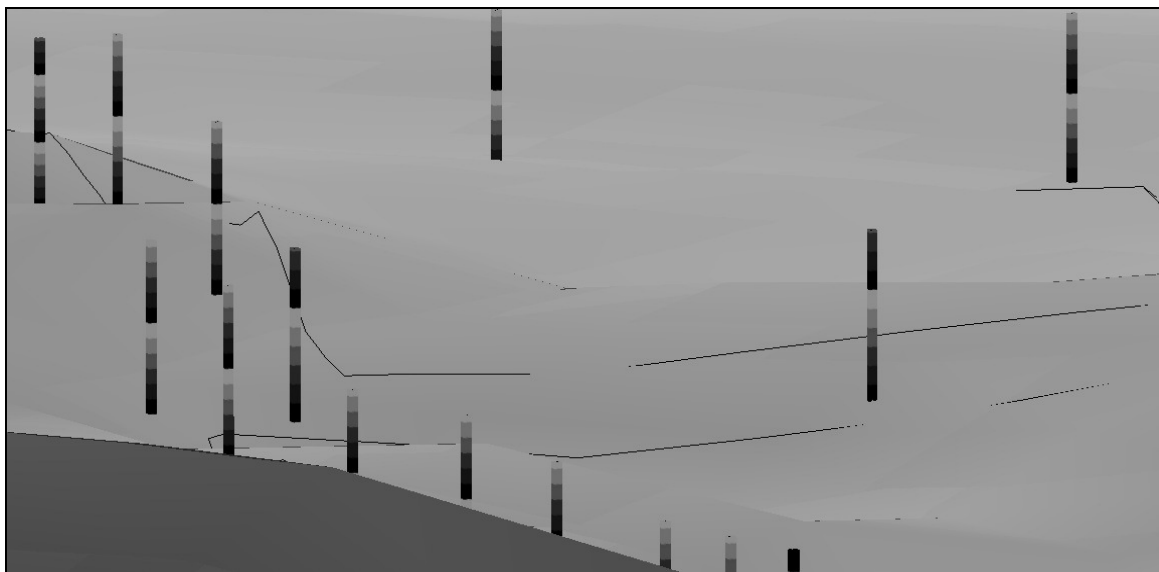


FIGURA 50 – VARIÁVEL VISUAL VALOR SOBRE O MDT EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300  
FONTE: A AUTORA, 2011

A Tabela 3 apresenta um resumo das variáveis visuais aplicadas individualmente, com suas vantagens e desvantagens.

TABELA 3 - RESUMO DA APLICAÇÃO DAS VARIÁVEIS VISUAIS NO MODELO TRIDIMENSIONAL

VARIÁVEL VISUAL	APLICAÇÃO NO 3D	VANTAGENS	DESVANTAGENS	APLICABILIDADE
Forma	Usada nos símbolos geométricos para separar a feição em estudo em duas classes. Nos símbolos realísticos para separá-los por forma.	Essa variável usada de forma isolada não apresentou vantagens nos modelos tridimensionais.	A variável quando usada isoladamente não permite a identificação dos diferentes tipos de forma, mesmo em pontos de vista próximo.	Pode ser usada de forma combinada com a cor, textura e valor; Se o símbolo for exagerado talvez a variação em forma possa ser percebida.
Orientação	Usada para diferenciar as subclasses de postes com diferentes ângulos de visão.	Essa variável visual não apresentou vantagens nos modelos tridimensionais.	Quando usada isoladamente não permite a identificação das diferentes classes de poste, mesmo em pontos de vista próximo.	Não Pode ser usada de forma isolada nos modelos tridimensionais; Pode ser útil para determinar a direção da textura.
Textura	Usada para dividir a classe postes em três subclasses por tipo de material: aço, concreto e madeira.	Essa variável possibilitou a identificação das diferentes subclasses de postes.	Se for usada combinada com a cor, essa variável visual pode ser confundida com a variável visual cor.	Pode ser usada de forma isolada ou combinada com a forma e orientação.
VARIÁVEL VISUAL	APLICAÇÃO NO 3D	VANTAGENS	DESVANTAGENS	APLICABILIDADE
Cor	Usada de forma que cada cor represente um tipo de poste.	Essa variável possibilitou a identificação de diferentes postes em pontos de vista distante.	Não apresentou desvantagens ao seu uso nos modelos tridimensionais.	Usada individualmente ou combinada com a forma garante a seletividade.
Tamanho	Usada para diferenciar as subclasses de postes com diferentes tamanhos.	Essa variável não possibilitou a identificação de diferentes tipos de postes.	Apresentou confusão na representação sobre o modelo tridimensional, devido os diferentes pontos de vista.	Não pode ser aplicada nos modelos tridimensionais.
Valor	Usada de forma que cada valor represente um tipo de poste.	Essa variável possibilitou a seletividade dos símbolos no modelo tridimensional.	Se a variação da escala de cinza for realizada de forma errada pode ser confundida com a textura.	Pode ser usada isoladamente ou combinada com a forma

FONTE: A AUTORA, 2011

Para Bertin (1986) as variáveis visuais não possuem isoladamente todas as propriedades, como ordem e proporção, o que pode interferir na sua identificação nos modelos tridimensionais. A partir dos experimentos realizados pode-se observar que algumas variáveis visuais, quando usadas de forma individual, não permitem a identificação das diferentes classes representadas, o que ocorreu em grande parte quando o ponto de vista do usuário está muito próximo.

Nos símbolos bidimensionais usados pela COPEL há uma combinação de variáveis visuais que permitem distinguir as diferentes subclasses da classe poste. Assim, a segunda etapa dos experimentos consistiu em combinar as variáveis visuais para verificar sua aplicação na identificação das diferentes subclasses representadas.

Como nas representações tridimensionais as variáveis visuais tamanho e orientação não proporcionaram a identificação de diferentes postes, foram avaliadas de forma combinada as variáveis visuais forma, cor, textura e valor, uma vez que a variável visual forma, mesmo não proporcionando a identificação dos tipos de postes de forma isolada, consiste na variável visual mais indicada para representar os diferentes tipos de postes. Com isso as variáveis visuais foram combinadas de duas em duas da seguinte maneira: forma e cor; forma e textura; e forma e valor.

No caso do uso da variável visual forma, conforme apresentado anteriormente, não permitiu a identificação rápida de classes diferentes em pontos de vistas mais distantes. Com a combinação de duas variáveis visuais o usuário torna-se capaz de identificar mais claramente os objetos ali representados, isso porque uma variável visual pode ser mais intuitiva que a outra para a percepção humana. A Figura 51 mostra a relação entre o símbolo bidimensional com a variação de forma e cor proposta para cada símbolo tridimensional.

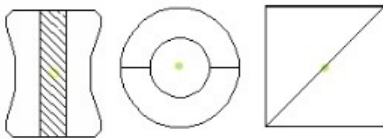
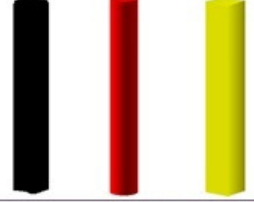
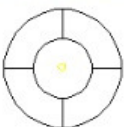

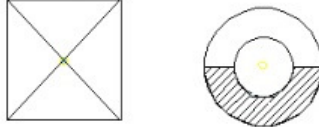
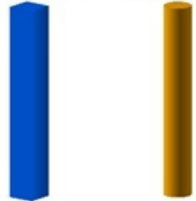
VARIÁVEL VISUAL COR E FORMA								
CATEGORIA	CLASSES	SUBCLASSES	SIMBOLOS 2D			SIMBOLOS 3D		
Poste	Por tipo de material	Concreto armado	Duplo T	Circular	Quadrado	Duplo T	Circular	Quadrado
								
		Aço	Circular			Circular		
								
Madeira	Quadrado	Circular	Quadrado	Circular	Quadrado	Circular		
								

FIGURA 51 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM AS VARIÁVEIS VISUAIS COR E FORMA  
 FONTE: A AUTORA, 2011

A combinação da variável visual cor com a variável visual forma permite que o usuário identifique as várias formas representadas, isso ocorre porque uma cor associada a uma forma pode garantir a seletividade da mesma.

Essa identificação mais precisa das formas quando combinada com diferentes cores ocorre porque as cores são mais intuitivas para o ser humano. Para Keates (1973) a cor estabelece uma maior percepção visual do que a forma, isso porque no olho humano os cones necessitam de maior estímulo que os bastões. A Figura 52 apresenta o uso das variáveis visuais cor e forma sobre o MDT em uma escala de visualização aproximada de 1:300.



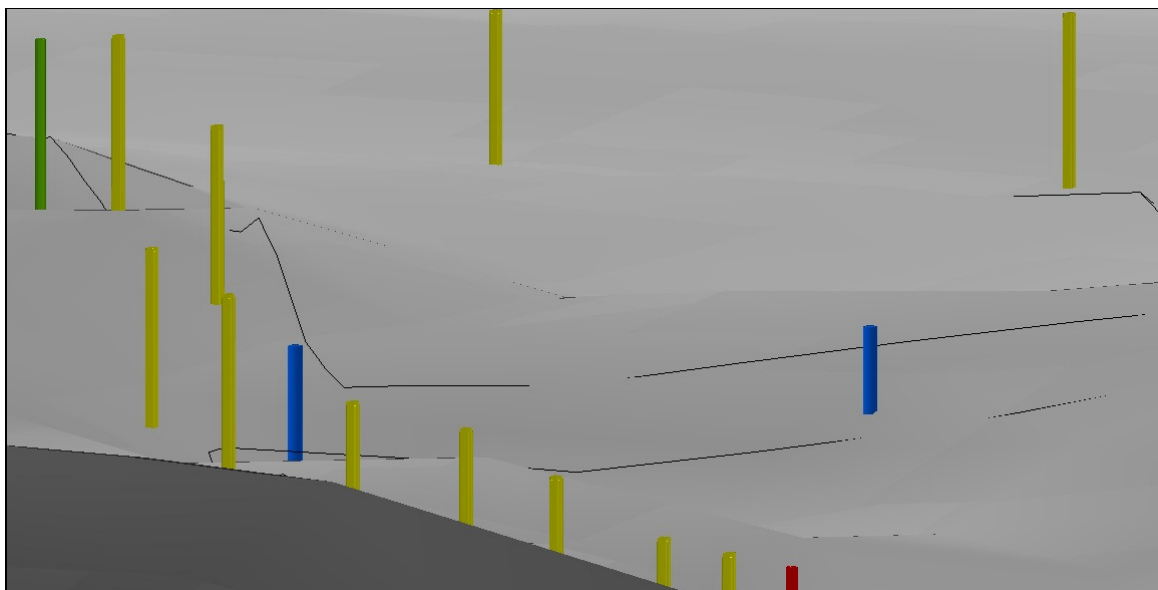


FIGURA 52 – COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS VISUAIS COR E FORMA EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300  
FONTE: A AUTORA, 2011

O uso da variável visual textura possibilitou a identificação das variações de texturas usadas para representar as diferentes classes. Mas essa variável quando usada de forma combinada com a forma permite a identificação de um maior número de classes, isso porque o valor de percepção aumenta devido aos valores de percepção da textura, que segundo Keates (1973), os elementos que compõem o padrão da textura são visíveis e podem dessa forma possibilitar a distinção do símbolo. Como os padrões de textura fornecem muitos indícios para a identificação de um símbolo (KEATES, 1973), essa variável visual quando combinada com a forma proporciona a identificação e discriminação do símbolo. A Figura 53 mostra a relação entre o símbolo bidimensional com a variação de forma e textura com variação de cor proposta para cada símbolo tridimensional e a Figura 54 demonstra o uso da variável visual forma e textura sobre o MDT em uma escala de visualização aproximada de 1:300.

VARIÁVEL VISUAL FORMA E TEXTURA								
CATEGORIA	CLASSES	SUBCLASSES	SIMBOLOS 2D			SIMBOLOS 3D		
			Duplo T	Circular	Quadrado	Duplo T	Circular	Quadrado
Poste	Por tipo de material	Concreto armado						
		Aço	Circular			Circular		
	Madeira	Quadrado	Circular	Quadrado	Circular			

FIGURA 53 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM AS VARIÁVEIS VISUAIS FORMA E TEXTURA  
 FONTE: A AUTORA, 2011

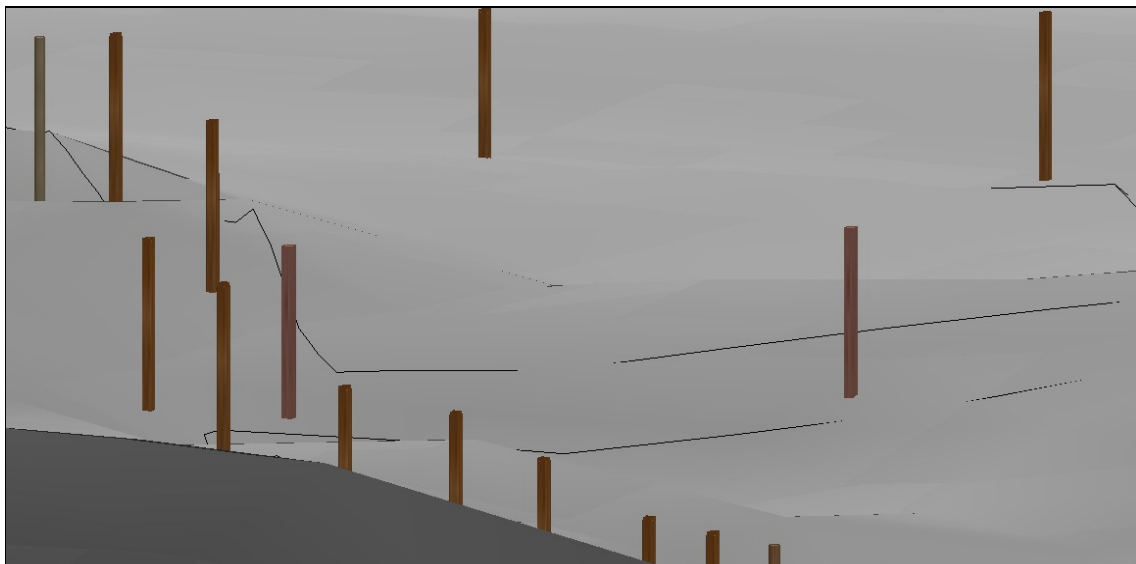


FIGURA 54 – COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS VISUAIS FORMA E TEXTURA EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300  
 FONTE: A AUTORA, 2011

Em relação ao uso da variável visual valor, quando empregada de forma individual, a mesma possibilita a identificação das variações usadas para representar as diferentes classes, possibilitando a identificação de classes de postes diferentes. Mas essa variável, quando usada de forma combinada com a forma, permite a identificação de um maior número de classes, isso porque o valor é uma variável seletiva e ordenada e aumenta assim o poder de percepção do usuário. Para Joly (2001), a variável visual valor é seletiva e permite diferenciar os subgrupos de um conjunto de mesmo tamanho e da mesma forma. Essa variável visual, quando empregada ainda de forma combinada com o tamanho, proporciona a identificação dos diferentes padrões de forma. A Figura 55 mostra a relação entre o símbolo bidimensional com a variação de forma e valor proposta para cada símbolo tridimensional e a Figura 56 demonstra o uso da variável visual forma e valor sobre o MDT em uma escala de visualização aproximada de 1:300.

VARIÁVEL VISUAL FORMA E VALOR								
CATEGORIA	CLASSES	SUBCLASSES	SIMBOLOS 2D			SIMBOLOS 3D		
Poste	Por tipo de material	Concreto armado	Duplo T	Circular	Quadrado	Duplo T	Circular	Quadrado
		Aço	Circular			Circular		
		Madeira	Quadrado	Circular	Quadrado	Circular	Quadrado	Circular

FIGURA 55 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS TRIDIMENSIONAIS GERADOS COM AS VARIÁVEIS VISUAIS FORMA E VALOR  
 FONTE: A AUTORA, 2011

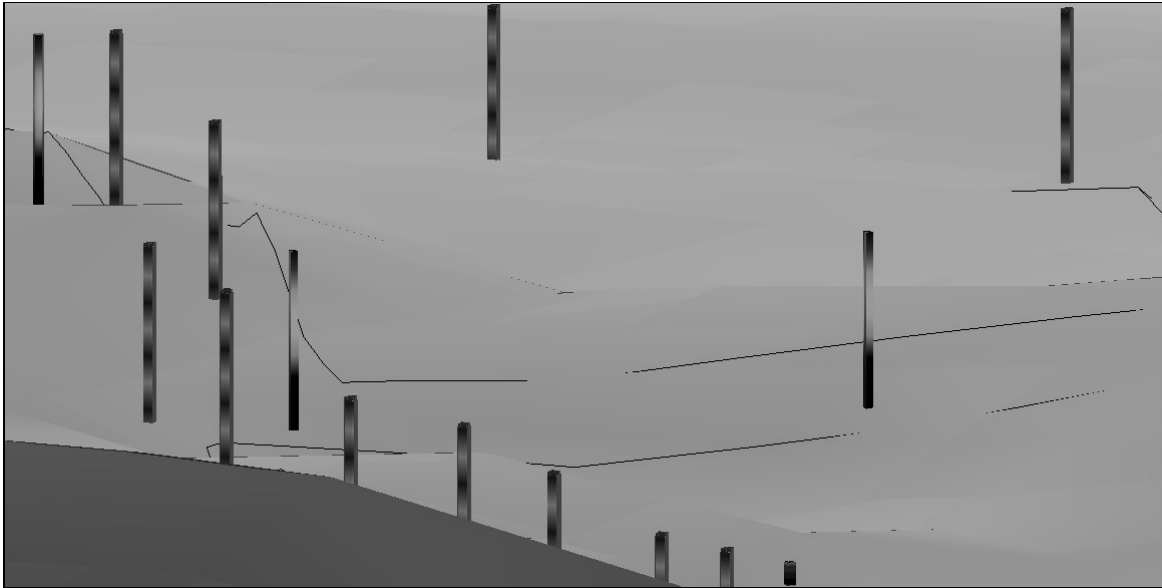


FIGURA 56 – COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS VISUAIS FORMA E TEXTURA EM ESCALA APROXIMADA DE 1:300  
 FONTE: A AUTORA, 2011

Nas representações tridimensionais as variáveis visuais estudadas e que proporcionaram uma identificação e discriminação das diferentes classes representadas foram: a cor, a granulação e a textura. Para Bertin (1986) a variável visual tamanho proporciona uma melhor identificação das classes representadas, porém, no modelo tridimensional prevaleceu a variável visual cor. Essa variável possibilita que o usuário identifique as diferentes classes de objetos representadas nos diferentes pontos de vista e ângulos de visão, desde os mais próximos aos mais distantes. Nos modelos tridimensionais o tamanho é influenciado pelo ponto de vista do usuário provocando incertezas na interpretação do modelo. A textura nos modelos tridimensionais proporciona a identificação e discriminação do símbolo, apresentando assim resultados satisfatórios, mas segundo Keates (1973), nos modelos tridimensionais, para proporcionar uma maior distinção entre os elementos representados deve-se levar em consideração o tom de cor, a dimensão, a forma, o espaçamento e a direção como indicadores de discriminação visual.

A forma usada sozinha não possibilitou a identificação dos diferentes símbolos porque, para Bertin (1986), a forma não tem seletividade e, exclui toda possibilidade

de regionalização. As imagens usadas para os testes das variáveis visuais encontram-se nos anexos dessa dissertação.

#### 4.7 EXPERIMENTO DA PROPOSTA DE SIMBOLOS TRIDIMENSIONAIS

Como a elaboração da proposta de simbologia foi realizada em duas etapas distintas, a análise dos símbolos propostos também será realizada de forma separada.

##### 4.7.1 EXPERIMENTO DOS SÍMBOLOS REALÍSTICOS SIMPLIFICADOS

A primeira etapa da proposta de simbologia compreendeu a elaboração de símbolos realísticos simplificados para representar os postes. Com estes símbolos representados no modelo, pode-se concluir que os mesmos não são os mais adequados para a representação dos postes, pois estes elementos possuem muitos detalhes e características que, de acordo com a escala de visualização, não são passíveis de identificação. A representação de tais elementos exigiu um esforço computacional grande. Para Petrovic (2001), nas representações tridimensionais o uso de um símbolo geométrico ocuparia menos espaço de memória computacional do que um símbolo tridimensional realístico.

Como a COPEL visualiza os seus dados em várias escalas, haveria a necessidade de criar um símbolo para cada tipo de escala, já que nos modelos tridimensionais a mudança de escala não ocorre de forma linear (PETROVIC, 2003). Como alternativa para os modelos tridimensionais, poderiam ser criados símbolos para as escalas exatas, repetindo-se os mesmos para as escalas intermediárias. Por exemplo, poderiam ser criados símbolos para as escalas 1:1.000, 1:5.000 e 1:10.000 e, para as escalas intermediárias, 1:2.000 e 1:7.500, os símbolos adotados seriam os representados na escala maior mais próxima. Para as escalas menores, o modelo tridimensional realístico simplificado seria visualizado com os símbolos representados na sua forma bidimensional tradicional.

As representações realísticas, apesar de apresentarem uma forte ligação com a realidade, nem sempre são a forma mais adequada de representar os fenômenos

geográficos. Se quisermos que a apresentação tridimensional mantenha sua função de comunicação cartográfica como nos mapas bidimensionais, deve ser incluído um sistema de simbolização (PETROVIC, 2001).

A Figura 57 representa a relação entre o símbolo bidimensional e o realístico simplificado. As Figuras 58 e 59 mostram a representação dos símbolos realísticos simplificados com escala de visualização aproximada de 1: 1.000 sem cabo e 1:1000 com cabos. As Figuras 60 e 61 mostram a representação do modelo tridimensional das redes de distribuição de energia elétrica com os cabos e na escala de visualização aproximada de 1: 500 sem os cabos e 1:500 com os cabos.








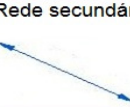

PROPOSTA DE SÍMBOLOS REALÍSTICOS								
Classe poste				Classe cabos				
Símbolos bidimensionais			Símbolos tridimensionais			Símbolos bidimensionais		Símbolos tridimensionais
<b>Duplo</b>	Circular	Quadrado	Duplo T	Circular	Quadrado	Rede primária		
<b>T</b>								
								
								
						Rede secundária		

FIGURA 57 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E TRIDIMENSIONAIS REALÍSTICOS SIMPLIFICADOS  
 FONTE: A AUTORA, 2011

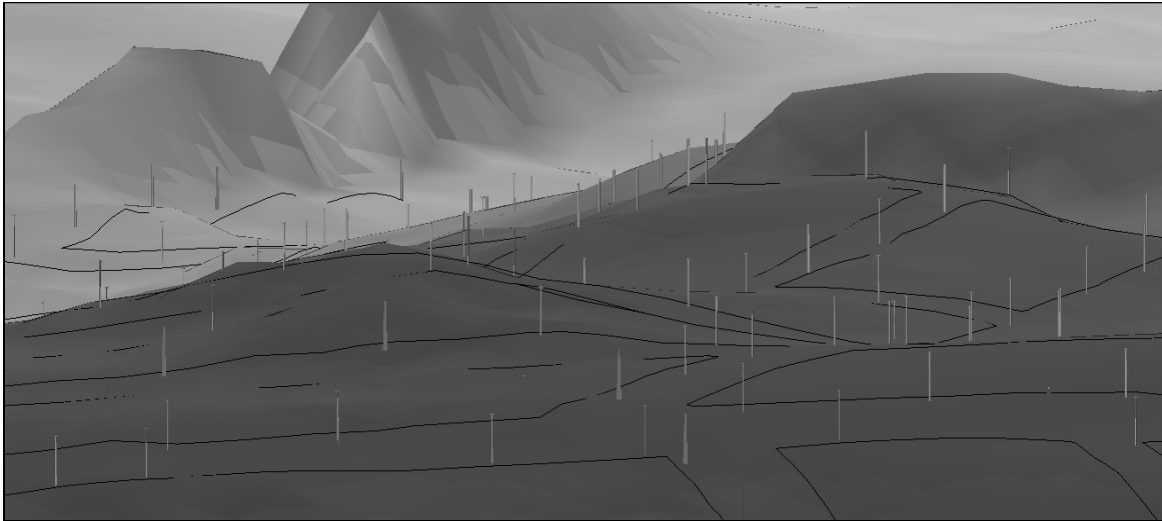


FIGURA 58 – REPRESENTAÇÃO DOS SÍMBOLOS REALÍSTICOS SIMPLIFICADOS NA ESCALA APROXIMADA DE 1:1000  
FONTE: A AUTORA, 2011

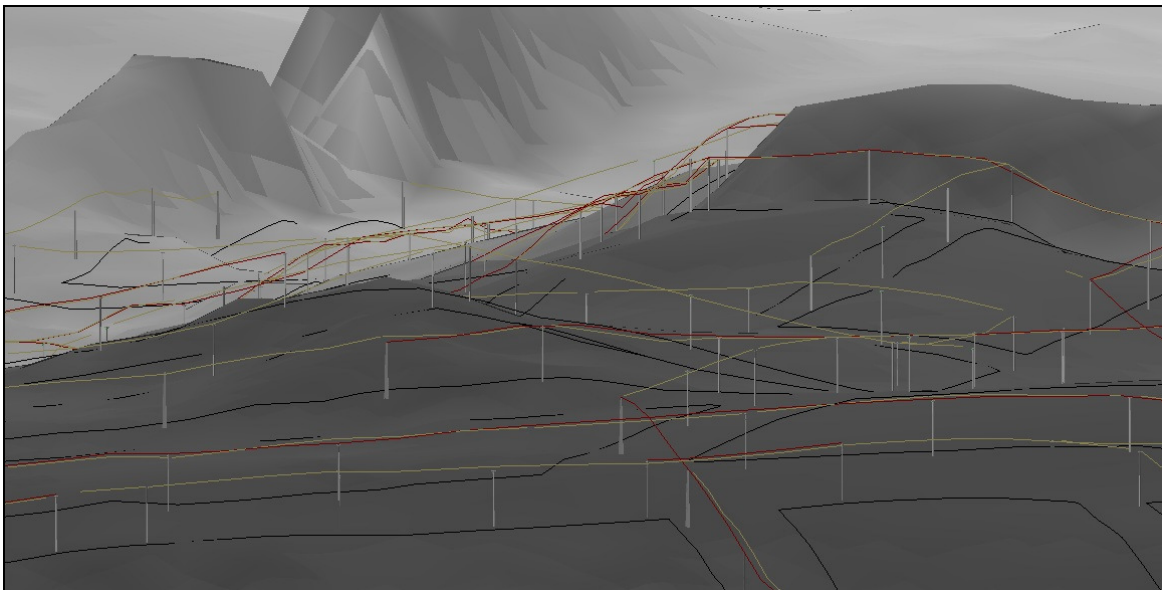


FIGURA 59 – REPRESENTAÇÃO REALÍSTICA COM OS CABOS DA REDE NA ESCALA APROXIMADA DE 1:1.000  
FONTE: A AUTORA, 2011

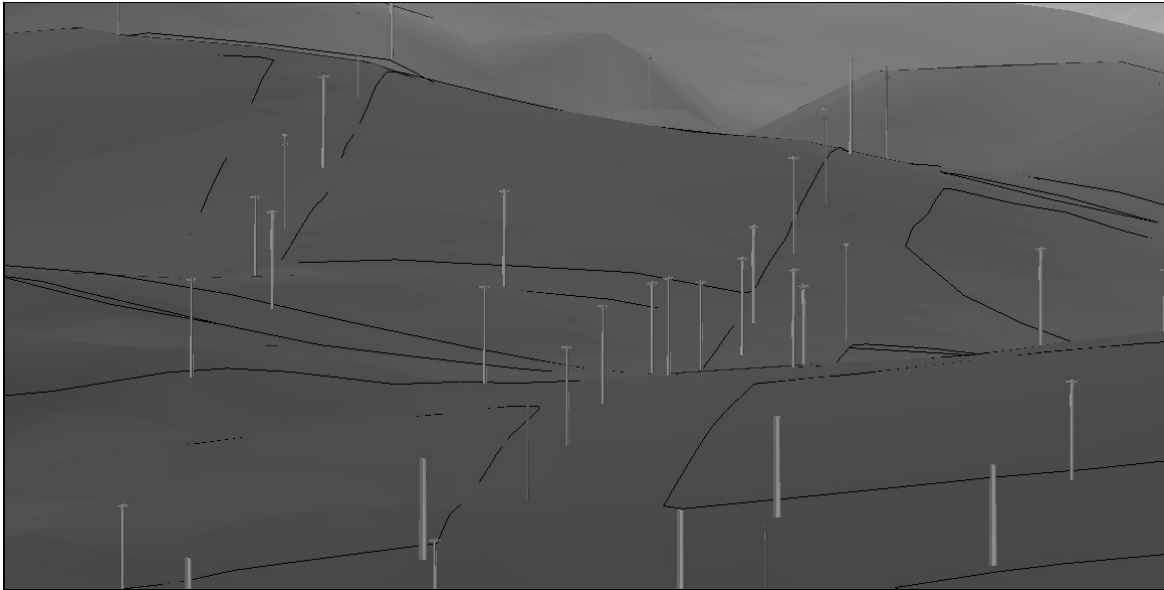


FIGURA 60 – REPRESENTAÇÃO DOS SÍMBOLOS REALÍSTICOS NA ESCALA APROXIMADA DE 1:500  
FONTE: A AUTORA, 2011

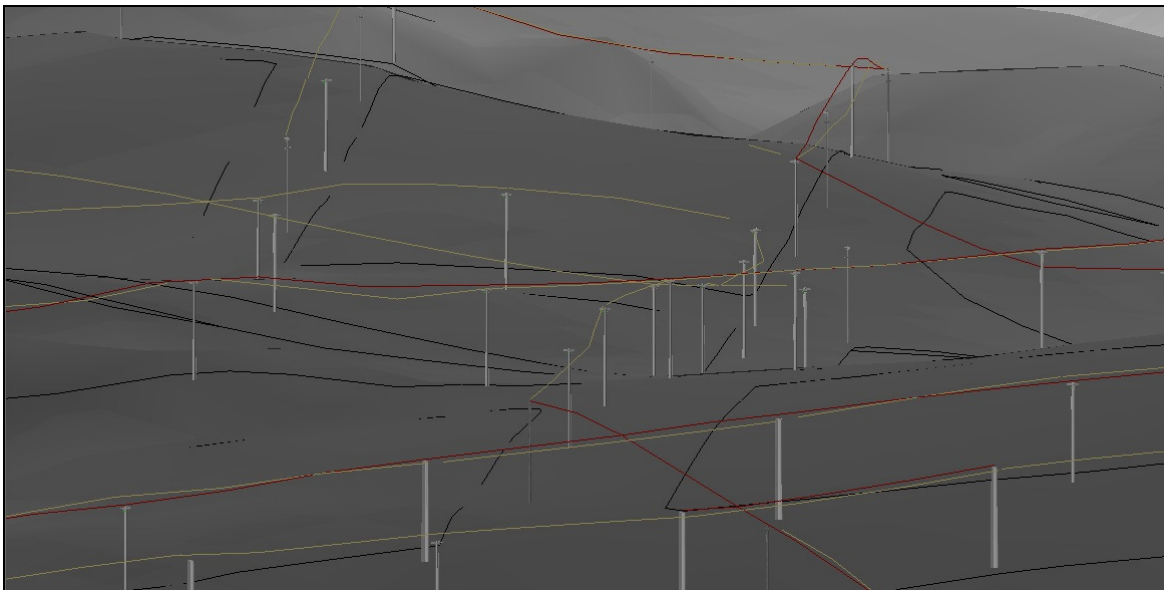


FIGURA 61 – REPRESENTAÇÃO REALÍSTICA COM OS CABOS DA REDE COM ESCALA APROXIMADA DE 1:500  
FONTE: A AUTORA, 2011



#### 4.7.2 ANÁLISE DOS SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS

A segunda etapa da proposta de simbologia compreendeu a elaboração de símbolos geométricos baseados na norma técnica da COPEL. Com estes símbolos representados no modelo, e fazendo-se uso das variáveis visuais estudadas, pode-se concluir que os símbolos geométricos são os mais adequados para a representação dos postes.

Esse resultado é justificado porque, segundo Kaetes (1973), além de identificar e discriminar os símbolos, também é possível realizar o reconhecimento dos símbolos representados. A facilidade na identificação desses símbolos é causada pela familiaridade que o usuário tem com o objeto representado. O usuário quando reconhece um símbolo classifica ou associa com outros elementos conhecidos, ou relaciona com imagens da sua memória e experiências vividas, dependendo do seu conhecimento prévio do símbolo. Esse conhecimento prévio ou familiaridade com o símbolo depende do usuário, da sua experiência e não do estímulo dado. Então, Keates (1973) acredita que, por mais que o usuário tenha prática com mapas, ele vai preferir os símbolos familiares a ele.

Como os técnicos da COPEL trabalham há alguns anos com símbolos geométricos e não fazem uso de legenda em suas representações, justifica-se o uso dos símbolos geométricos presentes na norma para a representação tridimensional, facilitando assim o processo de comunicação cartográfica, uma vez que o esforço mental para reconhecer os símbolos será mínimo.

Os símbolos geométricos também apresentam um esforço computacional menor. Por serem pouco detalhados e apresentarem forma regular a mudança de escala torna-se mais fácil que nos símbolos realísticos.

Dentro dos estudos realizados sobre o estado da arte de símbolos tridimensionais pode-se notar que os autores optam por uma simbologia geométrica, por exigir dos produtores desses mapas um esforço computacional menor que os símbolos realísticos. A Figura 62 representa uma comparação entre os símbolos bidimensionais e os símbolos geométricos propostos. As Figuras 63 e 64 mostram o uso dos símbolos geométricos sobre o MDT com a representação dos postes com

cabos e sem cabos em escala de visualização 1:1.000 e as Figuras 65 e 66 a representação dos postes com cabos e sem cabos em escala de visualização 1:500.










PROPOSTA DE SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS									
Símbolos bidimensionais			Símbolos tridimensionais			Símbolos bidimensionais		Símbolos tridimensionais	
Duplo	Circular	Quadrado	Duplo	Circular	Quadrado	Rede primária	Rede secundária	Rede primária	Rede secundária
T									

FIGURA 62 – COMPARATIVO ENTRE OS SÍMBOLOS BIDIMENSIONAIS E OS SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS TRIDIMENSIONAIS  
 FONTE: A AUTORA, 2011

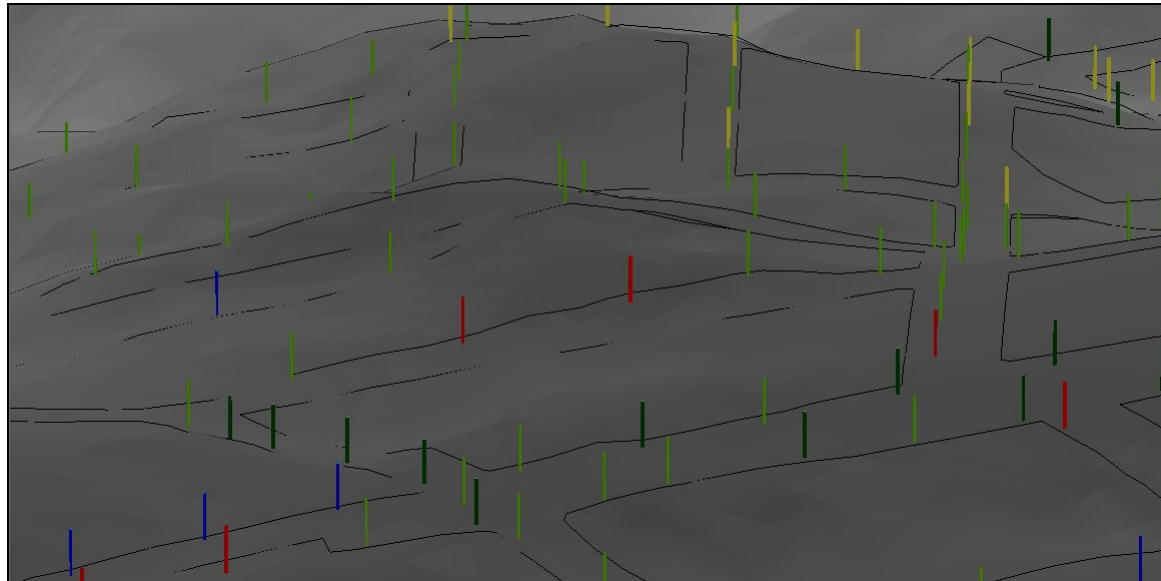


FIGURA 63 – REPRESENTAÇÃO DOS SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS SOBRE O MDT NA ESCALA APROXIMADA DE 1:1.000  
 FONTE: A AUTORA, 2011

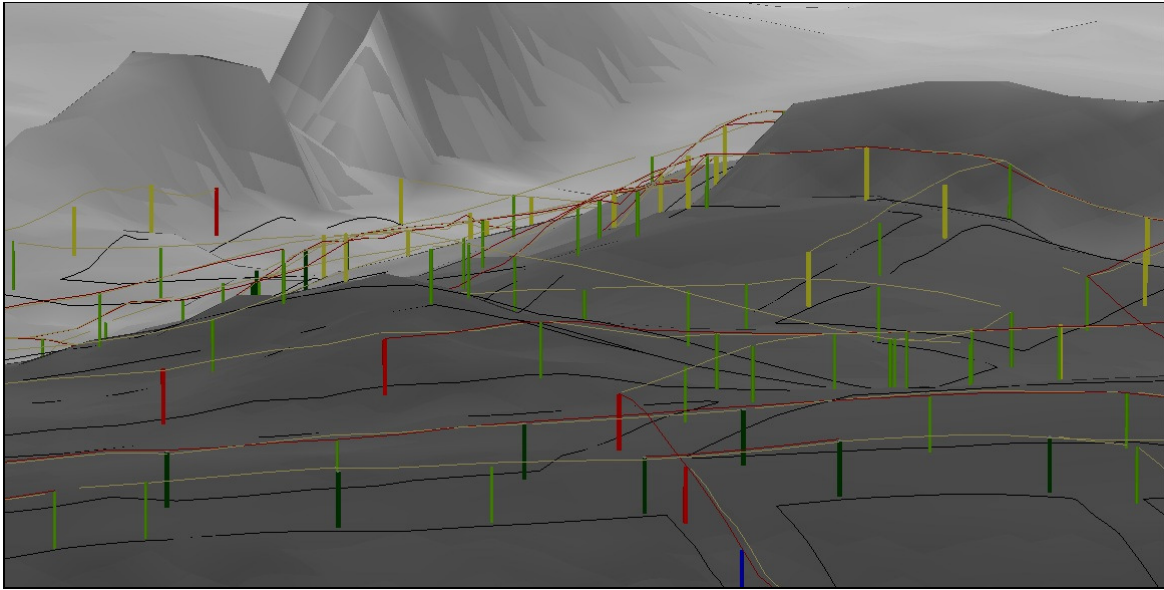


FIGURA 64 – REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA COM OS CABOS DA REDE NA ESCALA APROXIMADA DE 1:1.000  
FONTE: A AUTORA, 2011

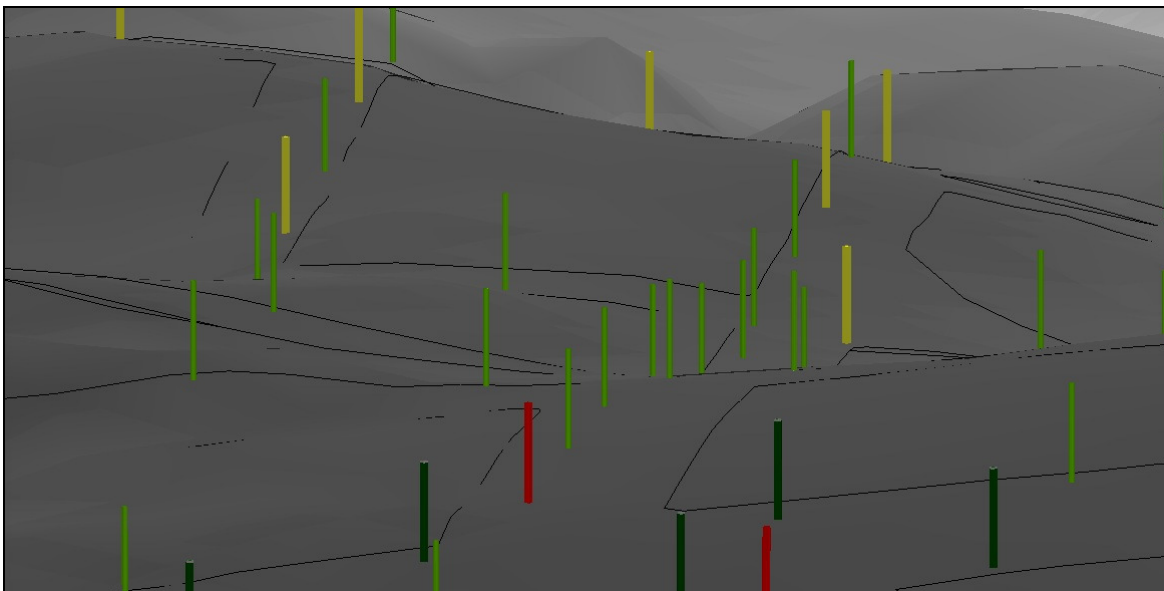


FIGURA 65 – REPRESENTAÇÃO DOS SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS SOBRE O MDT NA ESCALA APROXIMADA DE 1:500  
FONTE: A AUTORA, 2011

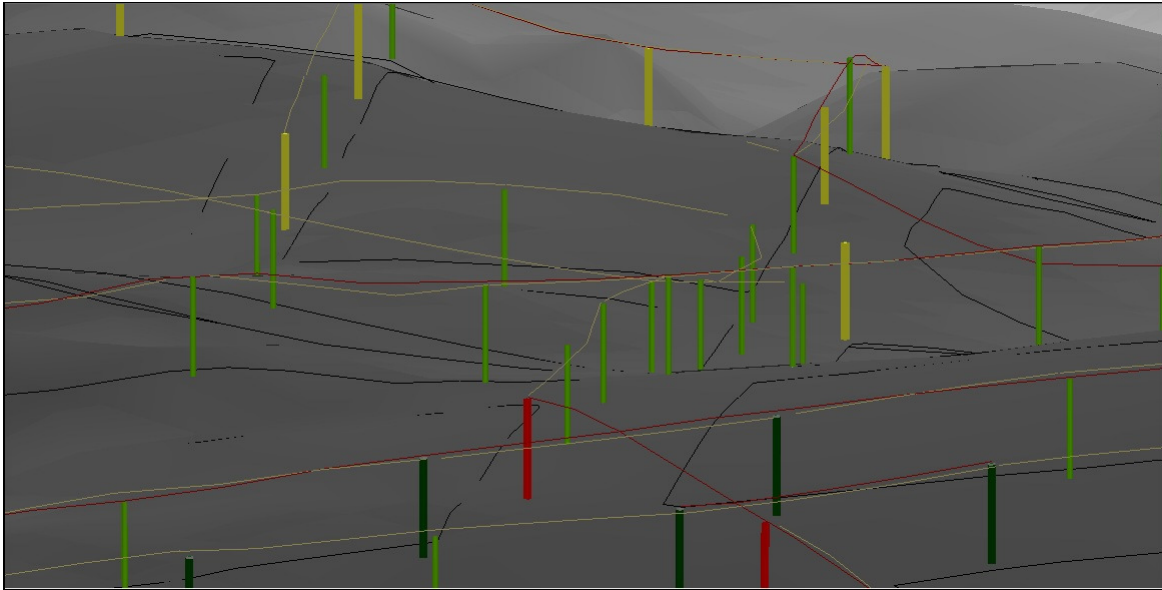


FIGURA 66 – REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA COM OS CABOS DA REDE NA ESCALA APROXIMADA DE 1:500  
FONTE: A AUTORA, 2011

As figuras 67 e 68 representam os símbolos realísticos e símbolos geométricos com os cabos em uma escala de visualização aproximada de 1:500.

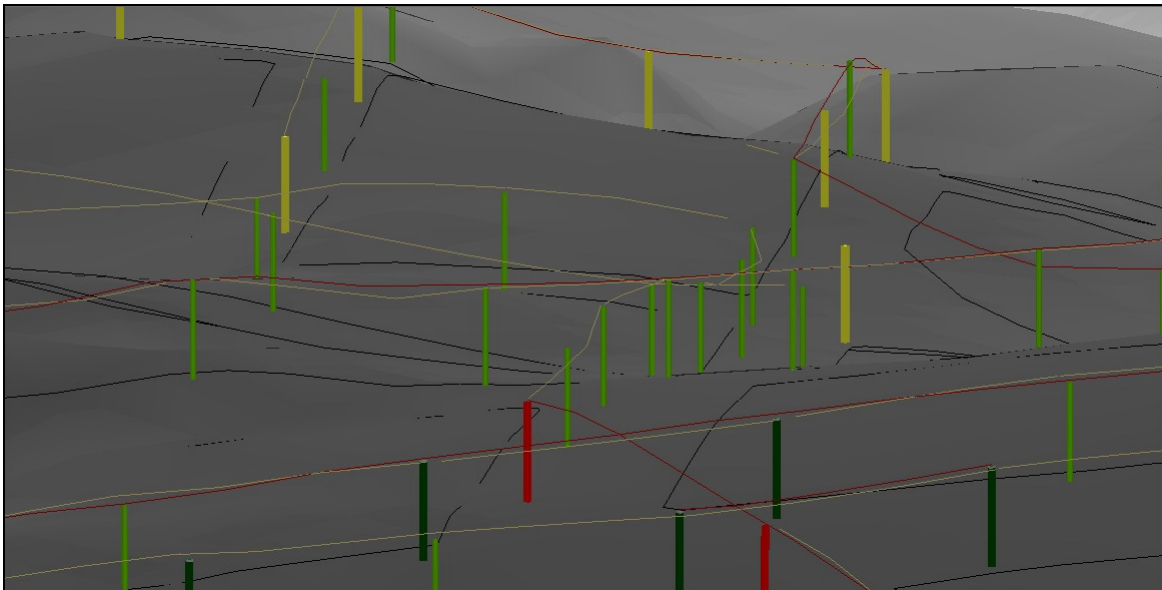


FIGURA 67 – REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA COM OS CABOS DA REDE NA ESCALA APROXIMADA DE 1:500  
FONTE: A AUTORA, 2011

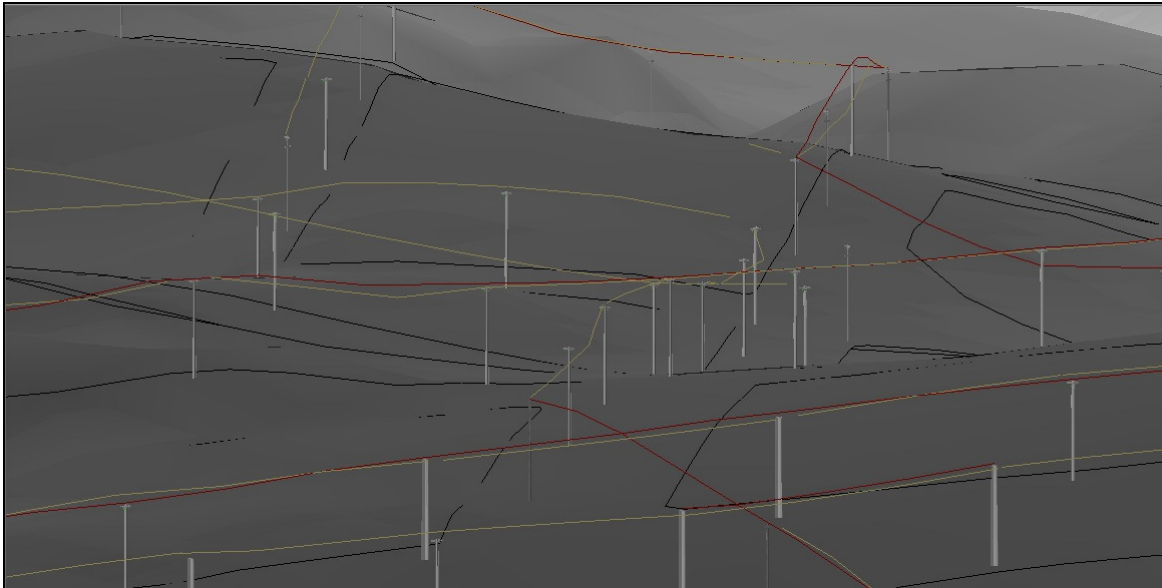


FIGURA 68 – REPRESENTAÇÃO REALÍSTICA COM OS CABOS DA REDE NA ESCALA APROXIMADA DE 1:500  
FONTE: A AUTORA, 2011

Essa pesquisa teve como proposta a elaboração de símbolos tridimensionais para a representação do sistema de distribuição de redes de energia elétrica, com duas propostas de símbolos, uma realística e uma geométrica. A Figura 69 demonstra de forma simplificada a representação real dos postes, a representação bidimensional usada pela Copel, a proposta dos símbolos realísticos simplificados e dos símbolos geométricos.



FIGURA 69 – QUADRO RESUMO DA FEIÇÃO REAL, A REPRESENTAÇÃO BIDIMENSIONAL E AS DUAS PROPOSTAS DE SIMBOLOGIA  
 FONTE: A AUTORA, 2011

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento deste trabalho teve como objetivo propor uma simbologia tridimensional para o sistema de distribuição de energia elétrica de acordo com as diretrizes de projeto cartográfico para representações tridimensionais, tendo em vista que tais representações estão sendo geradas sem considerar os princípios cartográficos, seguindo apenas as preferências dos cartógrafos ou outros profissionais envolvidos nesta função.

A proposta do projeto cartográfico foi realizada seguindo os princípios de elaboração para mapas bidimensionais, já estabelecidos há décadas, com as devidas adequações para as etapas de escolha de escala e elaboração dos símbolos, sendo que mudanças que foram baseadas em pesquisas realizadas por outros autores citados nessa dissertação.

A elaboração da simbologia nos mapas tridimensionais deve seguir princípios cartográficos, assim como ocorre nos mapas bidimensionais, afim de que se cumpra o processo de comunicação cartográfica. Em relação a essa pesquisa, a representação cartográfica foi gerada a fim de atender as necessidades dos técnicos da concessionária de energia elétrica do Paraná, a COPEL, para a qual a proposta de simbologia foi desenvolvida por meio das primitivas gráficas e com variações feitas através das variáveis visuais.

Em relação ao uso das variáveis visuais nos modelos tridimensionais, as que podem proporcionar a identificação de um maior número de feições representadas são: a cor, o valor e a textura. As variáveis visuais forma, orientação e tamanho não se mostraram adequadas às representações tridimensionais uma vez que não possibilitam a identificação e reconhecimento dos elementos ali representados. Com o uso da orientação, forma e tamanho a variação de diferentes classes representadas não pode ser percebida.

Durante a análise das variáveis visuais e das propostas de simbologia verificou-se que há uma série de fatores que interferem na interpretação de um modelo tridimensional como: orientação da cena, iluminação, pontos de vista do usuário e ângulo de visão, aumentando o grau de complexidade para a interpretação desses modelos.

A variável visual cor mostrou-se indicada para esse tipo de representação por ser mais perceptível ao olho humano. O uso do amarelo e do verde, as chamadas cores quentes aumentam o grau de percepção já que são facilmente discriminadas.

A variável visual valor pode ser aplicada aos modelos tridimensionais de forma isolada ou combinada com a forma, pois trata-se de uma variável dissociativa. Quando usada de forma combinada com a forma evidencia os detalhes e padrões da forma, permitindo assim a identificação, distinção e reconhecimento do símbolo.

A textura, ao ser usada de forma isolada, permite a identificação e distinção dos símbolos representados para diferentes pontos de vista. Cuidado deve ser tomado com o uso dessa variável visual e a escolha da iluminação da cena, pois dependendo do tipo de iluminação e do ângulo da mesma podem surgir problemas quanto à sua identificação nos modelos 3D.

O tamanho é uma variável visual que nos modelos tridimensionais pode causar alguns problemas de interpretação tais como: confusão entre a diferença de tamanho e as diferenças de altitudes no MDT; confusão de tamanho provocados pela posição do símbolo na cena, ponto de vista do usuário, ângulo de visão e iluminação da cena. Essa variável deve ser evitada nos modelos tridimensionais.

A orientação não permite a identificação de diferentes símbolos nos modelos tridimensionais, uma vez que nesse tipo de representação o símbolo também tem forma tridimensional, dificultando assim a variação em orientação.

A variável visual forma, quando usada isoladamente, não apresenta resultados satisfatórios e pode acarretar em uma interpretação errônea dos símbolos representados. Mas essa variável, quando usada de forma combinada com a cor, a textura e o valor proporciona a identificação, distinção e reconhecimento do símbolo. Isso porque a combinação da cor, valor e textura evidenciam as variações gráficas presentes em cada forma.

Para essa pesquisa um fator que pode ter influenciado nos resultados das variáveis visuais forma e orientação é característica da feição representada (postes). A variação da forma e orientação nesse modelo só pode ser percebida de pontos de vista altos e de perfil, isso porque a variação da forma e da orientação está no topo do símbolo.



Dentro da proposta de símbolos, os que se mostraram mais adequados para a representação da feição poste, foram os símbolos geométricos, tendo em vista a ampla experiência dos usuários com esses símbolos, os mesmos são mais fáceis de modelar e a transição de escalas torna-se mais fácil.

Dos mapas elaborados para esta pesquisa o que se mostrou mais adequado para a representação tridimensional das diferentes classes de postes da rede de energia elétrica é o mapa com a diferenciação feita pela variável visual cor. Apesar de ter sido realizado experimentos com diferentes cores do MDE optou-se em manter uma variação de valor e não foram realizados testes para avaliar quais fundos seriam mais atraentes para os usuários.

Atualmente as pesquisas nesta área se encontram num estado inicial, aumentando assim as dificuldades em estabelecer critérios sólidos para representar o mundo como ele realmente é visto pelo usuário.

Os resultados dessa pesquisa são parciais, tendo em vista que não foram realizados testes com os usuários para analisar a eficiência e eficácia dos símbolos propostos.

Uma dificuldade encontrada para a realização dessa pesquisa é a escassez de bibliografias específicas, tanto no que diz respeito à elaboração da simbologia e do projeto cartográfico como no emprego das variáveis visuais.

Assim, recomenda-se a elaboração de testes de percepção visual para avaliar se a simbologia proposta é eficiente e/ou eficaz. Recomenda-se também que esses testes sejam realizados com os técnicos da Copel para que se possa validar a simbologia.

Recomenda-se ainda que sejam realizados estudos mais aprofundados sobre o projeto cartográfico para mapas tridimensionais com o intuito de estabelecer princípios para a elaboração destes produtos da mesma forma que existem princípios estabelecidos para os mapas bidimensionais.

Recomenda-se por fim que sejam estabelecidos princípios para a elaboração de símbolos cartográficos tridimensionais.

Recomenda-se também a elaboração de testes com usuários para definir qual o melhor MDE a ser usado e para avaliar as preferências dos usuários entre um MDE semelhante ao mundo real, MDE com imagens ou MDE abstratos.

Recomenda-se a visualização da representação bidimensional em conjunto com a representação tridimensional, para que se possa avaliar qual representação atende as necessidades do usuário.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES F. C. de C. **Sistema de monitoramento de focos de calor nas proximidades de linhas de transmissão de energia**. Monografia (Curso de Sistemas de Informação). Universidade Estadual de Montes Claros – Unimontes, 2006.
- ALVES, FÁTIMA. AREDES, JOSÉ. CARVALHO, JOSÉ. A chave do Saber-Introdução à filosofia 11º ano. Lisboa: Texto Editora, 2002. P. 153 - 155.
- BANDROVA, T. **Designing of symbol system for 3D city maps**. 2001.
- BANDROVA, T. (2005). **Innovative Technology for the Creation of 3d Maps**. Data Science Journal, 4 (2005) 53.
- BERTIN, J. (1986). **A Neográfica e o Tratamento Gráfico da Informação**. Editora da Universidade Federal do Paraná, 1986.
- BOS, E. S. **Cartographic Symbol Design**. The Netherlands: ITC, 1984a. Cartographic Conference, 21. 2003, Durban: ICC, 2003. p.1920-1926.
- CRISPINO, F. (2001). **Reconfiguração de Redes Primárias de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Sistemas de Informação Geográfica**. 137 f. Dissertação (mestrado em engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- DU Y. E ZLATANOVA S. (2006), **An Approach for 3D Visualization of Pipelines in: Innovation in 3D-Geo Information System**, pp. 395-404, Springer Berlin Heidelberg. A. Abdul-Rahman, S. Zlatanova and V. Coors (Eds.), Springer Berlin Heidelberg, pp. 501-517.
- FOSSE J. M. (2008). **Avaliação da Simbologia e da Orientação Geográfica para as Representações Cartográficas Tridimensionais**. Tese (doutorado em Ciências Geodésicas) Universidade Federal do Paraná, 2008.

GOMES, D. L, JÚNIOR (2010), **Visualização de Sistemas de Potência com Dados Georreferenciados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Eletricidade). Universidade Federal do Maranhão – UFMA, 2010.

HAEBERLING C. (2005). **Cartographic Design Principles for 3d Maps - A Contribution to Cartographic Theory**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE CARTOGRAPHY, 21.,2005, La Corunã. Proceedings... La Corunã: ICC-ICA, 2005.

HAEBERLING, C. (2002). **A Systematic of Important Graphic Aspects**. In: ICA MOUNTAIN CARTOGRAPHY WORKSHOP, 2002, Oregon. Proceedings... Oregon: ICC-ICA, 2002.

HAEBERLING, C. (1999). **Symbolization in Topographic 3D-Maps: Conceptual Aspects for User-Oriented Design**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE CARTOGRAPHY, 19., 1999, Ottawa. Proceedings... Ottawa: ICC-ICA, 1999.

HAEBERLING, C. (2004). **Highly Focussed Selected Design Aspects and Graphic Variables for 3D Mountain Maps**. In: ICA MOUNTAIN CARTOGRAPHY WORKSHOP, 2004, *Catalonia*: ICC-ICA, 2004.

HAEBERLING, C., BAR, H. AND HURNI, L. (2008). **Proposed Cartographic Design Principles for 3D Maps: A Contribution to an Extended Cartographic Theory**. *Cartographica*. 43/3, (2008) 175-188.

HARROWER M. 2009. **A History of Animated Maps**. Disponível em: <http://cartography2.org/Chapters/page12/HistoryMapAnimation.html>. Acesso no dia 13/04/2011 às 00:39.

Norma Técnica Copel – NTC. **Desenho de Redes De Distribuição**. 2ª edição Dezembro / 2003.

MARQUES A. P. DA S. ET AL (2009). **Representação Cartográfica Temática Tridimensional do Campus da FCT – Unesp**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1811-1818.

MOELLERING H. (1980). **Strategies of Real-Time Cartography**. *Cartographic Journal*, The, 1980 - [ingentaconnect.com](http://ingentaconnect.com)

MONTELLO, D. R. (2002). **Cognitive Map-Design Research in the Twentieth Century: Theoretical and Empirical Approaches**. Cartography and Geographic Information Science, Vol. 29, No. 3, 2002, pp. 283-304

PETROVIC, D. (2003). **Cartographic Design in 3D Maps**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE CARTOGRAPHY, 19., 1999. ICC-ICA, 1999.

PETROVIČ, D.; MASERA, P. (2005). **Analysis of User's Response on 3d Cartographic Presentations**. Em: proceeding of the 22<sup>nd</sup> ICA, International Cartographic Conference, A curunã, Spain.

SILVA E. A. da ET AL (2007). **Elaboração de Símbolos Militares para Ambiente de Visualização Tridimensional**. Revista Brasileira de Cartografia No 59/03, Dezembro 2007.

SLOCUM, A. ET AL (2009). **Thematic Cartography and Geovisualization**. Third edition. Pearson Prentice Hall.

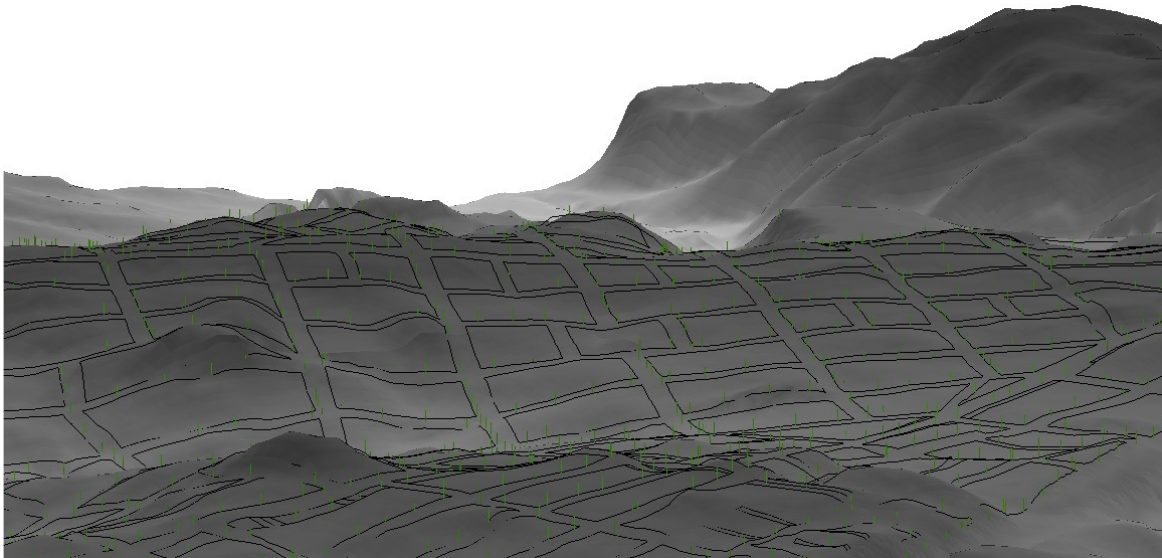
SLUTER C. R. (2008). **Uma Abordagem Sistêmica para o Desenvolvimento de Projeto Cartográfico como parte do Processo de Comunicação Cartográfica**. Portal da cartografia, Londrina, 01 (2008) 1-20. Disponível em <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia>>.

TERRIBILINI, A. 1999. **Maps in Transition: Development of Interactive Vector-Based Topographic 3D-Maps**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE CARTOGRAPHY, 19., 1999, Ottawa. Proceedings... Ottawa: ICC-ICA, 1999.

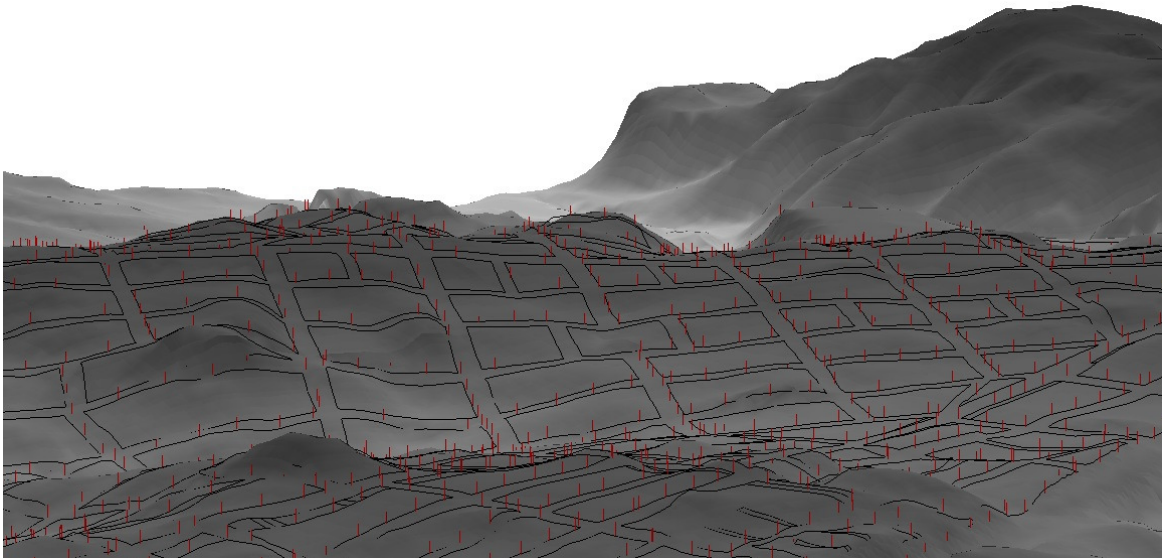
YONGJUN W. ET AL. (2010). **Research on 3D Symbolic Representation of Geographical Information**.

**ANEXOS**

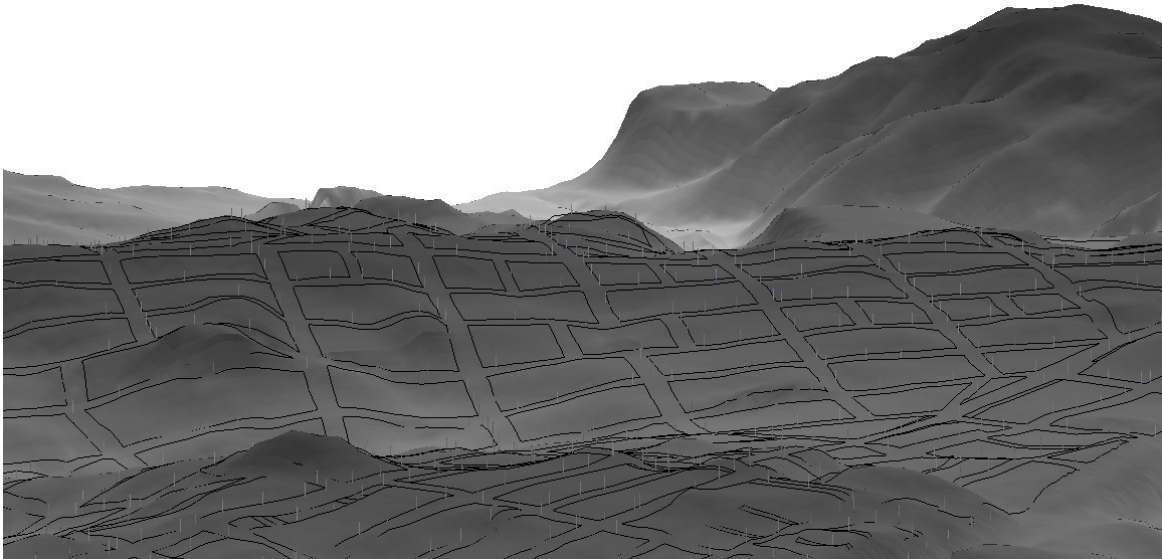
## IMAGENS USADAS PARA OS EXPERIMENTOS DAS VARIÁVEIS VISUAIS



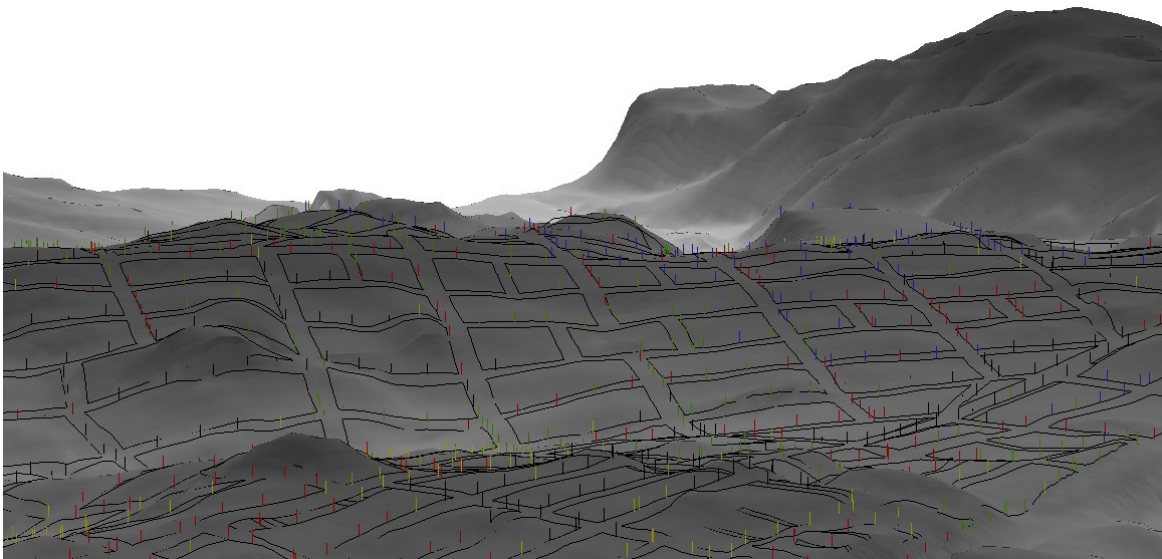
Variável visual forma em escala aproximada de 1:8.000



Variável visual orientação em escala aproximada de 1:8.000



Variável visual textura em escala aproximada de 1:8.000



Variável visual cor em escala aproximada de 1:8.000



