

**UNIVERSIDADE DE LISBOA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ORDENAMENTO DO
TERRITÓRIO**



**Evolução da Representação Cartográfica
Passado, Presente e Futuro dos Mapas**

TESE DE MESTRADO

Fábio André Gil Rodrigues

**MESTRADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E
MODELAÇÃO TERRITORIAL APLICADOS AO ORDENAMENTO**

2013

UNIVERSIDADE DE LISBOA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ORDENAMENTO DO
TERRITÓRIO



Evolução da Representação Cartográfica
Passado, Presente e Futuro dos Mapas

TESE DE MESTRADO

Fábio André Gil Rodrigues

MESTRADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E
MODELAÇÃO TERRITORIAL APLICADOS AO ORDENAMENTO

Orientador: Professor Doutor Paulo Alexandre Morgado Sousa

2013

"I sense that human have an urge to map and a mapping instinct, like our opposable thumbs, is part of what makes us human. I map therefore I am" (Harmon 2004:10,11)

Resumo

Evolução da Representação Cartográfica Passado, Presente e Futuro dos Mapas

Harley (1987) afirma que a História da Cartografia tem como principal objectivo o estudo do mapa numa vertente antropológica. A criação de um elemento palpável, como um mapa, através de uma ideia de um lugar que o Ser Humano tem, tornou-se numa ferramenta fundamental e poderosa para o desenvolvimento da Humanidade. Suportada com esta afirmação, a curiosidade e ambição do Ser Humano levou a desbravar o planeta em busca do conhecimento, tendo sempre como base o mapa.

Porém o mapa, não é um elemento inerente às transformações tecnológicas, é, sim, um elemento bastante vulnerável, no que respeita às alterações tecnológicas, estando em constante modernização.

A evolução tecnológica, aliada a uma revolução social mudaram a Cartografia levou a que o século XX tivesse um forte impacto na História da Cartografia.

O século XX pode ser dividido em duas partes, correspondendo a primeira à primeira metade do século, em que dominou a Cartografia Militar e de Referência, onde reinaram as influências das Grandes Guerras, na qual foi incluída a arte para o embelezamento das cartas de referência. A segunda metade do século foi marcada pela introdução do computador, e o surgimento da Cartografia Automática e Digital que abriu a discussão acerca do confronto Cartografia – Sistemas de Informação Geográfica. O surgimento de novas tecnologias, de novas técnicas e de novas ferramentas transformou por completo a concepção de mapa. A crescente evolução tecnológica tem conduzido a uma contínua transformação na concepção do mapa, sendo possível actualmente a existência de mapas estáticos e impressos, assim como dispositivos digitais, automáticos e interactivos. A Geovisualização, quer como técnica, quer como campo científico, tem sido apontada como a grande responsável.

A quantidade de técnicas disponíveis actualmente para a representação, em mapa, das mais diversas variáveis, é bastante diversificada e com diferentes níveis de eficácia. Como se pode testemunhar pelas variadas formas de representação da morfologia, desde o conhecido mapa topográfico ao TIN¹; a uma demonstração tridimensional da morfologia e da ocupação do solo. O mesmo pode acontecer com a Cartografia Temática, em que é permitido uma maior liberdade criativa por parte do “fazedor” de mapas, dados os poucos constrangimentos gráficos.

Em suma, diferentes formas de representar a mesma variável tendo em atenção o seu objectivo e o público a que se destina, torna fácil de perceber o processo evolutivo das técnicas e do próprio campo científico, mostrando que a Cartografia está longe da extinção.

Palavras-chaves: Cartografia; Geovisualização; Representação; Visualização; Mapa; Evolução Cartográfica

¹ Triangulated Irregular Network, em português RIT – Rede Irregular de Triângulos

Abstract

Evolution of the Cartographic Representation Past, Present and Future of Maps

Harley (1987) stated that the main goal of the History of Cartography is the study of the map by an anthropological vision. The creation of a tangible element, like a map, through the idea which each human being had of a place turned out to be a fundamental and powerful weapon for the development of Humankind. Within this statement, the curiosity and ambition led the human being to discovery the planet to find knowledge, having the map as a basis.

However the map is not a fixed element, it is, in fact, a vulnerable element in constant technological changing, when we're talking about technological evolution.

The technological evolution, allied to a social revolution changed Cartography, taking it into a major change by the 20th century, making this one the revolutionary one, which could be divided into two equal parts, the first half privileged the Military and Reference Cartography influenced by the socials changes and the World Wars; Influencing maps by taking art into Cartography beautifying it. The second half, it was marked by the introduction of the computer taking Cartography into Automated and Digital forms, making Cartography - Geographic Information System dichotomy. The emergence of new technology, techniques and tools, made a completely transformation to the concept of the map.

However, the crescent technological evolution continues to transform the conception of map, having today a new map metaphor, being possible the existence not only of press static map but also digital and interactive displays. This is possible due to the dawning of Geovisualization as technique and scientific field.

The quantity of techniques presented today to represent, in a map, is very diverse, showing many efficiency intensities, being present in this dissertation. The representation of the terrain morphology, from the well-known topographic map, TIN – triangular

irregular network, and tridimensional morphology with land cover associated. The same could happen with Thematic Cartography, where the creator of the map can be more creative due to the lack of graphic constrains.

Different forms of data representations, having in mind why, who and how was created, and also taking in consideration the message efficiency, makes it easy to understand the evolutionary process not only of the techniques but also the Cartography as science, showing that Cartography is away from extinction.

Keywords: Cartography; Geovisualization; Representation; Visualization; Map; Cartographic Evolution

Índice Geral

Resumo	I
Abstract.....	III
Índice Geral	V
Índice de Figuras	VIII
Agradecimentos	X
1. Introdução.....	11
1.1. Enquadramento	11
1.2. Objectivos.....	13
1.3. Metodologia.....	14
2. Representação da Informação Geográfica.....	17
2.1. Tendências da Representação Cartográfica a partir do século XX	17
2.2. Componentes na Representação da Informação	23
2.2.1. Importância da Generalização de Informação para Cartografia.....	24
2.2.2. Escala e Leitura	29
2.2.3. Variáveis visuais - semiótica	30
2.2.3.1. Tamanho	33
2.2.3.2. Orientação, Forma e Posição	34
2.2.3.3. Textura, Transparência e <i>Fuziness</i>	34
2.2.3.4. Cor	35
2.2.4. Projecções - importância para a percepção do Leitor.....	40
2.3. O mapa como Produto final.....	50
3. Geovisualização.....	55
3.1. Conceito.....	55
3.2. A importância e características da Geovisualização.....	60
3.2.1 – Características da Geovisualização	62
Produção de Conhecimento	63
Categorização de Informação	67
3.2.2 – Investigação em Geovisualização.....	69

Representação da informação.....	70
Visualização.....	71
Interfaces	71
Problemas Cognição/Usabilidade.....	72
3.3. Técnicas e Ferramentas	73
3.3.1. Visualização Animada.....	74
3.3.2. Cartogramas Complexos.....	75
3.3.3. Visualização Multidimensionais	77
3.3.3.1. <i>Rendering</i>	79
Ambientes Não Foto-Realistas	80
Ambientes Virtuais Reais	82
3.3.3.2. Verdadeiro 3D	83
3.3.3.3. Realidade Aumentada.....	85
3.3.4. Visualização Interactiva - Dinâmica.....	86
3.4. <i>Output</i> – Mapa e outros dispositivos geográficos	89
4. Evolução das técnicas de produção de mapas - Aplicações	93
4.1. Representação topográfica (referência).....	95
4.1.1. Carta de Referência	95
4.1.2. Mapa de Relevo	99
4.1.3. Modelo de Triangulação.....	107
4.1.4. Modelos Tridimensionais	110
Mapa Não-Foto-Realista.....	111
Mapa Foto-Realista	112
4.2. Representação de outros dados contínuos (temático).....	115
4.2.1 Isolinhas.....	115
4.2.2. Métodos de Interpolação	117
Polinómio Global.....	118
<i>Kernel</i> Suavizado.....	119
<i>Spline</i>	121
<i>Kriging</i>	123
Modelos Tridimensionais	125
4.3. Visualização para Ciência e Visualização para as massas	127
5. Considerações finais.....	130

VII. BIBLIOGRAFIA	134
VI. ANEXOS.....	143
Anexo I. Sistema de Coordenadas UTM.....	143
Anexo II. Mapa Topográfico.....	144
Anexo III. Mapas de Relevo.....	145
Anexo IV. TIN.....	147
Anexo V. Ambientes Não Foto-realistas.....	148
Anexo VI. Ambiente Realistas	149
Anexo VII. Isolinhas	150
Anexo VIII. Interpolações	151
Polinómio Local	151
Kernel Suavizado.....	152
Spline	153
Kriging.....	154
Anexo IX. Spline e Kriging Tridime	155

Índice de Figuras

Figura 1 - Particularidade dos dados geográficos. Fonte: Kraak 2010.....	24
Figura 2- Generalização da linha. (1) Selecção; (2) Simplificação; (3) Deslocamento; (4) Alisamento; (5) Realçamento	26
Figura 3 - Generalização de Pontos (1) Selecção; (2) Deslocamento; (3) Associação gráfica; (4) Abreviação; (5) Agregação; (6) Conversão em áreas	26
Figura 4 - Generalização de Polígonos (1) Selecção; (2) Simplificação; (3) Deslocamento; (4) Alisamento; (5) Realçamento; (6) Agregação; (7) Dissolução; (8) Segmentação; (9) Conversão para pontos; (10) Conversão para linhas	27
Figura 5- Escala Gráfica	29
Figura 6 - Variáveis de Jacques Bertin fonte: Universidade Estadual Paulista.....	32
Figura 7- 11 variáveis Visual de MacEachren, 2012.....	33
Figura 8 - Textura Grão e Arranjo. Adaptado MacEachren 2012	35
Figura 9 - Espectro Electro-Magnético Fonte: Connexions.org.....	35
Figura 10 - Sistema RGB	36
Figura 11- Sistema CMYK.....	37
Figura 12 - Pirâmide HSV	37
Figura 13 - Contraste de cor	39
Figura 14 - Esquerda apresenta lago com azul pouco saturado. Direita apresenta lago com azul saturado	40
Figura 15 - Modelo Géóide da Superfície da Terra. Fonte: http://www.asu.cas.cz	41
Figura 16- Géóide, Elipsoide e Superfície. Fonte: http://www.icsm.gov.au/	42
Figura 17 - <i>Datum</i> Local. Fonte: Illife	42
Figura 18 - Projecções (1) Azimutal; (2) Cilíndrica; (3) Cónica.....	44
Figura 19- Projecção de Mercator com imagem de satélite como mapa base.....	47
Figura 20 - Projecção de Gall Estereográfica.....	48
Figura 21 - Projecção de Peters Fonte: odtmaps	48
Figura 22- Mapa de Pontos - 1974 Fonte: Departamento de Geografia da Universidade de Santa Barbara.....	50
Figura 23- Impressão através de Pen Plotter. Fonte: Universidade de Nebraska.....	51
Figura 24 - Mapa de Minard que mostra o avanço de Napoleão pela Prússia. Neste elemento visual é apresentado o espaço, o tempo, as guerras e o número de morte dos soldados Franceses.	58
Figura 25 - Cubo espaço-temporal da informação retirada do Mapa de Minard Fonte: Kraak 2003	59
Figura 26 - Cubo espaço-temporal do Projecto de Kwan (2000).....	59
Figura 27- <i>Nexus</i> de actividade de Mark Gahegan, 2001	63
Figura 28- Processo de produção da informação e conhecimento geográfico de Mark Gahegan adaptado de: Gahegan (2001).....	66
Figura 29 – Domínios da Apresentação Adaptado: DiBiase 1990.....	67
Figura 30 - Cubo de informação, (cartography) ³ de MacEachren 1995	68
Figura 31 - Anaglifo da ponte de GoldenGate – São Francisco.....	84
Figura 32 - Banca imersiva de uma cidade.....	84

Figura 33 - Percepção binocular, onde cada uma da retina identifica uma informação Fonte: Kirschenbauer (2005)	84
Figura 34- Continuum Realidade - Virtualidade de Milgram Fonte: Azimu et al. 2001	86
Figura 35 - Mapa de Sombreamento (<i>hachures</i>) de dois vales do Parque de Yosemite - High Sierra de 1962 (François E. Matthes) Fonte: http://www.yosemite.ca.us/	95
Figura 36 Mapa Topográfico, maior resolução em anexo.....	97
Figura 37 - Mapa de Relevo de Monte Rigi de Fridolin Becker - ca. 1900 Fonte: http://www.reliefshading.com	100
Figura 38 - Sombreamento de Kitiro Tanaka de <i>Kagoshima</i> em <i>Kyushu</i> , Japão	101
Figura 39 - Mapa de Relevo Lake Flathead - Método de Relevo dos Alpes Suíços	102
Figura 40 – <i>Hillshade</i> do Lago Flathead, MT - Método dos Alpes Suíços	103
Figura 41 – Perspectiva Aérea do Lago Flathead, MT	104
Figura 42 – <i>Hillshade</i> homogeneizado e recortado do Lago Flathead, MT	104
Figura 43 - Relevo Lago Flathead - Método HDR	105
Figura 44 - <i>Hillshade automático</i> Lago Flathead, MT	106
Figura 45 - Triangulação de Delunay	107
Figura 46 - Mapa de Rede Irregular de Triângulos	109
Figura 47 - Ambiente não-foto-realista	112
Figura 48 - Ambiente Foto Realista	114
Figura 49 - Mapa de Isolinhas Precipitação	117
Figura 50 - Distribuição da Precipitação no Estado do Montana (2005-2012) através do Polinímio de 8°	119
Figura 51 - Distribuição da Precipitação no Estado do Montana (2005-2012) através do método de <i>Kernel</i>	121
Figura 52 - Distribuição da Precipitação no Estado do Montana (2005-2012) através do método de <i>Spline</i>	122
Figura 53 - SemiVariogramas dos 1934 dados de precipitação	124
Figura 54 - Distribuição da Precipitação no Estado do Montana (2005-2012) através do método de <i>Kriging</i>	125
Figura 55 - Superfícies de Interpolação a 3D	126

Tabelas

Tabela 1 - Projecções quanto à Geometria	46
Tabela 2 - Projecções quanto à forma preservada	46

Agradecimentos

A criação da dissertação foi um processo moroso, nervoso e por vezes desmotivante, quando nos debatemos com becos sem saída. Contudo, quando é feita sobre uma temática do nosso agrado é fácil sorrir e continuar com a mesma força do início, como foi o caso.

Apesar das atrocidades deste caminho, como o estrago do computador, que felizmente foi ultrapassada pela melhor maneira, muito confortada pelos amigos e colegas mais chegados.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Morgado, por ter embarcado, comigo, nesta jornada, sendo um tema particularmente novo, sendo esta a única temática que queria mesmo trabalhar. Todo o apoio que me deu, todas as palavras de força, material enviado e as conversas que tivemos foram tomados com a maior consideração. Ainda, pelo facto de me ter introduzido num projecto europeu espectacular – *Specular Cartography Project* - que me fez apaixonar, ainda mais por mapas. Da mesma forma agradeço ao Professor Doutor Philip Cabau, coordenador do projecto, que nas longas conversas sobre Cartografia antiga e Arte me elucidou para os pormenores dos mapas.

Agradeço também ao meu grande amigo, Igor da Silva Alçada, pelo apoio e pela ajuda na construção do Portal *Earth in Vision*, projecto sobre Cartografia que me iniciou na blogosfera e que levou a que tivesse referências em diversas revistas *online*.

Da mesma forma, ao Vítor de Castro e ao Doutor Jorge Leitão Santos, amigos de todo o sempre, que nas piores alturas me levaram a espairecer e que sempre estiveram presentes em todos os momentos da construção da dissertação. Igual forma à Joana Bonita e Joana Neto, que apesar da ausência, nunca faltaram com uma mensagem de encorajamento.

Não podia deixar de referir os meus amigos da Marinha Grande que, aquando do meu regresso me receberam de braços abertos, mesmo ao fim de 6 anos de ausência, em especial à Ágata Salvador, à Flora Carvalho e ao João Salcedas Rodrigues.

Por fim, expressamente obrigado Pai e Mãe por todos os esforços.

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Sempre existiu uma necessidade intrínseca ao Ser Humano de comunicar com os seus demais. É algo verdadeiramente notável, a forma como a comunicação oral entre os Seres da Antiguidade se foi desenvolvendo e aperfeiçoando, no sentido de permitir aos intervenientes progressivas melhorias na expressão de sentimentos, desejos, ideias, etc. A comunicação oral foi antecedida por outros métodos de divulgação e comunicação, tais como desenhos com a indicação da fonte de alimentos, nomeadamente a criação de “mapas” com a indicação de plantas comestíveis, e da localização dos animais para caça. Foi este o grande antepassado da Cartografia, sendo mesmo desenvolvida antes de uma comunicação oral de grande coerência. (J. B. Harley & Woodward, 1987)

A Cartografia, ou a “pré-Cartografia”, surge assim para organizar a colecção de alimentos e a estimação do território, a fim de que se possa desenvolver o Homem enquanto ser social.

A organização do Ser Humano em termos civilizacionais, com a ocupação de vastos territórios, trouxe igualmente um novo alento à Ciência dos Mapas, mostrando a capacidade comunicacional e organizacional daquela que viria a ser a Cartografia enquanto ciência, a necessidade de entendimento do planeta, a organização deste e também a organização do reino. Isto, maioritariamente proporcionado pelas grandes civilizações da Europa, Egipto e Ásia Menor.

Assim, para além do propósito da comunicação, a Cartografia cria outro objectivo mostrando o poder de cada nação, a identidade de um povo dentro das linhas desenhadas, e a ambição das futuras conquistas.

A nível gráfico, a produção cartográfica rege-se pela ausência de regras, como seria natural dada a diversidade cultural existente no mundo de ontem, o que leva a dificuldade acrescida na leitura e entendimento global do mapa.

A Idade Média mostra outra vertente dos mapas. Por esta altura, desenhavam-se mapas-mundo centrados na religião, principalmente nos territórios cristianizados, nos quais uma grande parte dos elementos gráficos do mapa retractavam locais sagrados e histórias bíblicas. O Clero mostrava o conhecimento do planeta que entendia à luz do conhecimento Cristão. (Barber & Harper, 2010)

Na Ásia, adoptavam-se outras vertentes da concepção do mapa, até porque existiam as grandes diferenças culturais entre aquelas que governavam aquele vasto território, criando assim uma dificuldade acrescida em resumir os movimentos cartográficos da Ásia em tendências. Porém, é possível a identificação de uma corrente cognitiva na leitura dos mapas devido à forma de como esses povos efectuavam leituras. Por exemplo, na China antiga, a leitura dos caracteres fazia-se num movimento de cima para baixo, o que influenciaria a forma de como aquele povo iria ler os mapas, igualmente de cima para baixo. Por sua vez, o povo Muçulmano lia documentos da direita para a esquerda. Já na Europa, é sabido que a leitura era feita da esquerda para a direita. Os mapas, nesta altura, eram orientados a leste, para a Terra Santa, e nos mapas de pequena escala eram centrados nesse mesmo local.

A evolução pacífica da Cartografia, na Idade Média, devido à produção de mapas apenas por meio de pintura e a existência de uma grande pressão social, foi contrastada pelo desenvolvimento da Cartografia no Renascimento.

A (r)evolução² da Cartografia no Renascimento teve uma força muito grande para o que vem a ser hoje a Ciência dos mapas. Grandes feitos foram criados e que ainda hoje são utilizados, como as projecções e a orientação a norte nos mapas, elevando a Cartografia da categoria da “Arte” para a categoria da Ciência devido à introdução da Matemática.

A (r)evolução da Cartografia no Renascimento mostrou ainda, quão importante era a Cartografia. Precisamente, a Cartografia teve uma função fundamental para os

² É de notar que existe uma diferenciação entre os termos evolução e revolução onde o primeiro é referido como um processo pacífico de variação e posterior adaptação ao que está em mudança e o segundo termo tem por si um revolta contra as ideias que são impostas e que por sim muda os comportamentos que acabam, depois, por ser aceites pelas sociedades. O dicionário de Língua Portuguesa define evolução como “*sequência de transformações lentas, afigurando-se orientadas em certa direcção*” e revolução como “*transformação profunda; insurreição destinada a modificar a política (...)*”

Descobrimientos e alargamento dos Impérios dos grandes reinados europeus, como Portugal, Reino Unido, Espanha, França, Holanda, Alemanha, etc.; mediante novos métodos de representação da informação e de uma representação mais precisa do planeta. Da mesma forma, era usada como meio de comunicação entre os diferentes povos, fazendo o mapa servir de veículo privilegiado de comunicação entre os demais povos. (J. B. Harley & Woodward, 1987; Harley, 1989)

A outra grande (r)evolução da Cartografia verificou-se no final do século XIX e século XX onde a tecnologia exerceu um papel maior, mudando a Sociedade e a Ciência. As novas formas de representar, o pensamento sobre o mapa, a litografia, o uso da cor, a análise exploratória, a fotografia aérea, etc. mudaram por completo os mapas. Isto porque, não só os tornaram mais apelativos à leitura, através das novas formas de os representar, por exemplo na utilização da cor para assinalar diferentes graus de intensidade de uma variável, revelando um pensamento sobre a forma de como é construído, como também são adoptadas novas formas de representação da informação. Ainda no decurso destas transformações também os mapas se tornaram mais acessíveis ao público, primeiro através da litologia, utilizada para multiplicar os mapas e assim providenciar uma maior divulgação como, mais tarde, através da impressão.

1.2. Objectivos

O estudo da Cartografia, em termos do seu objectivo e da representação gráfica, deve de ser feito com o seu devido enquadramento, não podendo ser analisada deslocada do meio em que está inserida. Para esta dissertação foi escolhido como período de investigação e de análise o século XX, pois demarca grandes mudanças tecnológicas onde se assistiu a uma automatização de um grande número de tarefas através de meios informáticos, havendo em poucas décadas, uma grande mudança na concepção do mapa.

É entendido que para o estudo da Geovisualização seja compreendido o percurso da Cartografia. Numerosas questões se foram colocando ao logo da leitura da bibliografia, tais como as referentes à evolução dos mapas; ao papel da tecnologia nesta evolução; acerca da influência da sociedade sobre os mapas e como é que a sociedade de consumo utilizava os mapas; como surgiu a Geovisualização e qual a sua ligação à Cartografia; quais as técnicas

e ferramentas utilizadas por ambas; qual o futuro dos mapas; como é que os mapas se foram alterando ao longo dos tempos; etc.

O desenvolvimento desta dissertação detém-se, numa primeira fase, no estudo da representação, tentando responder às questões acima descritas, para que seja conhecida a influência da Cartografia e das suas técnicas, fazendo ligação à Geovisualização e ao desenvolvimento deste campo científico, ilustrando as suas técnicas e ferramentas; e, numa segunda fase, a aplicação de técnicas de representação cartográfica e de Geovisualização, mostrando a diversidade de formas de representar a mesma variável e a sua utilidade consoante o objectivo a que o criador do mapa se propõe e ao público a que se destina o mapa.

1.3. Metodologia

Esta dissertação, como referido anteriormente, está organizada em duas partes. Uma primeira parte de teor teórico, composta pelos capítulos “Representação da Informação Geográfica” e “Geovisualização” e uma segunda parte de características eminentemente práticas, a que se dedica o capítulo “Evolução das Técnicas de Produção de Mapas: Aplicações”.

O primeiro capítulo teórico – “Representação da Informação Geográfica”, trata a análise da evolução da Cartografia do século XX, tecendo algumas influências da análise crítica do mapa. O capítulo é introduzido pelas técnicas do início de século XX, sendo feita uma divisão na década de 50 para delimitar as duas partes do século XX. Esta divisão é devida ao aparecimento de teses que assumiam a importância dos elementos gráficos para a melhor compreensão do mapa. Entre muitos estudos, um de grande importância foi *The Look of the Maps – Arthur Robinson (1952)*. A segunda metade do século foi fortemente marcada pelo aparecimento dos Sistemas de Informação Geográfica – (SIG), da Cartografia Automática e da Visualização Científica. Foram abordados os componentes dos mapas, a projecção, a cor, a generalização e a simbologia e o modo como estes eram entendidos pelo Homem para que o objectivo principal da Cartografia – a comunicação da informação – fosse transmitido sem grandes esforços.

O segundo capítulo teórico reporta-se à “Geovisualização”, sendo este introduzido por uma explicação o surgimento da importância da Visualização Científica e da Análise Exploratória de Dados até à criação da Geovisualização, por Alan MacEachren em 1994. É desenvolvido neste capítulo a formação do campo científico da Geovisualização, e as técnicas e ferramentas destes.

Por fim, o capítulo – “Evolução das Técnicas de Produção de Mapas: Aplicações” é referente à parte prática, e consiste num conjunto de mapas que se produziu com o intuito de mostrar a importância e o impacto das técnicas cartográficas sublinhando a evolução resultante da representação da forma do mapa.

Os mapas apresentados foram criados por diversos *softwares* – de SIG, o ArcGIS e de desenho, o pacote criativo da Adobe. Para a criação da base do mapa e organização da informação, foi utilizado o ArcMap. Para a visualização de dados tridimensionais, foi utilizado um módulo do ArcMap, o ArcScene e o Cinema 4D, e para a manipulação e arranjo final do mapa, foram utilizados o Adobe Illustrator, o Adobe Photoshop e o Adobe After Effects, para os elementos de vídeo.

Os dados utilizados para a construção dos mapas são disponibilizados gratuitamente, utilizando-se para a construção dos mapas de referência, Modelos Digitais de Terreno da USGS³ com um *pixel* de 10 metros, apresentando grande pormenor para a área de estudo, na qual foram criadas curvas de nível que serviram, posteriormente, de base para a criação dos restantes modelos de foro da topografia, da rede hidrográfica e a toponímia vectorial⁴. A informação foi retirada do visualizador fornecido pelo *site* oficial do instituto. Os dados referentes à rede viária e à população em formato vectorial são provenientes do Gabinete dos Censos dos Estados Unidos da América. A informação da ocupação do solo em formato matricial com *pixel* de 1 metro, foi fornecida pelo Departamento de Qualidade Ambiental do Estado do Montana⁵. Os dados referentes à precipitação são da NOAA⁶ em formato vectorial, tendo sido utilizada uma amostra reduzida de pontos 1934 para evitar sobre amostragem. Os dados são referentes a todo o Estado do Montana.

³ United States Geologic Survey

⁴ Constitui assim grande qualidade nos dados, sem preço e provenientes de uma instituição de renome internacional.

⁵ Montana Department of Environmental Quality

⁶ National Oceanic and Atmospheric Administration

A escolha da área de estudo, o Lago Flathead no Estado do Montana nos Estados Unidos da América surge devido a duas razões: a grande abundância de dados gratuitos e de qualidade fornecidos por instituições de renome, o que favorece a criação de mapas com qualidade, assim como a organização dos dados nas suas bases e armazenamento de dados na base de dados do autor; e a grande diversidade territorial dos Estados Unidos da América, assim como a sua dimensão, tornam o território mais apelativo evidenciando maiores diferenças quer em termos de relevo quer em termos de precipitação.

2. Representação da Informação Geográfica

2.1. Tendências da Representação Cartográfica a partir do século XX

A História conta que o século XX foi um século de grandes mudanças para o mundo, onde se assistiu à queda de Impérios, a grandes guerras entre potências mundiais, e a enormes mudanças de foro social, cultural e tecnológico. Não existe um acto único que possa marcar o século XX como acontece por exemplo com o século XVI que é fortemente marcado pelos descobrimentos. Ao contrário, o século XX é marcado por eventos a cada curto conjunto de anos. O Imperialismo dos primeiros anos do século, a Primeira Grande Guerra da década de 10, a depressão económica nos Estados Unidos da América dos anos 20, a Segunda Grande Guerra no final da década de 30, a Guerra Fria e a criação de alianças supra nacionais, etc. (Roberts, 1999) são alguns exemplos de eventos que poderiam definir o século. A diversidade de acontecimentos faz do século XX um século diferente dos restantes.

A Cartografia teve o seu grande desenvolvimento no século XX, apesar de alguns marcos importantes de séculos passados. O tão famoso mapa de John Snow e do mapeamento dos poços que potencializara a infestação de cólera nos habitantes Londrinos foi um destes marcos. Contudo, Snow à data, não detinha nem tecnologia nem técnicas, ou sequer os dados para construir um mapa com o potencial que lhe agora são conhecidos. Outro marco importante antecedente ao século XX foram as técnicas topográficas introduzidas pela família Cassini ao serviço da família real francesa, para o mapeamento de França, que mostraram ser não só precisas como também úteis, apesar da sua complexidade e que depois foram utilizadas para o mapeamento do grande Atlas global não concluído, do século XIX.

O século XX inicia-se com dois movimentos cartográficos bastante distintos. Por um lado, a componente científica trazido dos grandes matemáticos e astrónomos do século

XVIII e XIX, por outro lado a componente artística que era a que mais apelava às pessoas, nomeadamente os mapas humorísticos de Fred Rose e outros.

A Cartografia era, então, usada em diferentes ramos com diferentes intuitos: por um lado as técnicas utilizadas nos mapas de sátira, como uma arma silenciosa potenciadora de desconforto e ódio. O mapa de uma nação é, igualmente, visto como um símbolo patriótico nunca podendo ser profanado. Ao usar este tipo de mapas eram acesos rastilhos de polémica e conflito, e ainda, devido a técnicas usadas na fotografia era possível a sua reprodução em massa, através das técnicas de revelação do negativo, o que levava a que estes mapas fossem vistos por todos através o uso de técnicas como a litografia. O cartógrafo tinha então, um trabalho reduzido, e começa assim a produção em massa de mapas, assistindo-se à primeira grande inovação. O papel do Cartógrafo era agora, mais que antes, importante na consciencialização dos territórios à população, isto é, a ideia, o conceito e o desenho do cartógrafo transformava a mente das pessoas no que toca à organização do espaço. Por outro lado, a reprodução dos mapas, a consciencialização da população e o conhecimento do território permitiram um aumento do conhecimento sobre este, o que tornou o mapa num instrumento da guerra.

Contudo as técnicas de Fotografia não foram os únicos movimentos artísticos que influenciaram a Cartografia no início de século, o Movimento Impressionista teve também a sua importância. Este movimento, proveniente do século anterior (século XIX), caracterizava-se por representações que quebravam as, até então, regras das escolas de arte. Os artistas Impressionistas repararam que o Ser Humano observava o ambiente de maneira diferente consoante a sua iluminação, até que algo “prende a observação” e existe uma focagem naquele objecto, então os objectos à volta deste tornam-se, de certa forma, indistintos até que a concentração nesse primeiro objecto mude para outro objecto. As pinturas são criadas para captar esse momento de observação indistinta, antes de o objecto principal ficar inteiramente focado e se “espalhe” em detalhes (Benson, 2001). O Movimento Impressionista leva a que comecem a existir outras preocupações, primeiro, uma maior atenção aos movimentos do olho do Ser Humano e ao seu funcionamento, depois à escolha acertada das cores e a sua importância e por fim, a primeira quebra antropológica e social que a arte tem sobre o conteúdo e a emoção da imagem em si (Montello, 2002). Por fim, este movimento artístico em conjunto com a Fotografia (que trás

consigo um movimento realista) consistiu num catalisador para o novo olhar sobre a imagem e o seu conteúdo (Arnason, 1998; Montello, 2002).

Simultaneamente, um outro grupo de indivíduos debruçava-se sobre as técnicas de mapeamento topográficos. Os Militares Europeus herdaram do século passado a inspiração de criar mapas de relevo, o que é particularmente interessante pois denuncia uma primeira preocupação com o *Design* do mapa e a forma como este é apresentado. A inclusão de relevo, mesmo que fosse apenas para assinalar as serras mais importantes, levantava as primeiras pontas de uma preocupação acerca do reconhecimento do território por parte dos militares e Taylor, (1985) afirma, o começo, da primeira discussão sobre o objectivo do mapa, se serviria de objecto de comunicação ou não.

Por fim, o último factor com relevância para a Cartografia, é a mudança social e científica verificada e, que resulta num pensamento mais racional e coerente sobre a importância das coisas. Não se trata de um debruçar sobre a metafísica em si, mas o pensamento científico como forma dominante de entendimento do mundo que nos rodeia, inclusivamente o estudo exaustivo do Ser Humano.

Vários cartógrafos começam, então, a direccionar o seu objecto de estudo para uma área mais antropológica, e/ou psicofisiológica (Edney, 2007). Mas os seus resultados ainda não detinham uma dinâmica sustentável devido ao facto de a Psicologia ser um campo científico relativamente recente, tendo sido reconhecida enquanto Ciência no final do século XIX. (Montello, 2002)

Em suma, a Cartografia, no início do século XX, ficou marcada pelo Movimento de Arte Impressionista que teve contudo origem no século anterior assim como pelas técnicas de Fotografia que levaram por um lado, a um pensamento mais profundo sobre a questão da imagem e por um outro lado permitiram que os mapas fossem reproduzidos para as massas; ainda num lado artístico, os movimentos de militares Europeus ambicionavam um novo *design* para os mapas com a inclusão de relevo, permitindo assim levar o mapa ao objectivo da comunicação e ainda uma alteração na concepção do mesmo. Num outro campo tínhamos a Cartografia Temática que dava os primeiros passos na representação da noção de espaço e da distribuição das variáveis. Ainda, a ambição da propaganda política através da Cartografia que teve a sua origem no final do século XIX e teve o seu apogeu na

primeira metade do século XX, exponenciado com as Grandes Guerras e, por fim, a credibilização do pensamento científico.

A década de 50 foi marcada por diversos avanços tecnológicos. O ano de 1952 ficou marcado com o lançamento da dissertação *The Look of the Maps* de Arthur Robinson, que teve relevante importância na parte cognitiva da Cartografia e sobretudo num dos seus grandes pressupostos “*o mapa serve como um elemento comunicador para as pessoas*” e não como uma peça de arte. Para tal, haviam elementos que deveriam de ser estudados, compreendidos e previstos, entre os quais se encontram a cor, a simbologia, a estrutura e a tipografia. Para isso era fundamental conhecer e prever a reacção dos leitores de mapas, para que a mensagem fosse transmitida com sucesso. (McMaster & McMaster, 2002)

Robinson dá, então, importância repartida à técnica usada na criação do mapa assim como à forma de como é usada essa mesma técnica, para que a quantidade de arte imposta num mapa não seja apenas uma questão de semântica, mas sim uma questão de lógica, como se ambas funcionassem em conjunto. Na realidade é ilógico pensar de outra forma, visto que, uma peça cartográfica não faz sentido sem uma representação gráfica, contudo confirma a dificuldade em criar o melhor ambiente visual para a informação.

É então que a Cartografia se vira para o lado do leitor e concentra a sua investigação do lado mais psicofisiológico deixando, em parte, a criação de mapas para o conjunto de técnicas, que em muito influenciaram a segunda metade do século XX.

Com a Segunda Grande Guerra, o mapeamento do território começou a englobar as fotografias aéreas para sua análise, algo que, já tinha sido utilizado mas nunca em grande escala devido ao elevado preço e dificuldades nas técnicas fotográficas. Foi esta a primeira forma relatada de Detecção Remota. Contudo, esta técnica não ficava por aqui, pois com a ambição trazida durante a Guerra Fria, veio também a ambição pela exploração espacial. Em 1957, o primeiro ser vivo entra no espaço, e com este avanço tecnológico veio também a exploração do território inimigo assim como uma grande vantagem. O poder visualizar e estudar as imagens da Terra a uma altitude considerável, sem necessidade de contacto directo, e perceber o mosaico do uso e ocupação do solo constituiu um argumento técnico, científico e geopolítico de inestimada importância e sobretudo poder.

A acompanhar as tentativas espaciais do pós-guerra, veio também o computador, como ainda é conhecido hoje, pelas mãos de John van Newmann, embora com dimensões diferentes, consistindo numa memória onde se permite armazenar programas no mesmo espaço que os dados e uma unidade de processamento para utilizar quando tiver a operar esses dados.

Os cientistas que operavam com mapas seguem o mesmo rumo e em 1957, um grupo constituído por grupo de meteorologistas Suecos e biólogos Britânicos criam o primeiro mapa digital conhecido. É certo que é um marco histórico, mas apenas o primeiro no que viria a ser o mapeamento digital que se separaria, em parte, da Cartografia Moderna. Anos mais tarde, em 1963 Roger Tomlinson e os seus colegas desenvolveram um sistema digital de informação geográfica para o Canadá, o que viria a originar o que actualmente conhecemos pelo acrónimo de SIG. É partir deste momento que nasceu a possibilidade de ser uma máquina a criar o mapa e não necessariamente o Cartógrafo.

As ferramentas SIG foram desenvolvidas não só por cartógrafos mas também informáticos. Os países mais inovadores olhavam com bons olhos para estas ferramentas SIG. Regista-se ainda os seguintes acontecimentos marcantes para o mapeamento digital, o desenvolvimento, pela Universidade de Harvard, do SYMAP (*Synteny Mapping and Analysis Program*) que constitui na primeira imagem *Raster* num SIG, na criação do DIME (*Dual Independent Map Encoding*) que corresponde à primeira base de dados digital criada pelo departamento de Censos dos Estados Unidos da América, na criação da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) que viria a ser a empresa de *software* SIG mais conhecido do mundo e na produção de Cartografia, e por fim, o lançamento do Satélite *LandSat 1* (originalmente chamado de ERTS – *Earth Resources Technology Satelites*). (Longley, *et al.* 2004)

Foi no decurso destes acontecimentos que ocorreu a divisão entre a Cartografia e os SIG, apesar de ambos se complementarem, algo que o utilizador se esquece. É que para além de partilharem a mesma base, ambos são necessários para a perfeita construção do mapa. A Cartografia segue, a partir dos anos 70 um caminho mais teórico, sempre

auxiliando a Ciência da Informação Geográfica⁷, ciência essa que fornece corpo teórico aos SIG que procuram arranjar técnicas para o estudo das variáveis que são presentes.

A fechar o século e até à actual data, surgiu e tem vindo a crescer uma sociedade que vive no que Castells apelidou de Era da informação (Castells, 2000). Os computadores tornaram-se ubíquos, assim como a necessidade de consumo de dados. A área financeira bombardeia diariamente a sociedade de consumo com dados e estudos, assim como a área de saúde, de publicidade e marketing, da comunicação sem nunca poder esquecer que a área das ciências naturais e sociais são as maiores consumidoras. O volume de dados disponíveis tem vindo a aumentar e a tendência é que continue (Keim, *et al.* 2005). Para a sua total compreensão são necessárias cada vez mais técnicas e ferramentas que permitam essa leitura de um modo eficaz e eficiente. Os próprios mapas tornaram-se ubíquos e nunca foram usados tantos mapas como são usados actualmente, tanto que, muitas das vezes são utilizados de forma indevida.

Em suma, é visível a delimitação das tendências da Cartografia em 2 grandes grupos. Por um lado, as grandes influências sociais, artísticas e metafísicas do início do século XX, com as Grandes Guerras a marcar os feitos tecnológicos; por outro lado, a década de 50 que assinala o momento de transição para a Cartografia Moderna, em que existe uma grande revolução tecnológica, desde a fotografia aérea ao lançamento de satélites para o espaço, assim como está bem presente, uma grande revolução, no que respeita a novas técnicas de análise, a um novo tipo de pensamento, mais quantitativo, e a passagem para uma era completamente informatizada e automática que revolucionou toda a comunidade científica e também a sociedade.

⁷ Área de Investigação que procura redefinir conceitos geográficos e o seu contexto nos SIG. Estuda ainda os impactos dos SIG na Sociedade assim como as temáticas que se relacionam com o espaço, como a Cartografia e a Geodesia. É a ciência que dá a teoria e fornece as técnicas e ferramentas necessária aos SIG. (Kemp, 2008)

2.2. Componentes na Representação da Informação

O contexto de evolução do século passado permitiu que não houvesse apenas uma transformação nas técnicas de concepção de mapas. Antes pelo contrário, as transformações fizeram-se sentir em vários dos procedimentos inerentes à concepção de mapas nomeadamente na forma de aquisição da informação e até no armazenamento e tipo de dados. Uma das grandes inovações que os SIG trouxeram para a criação de mapas está na criação de bases de dados geográficas, que veio permitir entre muitas outras coisas armazenar todo o tipo de atributos geográficos. Os dados têm um referencial espacial e todos os atributos inerentes podem ser agregados aos dados existentes. Acresce ainda, a capacidade de criar relações entre os dados, o que significa uma consistência da informação acrescida, apesar de haver um lapso temporal entre a aquisição das mesmas informações, algo que é, por vezes, facilmente ignorado (M. J. Kraak & Ormeling, 2010).

A particularidade dos dados geográficos é mesmo essa: o facto de conterem informação adjacente o que lhes confere uma profundidade de estudo, isto é, uma localização espacial, mas também temporal e o atributo *per si*. Os dados são retirados do mundo real onde se localizam num determinado lugar, e são abstraídos através de modelos geográficos para um referencial x,y,z onde depois através de selecção de regras de representação cartográfica são mostrados em dispositivos digitais, isto porque a tecnologia nos permite que os mapas sejam vistos primeiramente “*on screen*” assim como a sua alteração é imediata permitindo ainda alguma interactividade (*zoom e panning*) no mapa, sendo esta uma das grandes vantagens que as técnicas de SIG trouxeram aos mapas.

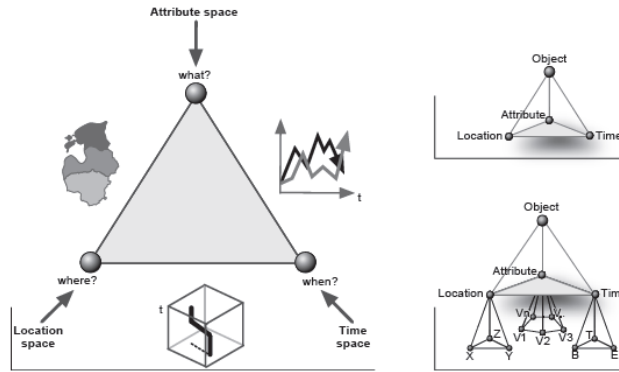


Figura 1 - Particularidade dos dados geográficos. Fonte: Kraak 2010

Os dados geográficos têm diferentes formas de aquisição. Podem ser levantados directamente no terreno através de diferentes metodologias, ou adquiridos através de fotogrametria. Actualmente existem diversas técnicas e instrumentos que permitem fazer os diferentes métodos de levantamento de dados. Para além do levantamento de GPS (*Global Positioning System*) e de digitalização de Cartografia Antiga, os dados ainda podem ser adquiridos via satélite, fotografia aérea de grande definição, com o tamanho de célula inferior a 1 metro, e através de modelos geográficos.

Apesar dos dados serem o elemento base da construção do mapa existem outros aspectos tão importantes quanto este, a saber: generalização da informação, a simbologia e a representação (Mei & Li, 2008), Monmonier (1991) acrescenta ainda a escala e a projecção como elementos básicos para a representação da informação e que cada um destes elementos corresponde a uma distorção e que, como um grupo representam as possibilidades e as limitações de um mapa. Claro que a isto terá de ser agregado a toda a questão dos dados, com toda a sua limitação, percebendo que no fim o mapa consiste numa visão e uma representação do território.

2.2.1. Importância da Generalização de Informação para Cartografia

Se houvesse o desejo de incluir no mapa toda a informação de um País isso seria impossível. E isto aconteceria por diversas razões, primeiro porque não existe *toda* a informação disponível e depois porque seria impossível juntar um grande número de informação num espaço tão reduzido como o *Framework* do mapa e também, mesmo que

se pense em recriar um mapa com escala 1:1 isso seria completamente ilógico, pois seria a mesma coisa que cobrir toda a área de estudo com folhas de papel (caso a ideia fosse desenhar o mapa) ou um ficheiro assustadoramente pesado (caso os computadores conseguissem armazenar essa quantia de informação). De qualquer das formas, qualquer *output* que resultasse disto seria um desastre.

O mapa é visto como resultado da necessidade de *simplificar* a realidade e conseqüentemente, a informação que deverá ser usada no mapa. Esta simplificação refere-se a uma questão gráfica da informação à qual é chamada de *generalização cartográfica*, e que é entendida como a selecção e simplificação da representação do detalhe consoante a escala ou o propósito do dispositivo (Shea, 1988). Tyner (2010) acrescenta ainda, o símbolo como parte integrante da definição de generalização, afirmando que este tem de ser também seleccionado consoante o propósito e o uso. A necessidade do uso de técnicas de generalização cartográfica advém, como foi apresentado supra, por uma necessidade de clareza visual, de respeito pelas distâncias entre os elementos visuais, não haver problemas com sobreposição desnecessária de informação que suprima a transferência da mensagem do mapa. Essa clareza na disposição dos elementos gráficos no mapa tem um “problema”, pois estes ocupam, proporcionalmente, mais espaço no mapa que ocupam no mundo real, mas o propósito é a sua representação. Tal facto leva a ocorrência de sobreposição de informação. Nestes casos, restam ao técnico duas opções: deslocar o atributo para que seja visível, continuando adjacente ao que ocupou o seu lugar ou então a omissão se a necessidade assim o permitir. Pode ainda haver uma terceira opção que é a diminuição do tamanho do elemento gráfico e assim haver um reajustamento das variáveis, contudo esta opção pode não ser possível; por exemplo, imaginando um mapa de estradas com uma linha de tamanho de 1 ponto⁸ esse tamanho pode ser irreduzível em prol da clareza visual. Contudo, havendo regras e linhas mestres, a generalização depende sempre do cartógrafo, e nunca deverá ser tomada como uma tarefa de aproximação fácil, e operada com facilitismos.

⁸ Ponto, medida usada, normalmente, em desenho vectorial corresponde a 0,3527mm

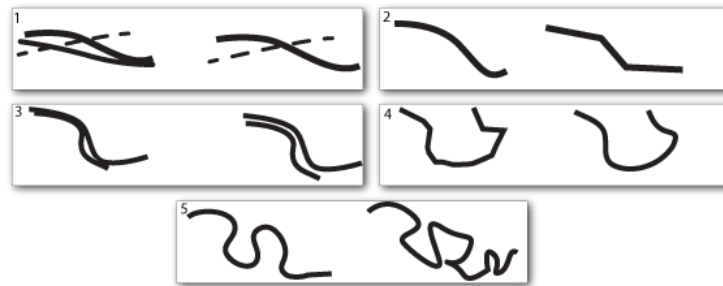


Figura 2- Generalização da linha. (1) Seleccção; (2) Simplificação; (3) Deslocamento; (4) Alisamento; (5) Realçamento

Adaptado: Monmonsier (1991)

Consoante o tipo de elemento gráfico que estamos a usar existem diferentes tipos de generalização. Se o elemento for uma linha (figura 2) existe então 5 formas diferentes de generalização: 1) a selecção, que consiste na supressão de elementos que não constituem um propósito ou usabilidade no mapa; 2) a simplificação, que consiste na supressão de vértices na linha que está a ser construída em prol da melhor clareza; 3) o deslocamento, que consiste exactamente em mover a linha para não existir aglutinação, havendo assim uma distinção entre os elementos; 4) o alisamento da linha, que consiste na redução de dureza e ângulos na linha tornando-a mais curva, mais suave à visão e por fim 5) o realçar da linha dando um aspecto mais real, atribuindo ângulos e dureza, em parte funciona como um inverso do alisamento.

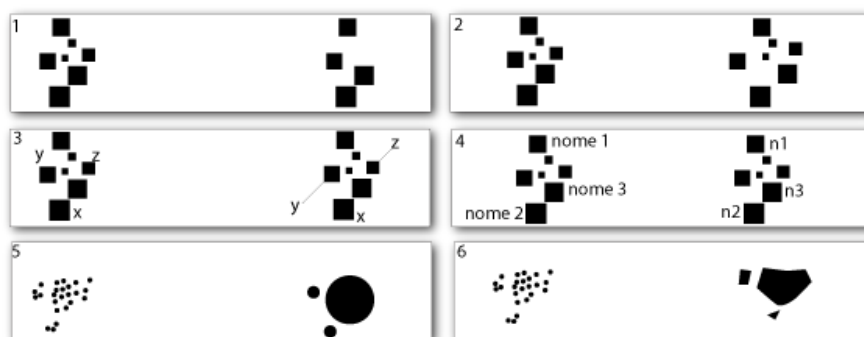


Figura 3 - Generalização de Pontos (1) Seleccção; (2) Deslocamento; (3) Associação gráfica; (4) Abreviação; (5) Agregação; (6) Conversão em áreas

Adaptado: Monmonsier (1991)

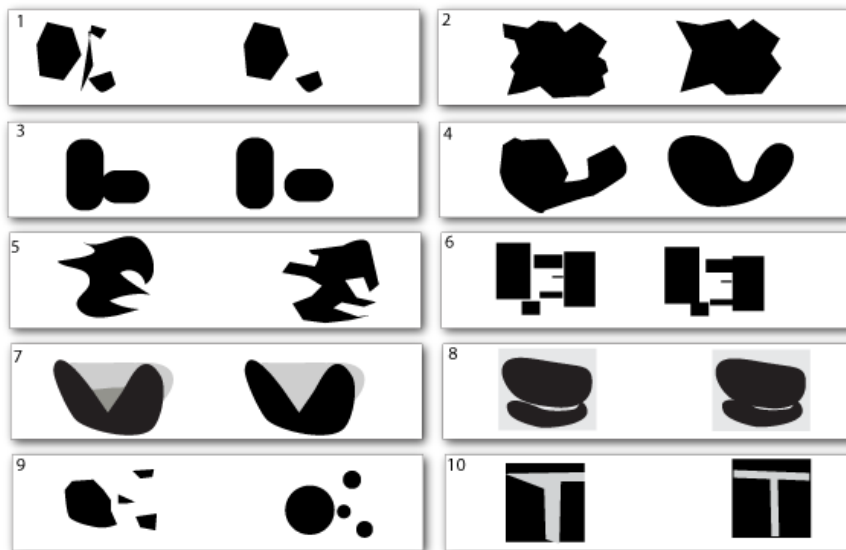


Figura 4 - Generalização de Polígonos (1) Selecção; (2) Simplificação; (3) Deslocamento; (4) Alisamento; (5) Realçamento; (6) Agregação; (7) Dissolução; (8) Segmentação; (9) Conversão para pontos; (10) Conversão para linhas

Adaptado: Monmonsier (1991)

No que respeita aos pontos (figura 3) existem 6 formas diferentes de generalizar a informação onde apenas duas são semelhantes à anterior: selecção e deslocamento, constam ainda a associação gráfica que corresponde à associação através de uma linha ou um código para criar uma referência para que essa entidade possa ser identificada sem problemas por parte do leitor, a abreviação, que como o próprio nome indica é a abreviação das referências ou etiquetas que esses dados pontuais contêm e por fim, a agregação quando existem muitos elementos juntos quase aglutinando-se e que podem transformar-se ou num elemento pontual maior ou então numa área, nesse caso chamando-se conversão de área. Estes dois últimos métodos de generalização são úteis e funcionam bem quando existe demasiado detalhe no mapa, e o sistema cognitivo do leitor entende aquela informação como “ruído” visual, acabando por não focar em lugar nenhum, ou retirando uma ideia errada sobre os dados. É necessário ter em atenção, principalmente com dados visuais pequenos, que a concentração é facilmente perdida e os elementos perdem-se assim como a mensagem que está a ser transmitida. A necessidade então será a de recriar de forma mais simplista, se for mesmo necessário, variáveis gráficas que permitam a leitura mais rápida e igualmente eficaz de modo a que tal situação seja evitada.

No que respeita à generalização dos polígonos (figura 4) repetem-se então as formas de: selecção, simplificação, deslocamento, alisamento, realce, agregação, acrescentando agora a dissolução que consiste na supressão de áreas muitas pequenas que possam existir no mapa que devido ao seu tamanho em nada contribuem para a sua leitura ou entendimento e apenas causam peso no ficheiro, em caso de digital, ou um ligeiro “ruído” visual em formato digital e em papel. A segmentação que consiste na supressão de uma parte de um polígono que pela mesma razão da dimensão reduzida não contribui para a leitura e que pode ser apagado ficando então repartido em dois polígonos, a conversão em pontos, quando os polígonos tem dimensões pequenas e encontram-se particularmente isolados e podem ser convertidos em elementos gráficos pontuais para facilidade da leitura e a organização do espaço no mapa e por fim a conversão em linhas, que pela mesma razão anterior a dimensão do polígono pode ser convertido em linha para uma melhor leitura e organização.

Além dos procedimentos acima descritos para a correcta generalização existem ainda outros dois factores sobre a generalização que merecem uma atenção redobrada. É perceptível o “quando” se procede à generalização da informação, primeiro à passagem do mundo real para o digital, mas também quando na construção do mapa, o cartógrafo se depara com problemas visuais das variáveis, nomeadamente a congestão de variáveis. Apesar de não haver sobreposição existe um grande número de variáveis juntas provocando confusão, coalescência, conflitos, complicações e inconsistência nas leituras. Todas estas situações levam o cartógrafo a generalizar a informação, pois no final, o objectivo da generalização é a satisfação de um determinado requerimento de um produto visual que consiste em três factores clareza, escala e audiência. Também, existe a necessidade de neutralizar quaisquer consequências indesejáveis de redução de escala, como é perceptível, e para isso o cartógrafo procura reduzir a complexidade, entendida aqui como o número de variáveis que estão no mapa, assim como a sua variedade. Duas regras da Cartografia são a do minimalismo e da substancia. Só deve ser represando o que for essencial à comunicação clara do tema ou temas aos leitores.

A manutenção da qualidade estética e da hierarquia lógica são dois pontos que devem manter a sua lógica inicial, a primeira à qualidade estética do mapa, incluindo todos os balanços de *design* e a segunda hierarquia lógica é referente à qualidade hierárquica das

entidades que estão a ser projectadas. Existe por fim, a necessidade de conservação de espaço, quer no mapa, quer no sistema em que ele está a ser concebido.

Apesar dos processos automáticos de generalização que hoje se encontram presentes nos diversos *softwares* de criação de mapas, esses devem ser executados com cautela, pois não só eles se baseiam em pontos aleatórios muitas das vezes não fazendo o que é necessário, como também, neste caso, não são algoritmos de aprendizagem. Este processo deverá ser executado com atenção tendo em conta as linhas mestres que são fornecidas e tendo o objectivo do mapa sempre em vista assim como a audiência.

2.2.2. Escala e Leitura

Em todo o desenho feito em Cartografia é aplicado uma escala para que o Mundo real possa ser gerido num *Framework*, onde por norma é aplicado o quociente para representar a escala, 1:25000, 1:50000, etc.

É esta a unidade de comparação entre o mundo real e o mundo do mapa, onde o leitor ganha noção da dimensão da porção de território que está em uso. Utilizando os exemplos de cima, um centímetro no mapa corresponde a 25000 cm ou 50000 cm na realidade, ou seja 250 m e 500 m, respectivamente. O que tem grandes efeitos na leitura do mapa e igualmente na questão da generalização apresentada anteriormente.

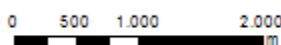


Figura 5- Escala Gráfica

A escala pode ser apresentada de forma numérica (1/25000 ou 1:25000) ou sobre uma forma gráfica (figura 5), mas a sua conceptualização tem de ser igualmente pensada. Em Portugal e na Europa é convenção utilizar escalas com 1,2,5 e 0, e nos países de língua inglesa, como é utilizado outro sistema métrico os pés (sendo representado sob a forma 9 600, 24 000, 62 500, etc.). Monmonsier (1991) afirma que as escalas gráficas são, não só as que mais ajudam como também as mais seguras de utilização, pois dão de imediato uma noção da distância assim como a unidade de medida pode ser escolhida pelo cartógrafo. Contudo o espaço que esta ocupa na *Framework* do mapa tem de ser ponderada, pois deve ter uma dimensão ideal (proporcional com o tamanho do mapa e dos elementos

representados nele) contudo não existe nenhuma forma que indique qual o tamanho que deve ter. É o bom senso que deve imperar.

2.2.3. Variáveis visuais - semiótica

A semiótica define-se, num sentido lato, como a área de estudo que investiga a natureza dos sinais ou signos e as leis que os regem (Chandler, 2007). Os signos, por si, já não contêm uma definição tão simples, porque podem ser “um tudo ou nada”, isto é, podem ser um odor, um sabor, um som, um acto ou um objecto, um elemento que tem um significado semelhante em todas as sociedades, ou que, apenas, é-lhe atribuído um significado. Tudo pode ser um signo desde que lhe seja atribuído essa atenção e estudo, que por outras palavras, alguém lhe dê um significado.

O fundador da semiótica moderna, Charles Sanders Peirce afirma que qualquer signo tem 3 características, um meio material, um objecto de designação e um conjunto de regras de interpretação determinadas pelo Homem. Ora, a semiótica rege o mundo visual com regras para que exista pelo menos um vínculo, assim como existe na linguagem, para que sejam transmitidas todas e quaisquer mensagens que possam ser enviadas por meio de gráficos.

Existe ainda um modelo de semiótica que merece particular destaque. Foi proposto por MacEachren e afirma que, o signo é composto por 3 elementos que funcionam como uma cadeia, 1) o intérprete, que é um conceito ou um significado a quem o veículo do signo refere; 2) o veículo do signo que é uma expressão e um termo neutro que transporta o signo e por fim 3) o referente que consiste no objecto que recebe a mensagem via esta transmissão que representa um objecto do mundo real.

Contudo, um signo pode conter vários aspectos. Sebeok (1978) caracteriza dentro dos signos 6 aspectos: 1) ícone, que é uma imagem que tem uma forte semelhança com o veículo do signo, por exemplo a utilização de um peixe para designar o nome de uma loja de pesca, isto é existe uma forte semelhança entre o veículo e o referente; 2) o indicador, que é uma referência directa, isto porque existe uma influência muito forte sobre o veículo de signo, o que por si cria uma ligação muito forte entre o referente e o veículo de signo, como por exemplo uma fotografia; 3) um símbolo, onde a relação entre o veículo do signo

e o referente é parte motivada, parte convencional, por outras palavras um símbolo representa uma regra, por exemplo o uso da imagem de saída de emergência, ou os elementos gráficos da norma ISO 7001; 4) um sinal, que por qualquer maneira acciona uma reacção ao receptor da imagem, como os sinais de trânsito; 5) um sintoma, um signo não arbitrário, onde é estabelecida uma relação entre o interpretante e o veículo do sinal, onde por exemplo, qualquer *senal* que possa dar uma assunção de riqueza ou pobreza; e por fim, 6) o nome que é o signo mais comum e básico que existe, a indicação de um nome como elemento identificador por parte de um grupo de pessoas.

Os signos apresentam ainda 4 dicotomias de propriedades a saber: 1) monossemia e polissemia, que por outras palavras, significam precisão e ambiguidade; 2) explícitos ou implícitos, 3) conscientes ou inconscientes ou ainda denotativos ou 4) exactos e conotativos ou associativos. Contudo numa visão mais moderna da Semiótica, esta aproximação não poderá ser vista de uma forma tão rígida, principalmente se for vista sobre a visão da Cartografia.

Os mapas actuais não apresentam um tipo de propriedade ou outro (exclusão), no sentido de existir uma determinada ambiguidade, quando analisados sozinhos, mas no contexto do tema ou temas é perceptível o seu sentido. Sendo a Geografia uma ciência do espaço e do tempo (Robinson 2013), e os mapas revelando fenómenos geográficos generalizados, numa visão pós-moderna a simbologia dos mapas apresenta vários elementos com várias propriedades sendo a sua utilização mais ambígua, o que vai contra a precisão de símbolos que é exigida pela Ciência Clássica. Regendo-se assim, por teorias pós-modernas, deixando de lado o mito que a Ciência deveria ter signos exactos para a sua total compreensão.

Uma outra aproximação à teoria da semiótica, principalmente se for relacionada com a Cartografia, é a natureza simbólica dos mapas, o que nos leva uma a relação de 3 dimensões da semiose⁹ proposta por Morris (1938): 1) a sintáctica (diferente de sintaxe) que refere as relações que existem entre os signos, onde pode ser também chamada de sistema de signos. Ora, na análise de um mapa consiste a leitura de um conjunto de regras que são formadas com a interacção dos signos, assim como o estudo da sintaxe da simbologia; 2) a semântica que revela o objecto ou conceito a que o veículo de signo se

⁹ Termo proposto por Charles Sanders Peirce para o processo de atribuição de significados.

Mais tarde, vários autores criaram a sua própria classificação de variáveis visuais. MacEachren alegava que as classificações apresentadas por Bertin tinham uma incoerência no que respeitava à cor, isto porque a cor é constituída por três factores que podiam ser vistos e usados como elementos separados, a tonalidade, a saturação e o valor, assim como a inclusão de uma variável de foco ou *fuziness* (que se apresentam aqui como qualidades opostas) e transparência, tomando assim um total de 11 variáveis visuais que podem ser usadas como sinais. (Figura 7)

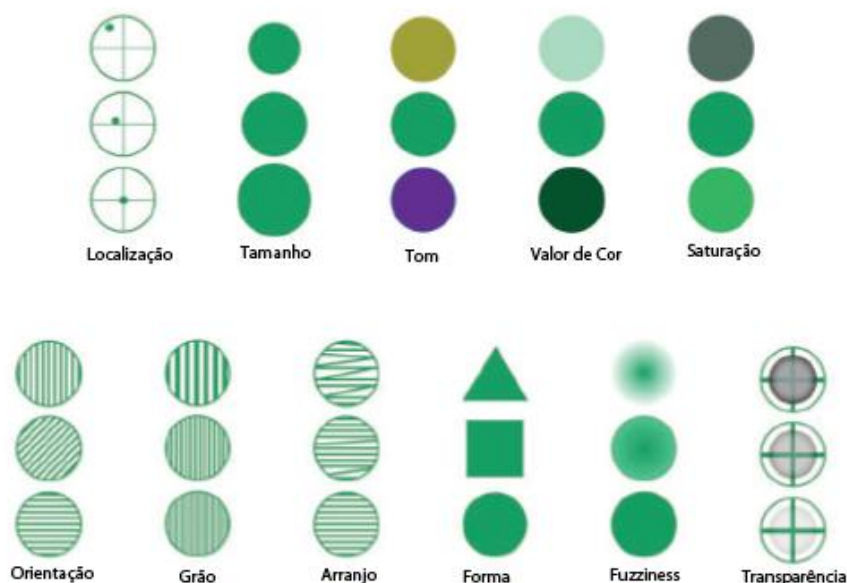


Figura 7- 11 variáveis Visual de MacEachren, 2012

2.2.3.1. Tamanho

O tamanho é uma das variáveis visuais que podem ser utilizadas num documento cartográfico, onde a sua principal propriedade hierarquia revela uma ordenação da informação.

Não existem regras muito rígidas na utilização desta propriedade a menos que se esteja a usar elementos proporcionais, como no caso dos círculos proporcionais para a representação de população, aí existem regras básicas para a correcta construção do mesmo.

É necessário também tomar alguma atenção aquando da utilização de uma variável deste género, principalmente no que respeita ao elemento mais pequeno e ao elemento maior. As suas dimensões não podem ser excessivamente pequenas nem excessivamente

grandes, pois prejudica a leitura na medida em que se assiste a uma ilegibilidade do elemento. O mesmo acontece quando elementos demasiado grandes evocam toda a atenção para si, estando mesmo a obstruir a canalização visual de outros elementos.

2.2.3.2. Orientação, Forma e Posição

Nestes atributos gráficos não existe qualquer regra rígida de construção ou, na realidade, quaisquer regras.

A orientação refere-se, no caso de atributos geográficos pontuais, à orientação do ponto, isto se tiver forma e se não apresentar uma forma redonda, no caso de um atributo linear ou um polígono representa a orientação da textura da qual é preenchida. O atributo referente à forma representa exactamente o que a entidade apresenta. Dependendo do seu formato, os pontos podem ser representados por diferentes tipos de geometria, as linhas podem ser preenchidas ou não e os polígonos podem ter as mais variadíssimas formas isto porque por norma não têm um formato regular. A posição refere o lugar que eles ocupam.

2.2.2.3. Textura, Transparência e *Fuziness*

Estes atributos visuais apresentam uma maior complexidade, nomeadamente a textura, devido às propriedades que apresenta.

A propriedade *fuzzy* concede ao atributo uma apresentação de fronteiras não rígidas, ou seja, dá a prioridade ao criador do mapa se a preferência está em apresentar um atributo em forma de mancha, ou numa forma rígida e geométrica. Poderá haver variáveis nominais que tenham um melhor entendimento se for usada esta prioridade, simplesmente por ficar “mais agradável” à vista do leitor. O mesmo acontece com a transparência, principalmente se estiver a ser utilizado iconografia, pois o ícone pode ter uma presença imprescindível no mapa, assim como um tamanho irreduzível e o cartógrafo poderá optar, caso seja harmonioso a colocação de uma transparência no elemento visual.

A textura (figura 8) por sua vez revela uma propriedade de preenchimento de uma entidade geográfica, onde existe uma orientação da textura, um preenchimento e ainda um arranjo, podendo incluir um padrão sistemático, ou não, de formas geométricas ou linhas,

onde existem no mínimo duas cores, a cor do fundo e a cor do padrão. A sua junção tem de dar um valor de contraste elevado para que a sua visualização seja conseguida porque de contrário o resultado poderá ser uma mancha indefinida de cores. O mais correcto será utilizar um conjunto de branco de fundo e preto de padrão, que contem o maior valor de contraste. Pode ainda ser utilizado uma textura palpável, caso o propósito do mapa seja a impressão, tarefa apenas conseguidas com o material necessário de impressão.

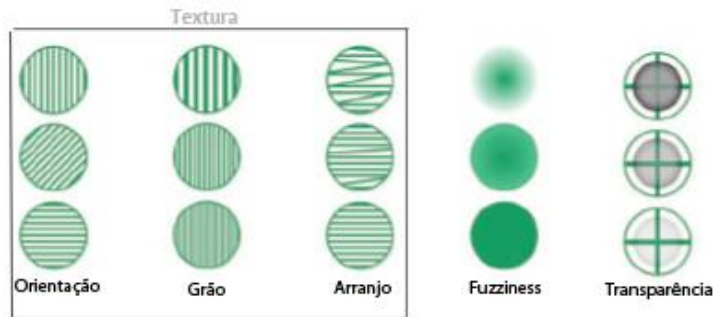


Figura 8 - Textura Grão e Arranjo. Adaptado MacEachren 2012

2.2.3.4. Cor

A cor é um dos atributos visuais mais importantes e complexos de todos, não só pela sua variedade mas também pelos diferentes significados que adquire nas diferentes sociedades e culturas. Por exemplo nas culturas ocidentais encontramos o preto associado à morte - na Índia encontramos o branco para o mesmo efeito; nos sinais de viação encontramos o azul como obrigatório em Cartografia está quase sempre associado a uma massa de água. É difícil de imaginar o mundo sem cor, é o elemento mais importante da imagem, aquele que concede e transmite a mensagem.

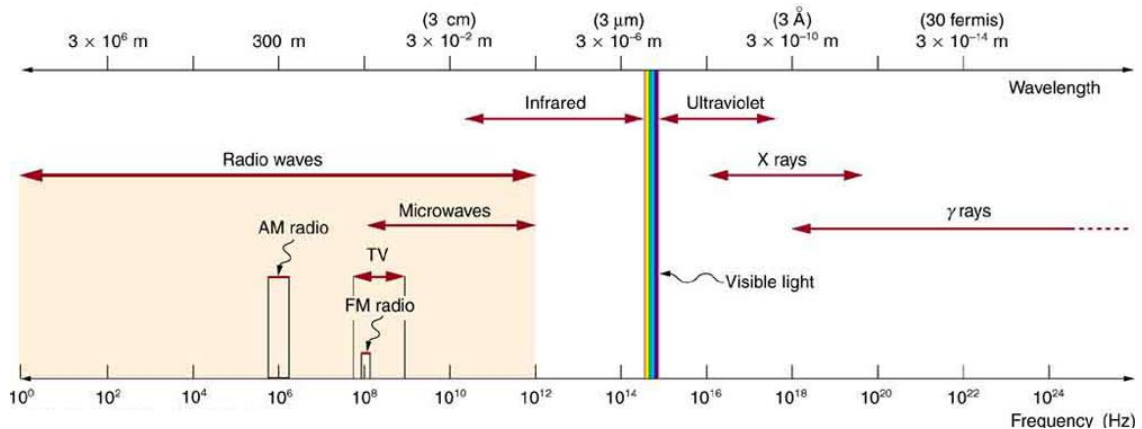


Figura 9 - Espectro Electro-Magnético Fonte: Connexions.org

A cor está associada à luz e representa a reflectividade dos objectos quando esta incide sobre eles. E isso acontece porque o seu comprimento de onda compreende-se dentro do que é visível pelo Ser Humano, 350nm¹⁰, que corresponde à cor azul e 700nm (figura 9), que corresponde à cor vermelha. Qualquer objecto tem aquela cor, é porque a energia que aquele corpo reflecte compreende-se dentro daquele comprimento de onda que permite ver aquela cor. Por sua vez, a cor branca não corresponde a nenhuma parte do espectro de luz visível, ela resulta da simultaneidade de vários comprimentos de onda com intensidades mais ou menos uniformes, como se houvesse uma propriedade aditiva no espectro que devido à sua intensidade elas se conjugam formando a cor branca.

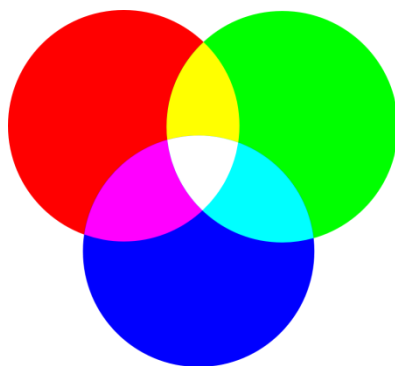


Figura 10 - Sistema RGB

A nível informático existem vários modelos de cor onde o mais conhecido é o RGB (figura10) (*Red Green and Blue*) este modelo é utilizado em todos os modelos electrónicos existentes, televisões, monitores de computador, telemóveis, etc. Este modelo é aditivo e é constituído por 3 canais, cada um correspondendo a cada cor e a sua reprodução de cores é conseguida através da composição dessas 3 variando entre valores de 0 e 255, onde 0,0,0 corresponde a preto puro e 255,255,255 a branco puro.

¹⁰ Nanómetro

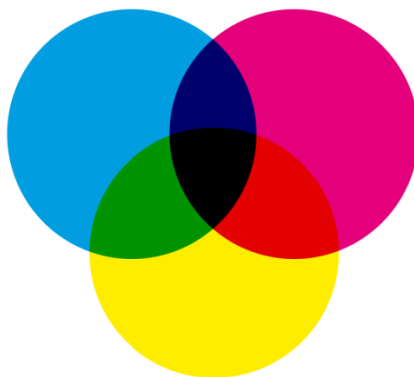


Figura 11- Sistema CMYK

Por sua vez, outro modelo de cor bastante utilizado, principalmente para impressão é o CMYK (*Cian Magenta, Yellow and Black*) constituído por um sistema substractivo de cores, porque o seu objectivo é ocultar as cores e não adicionar como no sistema anterior. A folha na impressão tem a cor branca e utiliza as cores primárias assim como o preto, como se fazia nas grandes impressões no início do século XIX para produzir a gama de cores que era pretendido, diminuindo a luminosidade.

Existe ainda um outro modelo HSV (*Hue, Saturation and Value*) que em português significa Tom, Saturação e Valor, que pode ser representado sob a forma de uma pirâmide invertida, onde na base da pirâmide encontramos cores básicas nos dois sistemas de cor apresentados, verde, amarelo, vermelho, magenta, azul e ciano no centro encontra-se a cor branca e no vértice em baixo a cor preta. A gama de cinzentos está representada ao longo

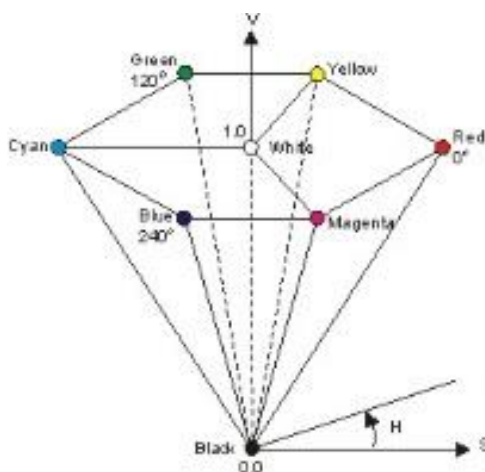


Figura 12 - Pirâmide HSV

do eixo da pirâmide que responde ao valor da cor, a tonalidade corresponde ao grau que é apresentado na pirâmide e a saturação corresponde a um valor que se encontra entre o eixo dos brancos e a cor. Cada tonalidade localiza-se em intervalos de 60° em 60° criando na base um hexágono perfeito. Este modelo de cor permite uma maior versatilidade na medida em que se trabalha com os 3 elementos da cor e não com cores em si.

Os três componentes da cor têm características muito especiais. O 1) tom corresponde ao comprimento de onda que é reflectido pelo objecto dando a *tonalidade* a que vulgarmente se chama de cor; 2) a saturação também chamado de *chroma* é a intensidade ou o brilho da cor e o 3) valor corresponde à iluminação ou escuridão da cor. Por exemplo um vermelho médio tem a tonalidade de vermelho e se tiver saturação a 100% tem então um valor mais baixo, pois a saturação compensa o valor do brilho.

O significado da cor é um tema bastante complexo assim como a sua usabilidade. Como já foi explicado, o seu significado pode variar de cultura para cultura, tal como acontece com a implementação de cor na Cartografia. Além de haver, igualmente, uma variação na escolha da cor, em função do género e idade, como afirma Monmonier (1991). Por exemplo, os homens tendem a preferir variação de cores do laranja para o amarelo e do azul para o vermelho, enquanto a mulher do vermelho para o azul e amarelo para o laranja. Por outro lado as crianças têm uma preferência por cores mais saturadas devido à atenção que as cores transmitem sentindo-se admiradas por elas, enquanto os adultos têm uma preferência por cores pastéis, menos saturação e valor elevado.

É certo que a utilização de um tom azul refere-se quase sempre a uma massa de água, contudo várias tonalidades de azul ou saturação da mesma cor significam variações na profundidade dessas massas de água, assim como a cor verde representa áreas planas e o amarelo/castanho áreas de elevada altitude. É também pelo facto da ausência de vegetação e presença de rocha nua dar a falsa impressão que o terreno é dessa mesma cor.

De facto, para a representação topográfica existe uma associação a um grupo de cores (verde, amarelo, castanho e branco), que pode variar em saturação de País para País, aquando da construção de mapas oficiais de Institutos creditados para esse efeito. Mas em Cartografia Temática existe uma panóplia de oportunidade de cor, em que se deve ter sempre em mente que o excesso de cor é um problema e que, não deverá ser utilizado variados tons nem varias classes com saturação ou luminosidade (valor) diferente, primeiro

porque a implementação de cores muito saturadas dá uma sensação de artificial, algo que não é encontrado em natureza o que pode provocar alguma repulsa; por outro lado, o sistema cognitivo-visual só consegue identificar 4 a 8 níveis de gradiente (diferenciação de valor na cor). Portanto a utilização de um elevado número de intervalos, superiores a 7, leva a que seja natural uma não identificação das classes no mapa principalmente para utilizadores sem experiência em leitura de mapas.



Figura 13 - Contraste de cor

Deverá ainda haver uma atenção especial quando são reproduzidas conjuntos de cores onde o contraste entre elas tenha de ser analisado. Tomando o exemplo da cor branca, preta e vermelho (Figura 13). O tipo de letra e o tamanho é o mesmo nas 4 imagens contudo são observáveis problemas de contraste. A diferença entre fundo branco com letras pretas tem um contraste superior ao seu contrário apesar de não ser muito visível, contudo no fundo branco com letras vermelhas a legibilidade é muito superior à verificada no caso do fundo vermelho com letras brancas, onde o tipo de letras não só parece diferente como de tamanho inferior.

Para mostrar detalhe nos mapas e em qualquer elemento visual é sempre preferível a utilização de um contraste luminoso a um contraste entre variação de cores. Os objectos de grandes dimensões nunca deverão ter cores muito saturadas, por dificultar a leitura ao mostrar alguma dificuldade na captação dos elementos, mas objectos de pequena dimensão deverão ter sempre cores mais saturadas para que possam sobressair no fundo (figura 14). Ainda deverá ser sempre utilizado uma cor neutra, como o branco ou o amarelo para mostrar a diferenciação entre valores negativos e positivos, tendo sempre em atenção a

questão do contraste e da saturação. As cores nunca são apreciadas singularmente, mas sim em conjunto com outras, ou seja são sempre contextualizadas e relativizadas, portanto a sua consequência deverá ser positiva para a sensibilidade do movimento do olho, isto é para ajustar o balanço de cores (Ware, 2010).

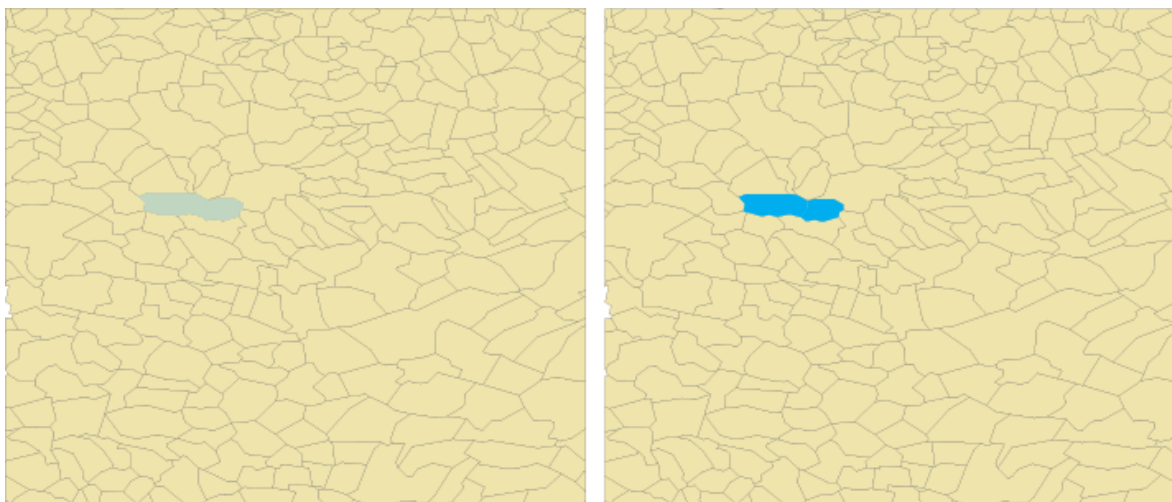


Figura 14 - Esquerda apresenta lago com azul pouco saturado. Direita apresenta lago com azul saturado

2.2.4. Projecções - importância para a percepção do Leitor

Apesar de haver uma importância substantiva com os dados que vão ser utilizados, a forma como vão ser representados no mapa e o tamanho que eles apresentam consoante a escala de análise, existe um factor que está por de trás de tudo, e que influencia a forma e o tamanho do mapa e dos elementos representados que é a projecção escolhida para o mapa.

Imaginando que, se tem uma laranja e se tirou a casca dessa laranja e se tenta alisar a casca de modo a transformar a forma redonda da laranja numa forma plana, existe uma ligeira dificuldade nessa tarefa. Embora não seja impossível, essa prática comporta um problema que é a deformação infligida aos objectos representados que resulta numa forma ligeiramente “estranha”. Ora, com o planeta Terra acontece algo de uma forma semelhante. Quando tentamos projectar o planeta num plano, de modo a transformar a tridimensionalidade do planeta numa forma bidimensional, a essa transformação chamamos de projecção.

Contudo, a dificuldade que se tem a projectar a forma da Terra vem do facto de ela não ser totalmente redonda e ser bastante rugosa, devido ao relevo. Eis, então que os

geodestas encontram maneiras de representar a forma do planeta. Consideraram primeiro o geóide que consiste numa “*superfície equipotencial do campo gravítico terrestre e coincide aproximadamente com a superfície do nível médio das águas do mar.*” (Matos, 2005) O geóide refere-se ao tamanho e à forma actual da Terra, isto porque é uma superfície que se os oceanos pudessem ocupar toda a Terra e se houvesse um ajuste entre o efeito da atracção da massa do planeta com a força centrífuga da rotação do mesmo, daí resulta a forma irregular pois depende da distribuição desigual da massa da Terra (Bowditch, 2002). Mas, esta forma do planeta pode mudar ligeiramente, nomeadamente com o degelo das calotes polares e subida do nível médio das águas do mar, facto de que deixa também a forma irregular do planeta, o que concede uma expressão matemática incompleta.

Para efeitos de concepção de um mapa, a utilização de um geóide torna a tarefa complicada. É necessário a utilização de uma forma semelhante mas mais simples de trabalhar. Criou-se o elipsóide para esse efeito. O elipsóide consiste num par de eixos biaxiais contendo um eixo maior e um eixo menor que concede assim uma forma redonda e achatada, semelhante à forma da Terra. Existe ainda duas designações diferentes para os elipsóides, achatados nos polos ou revolucionário, no entanto o usado para a Cartografia é o elipsóide revolucionário, sobre o qual são desenhadas as coordenadas geodésicas elipsoidais, latitude, longitude e altitude.

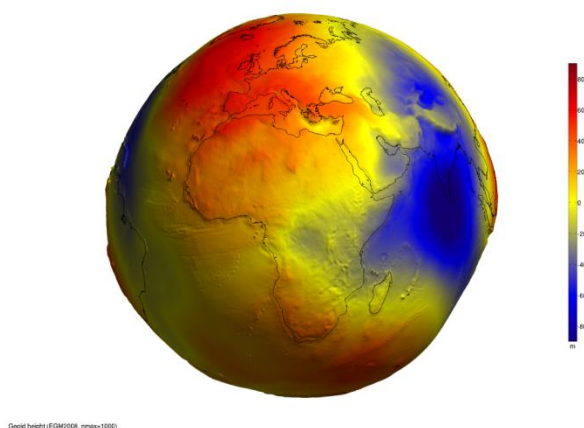


Figura 15 - Modelo Géóide da Superfície da Terra. Fonte:<http://www.asu.cas.cz>

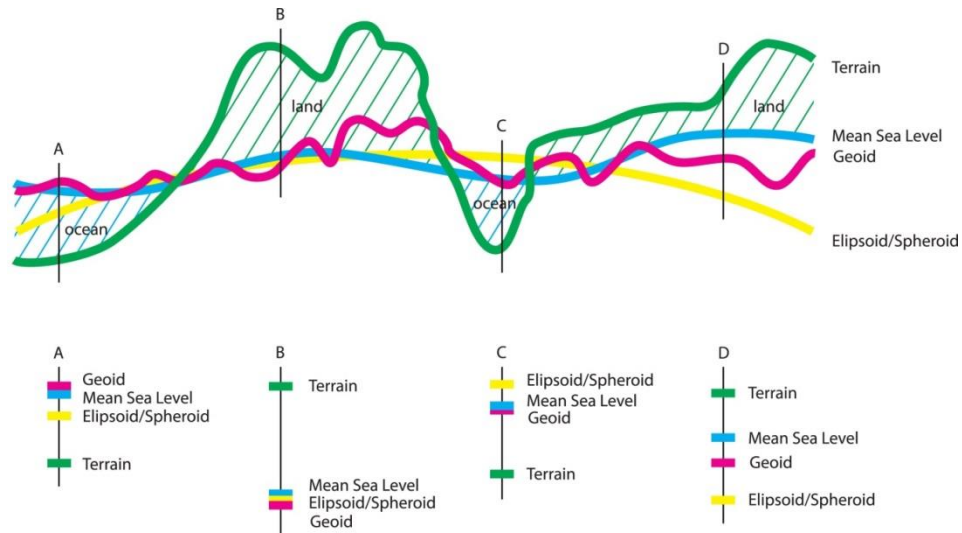


Figura 16- Geóide, Elipsóide e Superfície. Fonte: <http://www.icsm.gov.au/>

Contudo as duas formas não existem por si e não se sobrepõem ao acaso. Existe um conjunto de referências numéricas ou geométricas que ditam a posição, forma e dimensão do elipsóide face ao geóide sobre o qual irá aplicar o sistema de coordenadas. A versão mais apropriada do elipsóide será aquela com a origem no centro da massa do planeta e em que a sua forma se assemelhe o máximo possível à forma do geóide (Illife, 2000). A este conjunto de referências se designa *datum*.

O ajustamento do elipsóide ao geóide pode ser de dois modos, a saber: 1) o elipsóide pode ajustar-se apenas a uma pequena porção do geóide, 2) ou a toda a forma do geóide, tornando-se num *datum* local ou global respectivamente. Existe ainda uma distinção possível, no que respeita a definição dos parâmetros, *datum geocêntrico* e *datum topográfico*, em que o primeiro é definido por um vector de translação (x, y, z) e por três ângulos de rotação, e o segundo (*datum* topográfico) é definido por um sistema astronómico local no ponto origem e um sistema fixo ao elipsóide constituindo num ponto geodésico no mesmo local.

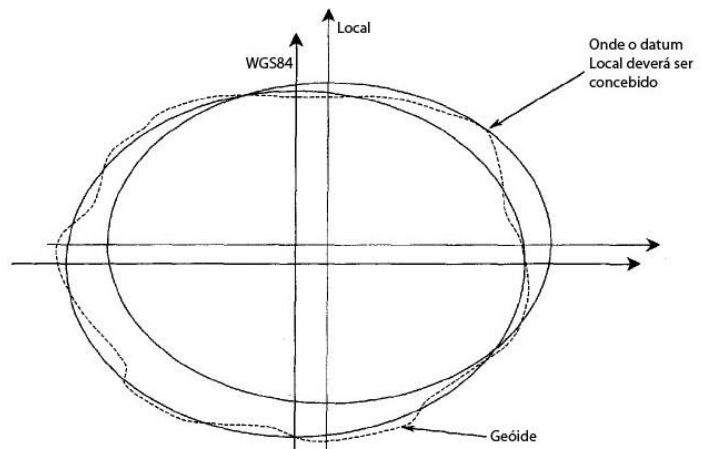


Figura 17 - Datum Local. Fonte: Illife

É assim a função do *datum* ajustar os parâmetros de referência do elipsóide de forma a assemelhar-se à forma da Terra contendo diversos parâmetros como a dimensão dos eixos e o achatamento. Esses parâmetros são necessários para construir um sistema de referência. Estes sistemas de referência baseiam-se actualmente em pontos encontrados por um *International Terrestrial Reference System* (ITRS) que verificam um conjunto de requisitos: 1) ser geocêntrico de modo a incluir todas as componentes do planeta; 2) a sua orientação é definida por *Bureau International de l'Heure* (BIH) e a unidade de medida é o metro; e a 3) evolução da orientação no tempo é medida pelo constrangimento de não rotação da rede (Matos, 2005). O *datum* mais fundamental é o *International Terrestrial Reference Framework* (ITRF) que é uma *framework* altamente precisa com as estações de referência definidas ao nível do milímetro (Illiffe, 2000). Um dos ITRS mais conhecidos e também mais usado por dispositivos móveis de GPS ou nas plataformas *online* como o *GoogleEarth*, *GoogleMaps* ou *BingMaps*, etc., é o sistema de coordenadas *World Geodetic System* 1984, mais conhecido por WGS 84.

Ao nível local, a definição de um sistema ocorre de uma maneira semelhante onde é fixado, num país, um ponto de origem onde o elipsóide é tangente ao geóide e é então definido por 0. Sobre este assunto, Illife afirma que “*A orientação do eixo menor do elipsóide é feito paralelo ao eixo da terra feito pela observação de azimute de Laplace: observações feitas do azimute astronómico (com respeito as estrelas e ao polo de rotação do planeta) são convertidas em azimute geodésico (definido pelo elipsóide) por uma fórmula que força os polos dos dois sistemas a serem iguais. Esta combinação de forma e tamanho é dada pelo elipsóide e a posição é fixada pela origem.*” A partir daí executam-se os ajustes necessários à projecção do território. É de notar também que alguns países podem usar o mesmo elipsóide mas preferem utilizar *datum* diferentes pois a origem é noutro ponto.

Daqui que se entende a necessidade e a importância de um sistema de coordenadas geodésicos para a Cartografia e a Topografia¹¹, enquanto ciências e técnicas fundamentais para fazer representar um conjunto de dados num sistema referencial. É certo que a Terra não tem uma forma simples, como uma esfera perfeita, o que implica que qualquer fórmula simples, mesmo que seja a distância entre dois pontos, se torne excessivamente complicada.

¹¹ A diferenciação aqui é feita na medida em que uma se destina ao mapeamento comum (Cartografia) e ao levantamento topográfico (Topografia)

Dadas as vantagens que existem em protagonizar informação num mapa, e como é impossível a conversão de um elipsóide num plano, utilizam-se fórmulas e formas para que o Planeta seja planificado. A essa transformação tridimensional do mundo real num plano bidimensional chama-se de projecção, cuja definição formal é “*uma representação sistemática e ordenada da grelha da terra sobre um plano*” (Tyner, 2010)

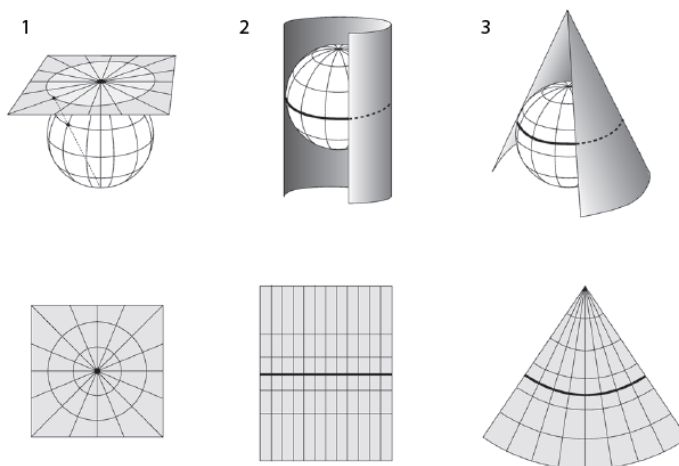


Figura 18 Projecções (1) Azimutal; (2) Cilíndrica; (3) Cónica
 Fonte: Kraak 2010 (adaptado)

Visto que existe uma impossibilidade de representar fielmente um elipsóide num plano é então verificado que para a sua representação é necessário abdicar algumas métricas dependendo da forma usada para criar a projecção. A posição relativa de qualquer um destes planos no elipsóide não é escolhida ao acaso. No centro da imagem terá de situar o que é para ser cartografado, isto é o assunto principal da imagem, isto porque à medida que a informação é afastada desse ponto central o erro e a deformação aumenta, a este ponto é chamado de ponto central da projecção e ao meridiano e paralelo que cruzam esse ponto são chamados de meridiano central da projecção e paralelo central da projecção. Ao conjunto da projecção e *datum*, com os respectivos parâmetros dá-se o nome de projecções cartográficas.

Como referido, a planificação da grelha de coordenadas geodésicas pode ser feita mediante 3 planos, através de um rectângulo ou um plano no qual o ponto de origem é tangente à grelha (imaginando uma linha recta), onde a distorção é zero. Com esta projecção o mapa aparece com os meridianos em forma de linhas rectas e os paralelos de forma circular. Nas projecções cilíndricas, a grelha das coordenadas geodésicas é inserida

dentro de um cilindro em que este forma linhas rectas quer nos meridianos quer nos paralelos, a distorção é menor no equador e aumenta à medida que chegamos aos polos, isto porque é na zona do equador que o cilindro é tangente à grelha. Nas projecções cónicas existe também uma linha tangente que se localiza no meio do cone, onde a distorção é zero, e à medida que se afasta dessa linha há um aumento de distorção. Neste caso de projecção cónica quer os meridianos quer os paralelos fazem um arco. Na imagem encontram-se as versões *standart* projecções simples.

Estas projecções são também classificadas de normais, que foram referidas anteriormente como projecções simples e orientadas. As projecções transversas que têm um desvio de 90° e as projecções oblíquas que são as que se encontram entre as normais e as transversas. Cada projecção tem a sua característica e estas podem ser mudadas, isto é o ponto ou linha de tangencia pode ser mudada para que os padrões de distorção sejam alterados, de modo a minimizar o erro.

Ligado a esta questão vem a conservação de medidas métricas ou geométricas, de modo a que seja possível a transformação do elipsóide num plano bidimensional. Estas versões podem preservar 3 medidas: a forma, a área ou a distância. Se for preservada a forma e igualmente os ângulos, a projecção chama-se conforme e é útil para a representação de áreas pequenas, pois é impossível manter a todas a áreas se for um mapa de todo o planeta. As formas circulares manter-se-ão circulares nesta projecção, contudo o seu tamanho vai-se alterando à medida que nos afastamos do ponto ou linha de tangência, portanto é necessário algum cuidado. Se a necessidade for preservar a área dos objectos então denomina-se como uma projecção de área igual, qualquer objecto manter-se-á fiel à sua área mesmo que a sua forma mude ligeiramente; por exemplo, se forem desenhados círculos sobre um mapa com esta projecção à medida que se afasta do ponto ou linha tangente a forma do círculo assemelhar-se-á a um elipsóide com a mesma área do círculo, ou a área ocupada pelo círculo. Se a intenção for manter a distância entre dois pontos aquando da projecção então a escolha recai sobre uma projecção equidistante. Existe ainda projecções que não aderem particularmente a estas três métricas, onde podem alterar projecções já existentes como a projecção quase-cilíndrica de Robinson, a projecção gnómica que é altamente distorcida mas que provou a sua utilidade na navegação ou ainda a tão conhecida projecção Universal Transverse Mercator (UTM).

Tabela 1- Projecções quanto à Geometria

Projecção	Explicação	Exemplos
Azimutal	Projecção definida por um ponto de tangente onde existe o menor erro; Preserva distâncias;	Projecção Gnomónica
Cilíndrica	Meridianos perpendiculares aos Paralelos, apresenta menor erro no Equador, aumentando para os Pólos;	UTM
Cónica	Projecção predilecta de representação dos Pólos devindo à sua característica concêntrica. O erro aumenta à medida que afastamos do centro da imagem.	Projecção de Albers
Pseudo-Cilíndrica	Variacção da Projecção Cilíndrica com a diferença do meridiano central ser apresentado por uma linha recta e os restantes meridianos senoidais. Os Paralelos de Latitude mantêm-se linhas rectas paralelas entre si.	Projecção de Eckert IV
Pseudo-Cónica	Variacção da Projecção Cónica	Projecção de Bonne

Tabela 2 - Projecções quanto à forma preservada

Atributo Preservado	Projecção	Exemplos
Área	Igual Área	Projecção de Lambert ou Albers
Distância	Equidistante	<i>Equirectangular Projection</i>
Forma	Conforme	Projecção de Mercator

O sistema UTM deriva da projecção de Mercator que é uma projecção cilíndrica conforme e que cobre o mundo com uma grelha dividindo-o por zonas de 8° de latitude e 6° de longitude (ANEXO I). Às zonas são atribuídas letras começando em C a 80°S, acabando em X a 80°N, as letras A e B correspondem ao Pólo Sul e as Y e Z ao Pólo Norte e números, começando no número 1 em 180°W e acabando em 60 a 180°E, onde cada quadrícula corresponde a 100 km². Isto quer dizer que, por exemplo Portugal encontra-se no meridiano 29 e nas zonas T e S. A utilidade desta projecção encontra-se no facto de cada país poder mudar o ponto de origem para que a projecção possa ser usada a nível mais local, diminuindo assim o erro cartográfico.

Existe, portanto, um lado bastante científico nas projecções cartográficas proporcionado pela Geodesia, a qual tem uma importância acrescida na formulação dos sistemas de coordenadas, por via da criação de todas as fórmulas que irão ser representadas como uma imagem, e como tal, tem uma importância e uma leitura própria por parte de

quem vai utilizar o mapa, o que deverá de ser garantido pelo cartógrafo ou por quem estiver a elaborar o mapa.

O propósito do mapa e a escala em que ele vai ser apresentado são os pontos mais importantes que o criador do mapa deverá de ter sempre presente na construção. Por norma, na construção de mapas de grande escala, isto é, mapas com grande pormenor (superiores a 1:500 000) utiliza-se sempre uma projecção cilíndrica. Em Portugal, aconselhada pela agência *Eurogeographics* utiliza-se o sistema *European Terrestrial Reference System 1989* (ETRS 89).

Tomando como exemplo a projecção de Mercator, que é uma das mais conhecidas, é visível que existe uma grande distorção nos pólos, como se pode testemunhar pela observação a Gronelândia com um tamanho quase superior a África. Tal distorção dá imediatamente duas impressões ao leitor que se não tiver conhecimentos sobre a forma dos continentes: 1) que esta massa tem um tamanho enorme ocupando mais de 10% da imagem e 2) que é do tamanho do Continente Africano e da América do Sul. Estas impressões são erradas visto que é sabido, na verdade, a Gronelândia tem cerca de 2 milhões km² enquanto Africa tem cerca de 30 milhões km². Apesar de conservar as



Figura 19- Projecção de Mercator com imagem de satélite como mapa base

formas e por sua vez os ângulos consentindo um óptimo mapa para navegação e de ser uma projecção bastante *user friendly*, no que respeita à análise visual, envia uma mensagem muito errada da forma do mundo e das suas dimensões e exclui por completo o Continente Antártico. Esta projecção apresenta os países com tamanhos exageradamente superior à medida que nos afastamos do Equador e ainda é desproporcional, isto é, na imagem se colocarmos a linha do Equador percebemos que 2/3 da imagem é ocupada pelo Hemisfério Norte, mostrando que para além de transmitir a falsa sensação de que existe uma maior quantidade percentual de superfície emersa do que o que realmente existe. Há também quem defenda a tese de teor geopolítico, de que desta forma se está a dar falsa sensação de poder ao Norte, isto porque, primeiro o que se localiza no centro da imagem é a Europa, e

como já foi explicado, as áreas dos países estão exageradas, então para o leitor leigo em matéria de Geodesia/Cartografia a Europa está no centro acompanhada de todos os países desenvolvidos do Continente Americano, altamente distorcidos.

Existem variações desta projecção, nomeadamente a já mencionada UTM, mas também a projecção cilíndrica de Miller e a estereográfica de Gall, onde a principal diferença se faz contar aquando da inclusão da Antárctida, e que se traduz numa mudança na imagem. Primeiro a aparece na imagem uma enorme massa de continente na base, normalmente representado por branco para onde os nossos olhos são atraídos devido ao contraste apresentado pelas cores; segundo o ponto central da imagem é Africa e não a Europa como um mapa com a projecção de Mercator.

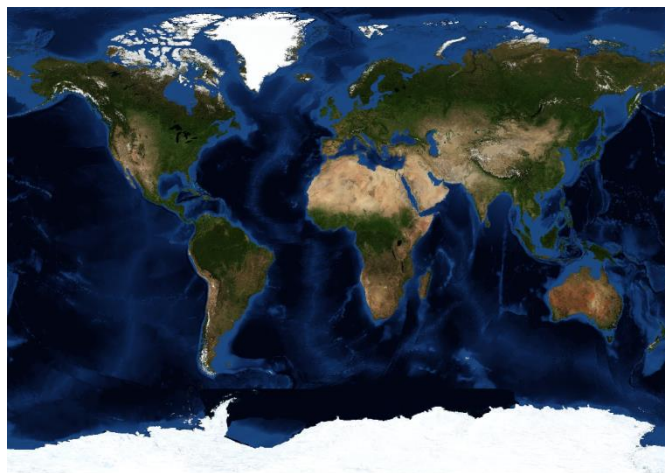


Figura 20 - Projecção de Gall Estereográfica

A utilização de uma projecção cilíndrica de área igual num mapa, como a projecção de Peters, tem um efeito semelhante mas inverso ao de Mercator. A projecção de Peters parece um pouco esticada relativamente às anteriores, que se deve ao facto de esta permitir a conservação das áreas e dá ênfase aos continentes. O Continente Africano aparece esticado e no centro da imagem, com um tamanho superior, assim como o Continente Sul-Americano e o Sudoeste Asiático, sendo portanto os países a quem chamam países em desenvolvimento que tem o maior foco, ou seja, o ênfase deste mapa recai sobre o Hemisfério Sul, e qualquer informação que seja concebida com esta informação referente ao Índice de Desenvolvimento ou ao aquecimento dos oceanos ou à precipitação mundial vai ter um enfoque especial, pois estes países apresentam os valores mais críticos e ao analisar-se esse tipo de imagem o que ressalta é ligeiramente



Figura 21 - Projecção de Peters Fonte: odtmaps

desconcertante. Se não vejamos, existe uma grande percentagem de imagem com esses valores, ao passo que, os países do Norte são diminuídos assim como a sua importância no mapa. Acresce ainda, estudos feitos com esta projecção concluíram que, ao inverter o mapa, isto é ao orientá-lo para Sul, dá-se a verdadeira sensação da quantidade percentual de Oceano no Planeta, o que é uma particularidade, que esta projecção tem.

As projecções azimutais e cónicas, não têm um grande efeito nas visualizações do Mundo inteiro. As projecções azimutais são usuais em projecções polares onde tem um correcto efeito visual, sem grandes problemas, o marco do Pólo Norte ou Sul, uma vez que aparece é centrado na imagem e apenas o que está dentro dos círculos polares é visível, sem mostrar grandes massas continentais. No caso das projecções cónicas que são usadas para a representação do Continente Europeu (onde a oficial é a projecção cónica e conforme de Lambert) ou dos Estados Unidos da América (projecção cónica e conforme de Albert), apenas há interesse em apresentar mapas com estas projecções se houver uma disposição horizontal da informação com uma margem de oceano de ambos os lados, se for o caso Americano, ou o Europeu, a margem de Oceano surge ao largo de Portugal e acrescenta-se parte da Rússia para diminuir o erro.

Como é visto existe uma dicotomia nas projecções matemático-visual onde o propósito dos dados e a realidade dos dados não podem ser desprezados. Aliás, a projecção em si, nunca poderá ser desprezada, pois constituiu uma base de reprodução e navegação no mapa. Mesmo que exista uma necessidade de impressionar o leitor não deverá de ser apenas à custa da projecção, isto se isso implicar uma total distorção da realidade. Se a análise for concebida num mapa com uma escala superior, aí o aspecto matemático terá sempre de ser superior ao visual, onde o melhor será sempre utilizar o sistema de coordenadas oficiais do país que está a ser estudado.

2.3. O mapa como Produto final

As técnicas de reprodução de dados e informação não foram as únicas que sofreram grandes alterações ao longo do século. A forma como essa informação é apresentada ao utilizador também sofreu grandes alterações, talvez a maior desde a invenção do papel onde a informação era desenhada. Na segunda metade do século XX, a passagem do mapa em papel para o mapa digital, que no seu início funcionou como *output* de criações digitais, como as matrizes de pontos - década 60 e 70 (figura 21), a impressão do mapa através das *pen plotters* (figura 22), mais tarde impressão a jacto, passando pela criação e armazenamento digital do CAD e dos SIG culminando no final da década de 90 com os mapas *web*.

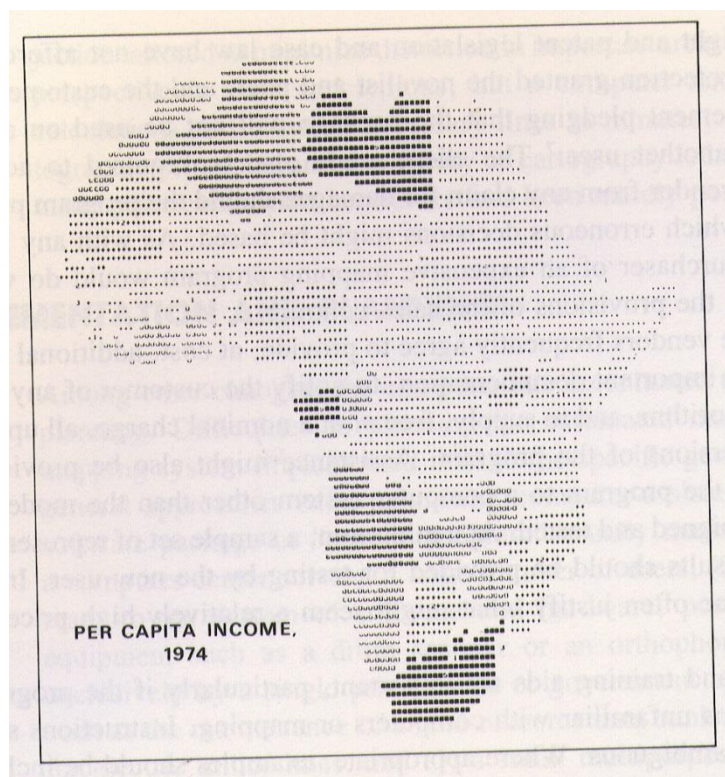


Figura 22- Mapa de Pontos - 1974 Fonte: Departamento de Geografia da Universidade de Santa Barbara



Figura 23- Impressão através de Pen Plotter. Fonte: Universidade de Nebraska

Os mapas desenhados sobre o papel tornaram-se no significado do mapa (Andrienko & Andrienko, 2008) e a muitos é difícil de imaginar o mapa sem que se lhe associe o papel. Mas acontece que o digital tomou poder sobre o papel, isto apesar de continuarem a ser produzidos mapas em papel. Contudo, estes mapas em papel não têm agora a mesma importância que tiveram outrora, não apenas porque se torna difícil criá-los mas também lê-los (Lee & Cheng, 2008). Os cartógrafos do início do século XX detinham uma técnica impressionante assim como uma enorme perícia. O mapa era criado pela mão do Cartógrafo o que por si aumentava o erro, mas em termos de imagem, era apresentada com uma resolução no intervalo 1200 a 3400 dpi (Peterson, 1996) muito superior à resolução apresentada por um monitor, da mesma forma que um mapa em papel oferece sempre um enquadramento fixo ao objecto central do mapa inibindo quaisquer interactividades ou dinamismo, como é de esperar.

Em consequência, a produção de mapas em papel tem vindo a diminuir. Principalmente os mapas dedicados à navegação devido à crescente utilização de GPS (Global Position System) e às novas forma de mapas *online* presente em qualquer telemóvel inteligente¹² (*googlemaps, applemaps, bingmaps, etc.*).

Os mapas digitais, que se definem como concepção e visualização assistida por um dispositivo digital, apresentam diversas vantagens face aos mapas em papel, e em parte, derivam da essência do seu aparecimento. Os mapas adquirirão novas características decorrentes da Sociedade de Informação e da evolução tecnológica e científica deste final de Século XX e início de Século XXI, como seja a interactividade. Existe um intervalo de escala no qual é possível a navegação assim como dinamismo nas camadas de informação.

Outra das vantagens que assistimos na Cartografia e nos mapas digitais em particular é o tempo de demora na concepção de um mapa que é agora muito mais reduzido (Michaels, 2012). A informação pode agora ser guardada em ficheiros para uma utilização futura, o que reduz substancialmente o tempo na produção do próximo mapa um tempo significativo, da mesma forma que, a alteração ao mapa por via de algum erro não demora anos a ser feita mas apenas algumas horas ou dias, o que não acontecia com os mapas em papel onde era representada durante alguns anos. Um exemplo clássico, é o mapa que representada a Califórnia como uma ilha nos Estados Unidos da América (Michaels, 2012). Acresce a esta vantagem, a possibilidade gerada de uma constante disponibilização *on-screen* da informação permite uma mais fácil consciencialização, interesse e participação pública, ao que alguns designaram de Participação Pública Voluntária (Carver, *et al.* 2007; Goodchild, 2007).

A produção e a comercialização de GPS providenciaram aos mapas uma acessibilidade bastante maior, além de que passaram a ocupar menos espaço que um mapa em papel e de certa forma tem uma utilização mais fácil, pois através de áudio, exerce o poder de navegação e o utilizador quase que nem precisa de observar o mapa em si para perceber onde está. Contudo isto é apenas verdadeiro se o utilizador estiver a conduzir, porque ao contrário do estudo feito por Ishikawa (2008) que dizia que o mapa em papel tinha uma maior eficácia pelo facto que ao usar o GPS, o utilizador apenas olhava para o dispositivo e não olhava em seu redor, fazendo assim um total bloqueio da construção de

¹² Smartphone

um mapa mental, e de um bloqueio da construção mental e do conhecimento do território devido ao constante uso de uma grande escala inibindo assim um aumento de conhecimento sobre a forma do território. (Field, O'Brien, & L., 2008; Lee & Cheng, 2008)

Na verdade, a crescente utilização e a ubiquidade dos dispositivos digitais, principalmente os dispositivos móveis mudaram por completo o uso e o consumo de mapas. Os avanços tecnológicos permitem que a rede de conexão entre os serviços seja enlaçada, agora, através da rede de internet. Ao contrário da chamada WEB 1.0 criada por Sir Tim Berner Lee em 1989, cuja principal vantagem introduzida assentava na visualização da informação e da criação de um mundo *online*, a WEB 2.0, (O'Reilly, 2005) traduziu-se numa evolução, já que veio proporcionar a interactividade entre os utilizadores e entre os utilizadores e o objecto visualizado. É claro que a Cartografia aproveitou tais tendências e é encontrado hoje uma panóplia de mapas *online* e de dispositivos que permitem aos utilizados da *web* construir e reconstruir esses mapas. Estes mapas consistem em duas variantes, uma primeira, muito similar aos comuns Sistemas de Informação é constituída por uma base de dados que está agregada a um servidor e a uma *framework* e que permite a visualização da informação *online* (Faria, 2006); a segunda é que existem sistemas como o *OpenStreetMap*, que permite a cada utilizador a construção do seu próprio mapa (*do it yourself*) fazendo uma constante actualização cada vez que cada utilizador faz um *update* da informação por si adquirida e seleccionada (sistema *wiki*).

Um outro grande ponto dos sistemas 2.0 são as redes sociais e a ligação entre os indivíduos e as potencialidades que isso veio conferir para a Cartografia ou como Ed Parsons (2011) designa os *neocartografos*. Isto porque os dados gerados pelas redes sociais servem de pontos positivos para a criação de mapas, bem como a sua disponibilização e visualização. Curiosamente, o serviço de apoio à população durante a passagem do furacão *Sandy* pelo estado de Nova Iorque prestado pelo FEMA, (*Federal Emergency Management Agency*) teve uma grande acessibilidade via *Twitter* o que permitiu uma ajuda mais eficaz através da localização do “*tweet*” (Stricker, 2012; Wolford, 2012), e que perfaz um novo modo de geração e propagação de informação e criação de mapas assim como um novo modo de cidadania e apoio à decisão.

Contudo, isto cria um problema. É um facto evidente, de que os sistemas 2.0 ajudaram em muito o crescimento da internet e o seu consumo, assim como a criação e

fornecimento de dados, dos conteúdos gerados, das plataformas criadas e até na criação de autores; mas isto cria uma abundância desarrumada da informação. Efectivamente, actualmente existem 644,275,754¹³ de páginas com um número quase incontável de informação. É deste cenário-problema, que foi pensada WEB 3.0, cuja evolução advém da Linguística com a integração de algoritmos semânticos da *web* através de ontologias. A *Google* já a implementou no seu motor de busca, e consiste numa indexação da documentação para uma melhor pesquisa, isto é haverá uma melhor organização da informação e onde o principal elemento é o significado da informação que por sua vez está ligada a uma base de dados e que irá ser mais visual. (Ray, 2011). Apesar da evolução tecnológica apontar para um maior número de vantagens dos serviços digitais *online*, não significa que a cartografia tradicional esteja para acabar. É certo que o consumo desta é cada vez menor, como é testemunho o caso do *California State Automobile Association* que produziu o seu último mapa de estradas em 2008. Num estudo de Hurst e Clough (2013) em que afirmam, que apesar do aumento de realismo e de qualidade dos mapas digitais devido aos avanços tecnológicos – que sem dúvida conferem uma alternativa muito fiável aos mapas tradicionais e que reconhecem o facto de a internet representar um novo método eficaz no consumo de mapas, os indivíduos com conhecimento de Geografia irão continuar a preferir mapas em papel. Mesmo para actividades de orientação se esta for feita sem qualquer veículo motorizado, a preferência pelo mapa em papel prevalece.

A preferência do mapa em digital sobre o mapa em papel está também na origem do objectivo deste, isto é, o mapa digital serve muitas vezes para análise exploratória dos dados, sem grande consciência de como este será apresentado, criando assim uma maior facilidade na utilização do mapa; por sua vez o mapa em papel comporta um processo faseado e moroso de trabalho, o que provoca em si um aumento do seu preço para o consumidor, facto que acaba por ser uma desvantagem comparativa com os mapas digitais, que se tornam assim ainda mais apelativos (Hurst & Clough, 2013).

¹³ Estudo feito por Netcraft referente a *websites* activos Março de 2012

3. Geovisualização

O desenvolvimento tecnológico foi responsável pela ocorrência de uma profunda transformação na Cartografia Moderna. Por um lado, os avanços na informática levaram ao aparecimento de duas novas correntes técnicas: o CAD e os SIG; que transformaram os mapas em papel em mapas digitais, conferiram à criação de mapas uma maior celeridade e providenciaram a divulgação destes para um público mais alargado, além de que vieram facultar a possibilidade de sobreposição de várias camadas de informação permitindo, assim, novas e mais refinadas formas análises de carácter temático. Por outro lado, a Cartografia, *per si*, ganha tempo e interesse especial por novos campos de investigação nomeadamente o sistema cognitivo e visual e em novas formas de representação da informação geográfica.

3.1. Conceito

Bishop, (2000) designa o século XX como o século da Era da Informação. Segundo ele assistiu-se, principalmente em meados do século XX, à produção de uma grande quantidade de dados. Isto porque, a introdução da Informática no seio científico consentiu uma maior rapidez e comodidade na resolução de hipóteses, transformando o conhecimento científico cada vez mais eficiente e eficaz, assim como uma maior produção e disponibilização de informação.

Os dados, “*representação de factos ou ideias de uma maneira formal capaz de serem comunicados ou modificados por qualquer processo*” (Naur 1974) gerados após os anos 70 serviram de impulso para a criação de novas técnicas, novas regras e novas ferramentas de compreensão dos fenómenos geográficos. A Análise Exploratória de Dados introduzida por Tukey (1977) assinalou, de certa forma, o início da exploração visual da

informação, ou seja são os dados que tomam o comando da análise produzindo assim a sua própria hipótese, e funcionando como “detectives” à procura de padrões, de anomalias ou simplesmente de novas ideias através de representações gráficas. Estava-se, portanto, perante a primeira forma de análise visual de dados de modo a produzir conhecimento.

Os cartógrafos ao abordarem as técnicas de Análise Exploratória dos Dados, tendo em conta a nova metodologia utilizada (técnicas digitais de criação de mapas), estabeleceram uma aproximação ao que é hoje a Cartografia Moderna. (MacEachren & Kraak, 2001)

A criação de dados por parte de organismos públicos e privados, cada vez mais complexos e interligados, exigem novos conceitos, técnicas mais avançadas e ferramentas mais eficientes para a análise. Em parte, os SIG usados ao longo dos anos 90 não tinham capacidade para trabalhar esta informação sem ser da forma que estava convencionada, ou seja, a criação de “simples” mapas. Dados os notórios resultados que a Visualização Científica tinha evidenciado em diversos campos científicos, como a Medicina, a Química e a Biologia, a Cartografia adoptou também novos métodos de visualização. (MacEachren 1995)

Ainda nos anos 90, muitos estudos foram feitos pela comunidade científica a propósito da Visualização Científica. Rimbart e McCornik escreveram sobre o propósito e as vantagens das visualizações com fim científico, participando no relatório das US National Science Foundation que debateu o papel dos dispositivos digitais na incitação da visualização mental, começando a traçar esta importância, da qual nenhum cartógrafo fez parte.

À margem disto, DiBiase (1991) fez o primeiro teste ligando a Análise Exploratória de Dados de Tukey a um modelo gráfico, tendo como base o mapa. DiBiase considera que existem quatro passos importantes para este trabalho: 1) Exploração dos dados, 2) Confirmação dos dados, 3) Sintetização e 4) Apresentação. Sendo a apresentação, a parte final do processo de obtenção de conhecimento e apresentado como um dispositivo visual.

Por outro lado, Taylor (1991) fala pela primeira vez de três elementos bases para a compreensão de informação geográfica, sendo eles a cognição, a comunicação e o formalismo. Segundo Taylor, o processo de visualização é orientado para o seio da Cartografia enquanto disciplina, sendo posteriormente formalizado pelo mesmo. Ainda,

Taylor (1994) argumenta que a visualização deve ser desenvolvida à parte da Cartografia, assim como das outras ciências, pois será vantajoso.

Este desenvolvimento da “visualização” levou à criação de um departamento na *International Cartography Association*, para estudar e investigar as vantagens da visualização para a Cartografia. MacEachren (1995) começa pela solidificação de como os mapas funcionam como ferramentas visuais, tendo em atenção a conceptualização cognitiva e de semiótica, isto é, como funcionam os mapas e como podem estes ser usados ou servir de ajuda a *design* de interfaces visuais ligados a leitura de representação de dados, e tendo em atenção todos os elementos do mapa. Além deste ponto ligado à parte cognitiva da Visualização, outros pontos de investigação foram criados, nomeadamente pesquisas feitas na representação, na visualização e nos interfaces.

O sucesso deste grupo de trabalho foi visível pelo crescimento, não só em número de artigos publicados mas também em número de membros, e novas áreas de em foco, o que levou à aceitação da visualização geográfica, vulgo Geovisualização, enquanto novo campo científico.

Tendo em consideração que vivemos na Era da Sociedade de Informação e do Conhecimento (Castells, 2000) e que 80% dos dados produzidos são geográficos, ou seja, neles incluem propriedades onde os podemos colocar num referencial espacial, e.g. coordenadas geográficas (latitude e longitude), código postal, moradas entre outros (MacEachren & Kraak, 2001) é fácil perceber-se a importância que a Geovisualização vem assumindo na sociedade, quer enquanto tecnologia, quer enquanto campo científico.

Precisamente, a Geovisualização, apresenta-se como uma campo científico multidisciplinar - na qual estão inseridas várias áreas científicas como a Cartografia, a Ciência da Informação Geográfica, a Análise Exploratória de Dados e a Computação Gráfica - de modo a fornecer teorias, métodos e ferramentas para a exploração visual, para a análise, a síntese e a apresentação de informação geográficos (MacEachren, *et al.* 2001).

Contudo, a visualização não é assunto novo no mundo da Cartografia pois esta já há muito se debatia sobre questões de “fazer visível” os dados geográficos e a informação deles gerados. A grande diferença reside no facto desta ignorar outras questões de visualização que vão para além deste campo do saber (MacEachren 1997). A Geovisualização apresenta-se como um processo evolutivo que consiste e insiste em novas

formas visuais, para as ciências geográficas e cartográficas, usado os meios informáticos e científicos disponíveis de forma a modelar os dados para a produção de hipóteses e visualização em tempo real, criando meios de exploração da informação que vai para além dos dados fornecidos (Cartwright, *et al.* 2004)

O aumento de importância do uso de informação espacial e da Geovisualização constitui um elemento essencial no século XXI (Dykes *et al.* 2007), pois quando as suas técnicas são bem empregues e correctamente utilizadas produzem um vasto conjunto de possibilidades para o utilizador no que respeita ao entendimento da informação e ao uso do mapa.

Um dos exemplos mais conhecidos foi estudado por Kraak (2003) que estudou o mapa de Minard (figura 24). Aproveitando os recursos fornecidos pela Geovisualização, de modo a mostrar alternativas visuais para esse mesmo mapa (figura 25). Ainda, utilizando o padrão do tempo Kwan (Kwan, 2000) mostra o padrão da interactividade entre o homem e as suas deslocações, na cidade de Portland, Estados Unidos da América, mostrando a eficácia da Geovisualização na análise de complexas bases de dados (figura 26).

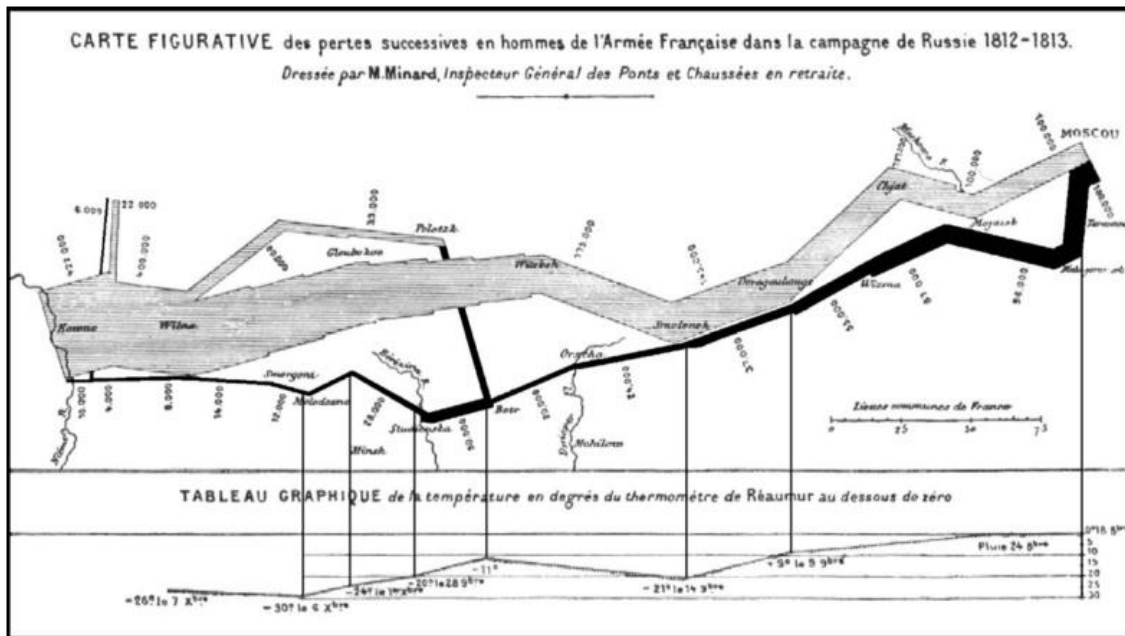


Figura 24 - Mapa de Minard que mostra o avanço de Napoleão pela Prússia. Neste elemento visual é apresentado o espaço, o tempo, as guerras e o número de morte dos soldados Franceses.

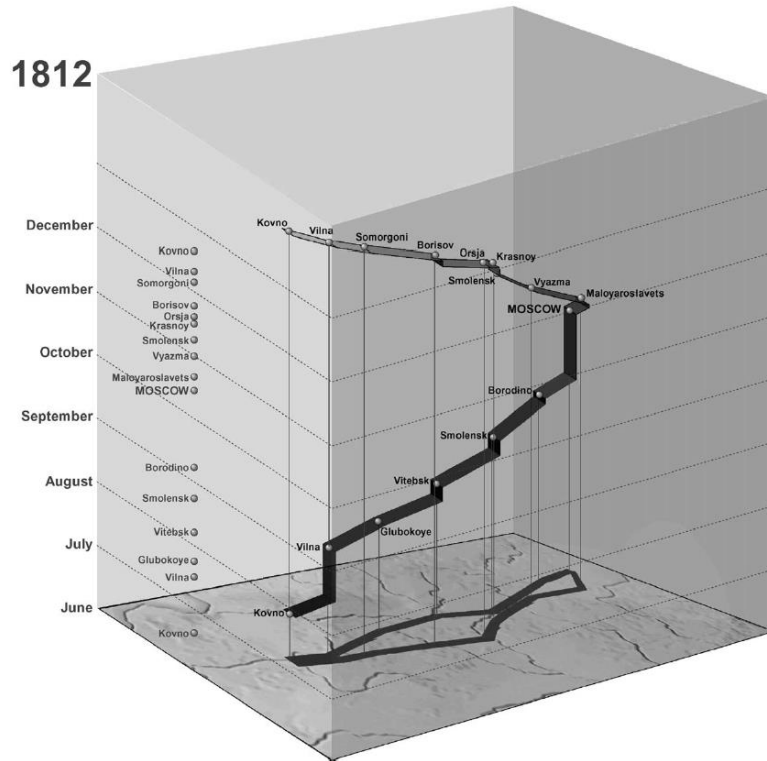


Figura 25 - Cubo espacio-temporal da informação retirada do Mapa de Minard
 Fonte: Kraak 2003

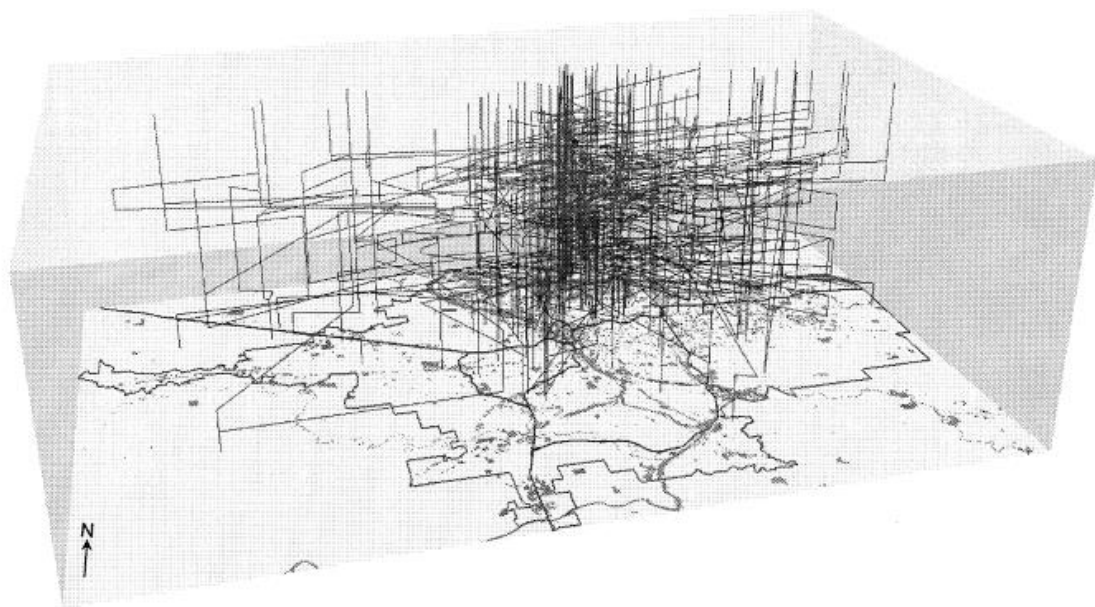


Figura 26 - Cubo espacio-temporal do Projecto de Kwan (2000)

3.2. A importância e características da Geovisualização

O propósito do mapa clássico criado pela Cartografia nos últimos 40 anos está a revelar-se cada vez menos importante, isto porque estamos a meio de um fase de transformação do significado do mapa onde o criador do mapa muitas das vezes sem conhecimentos de Cartografia, não sabe o muito bem o que está a ser construído, nem a pessoa que usa o mapa sabe o que vê até ao momento em que “vê” (MacEachren, 1995). Tal acontece devido à crescente necessidade de se ver mais e saber mais detendo sempre cada vez mais conjuntos de dados e conhecendo muito pouco sobre os mesmos.

A relevância da Geovisualização reside no facto de terem sido compreendidas e assimiladas as vantagens da criação de imagens para a compreensão de diversos fenómenos. Pelo que é apreendido, a utilização de imagens e outros elementos visuais para analisar os dados permite que sejam encontradas anomalias que permitem reformular não só a questão de partida mas também a forma de como vamos olhar para a informação. Este *não visível* não significa literalmente que a informação não está presente, mas sim perceber que ao criar imagens mentais ou mesmo imagens virtuais de informação permite encontrar dados que fogem aos padrões conhecidos. Muitas das vezes não são precisos grandes dispositivos virtuais, mas apenas pequenos histogramas e análise de mínimos, máximos e médias, o que já permite um ligeiro conhecimento extra sobre a informação. Serve, então, como um estímulo ao cérebro humano, seja ele feito através de cores, pictogramas, iconografia ou outro elemento de semiótica.

Por outro lado, os investigadores ao criarem novas técnicas e novas ferramentas de visualização de informação permitem um outro olhar sobre os dados fornecidos, estabelecendo um compromisso entre a criatividade e o conhecimento, levando a um avanço e recuo nos primeiros passos de produção de um qualquer elemento científico. É provado que estas técnicas têm um grande potencial de análise de grande base de dados, principalmente quando se sabe pouco sobre os dados, provando que o utilizador ganha um conhecimento interno sobre a informação (Kwan 2000; Milan & Tucci, 2005).

A análise exploratória visual de informação geográfica ajuda o Ser Humano a ingressar na própria exploração, sendo aplicadas faculdades perceptuais, fazendo ele parte

dela, isto porque esta forma visual de estudo de dados permite uma interactividade entre o dispositivo e o usuário proporcionando tirarem-se pequenas conclusões através de uma total integração humana – computacional. (Keim, *et al.* 2005)

Por fim, Keim (2005) considera que as vantagens da Geovisualização vinculam-se em três aspectos: (1) é fácil trabalhar com a informação de “ruído” e não homogênea porque é facilmente identificável por técnicas visuais, podendo ser analisadas posteriormente; (2) apesar de a Geovisualização conter conhecimentos de estatística implícita não é necessário deter grandes conhecimentos nessa área, nem mesmo em matemática e algoritmos, pois é bastante intuitiva; e por fim (3) pode ser várias vezes revista e os dados podem ser isolados para análises futuras, não sendo comprometida a sua integridade.

Estes eventos visuais para a percepção da informação são explicados por MacEachren (1995) que estuda a interacção individual com as ferramentas de visualização inspirado no modelo de Howard Margolis de 1987. “*Cientistas e humanos em geral fazem decisões por combinar situações presentes contra um conjunto de padrões que representam experiências passadas e conhecimentos*”. Esta afirmação parece um pouco deslocada dos termos da visualização e de conhecimento geográfico, mas na verdade é o que se sucede inconscientemente com a análise que é feita aos dados, mesmo quando existe um conhecimento reduzido sobre os mesmos.

O modelo criado, por fim, por MacEachren revela um “*rasquinho rigoroso de um mapa*”, como é entendida e de como é feita a interacção entre o homem e o mapa, derivando daí o processo de visualização da informação. O “olhar” para um elemento visual, cria um *input* visual, que é considerado com um efeito sensorial no cérebro humano, tal como uma mensagem codificada transformada numa mensagem conceptual da informação. Por outro lado, quando existe a “passagem” da informação do objecto que está a ser visto, acontece um mecanismo de código *bottom-up*, isto é, existe primeiro uma percepção do que está a ser visto para depois criar uma informação sensorial ao cérebro, ou seja, uma descrição visual. Contudo existe também, e com uma maior frequência, um mecanismo de codificação mental para a percepção visual *top-down* devido aos conhecimentos já existentes do utilizador, o que faz com que parta, inicialmente, para a

procura de anomalias e crie uma tendência elevada para recriar decisões rápidas sobre padrões encontrados.

São estas codificações mentais que fazem com que o utilizador do dispositivo geográfico, neste caso, se pergunte sobre as mensagens que este está a passar. Isto permite, a pergunta do “porquê”, pois já existe no cérebro do utilizador um conjunto esquemático de imagens mentais do que está a ver, permitindo fazer analogias e recriando algum conhecimento. Numa fase posterior, já terão de ser aplicados conhecimentos geográficos e espaciais, pois com o avançar da análise do leitor faz cruzar o elemento com os atributos geométricos, pictográficos ou iconográficos de conhecimento dos mapas. MacEachren faz a distinção estes conhecimentos afirmando que o conhecimento espacial corresponde ao reconhecimento de elementos geométricos.

Esta categorização para além de ter uma importância acrescida neste modelo recriado por MacEachren, pois explica a forma processual da informação no cérebro do utilizado, sublinha também a relevância da Geovisualização para a representação e visualização da informação geográfica. Os elementos gráficos representados nos dispositivos geográficos funcionam como veículos de informação para o cérebro proporcionado ao indivíduo a capacidade do “ver” e “entender” a informação, formando o conhecimento e aglutinando o reconhecimento de padrões espaciais e geográficos.

Este processo não é, portanto, de sentido único; pelo contrário, requer processos contínuos de iteratividade e toma diversos sentidos até que uma hipótese final tenha sido alcançada. Após este alcance, significa que o “porquê” já foi respondido e o processo toma uma conclusão, tendo o utilizador já compreendido a mensagem trazida pelo dispositivo geográfico, podendo demorar segundos ou largos minutos.

3.2.1 – Características da Geovisualização

O entendimento da mensagem do mapa ou de qualquer outro dispositivo visual geográfico, e o poder que tem o uso do sistema cognitivo-visual do homem é parte importante da compreensão da Geovisualização, podendo ser útil para outras ciências, principalmente se forem usados os fundamentos da Ciência da Informação Geográfica no seu campo do saber. A permissão de uma exploração inicial aos dados dá ao utilizador uma

vantagem para se integrar, não inteiramente pois tal depende dos níveis de conhecimentos que se tem sobre a matéria, no que está em estudo. As largas vantagens apresentadas pela visualização científica sobre o “ver” dos dados criam assim uma elevação da Geovisualização enquanto um campo do saber.

Produção de Conhecimento

Uma definição simples de ciência fornecida pelo dicionário de Oxford¹⁴ indica que a ciência é a actividade prática ou intelectual que abrange o estudo sistemático da estrutura e do comportamento do mundo natural ou humano através de observação e experiência. É, então, pressuposto que para o estudo destas estruturas e/ou comportamentos seja incluído um método para que seja alcançada uma resposta. O método científico de produção de conhecimento cria várias etapas e, resumidamente, consiste em ter (1) uma questão de partida, constituindo um problema levantado sobre o estudo efectuado; (2) posteriormente efectua-se uma pesquisa base em relação ao tema onde o problema se enquadra, correspondendo a um entendimento e verificação da informação existente podendo já esse problema ter sido solucionado anteriormente; (3) em caso negativo da afirmação anterior procede-se a uma construção de uma hipótese; (4) para ser testada através dos diversos métodos e testes escolhidos pelo cientista; (5) procedendo a uma análise dos dados, produção de conhecimento e construindo uma conclusão para que (6) seja rectificada a hipótese escolhida.

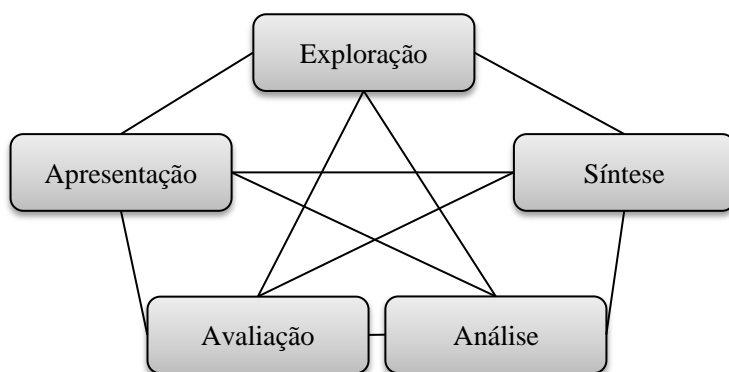


Figura 27- Nexus de actividade de Mark Gahegan, 2001

¹⁴ Edição de 2003, visualizado em 2013

Actualmente a Geovisualização, não sendo considerado uma ciência *per se*, é um campo científico alojado na Ciência de Informação Geográfica tendo por si, um método de análise proposto por Gahegan inspirado no termo e definição de *Nexus* por Albert North Whitehead de 1933.

Nexus, conceito de origem filosófica, é descrito como um conjunto de ocasiões que estão conectadas entre si, espacial e temporalmente. Whitehead (1967) afirma que para um grupo ser considerado um *nexus* basta que exista uma função de pertença a um recipiente comum, isto se o grupo de ocasiões mantiver meramente estas relações básicas entre si e tendo em falta alguma relevância. Assim, o *nexus* não pressupõe uma ordem, apenas uma obrigação metafísica de imanência¹⁵ mútua.

Foi com esta base que Gahegan (2001) promoveu uma metodologia científica para a Geovisualização considerando 5 elementos bases (considerando as definições de Whitehead serão ocasiões) 1) exploração; 2) Síntese; 3) Análise; 4) Avaliação; 5) Apresentação. (Figura 27)

Ao estilo do método científico e criando analogia com o *nexus* de Whitehead, Gahegan marcou, o início de uma nova etapa ao criar um método que eleva, talvez, a Geovisualização ao nível das outras ciências. Estes 5 elementos criam entre si ligações tornando-se num grande sistema complexo.

Clarificando cada um dos elementos da actividade e sem que isto seja necessariamente um, é estabelecido, que todas as criações científicas começam pela 1) exploração que consiste na selecção dos dados e das ferramentas que vão ser usadas para a análise de dados. Incluiu também todas as envolvências internas ou externas da análise da informação sejam elas humanas ou de outras componentes virtuais/digitais. É também na exploração que começam a ser lançadas algumas hipóteses sobre os dados, isto porque por muito ou pouco que seja o conhecimento do utilizador sobre o fenómeno que está a ser estudado, existe sempre algum conhecimento de base que serve como estímulo à produção da hipótese final.

A síntese 2) envolve a construção de conceitos e taxonomias, através dos dados seleccionados. Esta actividade é bastante próxima à categorização, como nas ciências

¹⁵ Imanência, de origem filosófica, existência de causa na própria causa

cognitivas, onde são escolhidas as fórmulas matemáticas, as teorias lógicas, e as estruturas de explicação ou mesmo textos narrativos. A síntese compreende uma questão mais prática, que não seja necessariamente prática *per se*, mas que exige uma componente metodológica.

A análise 3) envolve duas etapas, numa primeira etapa envolve o uso da taxonomia estabelecida pelo utilizador e a sua *framework*, assim como o desenvolvimento destas mesmas para a criação de conceitos futuros. Numa segunda etapa é o desenvolvimento de análise relacional entre os dados e estruturas exploratórias de justificação, que podem ser vistos de duas formas formal (probabilístico) ou informal (através de narrativas).

A 4) Avaliação envolve, como o próprio nome indica, a avaliação e teste dos modelos utilizados e a sua validação. Isto implica que os dados e as hipóteses geradas compreendam e contenham os padrões requeridos pela disciplina em curso.

Por fim, a 5) apresentação compreende que os dados sejam comunicados. Para isso é necessário a intervenção do autor para a produção do melhor dispositivo visual para apresentar a sua informação de modo a produzir conhecimento, compreendendo regras e padrões de consensos alargado entre os produtores científicos.

Após a análise supra dos cinco elementos é perceptível um padrão similar ao método científico mais conhecido onde se pode relacionar com a forma de como os produtores de Geovisualização processam os dados para obter um produto final.

Considerando o seguinte exemplo, um geovisualizador decide criar um dispositivo visual geográfico, portanto para a fonte inicial será fulcral deter os dados e informação necessária. Estes dados iniciais permitem ter uma ideia do que vai ser tratado, o que permite que se escolha as ferramentas, se determine os métodos e as taxonomias que serão utilizadas. A partir daqui, o produtor formaliza uma ideia que vai permitir gerar uma hipótese. Este primeiro processo corresponde ao primeiro elemento apresentado supra, a Exploração. A hipótese gera um conceito, e este conceito é um elemento da Síntese, consistindo numa aprendizagem da informação gerada através dos dados, a partir deste ponto criar-se-ia uma categorização da informação que ajudará a formular uma teoria e um modelo que serão posteriormente analisados. Esta análise constitui exactamente o elemento considerado no *nexus* como análise que irá avaliar os resultados retirados do modelo. Por sua vez, todos os dados e informações retirados do modelo criado terão de ser avaliados,

Categorização de Informação

A produção de conhecimento através de um conjunto de dados é um dos objectivos primários, quer dos mapas, quer de qualquer elemento visual ou gráfico. Contudo existe um conjunto de procedimentos que permite ao utilizador pensar como incorpora a informação num dispositivo, pois é de extrema necessidade, ter em mente, aquando da sua produção, qual e para quê a finalidade do dispositivo que está a ser criado.

MacEachren (1994) faz um das primeiras abordagens, na Cartografia Moderna, acerca o tema da representação da informação e dos seus objectivos, reformulando e revolucionando a forma de como pensamos na apresentação da informação. O seu cubo da Visualização Cartográfica, apesar de 4 anos antes DiBiase (1990) cria uma primeira divisão entre os domínios públicos e privados de apresentação e entre o pensamento visual e a comunicação visual da informação.

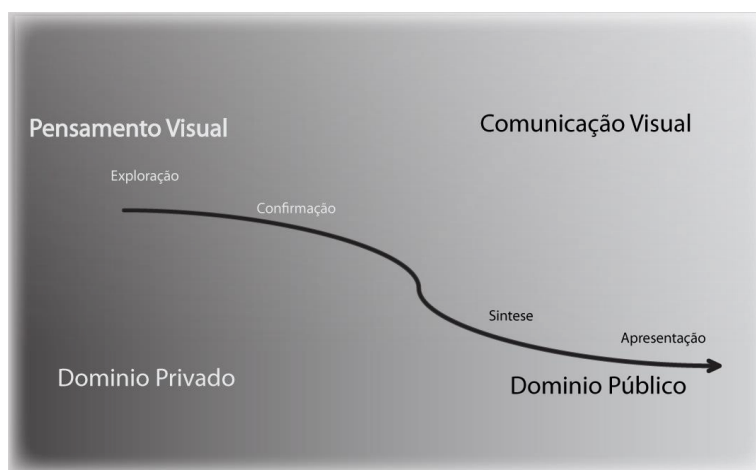


Figura 29 – Domínios da Apresentação Adaptado: DiBiase 1990

Esta divisão deriva da forma de como os mapas e quaisquer outros dispositivos visuais devem de ser apresentados. DiBiase (1990) (Figura 29) afirma que existe uma divisão entre os domínios de apresentação privada e os domínios de apresentação pública onde a exploração e a conceptualização residem num domínio privado, correspondendo apenas ao produtor de informação. Ele cria as suas próprias imagens, esquemas, gráficos,

etc., de forma a criar visualizações reais e mentais de apoio à pesquisa e ao desenvolvimento da hipótese por parte do produtor. Por outro lado, a síntese e a apresentação correspondem a um domínio público constituindo a parte de comunicação visual da informação produzida. A informação produzida nestes elementos balizam com uma apresentação a um público, seja ele qual for, e independentemente da sua dimensão.

O conceito de MacEachren (1994) baseia-se nesta ilustração de DiBiase mas aprofunda-a mostrando que existem mais lados, criando por si um cubo onde representa a informação que está a ser criado (Figura 30), reformulando o plano para um espaço tridimensional, acabando por representar um cubo, ao que denominou de (*cartography*)³.

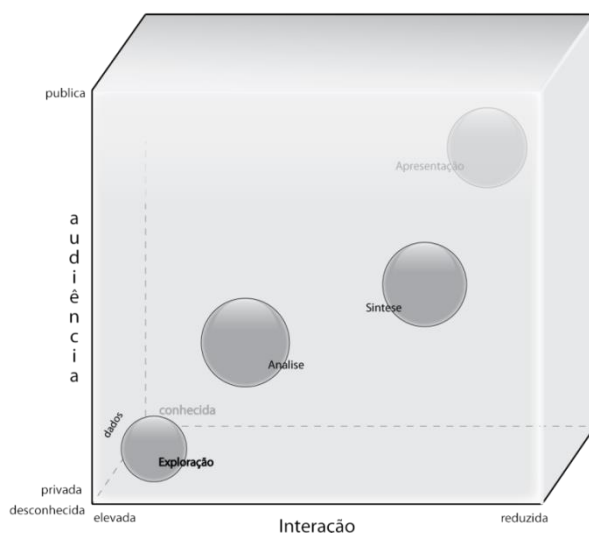


Figura 30 - Cubo de informação, (*cartography*)³ de MacEachren 1995

Este cubo de MacEachren representa, igualmente, o descrito por DiBiase (1990), ou seja, as formas de apresentação e dos domínios, acrescentando contudo dois pontos: a interacção homem-mapa e o objectivo do mapa, se se representa uma apresentação de conhecimento ou se é, para descoberta de informação desconhecida.

Este cubo é um dos marcos importantes da Cartografia Moderna mostrando um aspecto muito importante do uso do mapa. Relata a importância de se pensar sobre o assunto, isto é, qual o tipo de técnica de visualização que deverá ser utilizada, assim como a definição que o mesmo autor deu a visualização. “*Uso do mapa privado, revelando o desconhecido com uma alta interacção humana-mapa, localizado no canto inferior do*

cubo”, (MacEachren 1995) que afirma também que a visualização é um campo da Cartografia que merece ser estudado.

A importância deste cubo reside no facto de começar a categorizar o tipo de informação e como esta é representada, consoantes os domínios a que pertence, isto é, considerando que um mapa tem como funções essenciais a apresentação, análise, síntese e exploração de informação. Cada um destes elementos corresponde a uma posição específica dentro do cubo, desse modo, defini-lo

3.2.2 – Investigação em Geovisualização

Apesar da clareza dos pontos apresentados supra, existem outros pontos dentro do entendimento da representação da informação que necessitam de uma séria investigação. Dentro da *International Cartography Association*, o departamento - *Commission on Visualization and Virtual Environments* - foi criado para reger as questões da investigação na Geovisualização.

Vários autores debruçam-se sobre quais os temas prioritários e quais merecem devida atenção dos investigadores de modo a garantir uma progressão clara deste conjunto de técnicas da Geovisualização, Dykes (2005), considera que existem 4 pontos essenciais na qual a investigação deve seguir: Representação da Informação, Visualização, Interfaces e problemas Cognição/Usabilidade.

Segundo o mesmo autor as questões referentes a representação da informação prendem-se ao facto de a Geovisualização se aliar às ciências cognitivas que suportam um conjunto de temas, que MacEachren e Kraak (2001) delinearam como elementares, os mesmos que Dykes (2005) expôs. Em compensação o avanço das técnicas e das ferramentas para a visualização que suportam a ciência demonstraram um grande desenvolvimento, e por sua vez, a mudança que houve na aquisição, gestão, análise e na representação.

Representação da informação

A representação da informação já é, por si, um tema bastante pertinente, enquanto base de todo o processo de criação de um elemento de Cartografia ou Geovisualização, não fosse incluída num conceito mais amplo de tornar os dados, informação e o conhecimento visíveis. Contudo já se assistem a algumas mudanças na representação o que em grande parte se deve aos grandes conjuntos de dados que estão a ser apresentados aos analistas. O problema reside na inadequabilidade das técnicas usadas e no não aproveitamento das potenciais vantagens. Não que exista uma causa geral para tal, mas porque muitas das vezes as técnicas usadas são criadas e geridas em meio académico que acabam por não se desenvolver, ou seja, a não serem aplicados a casos reais.

Por sua vez, também se verificam casos em que existem novas técnicas de representação que vão para além das tradicionais formas de representar, i.e., o mapa tradicional, onde o papel, ou mesmo o formato digital implicam uma forma estática de informação impedido, muitas das vezes a sua manipulação, ou por outra palavras, poder trabalhar a informação directamente podendo assistir ao seu *output* instantaneamente, tal qual como quando é usado o papel.

Em suma, tais técnicas e ferramentas abalam, em parte, todo o conceito de mapa, que durante séculos foi utilizado apenas como meio de navegação, orientação, identificação, etc. Interactividade, animação, *hiperlinks*, ambientes virtuais fortemente realistas, tridimensionalidade e tempo, re-desenham as fronteiras de conceito de mapa para um conceito mais abstracto e que deverá ser pensado (MacEachren, Kraak 2001).

Portanto a usabilidade de tais técnicas e ferramentas necessitam de um estudo prévio, o qual faz parte da investigação aceite pela *Internacional Cartography Association*, para entender quais o efeito destas técnicas sobre a leitura de informação, a sua aplicabilidade e como deverão ser usadas para a maximização dos benefícios no entendimento desta, promovendo assim um desenvolvimento de teorias de informação geográfica e a formalização destes métodos. Na mesma medida que deverão ser registadas e desenvolvidas novas formas de representação que entendam o fenómeno geográfico, espacial e temporal e retirar sempre o máximo partido das mais recentes técnicas de visualização científica, de desenvolvimento de *hardware* e de formato de dados.

Visualização

Existe uma ligação umbilical entre a visualização e os avanços computacionais. Isto porque a visualização tem como suporte os dispositivos informáticos, onde o seu desenvolvimento e o aumento da sua performance, a nível das componentes de *hardware* e *software*, irá traduzir-se em melhoramentos da imagem. (MacEachren, Kraak 2001).

Os principais estudos neste campo da visualização recaem principalmente em duas grandes áreas, *data mining* e de descoberta de conhecimento nas bases de dados conhecido em inglês como *Knowledge Discovery*, mostrando que o principal foco são os dados e a padronização e relacionamento destes dados entre si, criando uma exploração visual de informação.

Este processo e esta investigação em processos de visualização consistem num *upgrade* da Cartografia num carácter mais técnico, onde a criação e manutenção de base de dados se torna fulcral na gestão dos dados.

Interfaces

Os novos paradigmas da representação e de visualização implicam que muitas das vezes sejam utilizados novos dispositivos e interfaces para a sua utilização, o que implica que a própria investigação em Geovisualização - claro que sempre aliada a outras campos científicos - se terá de debater sobre estas questões, levando mesmo a constituir uma área de investigação considerada pela *Internacional Cartography Association*.

Os focos de investigação recaem sobre o conhecimento de mecanismos de novos fornecimentos dos *media* e como estes deverão ser entendidos e fornecidos para que não haja perda de informação, assim como entender, ao que é chamado de metáfora de mapa¹⁶, e igualmente, entendimento, criação e difusão de *design* de interface de visualização de ambientes virtuais. Por outro lado existe um número de questões do foro mais teórico para o assentar destas novas tecnologias. Estas questões debruçam-se sobre o desenvolvimento de um compreensivo *design* centrado no utilizador e na usabilidade de Geovisualização

¹⁶ Metáfora de mapa ou dispositivos visuais geográficos apresentam-se como sinónimos

Problemas Cognição/Usabilidade

Este último ponto de investigação considerado pelo *Internacional Cartography Association* é um culminar dos últimos três pontos, pois a sua essência reside no funcionamento das técnicas de visualização e representação utilizadas nos diversos interfaces, sendo igualmente um ponto de investigação em que a própria cartografia se começa a interessar após os estudos iniciais de Arthur Robinson em (1952), onde diz que “*neste aspecto da profissão [referindo-se às formas gráficas] o mais pequeno passo tinha sido dado. A habilidade para agregar e reproduzir dados tinha em muito ultrapassado as habilidades existentes para apresenta-los*”

O campo de investigação nos problemas cognitivos e a usabilidade tem uma componente teórica bastante pesada, fornecendo à Geovisualização o desenvolvimento de teorias que suportam estes métodos para estabelecer a maximização de resultados, em ambientes virtuais, ambientes fortemente dinâmicos, assim como suporte ao estudo dos interfaces. Num outro campo mais psicológico, os problemas de cognição e usabilidade debatem-se sobre o entendimento individual e de grupos de indivíduos da visualização e usabilidade de dispositivos de visualização de informação geográfica, assim como os problemas associados a tais técnicas, perspectivas na cognição e usabilidade.

Em suma, problemas de cognição e usabilidade é um ponto extensível aos outros elementos – Representação da Informação, Visualização e Interfaces de Investigação, constituído um conjunto de pontos que nunca poderão ser dissociados uns dos outros, os quatro complementam-se para a promoção e entendimento da Geovisualização.

3.3. Técnicas e Ferramentas

As investigações levadas a cabo na Ciência da Visualização, Ciência da Informação Geográfica e na própria Geovisualização levaram ao formular de um conjunto de técnicas, ferramentas e métodos que permitem fazer uma análise ao conjunto de dados, diferentes das técnicas usadas em SIG. Isto porque, técnicas usadas num *software* SIG, tem um objectivo e um propósito diferente das do conjunto metodológico usado para criar um dispositivo geográfico de Geovisualização.

O carácter inovador e informático que a Geovisualização transpõe leva a que sejam criados sistemas rápidos e interactivos, no sentido lato da palavra, na medida em que, por um lado o crescimento dos conjuntos de dados e de informação exige uma compreensão rápida e, por outro lado uma sociedade de informação que exige ser informada no mais pequeno espaço de tempo. Tais sistemas levam a que todo e qualquer elemento de Geovisualização permita quer fazer um resumo dos dados e da informação de modo a que seja fácil a sua compreensão, (que seja transformável e mutável permitindo diferentes ângulos de visualização, para que seja entendido as questões do “*não visível*”), quer uma profundidade na compreensão do mapa. Por outras palavras, hoje vive-se perante uma sociedade sem tempo mas com uma exigência de informação quase incomensurável, sendo de necessidade que qualquer produtor de informação ou analista de informação aposte em técnicas de visualização de construção complexa mas de fácil interpretação para a total compreensão, por parte do público, independente da sua dimensão, de uma forma eficiente e eficaz.

Existem diversos conjuntos metodológicos de Geovisualização, em que a sua utilização depende do *geovisualizador* e da sua consideração perante os *outputs* e o objectivo destes, contudo existe um agrupamento destas técnicas, ferramentas e metodologias em tipos de Geovisualização. Foram considerados 4 grandes tipos de Geovisualização, sendo eles, **Visualização Animada, Cartogramas Complexos, Visualização Multidimensionais, Visualização Interactiva e Dinâmica.**

3.3.1. Visualização Animada

Uma imagem estática, por si, quando é bem construída provoca em quem a vê um sentimento de admiração. Nela existe um fluxo de informação que é transmitido do sistema visual para o sistema cognitivo onde são depois reconhecidos padrões na imagem, por qualquer uma que tenha sido a vivência do seu utilizador. Quando a uma qualquer imagem estática é aplicado uma *animação* o desempenho desta é substancialmente maior pois o movimento que esta apresenta torna-se familiar. Aliás, todo o movimento de um objecto numa imagem ressalta à vista do seu utilizador.

As animações permitem ao utilizador ver a lógica que foi usada para a conclusão a que se chegou, a forma de como os dados e a informação foram implementados e todo o processo de produção de conhecimento (geográfico ou não) a que se chegou. Um dispositivo deste tipo oferece uma perspectiva nova e mais estimulante, da mesma forma que oferece ao utilizador deste dispositivo um convite para aprofundar o conhecimento sobre o estudo em questão. Ao colocar o utilizador confortável com o entendimento do dispositivo e o seu próprio conhecimento acerca da matéria, proporciona um conforto mental que provoca não só uma compaixão com o dispositivo em si, mas com todo o tema em estudo, pois de certa forma o utilizador é o comandante e não o comandado.

A construção de um elemento animado requer um conhecimento justo sobre os dados e o estudo em si. Pois, da mesma forma que estas técnicas bastante são tidas como poderosas, quando essas técnicas são usadas correctamente, o contrário é igualmente verdade. Efectivamente, quando as técnicas são usadas de uma forma errada, ou seja manipulada sem respeito pelas regras e os processos, o resultado é desastroso, e até perigosos, pois tornam-se enganadores para o utilizado. Isto implica que a forma visual terá de ser não apenas apelativa mas também que o lado científico terá de ser preciso e correcto. Por mais bela que a animação visual seja se o objectivo de informação não for cumprido, então esta animação falhou o seu propósito.

Uma animação é, por fim, um conjunto de imagens sucessivas com alterações no seu centro, onde o sistema perceptual encontra tais alterações que existem na imagem e fazem com que o utilizador entenda o seu conteúdo e as suas alterações. Fisher (2010) usa o princípio do destino comum da percepção de Gestalt para descrever as animações, afirmado que qualquer conjunto de utilizadores da animação tende em ver a figura quando num geral.

Aquando da existência de um número considerável de objectos, este tende a agrupá-los e a rotulá-los, isto se eles viajarem na imagem na mesma direcção e velocidade. Na mesma medida, que quando existe um elemento singular que tem uma trajectória muito própria este não só é primeiramente identificável como também se destaca de todos os outros. O utilizador tem uma tendência a, imediatamente isolá-los dos restantes objectos. Contudo, Fisher afirma ainda, baseando no estudo de Cavanagh e Alvarez (2005) que o utilizador tem uma capacidade limite de identificação de objectos que se move na imagem, afirmado que a dificuldade acresce substancialmente quando são mais de quatro ou cinco objectos, “*o olho desiste de procurar, apenas toma consciência de poucos objectos e os restantes são considerados ruído visual e são esquecidos*”. (Cavanagh, Alvarez 2005; Fisher 2010)

Para a Geovisualização, o uso de animações ganha um forte sentido quando o desejo do criador é mostrar o tempo. A animação é o exemplo mais que perfeito para fazer mostrar este factor. As representações temporais estão cada vez mais comuns, mas as mesmas necessitam de ser pensadas antes da execução, pois para além de uma aplicação correcta da esquemática espacial da informação, a esquemática temporal tem de igualmente ser implementada, mesmo com mais cuidado que a referida anteriormente, pois a sequencia temporal tem de ser inerente à animação. (Kraak, *et al.* 1997). Apesar da grande componente das animações de Geovisualização (ou animação cartográficas também assim consideradas) serem as animações temporais, Kraak (1997) afirma haver uma classificação entre temporais e não temporais, nas quais se enquadram todas as animações lógicas, e ambas têm uma função quase narrativa de contar uma história ao utilizador.

3.3.2. Cartogramas Complexos

Os cartogramas complexos não são mais que cartogramas, mas que na sua forma acrescentam-lhe outras técnicas que lhe permitem incluir mais informação que um cartograma comum. Um cartograma é uma ilustração que tem como base o mapa comum mas deformando-o, pois o objectivo é mostrar uma grandeza estatística através desse mapa. Um exemplo bastante conhecido de um cartograma é o número de população de cada país no mundo (figura 31). Esta técnica permite então a compensação do inconveniente de quebrar a ligação entre regiões estatísticas e relações topográficas. Através da alteração da

forma das fronteiras topológicas que estão em estudo devido aos dados estatísticos é permitido quase de imediato, ao utilizador identificar as formas que estão mais destacadas devido ao seu tamanho, formando uma hierarquia entre as relações topológicas. (Andrieu, *et al.* 2007). Sendo o principal objectivo do algoritmo do cartograma igualar a densidade do espaço dadas as fronteiras geométricas e os valores de densidade estatísticos associados às partições espaciais que estão delimitadas por essas mesmas fronteiras.



Figura 31 - Cartograma da População fonte: <http://bigthink.com/>

No cartograma existe a necessidade de manter a forma do polígono o mais próxima possível da original assim como as suas fronteiras para que esta possa ser facilmente reconhecida pelo utilizador.

Ainda Andrieu *et al.* identificam também que esta técnica, apesar de ser bem conhecida pelos cartógrafos, é pouco utilizada, identificando três principais problemas: (1) o facto de a população, em geral, não estar habituado às fronteiras que as rodeia, tendo assim um problema com o não conhecimento do espaço, (2) a inabilidade da representação de *layers* de informação espacial e (3) a indisponibilidade de *softwares* de construção de cartogramas que sejam *user friendly*. Mas para além destes problemas, Kaspar *et al* (2011) identifica um outro conjunto de problemas, que se debatem principalmente com falta de investigação no campo da percepção e cognição. Sabe-se que, por exemplo um mapa coropleto com círculos proporcionais é mais eficaz para a análise do número de população,

mas que por outro lado, em questões mais simples os cartogramas são mais eficazes e eficientes dependendo da questão do estudo e até mesmo da forma de como ambos, mapa coropleto e cartograma, são executados.

A complexidade destes cartogramas aumenta na medida em que são adicionados outros elementos. Por exemplo, podem usar-se as animações lógicas na construção do próprio cartograma, que consiste na evolução do mapa tradicional com os valores de área reais e a sua transformação para o cartograma, ou também uma animação temporal. O uso de cartogramas cresceu com o desenvolvimento da Geovisualização, permitindo mesmo outro tipos sem ter como base as fronteiras reais do território administrativo. Diversas visualizações apresentam formas geométricas para apresentar o território em estudo, e numa questão de escala é construída a relação, permitindo assim um novo conjunto de tipos de cartogramas que poderão ser utilizados.

3.3.3. Visualização Multidimensionais

A criação de um qualquer elemento visual resultante de dados estatísticos deriva sempre de uma ou mais variáveis, fazendo com que no desenho ganhe uma dimensão, não em termos de tamanho, mas em termos relativos. Podemos dizer então, que existe uma dimensão nessa análise estatística. O mesmo acontece com os mapas: quando são representados quaisquer informações num mapa, existe sempre implícito um valor de latitude e de longitude, o que afirmar que esse mapa se representa a duas dimensões.

A representação cartográfica foi durante muito tempo bidimensional representando apenas os mapas, projectados num eixo cartesiano de x , correspondendo à longitude de y , correspondendo a latitude. Dentro deste eixo encontrava-se toda a informação que seria útil para o utilizador poder compreender a mensagem a que o cartógrafo se disponha a transmitir com o elemento gráfico que produzira. A verdade é que o continuar de representações a duas dimensões começou a perder o seu efeito no momento em que as primeiras imagens a três dimensões apareceram.

O uso de várias dimensões para a análise das variáveis que se dispõe para um estudo cria uma vantagem não só para o utilizador do mapa mas para o próprio produtor. É sabido que, os dados tem sempre uma dimensionalidade implícita, pois quase sempre existe uma

informação adjacente que o produtor tem acesso, como por exemplo latitude, longitude, altitude e o valor em si do dado que está a ser analisado. Isto permite, quando se esta a criar o elemento visual, criar uma dimensionalidade extra, isto é, ao analisar uma qualquer variável, e ser aplicada uma técnica de 3D correctamente, implicando um dinamismo à variável que terá um efeito positivo na transmissão da mensagem para o utilizador.

Quando, na Geovisualização, é referido a multidimensionalidade em visualizações, é quase automaticamente excluído o 2D. Isto porque a popularidade de elementos geográficos visuais a 3D ganhou um campo bastante forte, quando como um vórtice atraindo grande parte da pesquisa para assuntos relacionados com tal. Contudo, o 2D continua a ser utilizado, para a representação de mapas estáticos e de cartogramas, e de processo criativos de visualização de informação, que muitas das vezes se localizam na margem da Geovisualização de onde são trocados os tradicionais x e y por outras variáveis.

Por outro lado, a investigação em técnicas de 3D tem levado a um desenvolvimento deste visualização multidimensional criando quase uma subdisciplina que aliada à computação gráfica tem originado grandes desenvolvimentos. O grande sucesso de criar elementos visuais gráficos 3D deriva do facto de o Ser Humano viver num mundo onde existem três dimensões e automaticamente existe um sentimento de atracção por parte do Ser Humano para o elemento visual criado. Contudo existe alguns registos que devem ser tomados, primeiramente Nollenburg (2007), citando MacEachren afirma que deverá ser feita uma distinção entre a representação a três dimensões e um dispositivo de três dimensões físicas, usando uma ou mais dimensões que não são dados espaciais, criando um ambiente abstracto sem uma dimensão física no espaço conhecido. Além disso é necessário tem em atenção que a maior parte das visualizações em 3D criadas actualmente são para ser exibidas num espaço a 2D, isto é, apesar de ser criado um ambiente em realidade virtual ele é apresentado num monitor de um computador ou numa televisão criando assim um espaço a 2D.

É então necessário que a questão da tridimensionalidade seja dividida em três pontos: 1) o **Rendering**, que corresponde a criação de ambientes mais ou menos realísticos, onde a grande base é a computação gráfica e tem um grande impacto no *hardware* utilizado, pois este compreende ambientes de realidade virtual e criação de elementos não foto-realistas bastante pesados; 2) o **Verdadeiro 3D** que compreende técnicas que serão

apresentadas em verdadeiros ambientes tridimensionais em que existe uma noção de “espaço”, que corresponde ao plano cartesiano, (é o que é perceptível pela vista humana), e o efeito de profundidade e volume, que matematicamente é fornecido por z , os mais conhecidos serão os hologramas; 3) por fim a *realidade aumentada* que corresponde a uma criação do mundo real através de elementos visuais verdadeiros, como por exemplo fotografias.

3.3.3.1. *Rendering*

O *rendering* é bastante conhecido da computação gráfica pois é neste campo científico que se tem desenvolvido, e é entendida, num sentido mais lato, como o processo de conversão de uma cena tridimensional numa imagem através de algoritmos de animação, modelação geométrica, textura, sombreado, reflexão, coloração, entre outras (Pharr e Humphreys 2010). É a geração de uma imagem através de um modelo matemático, que não deverá ser confundido com *3D rendering* que é uma ferramenta, tratando-se de um processo de conversão de uma imagem a 2D, com efeitos foto-realísticos em três dimensões. Portanto, toda a criação de imagens tridimensionais implica sempre um *render*.

O início desta ferramenta tratou apenas de estudos de observação de objectos por determinados ângulos, como seria a sua reflexão dadas determinadas reflectividades de luz entre outras. Com o avanço da tecnologia e a solidificação da Visualização Científica, outros campos da Ciência apoderam-se desta técnica para o seu campo científico para o desenvolvimento de modelos e teorias. Em conjunto, o desenvolvimento do *rendering* levou a que, com o desenvolvimento do *hardware* e *software* os elementos gráficos tridimensionais ficassem cada vez mais reais, sendo chamados de foto-realistas.

A criação de imagens de 3D pressupõe sempre a implementação de diversos algoritmos, que irão definir o nível de detalhe (em inglês LOD, *Level of Detail*), o que significa que as imagens desse ambiente irão aproximar-se cada vez mais do mundo real quanto maior for o seu nível de detalhe. Acontece que, a utilização de um LOD cada vez maior implica que o *hardware* em uso seja coerente e consiga suportar o peso do *rendering*, pois quanto mais real foi o ambiente, mais pesado ele é, o que implica que o criador utilize

um computador que, não só tenha uma maior potência em termos de grafismo assim como em armazenamento e potência do processador.

No que respeita à Geovisualização, o *rendering* inclui-se quando é pretendido a criação de ambientes virtuais, isto é, a criação de um conjunto de elementos tridimensionais que quando combinados formam um padrão conhecido quer para o criador quer para o utilizador do mapa. Por exemplo, a criação de uma cidade virtual que pressupõe a criação da topografia e dos elementos naturais e antrópicos. Esses ambientes podem pertencer a duas categorias, se a sua criação for mais artística e conter na sua criação um aspecto menos real e mais de animação constitui um ambiente não foto-realista, se, por sua vez, o ambiente criado estiver próximo da realidade contendo um LOD é então foto-realista.

Ambientes Não Foto-Realistas

A criação de ambientes não foto-realistas (NPR, *non-photorealist*, em inglês) está directamente ligada com a criação de arte digital, que pode ter uma implicância bastante forte no mundo científico e na criação de conhecimento. Um dos aspectos mais importantes e uma das razões pelos quais ambientes não foto-realistas se tornaram num sucesso deve-se ao facto de consumirem menos tempo na sua concepção e no seu peso comparativamente aos ambientes foto-realistas, que no contexto de percepção mapa-humano tem a grande vantagem de omitir elementos supérfluos ou superdetalhados que acabam por distrair quem está a observar o dispositivo geográfico. (Winnemoller, *et al.* 2006)

A verdade prende-se com o facto de o desejo ser a criação de um virtual real do qual, tradicionalmente, a computação gráfica anseia em dominar. Acontece todavia, a infinidade de objectos que o real detém, transforma esta ansiedade em algo (quase) impossível, porque para efeitos de comunicação o sentido da comunicação é perdido rapidamente pois a atenção do Ser Humano e a velocidade a que se processa a leitura ocular, desprende-se devido a enorme quantidade de objectos que é encontrada, já que é tomada atenção a todos os objectos por incapacidade física do Ser Humano, conseqüentemente e a mensagem é perdida. Mas claro, a escala de análise é sempre um factor importante na decisão da técnica a ser utilizada.

O uso de imagens não foto-realistas é usado na Cartografia há bastante tempo, uma vez que a representação gráfica é uma forma não realista do mundo que rodeia. Mesmo quando a criação eram os mapas de relevo de uma falsa tridimensionalidade, estes representavam elementos não foto-realistas.

Apesar de uma certa indignação, por parte de alguns autores em relação à determinação do nome deste, actual, campo da computação gráfica, devido à não clarificação do que é “realista” e o que não é, os ambientes não foto-realistas, quando criados, demonstram reflexões de luz verdadeiras ou cenas de imagens verdadeiras usado apenas de um modo ilustrativo as formas, estruturas, luzes e sombreamento. (Döllner e Buchholz 2011)

As técnicas de ambientes não foto-realistas apresentam uma maior liberdade na escolha de determinados elementos e igualmente uma maior liberdade na escolha dos algoritmos a serem usados, isto porque a condição “estética” irá depender do bom senso de cada um, permitindo assim uma repetição de algoritmos para que exista uma uniformização da realidade. Mostrando a vantagem de focar a atenção do utilizador para onde o produtor do dispositivo quer que seja dirigida.

As técnicas de ambientes não foto-realistas prendem-se essencialmente na iluminação do ambiente, consistindo nas escolhas e uniformização das áreas iluminadas e das sombras. A iluminação é uma forma de promoção da luz na imagem, é um aspecto fundamental numa imagem tridimensional pois o cérebro humano associa automaticamente ao volume criando forma. A cor revela também uma importância para este tipo de imagem, uma vez que terá de ser escolhida conscientemente. Por fim, um outro elemento ao qual o Ser Humano associa como aspecto conhecido é a textura.

Portanto, a criação de ambientes não foto-realistas apresentam uma quantidade de elementos comum aos ambientes realistas, e que por sua vez, são naturais do mundo real. Estes elementos realistas provocam ao Ser Humano uma sensação de presença e conhecimento. Apenas diferem do facto de se apresentarem sobre forma digital e ilustrativa de arestas mais limadas e menos *pixelizadas* devido à aplicação de filtros provocando a diminuição gradiente de cor, o que por sua vez permite um menor número de cores na sua transição de um elemento para outro.

Ambientes Virtuais Reais

Os ambientes virtuais reais, também conhecidos como ambiente tridimensionais a tempo-real (área integrante da computação gráfica), sendo definida geração de conjunto de imagens em tempo real a que se chamam de *frames*, esses *frames*, no seu conjunto formam o ambiente. Essas imagens são compostas por elementos complexos, ou seja, a imagem contém bastante detalhe, de três dimensões que através de *hardware* compatível fornece um alto desempenho na qualidade do ambiente.

O *rendering* destes elementos são igualmente rigorosos nas técnicas, e exigem ao seu criador um conjunto de saber em linguagem informática dependendo da arquitectura do *software* que está a ser utilizado e este, por sua vez, depende do nível de grafismo de cada um. Döllner (2005) fala dos tipos de qualidade de um ambiente dividindo-as em 3 opções: (1) opção por uma qualidade mais baixa, o criador escolhe então um sistema OpenGL que funciona à base de linguagem C++ ou Java. (2) Um nível de grafismo mais elevado como *OpenInventor*, *Java3D* ou *Virtual Rendering Systems* - implica um outro tipo de conhecimento que é virado ao objecto (um pouco como o javascript para o HTML) com um conjunto de bibliotecas extras e de aplicativos. (3) Por sua vês cenas gráficas com o mais alto desempenho exigem linguagens como VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) ou *Pixar's Render Man Language*.

O uso destas opções servem para criarem as técnicas chave dos ambientes virtuais em tempo real com mais ou menos realismo, consoante as condições do *hardware* e também do *brainware*, essas técnicas são: de modelação através de Multi-Resolução, Multi-textura, Textura dinâmica, Sombreamento programável e *Rendering Multi-Pass* são apresentadas por Döllner (2005) como as mais importantes.

A Modelação através de Multi-Resolução, como o próprio nome indica, é a colecção da rede de fragmentos que fazem parte dum objecto que vai ser preenchida com um intervalo de nível de detalhe gráfico, LOD, (exemplificando como uma rede de triangulação de Delaunay do território que vai ser preenchido com os dados do terreno). As técnicas relacionadas com as texturas representam um factor importante porque são um elemento de identificação imediata por parte do Ser Humano e caracterizam-se por constituírem um conjunto de camadas com texturas próprias, como a geração de imagens de cor através de imagens de satélite, sendo que a combinação da imagem através de multi-

textura cria um elemento tridimensional, muitas das vezes com algumas camadas bidimensionais. Por outro lado as texturas dinâmicas resultam de um *rendering* de informação e não de sobreposição de camadas de informação sobre as texturas onde terá de existir previamente, uma aprendizagem por parte do sistema sobre a textura a gerar.

Apesar de estas técnicas apresentarem alguma complexidade na sua utilização devido ao conhecimento que exigem existem técnicas de foro mais avançadas onde a sua permissão para criar outro tipo de elementos mais complexos e mais reais são possíveis. Uma dessas técnicas é o *Multi Pass Rendering* que consiste na utilização de algoritmos para o processamento da cena gráfica. Cada um dos objectos terá obviamente um tipo de algoritmo diferente até porque em questão estão os sombreamentos e todos os outros elementos que fazem da realidade virtual, o que gera não só um maior peso na armazenagem do documento como também na duração do *rendering*.

É sempre necessário ter em conta que o tipo de *hardware* utilizado para a criação de tais ambientes não é igual a um *hardware* para a criação de um mapa estático, claro que as suas vantagens são largamente superiores, mas nem sempre compensam os gastos, pois existe uma vertente do conhecimento do criador que deverá sempre ter tida em conta, pois a exigência de diversas e diferentes linguagens de programação é exigida.

3.3.3.2. Verdadeiro 3D

A aplicabilidade de uma técnica de “verdadeiro” 3D não se prende necessariamente às técnicas que são utilizadas, mas sim a forma como a informação recriada é apresentada. Como foi descrito supra, apesar de haver diversas técnicas de aplicação de elementos tridimensionais elas são sempre apresentadas num ecrã ou outro dispositivo bidimensional, o que por si trás alguns problemas. O verdadeiro 3D consiste em técnicas de geração tridimensionais apresentadas num dispositivo tridimensional correspondendo aos dispositivos apresentados por Kirschenbauer (2005) como amostras estereoscópicas, hologramas, anaglifos (Figura 32) e bancadas imersivas (Figura 33).



Figura 32 - Anaglifo da ponte de GoldenGate – São Francisco

Fonte: <http://www.stereoscopy.com>

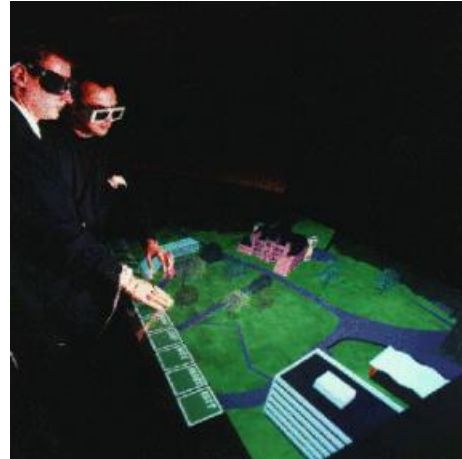


Figura 33 - Banca imersiva de uma cidade

Fonte: <http://proceedings.esri.com>

Começa a ser estudada a terceira dimensionalidade e a implicância que tal tem para a visualização. É certo que, ao contrário dos outros mapas, a implicação de um terceiro eixo das dimensões implica um fascínio para as pessoas que, apesar de viverem num mundo tridimensional estão habituadas a ver a informação num complexo bidimensional, o que por si provoca, um estímulo no cérebro. Ou seja, o cérebro reage de forma positiva ao estímulo da profundidade real apresentada por um dispositivo tridimensional.

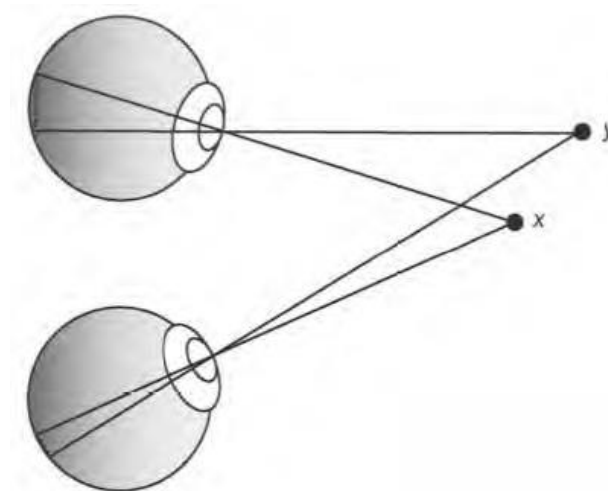


Figura 34 - Percepção binocular, onde cada uma da retina identifica uma informação Fonte: Kirschenbauer (2005)

A questão da profundidade e o seu entendimento implicam um foco em matérias de psicologia e fisiologia que estudam como o nosso sistema ocular e cognitivo funcionam

consoante determinadas funções. Kirschenbauer (2005) afirma que as pistas da percepção da profundidade mais utilizadas em Geovisualização, no que respeita a funções fisiológicas, são ligadas à disparidade binocular (Figura 34), em que cada retina vê uma imagem, sobrepondo-as numa só, mas que combina várias perspectivas psicológicas.

Para a Geovisualização está provado que a utilização de verdadeiro 3D é vantajosa e melhora a percepção do espaço geográfico onde o estudo é inserido, o que por aí melhora igualmente todo o estudo, pois existe uma maior rapidez na identificação de detalhes e mais eficácia, devido, em grande parte, à grande nidificação por parte do cérebro humano da dimensionalidade extra a que, no mundo real, está habituado.

3.3.3.3. Realidade Aumentada

A realidade aumentada constitui o último conjunto de técnicas referentes às técnicas de multidimensionalidade, e poder ser definida segundo Azuma (1997) como a combinação de uma cena real com uma cena gerada virtualmente por um computador que a aumenta com informação adicional, correspondendo assim a uma variação dos ambientes virtuais.

Apesar de parecer uma tecnologia bastante avançada já é usada há algum tempo principalmente pelos meios televisivos quando existe a necessidade de isolamento de um qualquer objecto para demonstrar qualquer tipo de cenário. Por exemplo, numa corrida de fórmula 1, existe a necessidade à imagem real são incluídos objectos gráficos criados digitalmente para indicar o que é pretendido. Um outro exemplo, na Engenharia, se existir uma necessidade de aplicar tubos para um qualquer efeito, existe a possibilidade de através da imagem real adir um conjunto de informação, nomeadamente os tubos, digitalmente para a análise da estética e aplicabilidade destes.

Para a utilização desta técnica existem um conjunto de dispositivos tecnológicos que elevam esta técnica a um nível de ficção científica, nomeadamente quando utiliza dispositivos de *head-worn*, isto é, dispositivos que se colocam na cabeça do utilizador em que existe uma câmara e através de uns óculos ou um outro dispositivo ocular, projectam a imagem. Da mesma forma, existem dispositivos que são de uso táctil, com efeito um pouco diferente do anterior, pois é necessário a existência de um LCD e, através de vídeo, fornece os cenários de realidade aumentada. Por fim, existe ainda uma técnica de projecção em que

a informação é projectada directamente no objecto que se quer aumentar, o que se depreende que o único objectivo é meramente associativo entre ambos os factores, reais e digitais.

Actualmente, existe um grande número de exemplos de realidade aumentada que faz parte do dia-a-dia da pessoa, como o caso do *Google Maps*, e da visão de rua, que permite uma visualização de ambientes reais por trás dum computador permitindo uma breve análise. É, sem dúvida, um elemento que deve de ser mantido em estudo pois a sua vantagem para a resolução de diversos problemas mesmo fora do foro geográfico é de grande utilidade. Da mesma forma, que com os avanços tecnológicos, a presença de telemóveis “*smartphones*” favorecem ao quotidiano do Homem uma interactividade e dinamismo com mapas, que nunca antes foi possível.

Além disso, tais aplicativos de realidade aumentada trás à sociedade diferentes vantagens, podendo estas ser de um aspecto mais de “propaganda”, quando é indicado que o facto de haver uma manipulação tridimensional deste tipo de informação com esta interactividade, transformando-se em marketing deste campo científico.

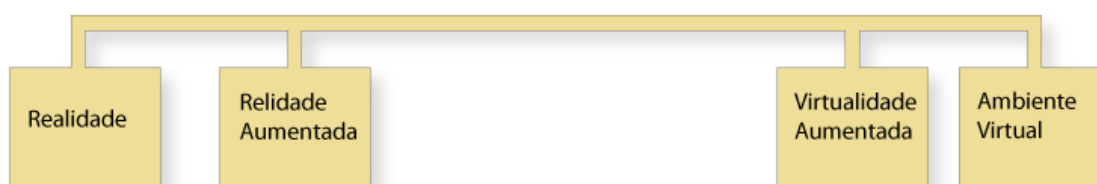


Figura 35- Continuum Realidade - Virtualidade de Milgram Fonte: Azimu et al. 2001

3.3.4. Visualização Interactiva - Dinâmica

Interactividade e dinamismo em visualizações geográficas são dois conceitos que apesar de poderem gerar alguma confusão por serem semelhantes, ou por estarem implícitos noutras temáticas já descritas supra, são dois conceitos que merecem uma atenção redobrada pela sua importância. Define-se interactividade como “*faculdade de permuta entre o utilizador de um sistema informático e a máquina, por meio de um*

terminal dotado de um ecrã de visualização.” (Dicionário de Língua Portuguesa) e dinamismo, como *“Sistema que considera a matéria animada por forças inerentes e permanentes, sem as quais não existiria.”* (Dicionário de Língua Portuguesa).

A verdade é que o uso de interactividade e/ou dinamismo em visualização já é empregado quando são implícitas as demais técnicas de visualização, mas existe uma necessidade para que estas técnicas tenham uma empregabilidade coerente, formando o que Krygier (1999) chama de Design Intelectual. Do mesmo modo que terá de existir flexibilidade na metodologia adoptada para criar uma grande interligação entre o criador do elemento gráfico e os dados.

A principal razão pela qual existe o uso de técnicas de interactividade prende-se com o propósito de aumentar a eficiência do mapa e a rapidez na transmissão da mensagem que esta produz. No que respeita ao dinamismo dos elementos gráficos existe uma necessidade de dividir a questão, pois, tal, não diz apenas respeito a movimento, ou seja a animações. A questão dos elementos dinâmicos contrapondo aos elementos estáticos advém das vantagens de mostrar ao utilizador, instantaneamente através de vários elementos interactivos, modificações do dispositivo que permitam ao utilizador acumular bastante informação sem grande esforço nem grandes mudanças no interface do dispositivo.

Além de animações e movimentos gráficos que vão ser alterados consoante a vontade do utilizador, mesmo quando são mostrados eventos de situações reais o que perfaz um aumento de performance no entendimento da mensagem enviada pelo criador do dispositivo, é a mostra de objectos no tempo e no espaço onde a tempo real, é dada ao utilizador a ferramenta para alterar o tempo em que ocorre a visualização assim como a velocidade com que esta decorre, nomeadamente a alteração de vistas e ângulos de visão, entre outras.

Em suma, é certo que os dispositivos interactivos – dinâmicos tem uma implicância nos métodos e na velocidade de aprendizagem do homem em relação ao dispositivo geográfico. Mas é de ter sempre em atenção que existem dois factores que podem influenciar bastante o ritmo de aprendizagem por parte do utilizador: primeiro é sempre necessário um interface para visualizar este tipo de informação o que pode levar a algumas distrações e a um processo de habituação por parte deste. Por outro lado, o utilizador tem de estar disposto a receber a mensagem ou a aprender a mensagem que está a ser

transmitida, apesar de poder ficar no subconsciente do individuo a mensagem pode nunca ser totalmente recebida.

3.4. *Output* – Mapa e outros dispositivos geográficos

A utilização de técnicas de Geovisualização, para transmitir a mensagem que existe alojada nos dados e na informação, origina um mapa ou um dispositivo geográfico, como tem sido descrito ao longo deste capítulo. A verdade é que com a introdução da Geovisualização a questão do mapa tem vindo a ser alterada pois já não “respeita” certos pressupostos dos mapas tradicionais. A cultura anglo-saxónica descreve estes novos dispositivos como *map-metaphor* que significam que são um género de mapa, porque são um elemento gráfico georreferenciado e que respeitam algumas das técnicas da Cartografia Tradicional, mas que tem esta nova competência tecnológica que, poucos, ainda se debruçaram sobre tal.

A verdade é que a criação de um nome para estes dispositivos é, apenas, uma questão de formalização e uma questão filosófica que ainda não foi pensada e/ou investigada.

O papel já não é usado na Geovisualização. Todo o *output* é, tal como aos *outputs* do SIG, um dispositivo electrónico, em grande parte usados e visualizados por meios informáticos. Contudo existe ainda, um elemento que é impresso, ligado ao “verdadeiro 3D”. Os anaglifos são impressos numa escala de cinzentos com o ciano e o vermelho a marcar as sombras e as altas luzes para dar dimensão ao elemento, constituindo, então, um elemento físico e tangível. As bancas imersas tridimensionais constituem um outro elemento físico, mas este não é impresso mas sim construído manualmente que depois é assistido por computador. Neste caso existem dois módulos distintos: 1) o primeiro pode consistir apenas num mostrador informático com efeito de profundidade semelhante ao holograma, que apresenta um elevado nível de interactividade e dinamismo, ou então, 2) o que é usado actualmente em Portugal, um cenário construído onde é apresentado uma projecção do território, onde existe um grau de interactividade, na medida em que pode ser desenhado nova informação. (Encontro de Utilizadores da ESRI, Portugal 2012).

Por outro lado, os *outputs* da realidade aumentada constituem também elementos não-estáticos de visualização, como foi mencionado supra. Muitas das vezes têm um visualizador de computador, ou de dispositivo móvel, mas existe sempre um sistema interactivo máquina-homem. Por um lado, existem os sistemas de realidade aumentada nos meios de comunicação social, em que consiste em manipular imagens reais por via de

computador e acrescentar o que o produtor acha necessário para a sua apresentação, e depois é apresentado via televisor; existe igualmente a forma ligada ao meio militar, que consiste no visual do arsenal móvel de guerra, isto é tanques, aviões e outros veículos militares, que independentemente das suas funções contêm estes elementos.

Por fim, para fins científicos existem dois modos de representar a informação sob a forma de realidade aumentada pode ser sobre a forma de dispositivo informático de secretária ou móvel, isto é, computador, *tablet* ou telemóvel e aqui constituiu como um elemento dinâmico onde pode ser vectorizado sobre a informação base informação vectorial, ou então existem os equipamentos *head-on* em que consiste numa projecção da informação sobre uma plataforma e esta pode ser posteriormente alterada.

Todos os outros dispositivos que não foram mencionados necessitam sempre de um computador ou um dispositivo móvel para serem visualizados. Constitui assim uma primeira grande diferença entre os mapas tradicionais e os “novos mapas”. É claro que os mapas que provêm de um SIG, são igualmente visualizados num dispositivo electrónico, contudo o mapa final continua a ser um elemento gráfico estático que, igualmente ao mapa conhecido da Cartografia Moderna, não possui grande interactividade, apesar de aquando da construção do mapa em SIG, existir um determinado dinamismo em que se permite alterar a escala de visualização. Contudo a informação é sempre retirada àquela escala e nunca convém ser vista numa escala superior devido ao erro, fazendo assim da escala de análise e da escala da informação um ponto de diferença entre o *output* Geovisualização e o mapa tradicional.

A escala é o elemento essencial não só num mapa mas em todo o fenómeno geográfico. Todo e qualquer estudo são feitos consoante uma escala de análise, cada escala tem o seu grau de interesse e a sua metodologia. É certo que, nestes *outputs* de visualização existe sempre uma escala. Primeiro toda e qualquer informação georreferenciada tem uma escala de análise, até porque não existe um tipo de dados para a Geovisualização e outros tipos de dados para os SIG, mas sim informação e dados para qualquer suporte de análise. Portanto conclui-se que tem uma escala de análise “mínima”, o que por sua vez se pressupõe que essa escala não seja ultrapassada para não haver uma propagação do erro.

Acontece que constitui uma premissa da Geovisualização, novos métodos de representação da informação, o que por sua vez se traduz, muitas das vezes, em

desrespeitar, de certa forma, algumas regras. Considerando que a escala em cartografia tem 3 fundamentos essenciais: 1) a escala cartográfica que se refere ao rácio da realidade com a representada no mapa; 2) a extensão espacial e a 3) frequência de amostras e a sua generalização de objectos (Wood, 2005), sendo esta última muita das vezes a mais desrespeitada.

O mesmo autor aprofunda estes fundamentos relacionando-os com os elementos gráficos tridimensionais, passando sempre à comparação com os actuais SIG. Ele afirma que “*tamanho do monitor afecta a escala da representação cartográfica*”, da mesma forma que o papel faz, na Cartografia tradicional, com a ligeira diferença que é muito mais efémero, isto é, a facilidade de mudar de tamanho de monitor é muito maior que a manipulação do tamanho do papel. Além disso comparando com o 3D, este oferece algo que um mapa tradicional não o faz, que é a visualização *fly-by* ou em português *de voo*, o que por sua vez faz alterar a noção de escala de visualização bastante rápida consoante o voo que está a ser feito sobre o território. O que aqui, faz com que o assunto importante seja o nível de detalhe do 3D e não necessariamente a escala como é conhecida entre os mais tradicionais cartógrafos. Este nível de detalhe está associado ao que foi referido a cima como escala de extensão espaciais e que segundo Bian (1997), mencionado por Wood (2005), corresponde igualmente à resolução/generalização e grão da textura.

Associado à questão das escalas está implícita a questão da generalização da informação que é contida num mapa ou em um qualquer outro dispositivo geográfico em que, a sua presença não cause ruído à transmissão da informação mapa-homem. Portanto, perfaz, igualmente, uma questão pertinente na Geovisualização, principalmente no 3D visto que, dados os métodos *de voo* e constantes alteração de escala de extensão espacial, mas que existe ainda uma escala em que a informação foi retirada, como é, então, construído um 3D tendo em atenção a generalização?

Ao contrário de um Modelo Digital de Terreno ou de um TIN, que tem um modelo mais ou menos fixo, para a construção de um elemento tridimensional é usado um *rendering* e outros algoritmos que através da grande performance de computadores criam movimentos suaves na superfície sendo estes uma rede de polígonos resultado de

autocorrelação espacial (Kahler, *et al.* 2003; Wood, 2005) que depois vai ser preenchido com textura.

A textura pode ser gerada de diversas maneiras, como foi visto quando falado da modelação de texturas, em que pode ser usado uma imagem de satélite e acontece que aqui está-se preso à resolução da imagem, em que através de algoritmos pode ser refeita (*Mipmapping*), em que segundo Wood (2005), “*um raster de 1000x1000 com uma subvariação de 128x128 pode levar a um processamento de uma textura de 1.6×10^{10}* ”. Da mesma forma que pode ser gerado computacionalmente uma textura que advém da qualidade de sombreamento e clarificação da superfície em que a sua generalização é muito mais fácil de ser manipulada oferecendo mais dinamismo e menos peso aquando da sua criação.

A escala é portanto um elemento que mais difere entre os diferentes *outputs* o que associado a esta questão vem, como foi referenciado, a questão da generalização e que por sua vez se traduz na forma de como deve ser apresentada a informação. A verdade é que a Computação Gráfica associada àquela que esteve na sua génese, Ciência da Computação começa a fornecer bastantes algoritmos para melhorar toda a questão da generalização, o mesmo acontece com o aumento de qualidade das imagens *raster* e a diminuição do *pixel* destas, como o caso das imagens IKONOS ou ERDAS.

A escala e a generalização são, portanto, questões que não podem ser dissociadas, e mesmo quando são usadas outras metodologias de Geovisualização, o que quer dizer, que se esteja a falar de Realidade Aumentada, Animações, ou meros interfaces *web* interactivos-dinâmicos, existe sempre uma questão de escala, pelo menos um dos três fundamentos está empregue, o que não quer dizer que estejam (sempre) os três.

4. Evolução das técnicas de produção de mapas - Aplicações

O século XX marca o início de uma Cartografia Académica, com destaque de algumas Universidades Europeias, como Suíça e Alemanha e Áustria, nomeadamente e o Instituto Federal de Tecnologia de Zurique (ETHZ), Universidade de Berlim e Universidade de Viena no final do século XIX (Fabrikant, 2003) e início do século XX nos Estados Unidos da América (McMaster & McMaster, 2002).

Pode demarcar-se, na evolução da Cartografia, durante o século XX dois pontos pertinentes: a questão da natureza tangível (ou não) do mapa, sendo, a natureza do *output* que se manteve praticamente inalterável até à digitalização dos dados e aparecimento dos SIG, na década de 60 (Franges, Posloncec-petric, & Zupan, 2007); e a constante evolução da simbologia que à medida que a Ciência Cognitiva e Psicologia aliada a novas formas de arte foram evoluindo, também mudaram a concepção da forma como o cartógrafo passou a representar a informação (MacEachren, 1979). É principalmente nesta questão do simbolismo que a sociedade e a tecnologia tiveram um papel importante.

Esta mesma evolução apresenta duas distinções de mapas, Olson (2011) faz divisão entre mapas de referência e mapas temáticos. Os mapas de referência representam os mapas topográficos, o atlas e o mapa-mundo que representam apenas os mapas que tem o pressuposto de representar topónimos e alguns elementos inertes ao território como recursos hídricos e áreas verdes. Estes mapas estão naturalmente associados a topografia e demonstram uma enorme exactidão nos seus dados. Por sua vez, os mapas temáticos apresentam como base elementos físicos do território, ou elementos intangíveis como os limites administrativos e cujo elemento principal do mapa é um tema, tendo simbologia associada, podendo ser formas, cores ou atributos de elementos gráficos. (McMaster & Muehlenhaus, 2010)

Contudo, num Mundo em constante mudança, estas definições podem estar desajustadas, Olson (2011) sugere que os mapas devem, agora, denominar-se como mapas estáticos, os mapas em papel ou os mapas digitais que são vistos em computador; e os

mapas animados, que por algum método apresentam um qualquer movimento e os mapas interactivos, que permitem ao utilizador uma qualquer interacção, por mínima que seja com o mapa.

Finalizando, não é possível dissociar a influência dos mapas na sociedade. Pois é na sociedade que está o consumidor/utilizador final do produto-mapa. Existe uma habilidade de leitura de símbolos por parte do Ser Humano, contudo essa habilidade terá de ser treinada. Aqui a Cartografia e o *design* apresentam um papel fulcral. A atenção dada ao *layout* e ao design do mapa, por parte do cartógrafo tem de ser bastante pensada. Nada deverá ser criado ao acaso e nada deverá ser criado por elementos *standard*, uma vez que cada tema e cada utilizador/consumidor são diferentes.

4.1. Representação topográfica (referência)

4.1.1. Carta de Referência

A análise da Topografia não é uma prática recente. De facto já se verifica o uso de diversas técnicas desde o século XVIII – XIX (USGS - *Topographic Maps*, Consulta 2013). A primeira forma de representação do terreno é em forma de sombreado ou *hachures* das colinas (P. J. Kennelly & Kimerling, 2000). As formas de relevo eram representadas com linhas de forma a fazer um sombreado, perpendiculares à forma de relevo, onde o maior número de linhas significava maior relevo e o menor número de linhas menor relevo. Havia também uma diferenciação na espessura da linha para marcar topos e bases das formas do terreno. (figura 36)

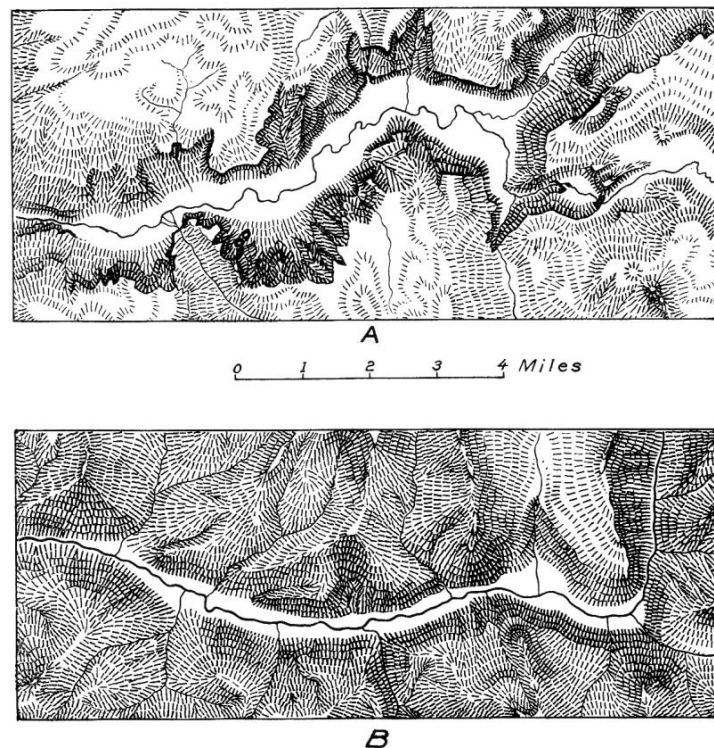


Figura 36 - Mapa de Sombreamento (*hachures*) de dois vales do Parque de Yosemite - High Sierra de 1962 (François E. Matthes)
Fonte: <http://www.yosemite.ca.us/>

Em 1879 a USGS criou os primeiros mapas topográficos utilizando um sistema de linhas que unia pontos de igual valor de altitude (curvas de nível).

Era um sistema mais preciso que o até então utilizado, pois apresentava os valores de altitude e poderiam ser efectuados cálculos. Estes mapas marcavam, então, o aparecimento da precisão na Cartografia de grande escala.

A construção dos mapas topográficos não tem apenas em atenção a altimetria, mas também as formas do relevo e a organização do território revelando as formas naturais e antrópicas do terreno. A representação do relevo mostra que devem ser respeitadas 3 regras: os vales em V, que são vales bastante recortados, muita das vezes por uma linha de água, estes deverão de ser representados correctamente para que sejam bem interpretados; a rede de O (figura 37), que representa os topos das colinas, e o espaçamento entre as curvas de nível (Charles Camp, Civil Department – University of Memphis). No que respeita a representação a alteração antrópica, dependerá da escala que está a ser analisada a carta, mas a uma escala grande é possível encontrar parte de grandes áreas urbanas. Independentemente da escala é sempre encontrado a rede viária.

Estes mapas concentram também alguma cor que tem uma variação de País para País e de época para época onde é possível notar uma diminuição da saturação da cor e uma ligeira mudança de valor de tom.

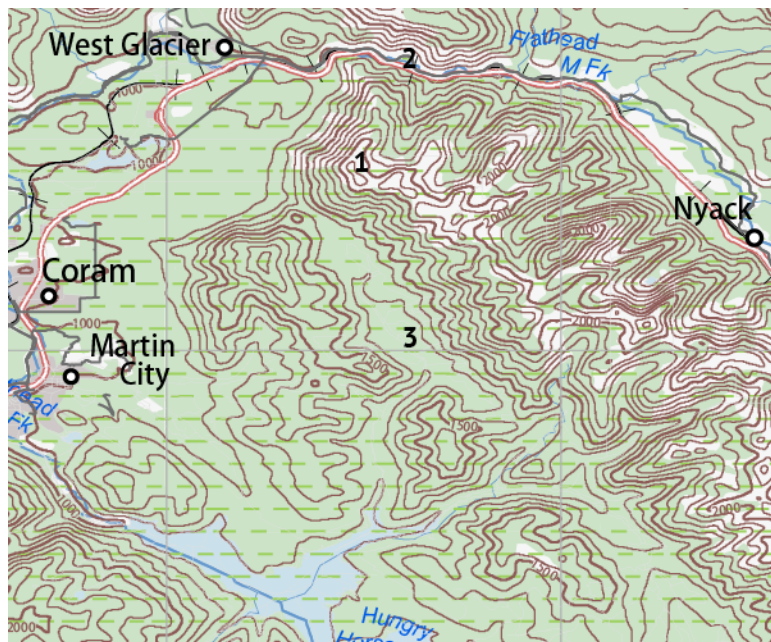


Figura 37 - 1) Topos; 2) vale em "V"; 3) vale em "U"

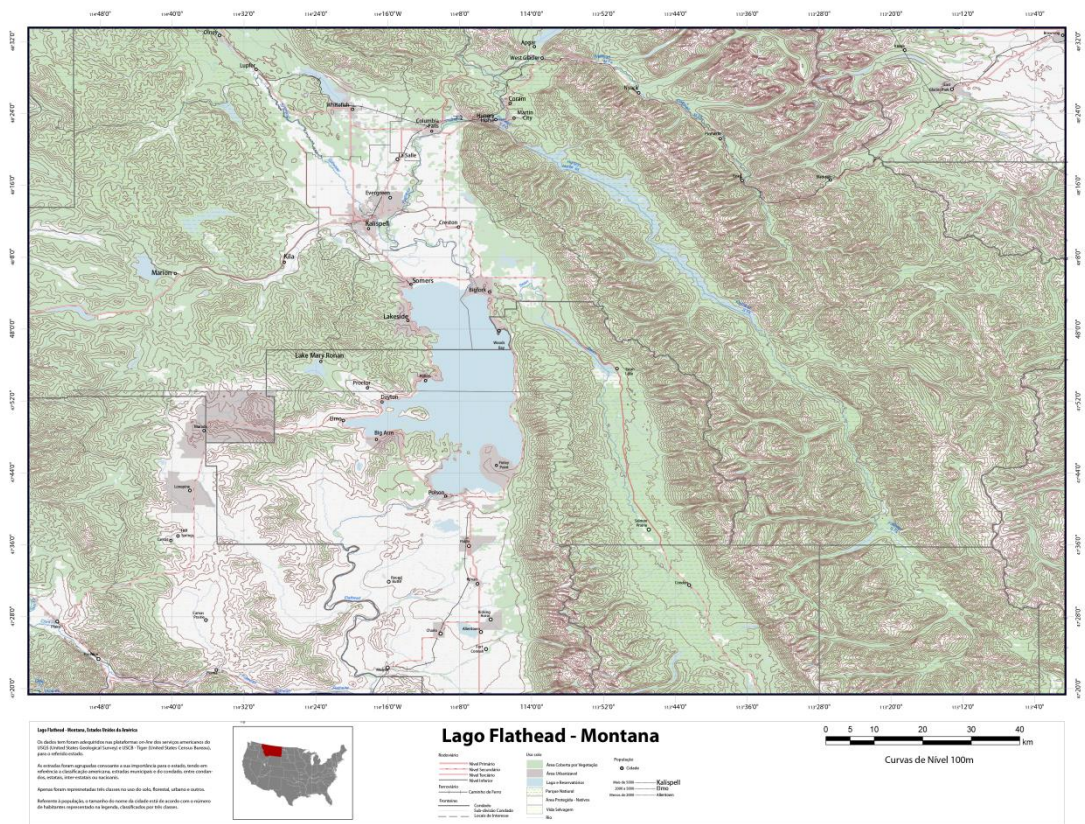


Figura 38 Mapa Topográfico, maior resolução em anexo

Para o primeiro exemplo a criação de uma carta topográfica originária dos anos 80 ao estilo americano, que é bastante semelhante ao estilo europeu, devido à uniformização das regras cartográficas, mas que apresenta ligeiras diferenças de tonalidade e de organização da estrutura antrópica, como as áreas urbanas e a organização da rede viária.

A criação das curvas de nível advém de um Modelo Digital do Terreno da USGS da série 1:10 000, com um *pixel* de 10 metros onde para uma melhor leitura das curvas de nível se escolheu um intervalo de 100 metros, a área de estudo apresenta ainda grande diferenciação na morfologia do terreno. Embora curvas de nível inferiores pudessem funcionar, visualmente, nas áreas mais planas da área de estudo, certo que não funcionaria nas áreas mais acidentadas causando grande confusão visual, mesmo depois na identificação das etiquetas que são essenciais para a leitura da curva de nível.

Neste tipo de mapas o ponto fulcral são as curvas de nível e estas terão de se apresentar o mais legíveis possível, na medida em que o utilizador dos mapas terá de

perceber quais e como são as formas de relevo apresentados na área de estudo e quais são os valores que apresentam.

No que respeita à criação de etiquetas para as curvas de nível é normal utilizar o método de incluir o valor da cota no meio da curva de nível (figura 39), isto é, criar um espaço entre a linha para incluir o valor, e este deverá de ser da mesma cor. Da mesma forma que esta etiqueta não aparecerá em todas as cotas, até porque se tornaria uma confusão, o cartógrafo escolherá o intervalo em que deverá apresentar a curva de nível tendo em conta,



também, o máximo e o mínimo. Neste exemplo foi escolhida a representação da etiqueta num intervalo de 500 metros.

Figura 39 - Identificação da curva de nível

Igualmente estes valores terão de apresentar a mesma orientação, o mesmo tamanho e estarem alinhados, para que exista uma rápida análise, por parte do utilizador, dos valores apresentados no mapa. A cor utilizada é um variante de castanho/vermelho, com alguma saturação para que seja a primeira coisa a ser realçada no mapa, pois este é o elemento principal do mapa.

Com excepção das curvas de nível, a rede viária e a rede hidrográfica deverão de apresentar alguma saturação na cor para que seja visualizada sem grandes esforços, tendo em atenção a quantidade de área ocupada por estes elementos no mapa.

A rede viária apresenta uma organização hierárquica consoante a sua importância para o estado. A organização deverá ser apresentada, para que não existam dúvidas na sua utilização. A caracterização da linha deverá mostrar a sua importância, não esquecendo que existem regras de representação de estradas que são símbolos conhecidos por parte da população. A espessura e a cor marcam aqui elementos importantes na identificação de cada tipo de via. Foram ignoradas as estradas urbanas devido à escala e ao grau de generalização utilizada, a inclusão de toda a rede viária traduzir-se-ia em barulho visual.

A rede hidrográfica e os grandes espelhos de água, como não poderia deixar de ser, são apresentados de cor azul com uma ligeira saturação, contudo acabam por ser as menos saturadas tendo uma tonalidade pastel. Além da lei da representação de água em cor azul claro, a etiqueta de identificação deverá ser sempre de cor azul muito saturada em letras capitulares e em itálico, se for espelho de água deverá de ser representado a meio; se for

elemento principal da rede hidrográfica deverá de acompanhar o movimento na parte superior.

A última forma natural a ser apresentada, são as áreas verdes que são apresentadas a numa tonalidade verde pouco saturada, tom pastel, devido à quantidade de área ocupada no mapa.

No que respeita às áreas artificiais do mapa, as áreas urbanas são representadas num cinza bastante claro, apenas para dar uma noção, visto que é um elemento secundário do mapa, quase como se fosse uma sombra muito ténue. As cidades são marcadas com um ponto e a etiqueta de cada cidade é apresentado consoante o seu número de população. Existem 3 intervalos, cada um com um tamanho diferente de tipo de letra, qualquer que seja o intervalo correspondente, o nome da cidade aparece com aquele tamanho de letra.

4.1.2. Mapa de Relevo

A carta topográfica é uma forma, (das mais antigas com a excepção do sombreamento manual ou *hachures*), de representação do território. Contudo a carta topográfica pode trazer alguns problemas para a interpretação – visões não treinadas podem constituir problema para a análise da morfologia do terreno, pois acrescenta dificuldade e um aumento do tempo de análise podendo traduzir-se numa perda de interesse por parte do utilizador (Kostka, 2007; Kriz, 1999). Poderia então juntar-se o melhor dos dois métodos antigos, curvas de nível e *hachures* de modo a obter uma forma real de relevo. Através de sombreamento das curvas de nível, de um modelo de território e da luz *solar* incidente sobre esse mesmo território, criar-se-ia um método de aparência estereoscópica¹⁷. Este método tornou-se bastante útil mesmo para visões menos treinadas pois existe uma imediata visão geral da morfologia da área de estudo.

A estereoscopia foi aprofundada pela Escola Suíça de Cartografia antepassada por Johannes Wild (1814 - 1894) e Fridolin Becker (1854 – 1921), mostrando o seu contributo para a Cartografia Europeia apesar de, academicamente, os dois autores estarem associados à Engenharia. Wild, ligado à Cartografia e Topografia pela Engenharia Civil, desenvolveu os conhecidos mapas Wild de Munique e Viena de série 1:25 000 servido de base para os

¹⁷ Percepção de profundidade nos objectos

mapas Dufour¹⁸, e também pela concepção do primeiro mapa topográfico de larga escala a cores. Por sua vez, Becker publicou numerosos mapas dos Alpes Suíços introduzindo a Cromolitografia¹⁹ na Cartografia e igualmente o sombreamento das formas de relevo estando ligado às tonalidades naturais dos elementos representados nos mapas – cores hipsométricas (figura 40) (Hurni, 2008).

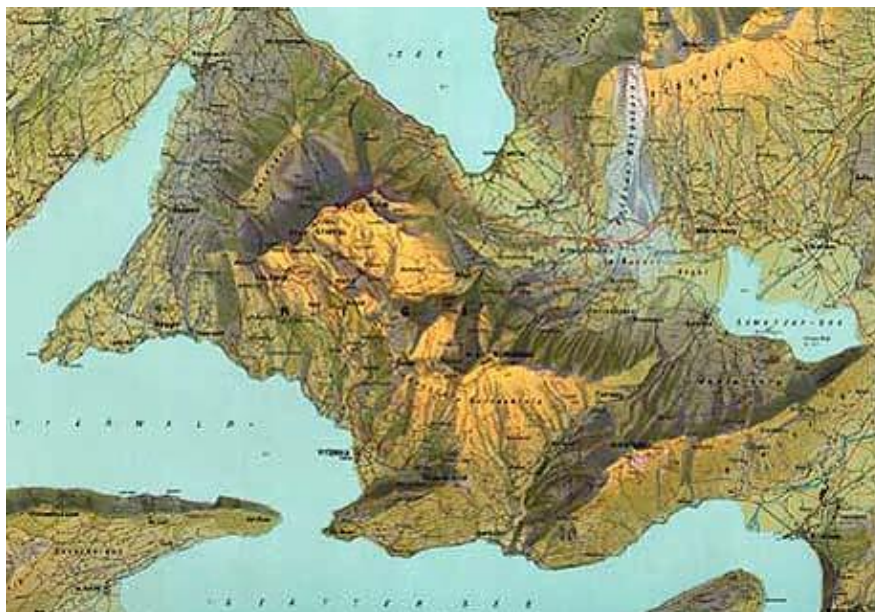


Figura 40 - Mapa de Relevo de Monte Rigi de Fridolin Becker - ca. 1900
Fonte: <http://www.reliefshading.com>

O substituto de Becker, o conhecido Edward Imhof (1895 – 1986), dedicou o seu trabalho à Cartografia de relevo. Aliado ao desenvolvimento destas técnicas, da criação do Instituto de Cartografia de Zurique e do aprofundamento das técnicas hipsométricas de Beck, Imhof desenvolveu igualmente uma gradiente de cores de azul ao amarelo para realçar o relevo das superfícies que desenhara nos mapas, ajudando em muito a construção da cartografia de montanha ou de relevo (Hurni, 2008). Nestes elementos, a cor amarela representava a área que era iluminada pela luz solar e onde a cor azul representava as áreas que estavam em sombra.

¹⁸ Mapa mais antigo da Suíça a escala 1:100.000 produzidos em 1848

¹⁹ Método da litografia – Arte de desenhar em pedra para obter reproduções em papel (Dicionário de Língua Portuguesa)

Ao mesmo tempo no Japão, na década de 50, Kitiro Tanaka desenvolvía outro tipo de técnicas para a representação do relevo através de uma superfície de sombreamento numa escala de cinza onde aplicava sobre a imagem curvas de nível brancas e pretas com espessuras diferentes e consoante a incidência de luz (figura 41) (P. J. Kennelly & Kimerling, 2002; P. Kennelly & Kimerling, 2001). Áreas em sombra eram representadas com linhas de cor preta com uma espessura larga enquanto áreas em iluminadas eram representadas por cor branca com uma espessura sensivelmente menor. O efeito final era um “quase” 3D da superfície como o que actualmente é conhecido em Design Gráfico como efeito de Phong²⁰.

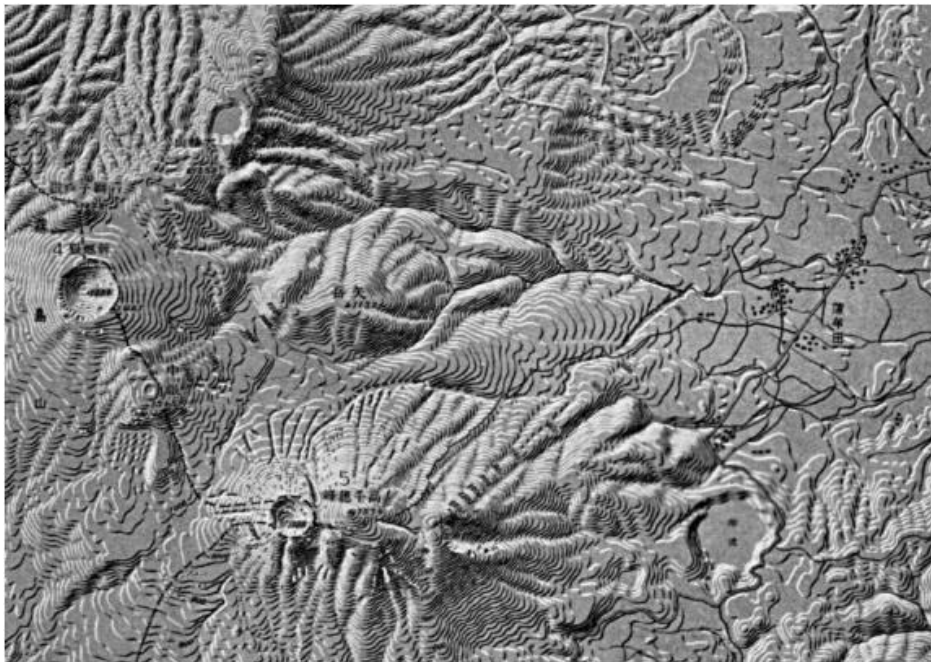


Figura 41 - Sombreamento de Kitiro Tanaka de *Kagoshima* em *Kyushu*, Japão

²⁰ Método de Iluminação de *Phong* – “Método de iluminação local, também designados por modelos de reflexão local uma vez que contemplam esse tipo de interação, permitem o cálculo da intensidade de energia luminosa que é reflectida por cada elemento da superfície do objecto:” (Gomes, M.)

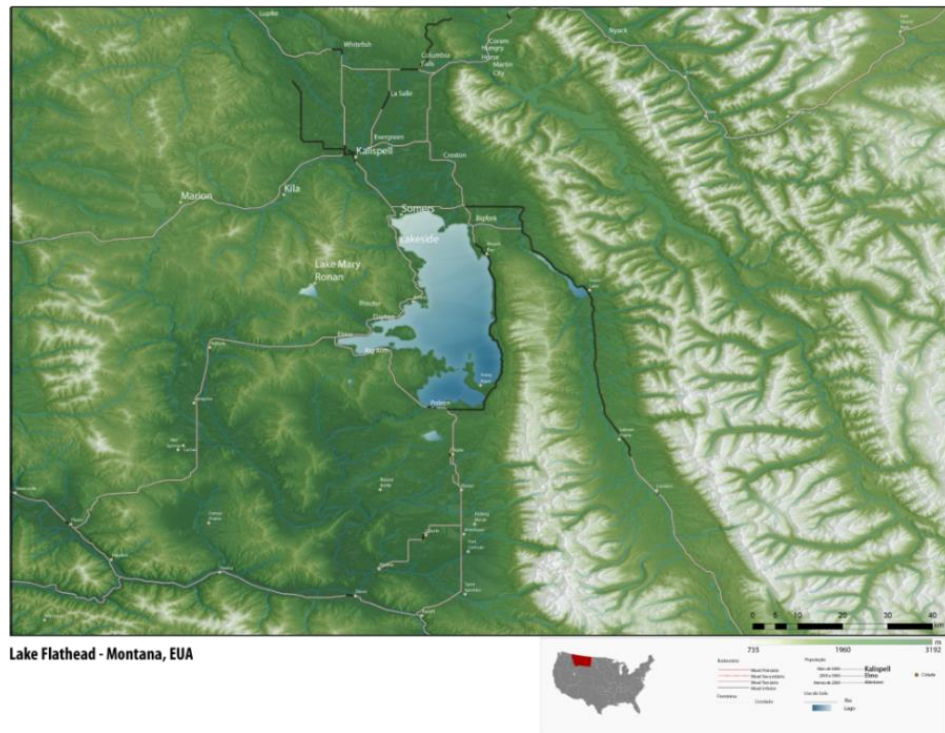


Figura 42 - Mapa de Relevo Lake Flathead - Método de Relevo dos Alpes Suíços

Actualmente, o sombreamento automático tem vantagens na medida em que os *softwares* permitem a alteração imediata da intensidade e direcção da luz, altura e ângulo, dando assim uma maior margem de manobra na concepção do mapa de relevo. Contudo, Guo (2003) afirma que pode ser insuficiente o uso de apenas uma fonte de luz, nomeadamente insuficiente para o realce da morfologia, pois pode omitir a formação de determinado relevo que se encontra em sombra de uma sombra de um relevo maior. Aí pode-se jogar com o exagero das cotas, embora o efeito possa tornar-se demasiado irreal, outra forma é a criação de várias imagens com diferentes alturas e ângulos da luz solar.

Para a representação do relevo da área de estudo foram escolhidas duas técnicas, a técnica desenvolvida por Imhof para a representação dos Alpes Suíços, mas tendo em atenção a morfologia do território para não criar um exagero excessivo, e uma técnica usada em fotografia HDR – *High Dynamic Range* – que descreve a medida de intensidade de luz (a preto e branco) aumentando o rácio de contraste (Cambridge in Color, 2013), o que aumenta o detalhe da imagem.

No primeiro exemplo, técnica dos Alpes Suíços, são usadas diversas imagens de sombra, primeiro, cria-se um formato de imagem normal, pré definido com um azimute de

315 (referente a Noroeste), (P. Kennelly & Kimerling, 2001; Tanaka, 1950) com uma altura do sol de 45°, o que deve ser acautelado por algumas precauções. Ou é usado a forma que Tanaka descreveu, ou então utiliza-se o azimute da área de estudo, que diferente de ponto para ponto da terra consoante as suas coordenadas geográficas. Sabe-se que o estado do Montana se localiza no hemisfério norte a uma latitude acima dos 50°, a luz solar pode subir no seu máximo até ao 67° variando entre 39,4 a 321²¹. Estes valores acabam por se enquadrar nos valores escolhidos por Tanaka.

O passo seguinte consiste em dividir o Modelo Digital de Terreno por 5, para harmonizar os valores, para homogeneizar a imagem de sombra utiliza-se uma ferramenta que permita a utilização de uma função estatística para assemelhar os valores do *pixel* (média, mediana, moda, etc.) isto irá permitir que exista uma diferenciação maior entre os topos das montanhas e as áreas planas. Por sua vez soma-se a imagem de sombra homogeneizada com o Modelo Digital de Terreno harmonizado para criar uma perspectiva aérea.



Figura 43 – *Hillshade* do Lago Flathead, MT - Método dos Alpes Suíços

²¹ Dados calculados no solstício de Junho, dia mais longo do ano no Hemisfério Norte.

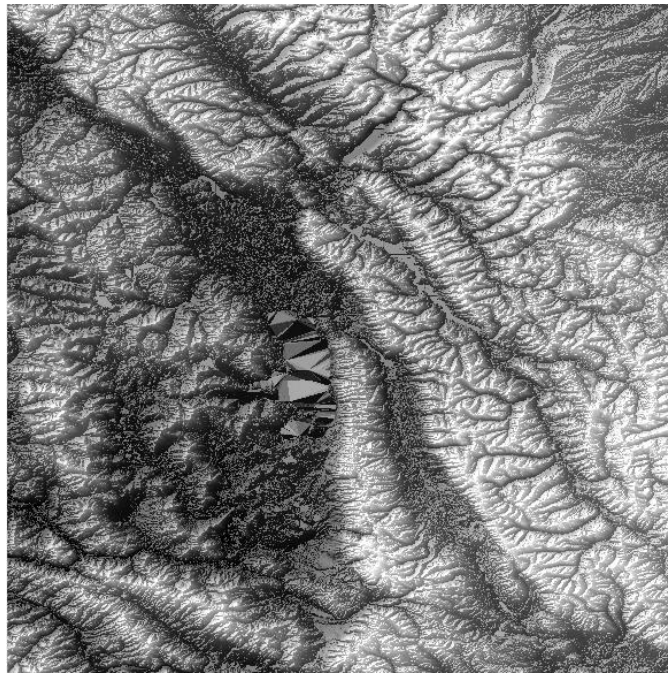


Figura 44 – Perspectiva Aérea do Lago Flathead, MT

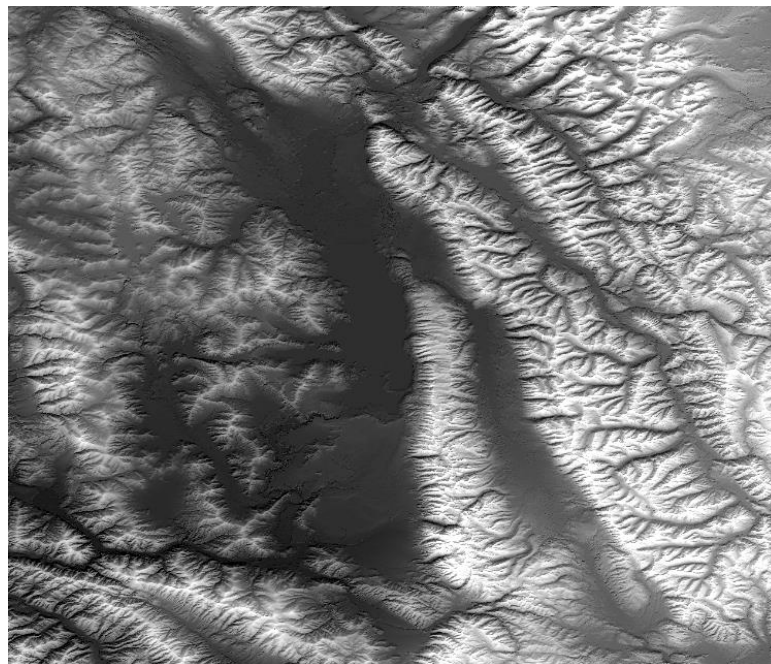


Figura 45 – *Hillshade* homogeneizado e recortado do Lago Flathead, MT

Isto criará 3 imagens (figuras 43, 44, 45) distintas que juntamente com o Modelo Digital de Terreno colorido criará o modelo final através da diminuição da opacidade entre as várias imagens.

O Modelo Digital de Terreno deverá ter cores apropriadas, isto é, cores hipsométricas. No exemplo utilizado, sabendo da conjugação das várias imagens *a priori* utilizou-se cores bastante saturadas para que com a diminuição da opacidade e a conjugação com as imagens sombra possa bloquear parte dessa saturação esbatendo as cores, para que aparentemente diminuíssem de saturação para que sejam menos sensíveis na visão do utilizador do mapa.

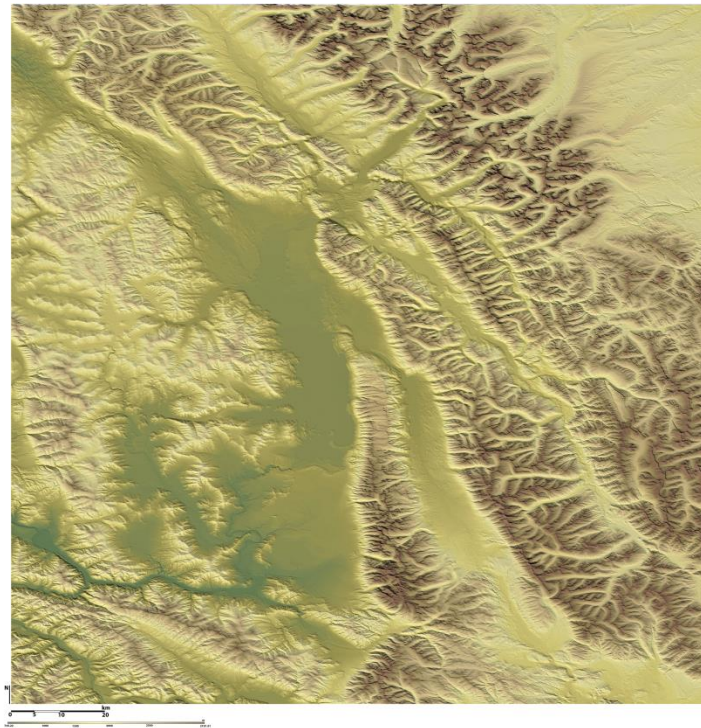


Figura 46 - Relevo Lago Flathead - Método HDR

No caso da técnica do HDR (imagem 46), foi utilizada uma imagem de sombra *standart* que depois é exportada e manipulada em *software* de desenho para que possa ser usada as curvas de luz com intuito de aumentar o contraste da imagem. Após este procedimento conjuga-se a imagem com o Modelo Digital de Terreno também exportada a 16 ou 32 bits consoante o tamanho da imagem, para que não se crie uma imagem

demasiado pesada e de difícil de manutenção. Mas será sempre de evitar uma imagem de 8 bits, pela fraca qualidade obtida, dada a baixa resolução exigida.

No mapa do método do relevo suíço (técnica de Imhof) foram introduzidas a rede hidrográfica com linhas opacas de cor azul apenas para demarcar o fundo de vale, a rede viária também com uma ligeira opacidade pois serviria aqui de elemento secundário, e a toponímia de cor branca, para aumentar o contraste entre esta e o mapa de relevo, da mesma forma que fora aplicada na carta topográfica. As cores utilizadas no mapa com a técnica de Imhof, um gradiente Verde – Amarelo – Branco, para marcar as áreas ocupada por vegetação, o amarelo para servir de transição aos topos brancos para simular a neve que possa existir no topo destas montanhas. No mapa produzido com a técnica HDR foi utilizado uma paleta de cor, baseado na paleta desenvolvida por Leuzinger²².



Figura 47 - *Hillshade automático* Lago Flathead, MT

²² Paleta de Leuzinger a simular as cores naturais do território associando cada cor a uma altitude específica (Jenny, B. *et al.* 2006 Website)

4.1.3. Modelo de Triangulação

A terceira técnica utilizada foi a Rede Irregular de Triângulos (conhecida em Inglês como TIN – Triangular Irregular Network) desenvolvida por Peucker em 1973. O TIN é uma malha de triângulos de diversos tamanhos que representa um Modelo Digital de Terreno. Apesar do desenvolvimento em 1973 foi utilizada, apenas, em (1978) para a representação de batimetria. (Telcik, 1991)

A construção de um modelo TIN obedece à concepção de triangulação de Delunay (figura 48) que consiste na elaboração de um círculo que intercepta os 3 vértices do triângulo o que, portanto, se assume ser exclusivo, isto é, cada círculo tem apenas 3 vértices, os mesmo do triângulos, o que se traduz em que cada círculo tem apenas um triângulo e cada triângulo tem apenas um círculo correspondente.

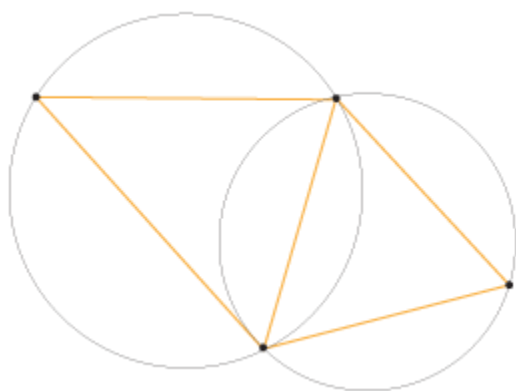


Figura 48 - Triangulação de Delunay

É utilizado o TIN para criar modelos quando existe uma amostragem excessiva ou escassa de dados. É um modelo que se adapta as formas rudes do terreno, sendo preferível a utilização de dados em excesso nas áreas de maior relevo, para que seja contemplada a maior variação de forma e menos dados em áreas mais planas que terá uma menor variação de morfologias ou menos nenhuma variação. Muitos dados em áreas planas pode originar modelos com formas estranhas e irreais. (Telcik, 1991; Vivoni 2004)

Para a construção de um modelo TIN, é necessário ter em atenção todos os elementos que lá se encontram, a rede viária, a rede hidrográfica e outros espelhos de água pois estas têm influência na morfologia. Se uma estrada minimamente larga estiver numa montanha numa área de estudo de dimensões reduzidas e escala alargada, esta estrada terá influência na representação do relevo, o mesmo acontece na rede hidrográfica que demarcam os fundos de vale, quanto aos espelho de água, na ausência de dados batimétricos terá de ser criada uma cota média para que aquela área permaneça completamente plana, sendo ausente a triangulação nessas áreas.

O modelo TIN pode servir de base para a construção de um modelo hídrico, isto é, para servir de base à análise fluvial. É possível a construção de bacias dos rios, fluxos, escoamento, etc. Para isso é necessário que o modelo esteja bem construído e que não existam erros topográficos para que não exista acumulação em áreas onde não deveria de acontecer essa acumulação.

Ainda, o modelo TIN é considerado um modelo de estrutura vectorial de 2,5D²³ isto porque não contempla certos elementos no terreno como grutas e outros elementos geológicos. (Telcik, 1991)

²³ 2,5D que consiste numa forma intermédia entre o 2D e o 3D, apresentando-se como um falso 3D ou uma perspectiva oblíqua do território em estudo, visto que apresenta característica tridimensional representada num espaço Tridimensional (MacEachren 1995).

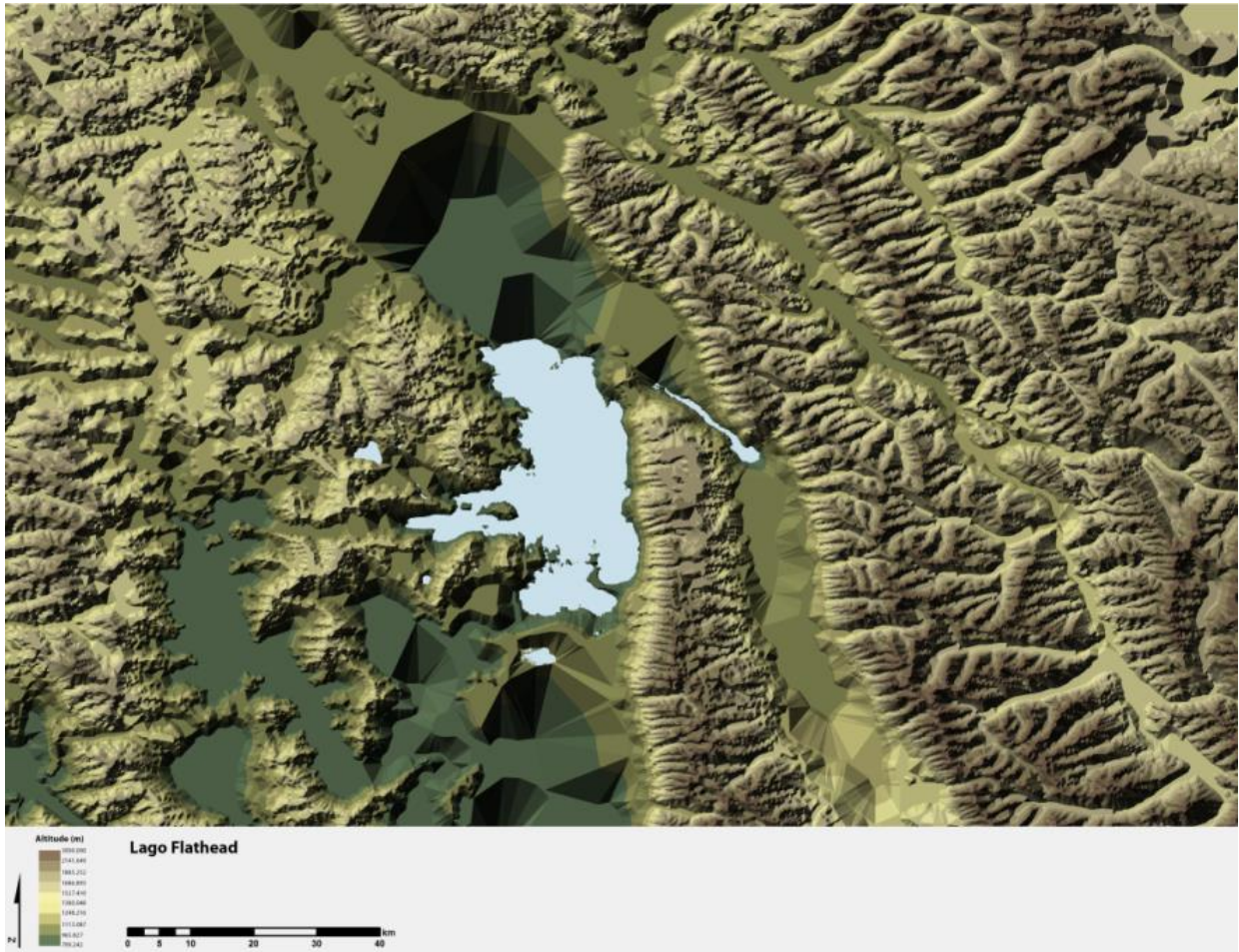


Figura 49 - Mapa de Rede Irregular de Triângulos

No exemplo em reprodução, foi construído um modelo TIN com as curvas de nível utilizadas no mapa topográfico e a utilização dos maiores lagos (com dimensões superiores a 0.01km^2) como polígonos a substituir, com uma cota associada a cada lado. A rede hidrográfica não entrou para o estudo, pois não era possível a obtenção de dados das cotas a que cada rio estava, pois já que se encontra em área de montanha e a sua introdução no modelo iria representar a cota 0 o que se tornaria completamente irreal, originando o recorte demasiado os vales. Foram igualmente utilizados a toponímia para uma mais fácil orientação.

Para colorir o modelo foi utilizado o padrão de Leuzigner que utiliza a percepção natural da cor das formas físicas do território, isto é, verde-escuro para as áreas de menor altitude graduando para verde/castanho-claro, e castanho-escuro para as áreas mais elevadas.

Comparando o modelo TIN com os dois modelos de relevos anteriores observam-se algumas diferenças. Primeiro, a área do modelo TIN é sensivelmente inferior à restante pelo simples facto da construção do modelo TIN com as condições iniciais tornar-se-ia bastante mais pesado e exigia bastante mais processamento por parte do *hardware* e consequentemente num longo *rendering* da imagem. Posteriormente, é facilmente observável na área a Norte do lago, um grande diferencial de cor e de terreno dando a falsa sensação de existir uma vertente inclinada, isto aconteceu devido à concentração de demasiado dados numa zona sensivelmente plana. O mesmo aconteceu na área Sul do Lago Flathead e no Lago Swan e pelas mesmas razões, a ausência da rede hidrográfica poderia explicar, muito possivelmente estas situações junto a este lago visto que existe a afluência fluvial.

Nas áreas de maior relevo este problema não se sucede, aliás a representação das áreas de relevo é substancialmente mais eficiente que nos mapas de relevo anteriormente representados revelando uma maior precisão e uma estética mais apelativa.

4.1.4. Modelos Tridimensionais

A representação tridimensional de elementos do território é uma mais-valia para o utilizador do mapa pois este está mais familiarizado com um ambiente tridimensional. Contudo, estes elementos tridimensionais são apenas na simbologia e não no dispositivo em si o que o torna num “falso 3D” na medida em que informação tridimensional é representada numa superfície bidimensional.

Mas a utilização destas técnicas acabam por trazer vantagens aquando da interpretação do mapa, (Ver capítulo 2.3.2) e desvantagens na concepção nomeadamente na exigência de *hardware* para o processamento e *rendering* e de conhecimentos em computação gráfica para a construção de um correcto modelo tridimensional.

O uso de mapas tridimensionais é uma técnica onde a sua grande actividade foi no século XXI.

Os exemplos utilizados foram a criação de um modelo tridimensional aproveitando a propriedade das cores – profundidade cromática, e dois *renderings* do território sendo um foto-realista e outro não foto-realista.

Mapa Não-Foto-Realista

Os ambientes não-foto-realistas são dos mais difíceis de conceber pois têm uma grande componente artística exigindo do seu criador um grande à vontade com técnicas de pintura e de arranjo de luz/sombra e conjugação de cores.

Esta técnica deriva do sombreamento (*hachure*) que usava linhas para indicar os locais com maior e menor declive adequando o tipo de traçado, assim como os lugares em sombra e luz; juntamente com técnicas de relevo, apresentadas num plano oblíquo. Incluiu-se técnicas de pinturas para simular a ocupação do solo. É comum encontrar neste tipo de ambiente o efeito de nevoeiro junto ao horizonte para criar profundidade. O objectivo deste tipo de ambiente pode ser diverso, mas maioritariamente é artístico e destinadas a um público muito alargado. (P. J. Kennelly & Kimerling, 2006)

É de notar que, mais importante que a luz nestes ambientes, é a cor (Bratkova, *et al.* 2009) pois através dela é permitido indicar o vector de luz a partir da cor utilizada e da linha de utilização do mapa.

Contudo não existem algoritmos que permitam a total automatização deste processo (Bratkova & Thompson, 2007). O trabalho deverá ser executado em diversas formas, dependendo da metodologia que se queiram seguir. No exemplo utilizado foi, primeiramente aplicado um exagero vertical num Modelo Digital de Terreno, onde posteriormente se trabalhou sobre uma imagem de ocupação do solo atribuindo a cor que se quer aos pixéis, ou às classes. Por fim num *software* de desenho deverão ser dados os últimos retoques na imagem correspondendo à luz, à cor, e ao céu, podendo ainda criar um brilho de nevoeiro para alcançar a tão desejada profundidade.

É importante focar que este mapa (e o próximo exemplo mapa) apresenta uma inclinação na sua representação – plano oblíquo, apresentando uma forma mais realista de apresentação do plano simulando a linha de visão do Ser Humano, acrescentando a sensibilidade tridimensional.

Ao contrário do plano ortográfico que apresenta uma vista de cima, o plano oblíquo apresenta uma inclinação de ângulo a que se mantém constante ao longo do plano de

visualização que pode variar entre 0° – plano de perfil e 90° plano de ortográfico. Jenny *et al.* (2007) considera um grupo de vantagens sendo relevante a leitura por secções e o foco aleatório contrapondo com o facto de a inclusão ser incomum por ser pouco utilizado. Contudo o incremento de interactividade nestes mapas aumenta a sua legibilidade.

Jenny (2007), afirma ainda que o uso destes mapas incita à exploração do espaço criando aproximação e uma consciência ambiental, por outro lado adverte para as dificuldades de concepção e execução destas técnicas assumindo a ausência de algoritmos para a produção automática, que faz ponte entre a projecção oblíqua e esférica causando o efeito de visão de pessário.

Por fim, é de notar a grande incidência da Escola Suíça de Cartografia a apostar nesta técnica assim como na projecção da cartografia de montanha.

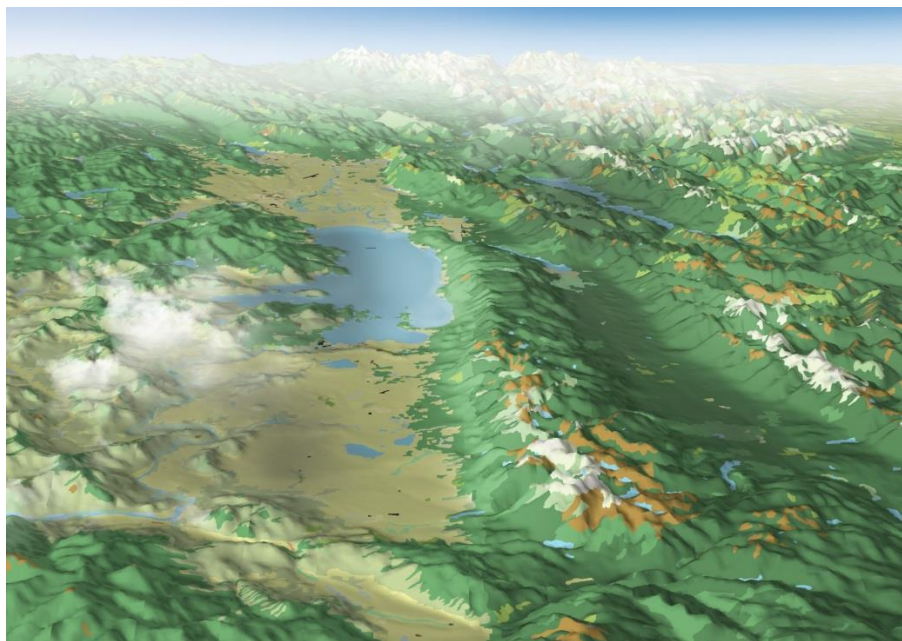


Figura 50 - Ambiente não-foto-realista

Mapa Foto-Realista

Os ambientes foto-realistas apresentam-se como um dos elementos mais úteis da Geovisualização (Bleisch, 2012) e um dos possíveis futuros da representação da informação geográfica mostrando um detalhe bastante elevado confirmando uma rápida identificação

dos objectos por parte dos utilizadores menos experientes (Kirschenbauer, 2005). Este tipo de ambientes apresenta vantagem de se tornar memorável para os seus utilizadores.

Contraopondo aos ambientes não-foto-realistas, os ambientes foto-realistas utilizam a fotografia ou outros ambientes reais, capturados para formato digital para a produção de mapas. Mas esta tarefa pode ser complicada pelo facto que os elementos digitais deverão ter um padrão de qualidade e isso implica quem tenham um peso elevado no disco, o que trás uma desvantagem. Assim deverá ter de se jogar com a qualidade e o tamanho para obter uma solução aceitável.

No caso de estudo foi utilizado um ortofotomapa (*National Digital Ortho Program* – NDOP / *National Agricultural Imagery Program* - NAIP) e conjugada com a morfologia do terreno. O peso total da imagem com o máximo de qualidade (pixel de 1 metro) era de 3.2Tb o que se tornava impossível o seu manuseamento qualquer computador doméstico, pois é preciso ter em atenção que para além do armazenamento em disco é necessário a utilização de processador para processar algoritmos sobre esta imagem e memória RAM²⁴ para poder criar o *render* esta imagem. Foi portanto jogado com a qualidade – tamanho que se escolheu um *pixel* de 10km.

Assim foi possível a manipulação da imagem e aplicar tridimensionalidade sem que ocorra algum problema de maior, escolhe-se qual a altura e efeito de luz sobre a imagem, sendo apresentado dois exemplos, um com os valores *default* e outra com um valor real (215, 30° de altura).

Por fim, apesar das grandes desvantagens deste método: peso excessivo do ficheiro no disco pois vários elementos são constituintes no modelo, dificuldade de manuseamento da linguagem utilizada para a leitura de 3D (VRML), o desenvolvimento desta metodologia trará um grande avanço para ambientes de grande escala. (Kirschenbauer, 2005)

²⁴ Random Access Memory

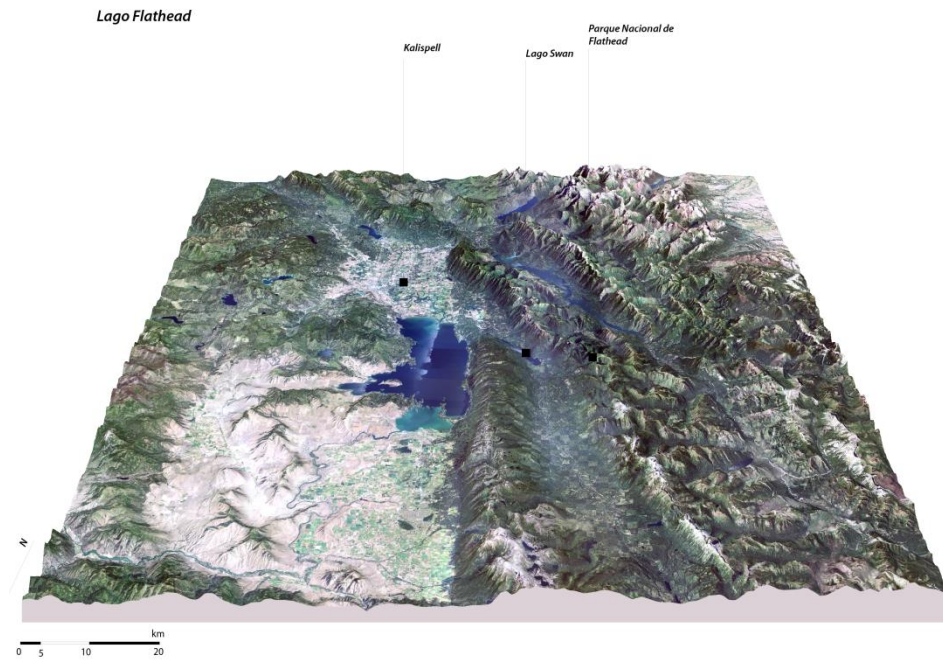


Figura 51 - Ambiente Foto Realista

4.2. Representação de outros dados contínuos (temático)

Ao contrário da representação dos elementos da morfologia, a Cartografia Temática não teve limites temporais tão rígidos. A evolução foi feita ao longo dos séculos XVIII e XIX com o contributo de diversos cientistas, para a produção de conhecimento. Os vários académicos de diversos campos da Ciência perceberam que poderiam usar a espacialidade proporcionada pelos mapas assim para assim poderem melhor explorar as suas variáveis, analisar tendências, observar padrões e por consequente chegar a conclusões mais rapidamente que a partir da análise de um simples conjunto de dados. Um grande exemplo disso foi o mapa da cólera gerado por John Snow em 1854 que mostrava a dispersão do vírus da cólera em Londres mostrando a sua grande afluência junto aos poços de água onde a população se abastecia.

A evolução história da Cartografia Temática poderá ser analisada por meio de diferentes focos: primeiro a própria evolução da cartografia *per si*, ao longo dos tempos; por outro lado, pode-se apenas focar-se na metodologia e simbologia utilizada para a criação de mapas temáticos. Com a digitalização dos processos cartográficos e com a rapidez da execução de algoritmos assim como a criação de novos ou o ajustamento de antigos.

Dentro da Cartografia Temática existe ainda uma divisão entre os mapas qualitativos que apresentam como o próprio nome indica, uma qualidade de uma variável a ser representado no mapa, e os mapas quantitativos, que como o próprio nome indica apresentam a quantidade de uma determinada variável. (Harvard School of Design)

4.2.1 Isolinhas

A palavra *iso*, originária do grego significando igual, quando usado com o prefixo *linhas*, significa a união de pontos de igual valor de determinada variável, delimitando fronteiras. São maioritariamente conhecidos os mapas de pressão atmosférica cujas linhas se denominam de isóbaras – linhas que unem pontos com a mesma pressão atmosférica. São também conhecidas as curvas de nível que unem pontos com igual altitude, linhas

batimétricas que unem pontos com igual profundidade e isotérmicas, linhas que unem pontos com igual temperatura.

O verdadeiro mapa de isolinhas foi concebido em 1777 por Meusnier (1754 – 1793) de nacionalidade francesa que propôs exactamente a definição que hoje apresentamos para este mesmo termo (MacEachren 1979). Contudo, apesar dos desenvolvimentos, esta técnica foi abandonada pois apresentava alguns problemas nomeadamente a fraca qualidade na apresentação da informação e uma fraca qualidade estética. Estes mapas são usados maioritariamente na Geografia Física.

O mapa apresentado abaixo (figura 52) revela a precipitação no estado do Montana sob a forma de isolinha. Apesar da ideia geral que o mapa dá sobre a distribuição da precipitação é notável a pobreza estética apesar de se ter adoptado um *framework* minimalista. Neste caso, um qualquer uso de um elemento de cor saturada não iria fazer grande diferença pois apenas existem dois elementos principais neste mapa, a isolinha e as fronteiras.

A leitura do mapa não é tão imediata para o utilizador como outras formas de representar variáveis de natureza continua, daí ser preferível a utilização de outras formas de representação da mesma variável.

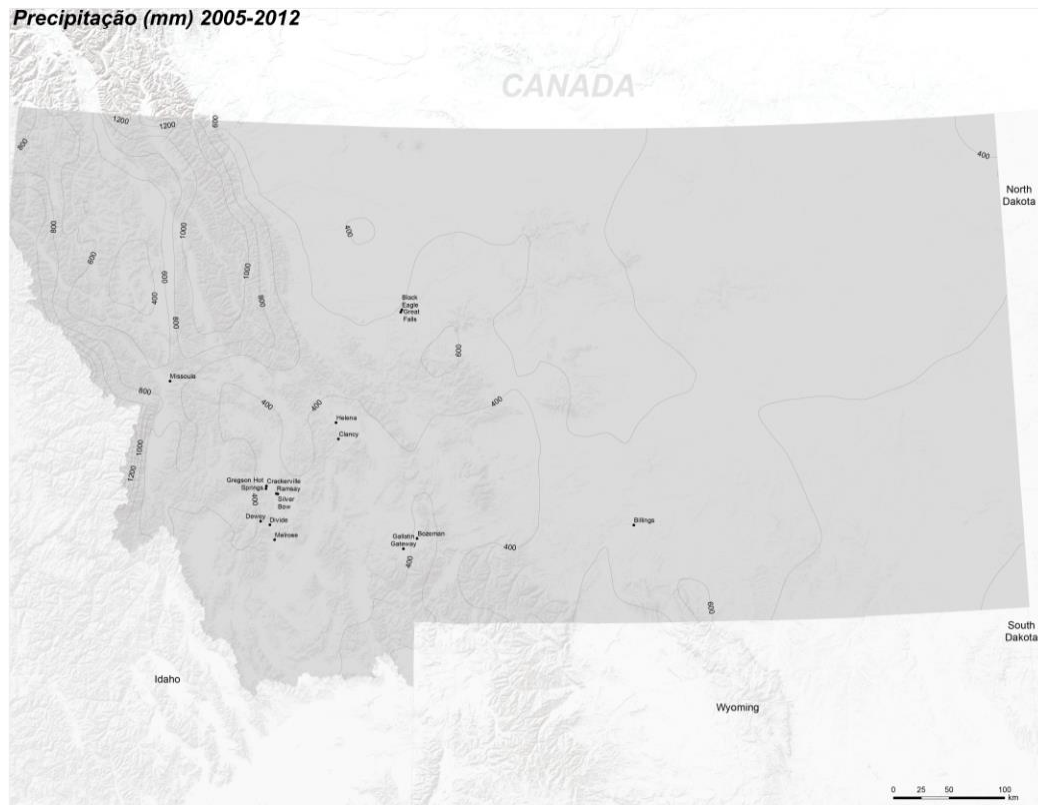


Figura 52 - Mapa de Isolinhas Precipitação

4.2.2. Métodos de Interpolação

A impossibilidade de recolha de dados de todo do território exige que sejam criados métodos que permitam observar a distribuição de uma variável contínua por toda a superfície de análise. Dados como a precipitação que apenas existem pontualmente consoante a distribuição das estações meteorológicas, tornam-se difíceis de representar, de modo a que sejam analisadas as tendências, padrões e evoluções. Foram desenvolvidas formas, num SIG que permitem a criação de superfícies de natureza contínua. A este processo chama-se de interpolação.

Dentro dos métodos de interpolação existem dois grupos, que Matos (2005) apresenta como métodos determinísticos e métodos probabilísticos.

Os métodos determinísticos agregam-se ao valor do dado mais próximo (vizinho mais próximo) considerando o que Waldo Tobler explica acerca da Geografia, o que está

mais próximo é mais semelhante do que o que está mais afastado. Este método apresenta a mesma característica mas com o valor pontual de informação. (Matos, 2005)

Os métodos probabilísticos, como o próprio nome sugere, existe uma probabilidade sobre a distribuição dos dados numa superfície, isto é, a aleatoriedade associada à função utilizada onde é analisada a auto-correlação espacial de forma a uniformizar a variabilidade espacial da variável em estudo. (ESRI, 2001; Matos, 2005)

Diferentes métodos apresentam diferentes resultados com diferentes erros associados e cada método apresenta vantagens e desvantagens para o estudo em causa. O método escolhido recai sobre a qualidade e quantidade do número de amostra assim como do conhecimento e experiência do criador do mapa, sobre a variável em estudo.

Polinómio Global

Este método utiliza uma função que se ajusta aos pontos de amostra formando uma superfície suave. O polinómio, função matemática formada pela soma de um ou mais termos em x , definida pela função “ $P(x)=a_0x^n+a_1x^{n-1}+\dots+a_n$ ” pode ser de grau (n) 1 até grau 10, no caso específico do *software* utilizado. De grau 1 denomina-se como linear, de grau 2 quadrática, de grau 3 cúbica de grau 4 a 10 simplesmente polinomial.

É claro que a função não se ajusta exactamente à amostra existente dos valores pontuais da amostra, existe sempre um erro associado e é aqui que se torna necessário o encontro de um polinómio adequado para a amostra em mãos.

No exemplo do mapa da precipitação do estado do Montana utilizou-se uma amostra de 1934 pontos aleatório como amostra teste.

Utilizou-se uma função de ordem 8 pois o erro apresentava uma quebra acentuada na passagem de ordem 7 para ordem 8 mantendo-se no posterior com oscilações muito menores.

No que respeita à superfície gerada, é visível a suavidade da transição entre as classes no mapa e um ajuste à realidade. Este tipo de imagem torna-se de fácil leitura dado a gradual passagem entre as classes dos dados, apresentando fronteiras pouco abrutadas de linhas suaves tornando-se visualmente apelativo.

O erro sendo de 147mm apresentando-se abaixo do valor mínimo de 181mm.

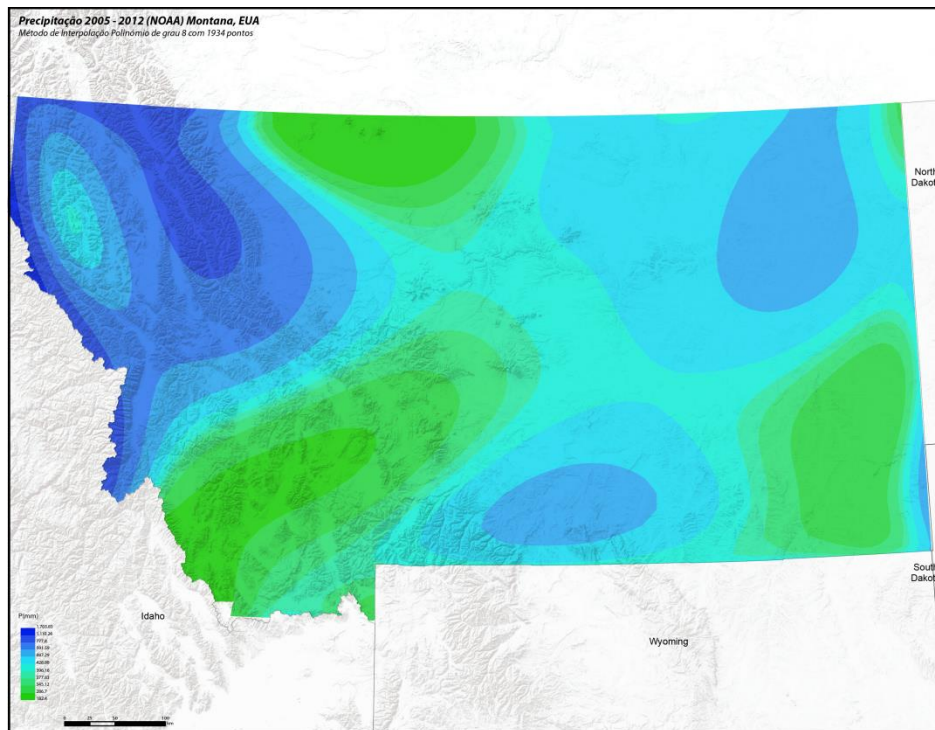


Figura 53 - Distribuição da Precipitação no Estado do Montana (2005-2012) através do Polinímio de 8º

Kernel Suavizado

O algoritmo de *Kernel Suavizado* é outro interpolador que oferece várias formas de ajuste ao conjunto de dados em estudo, fazendo parte do grande grupo de polinômios locais de interpolação (Wand & Jones, 1995). Caracteriza-se por medir a similaridade entre os dados definindo a sua distribuição, isto é, define a similaridade à volta de um determinado ponto x com um outro ponto y , dada a equação geral:

$$v(s) = \sum k . (\|s-s_i\|) . b(s)$$

Onde, v corresponde à densidade espacial na localização s , $k(s)$ é a probabilidade de *kernel*, s_i é a localização da ocorrência, $\|s-s_i\|$ é a distancia entre a localização arbitrária e a ocorrência e $b(s)$ a fronteira de correcção. (Hengl, 2009)

Existe dois interpoladores de *Kernel* conhecidos, um utilizado para Estatística e outro usado como *Machine-Learning*²⁵.

Kernel é a função de peso que dá forma a análise. O parâmetro h denomina-se como *bandwidth* ou constante de suavização, determinado a quantidade de “suavização” que vai ser aplicado a função. (Zucchini, 2003)

Existem, segundo ESRI (manual - 2013), 6 funções possíveis de *Kernel* que são determinadas pelo rectângulo à volta da amostra: constante, exponencial, gaussiana, quadrática, polinómio de ordem 5.

O mapa resultado da operação Polinomial de Ordem 5, que se considerou a mais favorável devido ao erro encontrado é a aproxima com os resultados reais, é apresentado como um mapa de fronteiras harmoniosas apesar de ser não ser composto por fronteiras muito similares às do mapa anterior.

É visível, neste mapa, a concentração de valores elevados de precipitação junto à fronteira com o estado do Idaho a Noroeste e uma bolsa de ausência de precipitação sobre o lago Flathead (área de estudo dos mapas topográficos). Sendo afectado pelos ventos de oeste – Ventos de Santa Ana vindos do Oceano Pacífico. Ao encontro da primeira rugosidade das Montanhas Rochosas o ar é obrigado a subir e dá-se todo o processo de condensação, formação de nuvens e precipitação, originando nas áreas húmidas. Como o Lago Flathead se encontra a sotavento das primeiras montanhas estas servem de barreira o que faz com que diminua a precipitação (análises mais profundas poderiam revelar um aumento da intensidade do vento). O ar torna-se, novamente obrigado a subir, repetindo-se novamente o mesmo processo (Ahrens, 2006).

A generalização do mapa anterior oculta esta realidade, revelando mesmo o seu contrário.

²⁵ Inteligência artificial que estuda os dados e através do que “aprendeu” com eles sugere um modelo de análise

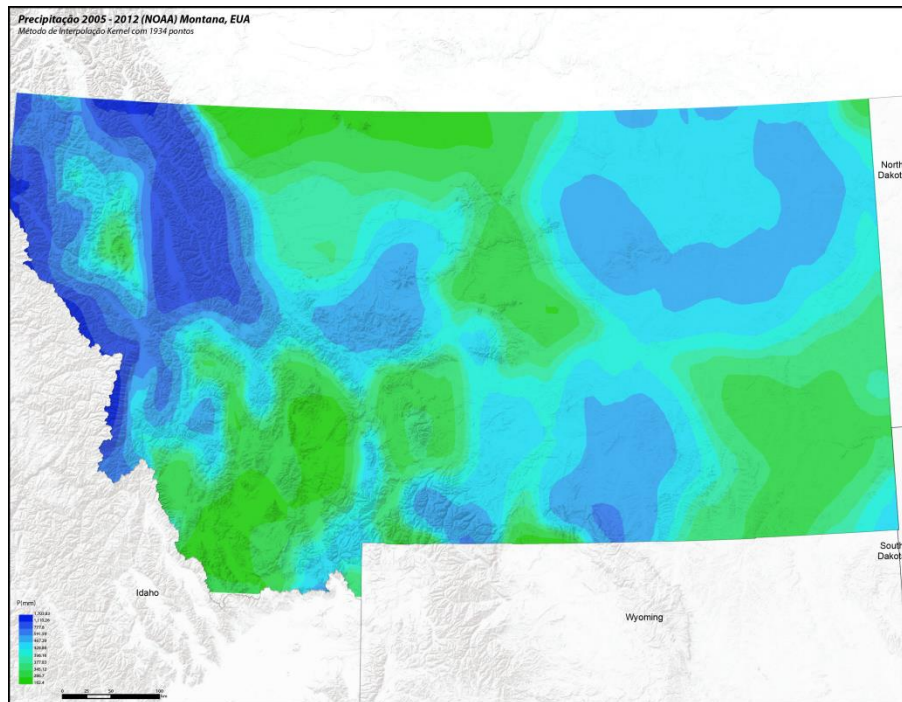


Figura 54 - Distribuição da Precipitação no Estado do Montana (2005-2012) através do método de *Kernel*

Spline

O terceiro método de interpolação utilizado foi o *spline* que se caracteriza por aplicar individualmente polinômios a conjunto de observações, ou a um conjunto dentro desse grande conjunto correspondendo a uma divisão triangulada ou quadrangulada dos pontos originais garantindo uma continuidade entre as partições dos dados (Matos 2005). Além disso, este método é sensível à variabilidade local da amostra porém esse custo leva a que o máximo e o mínimo da superfície interpolada seja superior ao máximo da amostra e inferior ao mínimo da amostra.

Na construção do *spline* existe um parâmetro que requer atenção por parte do criador do mapa que é o tipo de *spline* que vai ser utilizado, se cria uma superfície regularizada ou uma superfície de tensão.

O tipo regularizado inclui a terceira derivada da função no critério de interpolação para criar uma superfície mais suave. O parâmetro do peso é então ajustado a esta terceira derivada no processo de minimização, mais peso, traduz-se numa superfície mais suave. Por sua vez, o tipo tensão produz uma superfície mais abrupta pois apenas é aplicado a

primeira derivada. Quanto maior for o peso menor a tensão, valor 0 significa uma superfície muito abrupta. Os valores do tipo regularizado costumam ser valores próximos de 0 mas sempre positivos, já no caso da superfície de tensão os valores do peso costumam ser substancialmente maiores (Hengl, 2009; Matos, 2005; Weston, 2002). No exemplo utilizado com a amostra de 1934 pontos usou-se *spline* do tipo tensão com um peso de 5 para a criação da superfície de valores. A criação de uma superfície regularizada, independentemente do seu peso iria criar valores mínimos muito baixo e mesmo com uma cautelosa escolha do número e das classes dos intervalos de classe iria-se revelar uma superfície de difícil leitura. Ao invés, uma superfície de tensão aumentaria o mínimo como era esperado mas para valores abaixo do mínimo da amostra (150mm em vez dos 182mm).

A leitura deste mapa vai ao encontro da leitura geral do mapa apresentado no interpolador anterior, apesar de apresentar valores sensivelmente diferentes.

Apesar de as áreas de precipitação se manterem mais ou menos as mesmas, nas Montanhas Rochosas a Noroeste do estado, e da área seca do lago Flathead, existe uma diminuição dos valores neste mapa comparativamente ao mapa anterior. A Sul encontra-se igualmente uma área seca com uma dimensão ligeiramente superior.

Este método apresenta uma maior variabilidade na distribuição da precipitação.

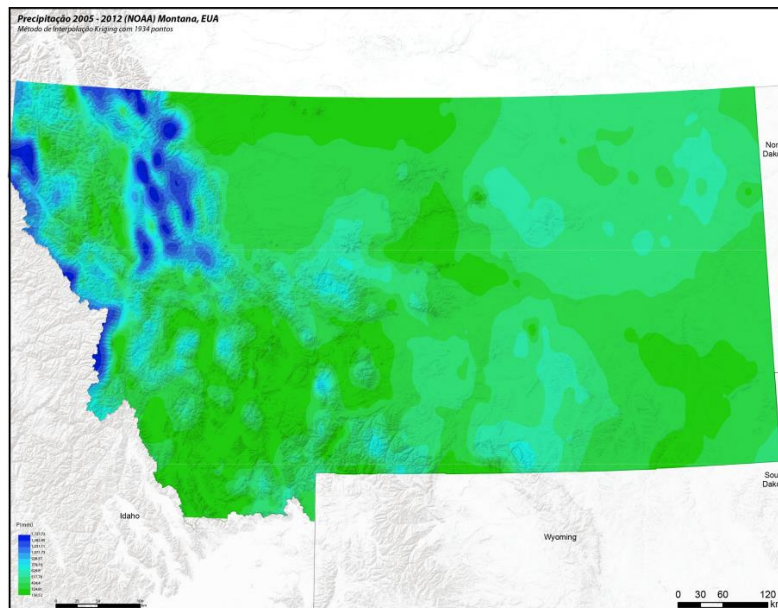


Figura 55 - Distribuição da Precipitação no Estado do Montana (2005-2012) através do método de *Spline*

Kriging

O método de interpolação *Kriging*, também conhecido como *krigagem* é talvez o mais conhecido de todos os métodos de interpolação e caracteriza-se por “ *um processo de estimação de médias de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes, enquanto consideradas como independentes por função chamada de variograma*” (Landim & Sturaro, 2002), sendo este o último método de interpolação utilizado.

A grande utilização advém das assumidas vantagens do método de interpolação. Mesmo com a utilização de dados densos e uniformemente distribuídos o algoritmo (qualquer um dos métodos de *krigagem*) fornece resultados minimamente aceitáveis, compensa os efeitos dos aglomerados dos dados pois fornece menos importância ao mesmo aglomerado e mais importância aos pontos isolados, favorece ainda a estimativa do erro (Bohling, 2005).

A *krigagem* apresenta vários tipos. A *krigagem* simples assume que as médias locais sejam relativamente constantes e semelhantes à média da amostra que é conhecida. A *krigagem* ordinária assume que as médias locais não são necessariamente próximas da média da amostra. A *krigagem* universal utiliza-se quando existe uma tendência regional pois as médias são uma função das coordenadas x e y . A *co-krigagem* assume que existe uma variação das médias com outras variáveis que estão dependentes desta. Existindo ainda outras variações *da krigagem*.

Ainda é necessário ajustar o modelo do semi-variograma (figura 52), isto é, é necessário adicionar uma estimação ao semi-variograma para este ser definido que pode ser uma das seguintes: 1) estável, 2) esférica, 3) circular, 4) exponencial e 5) gaussiana. Qualquer que seja a função terá de ser a que se ajuste melhor ao gráfico.

A superfície originária desta modelação é semelhante a superfície do *spline* no que respeita às tendências e aos padrões, apresentando linhas de limite de classe muito mais abruptas e com valores máximos e mínimo diferentes, e mesmo nas áreas mais húmidas e secas, como seria esperado.

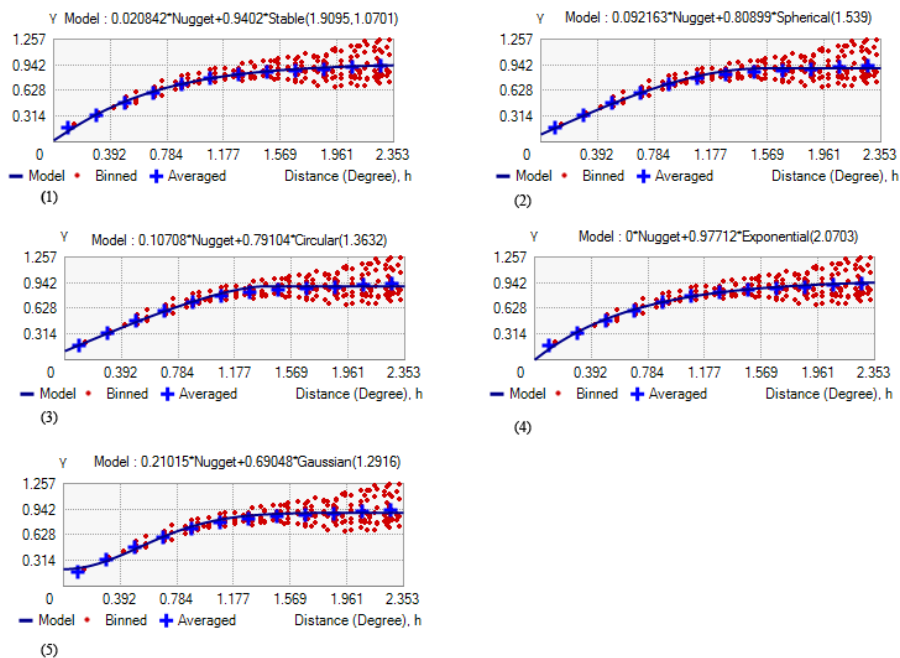


Figura 56 - SemiVariogramas dos 1934 dados de precipitação

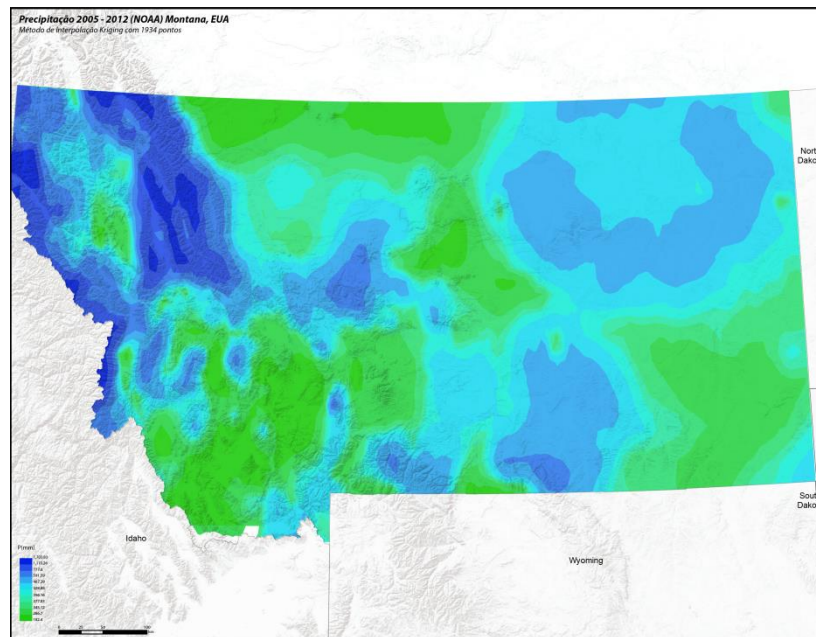


Figura 57 - Distribuição da Precipitação no Estado do Montana (2005-2012) através do método de *Kriging*

Modelos Tridimensionais

Outra forma de representar as superfícies de interpolação é através da atribuição de tridimensionalidade ao valor correspondente ao valor da variável em estudo. Isto faz com que a superfície em análise adquira volume sendo a coluna do x correspondendo a longitude, a do y correspondendo à latitude e z correspondendo a variável em estudo. No exemplo da precipitação, o valor z corresponde aos valores de precipitação.

A percepção de volume gerada pela superfície aliada à cor utilizada pelo cartógrafo transforma o mapa apresentado num elemento memorável e de fácil identificação.

O grande problema da criação deste tipo de superfície reside no facto de ser aconselhável a criação de um aplicativo para que possa ser analisado cada *pixel* da imagem mostrando o valor correspondente. Ou seja, um aplicativo que leia VRML que permite a análise da imagem ao movimento do rato, para que seja lido imediatamente o valor de cada *pixel*.

Contudo, sendo ausente esse aplicativo, a imagem, já fornece alguma informação de base ao utilizador do mapa sobre a distribuição e tendência da precipitação na área de estudo. Os exemplos transformados em 3D foram do *Kriging* e do *Spline* criados anteriormente para o exemplo do algoritmo de interpolação.

Nestes exemplos existe uma maior percepção na espacialização dos resultados assim como, o isolamento do lago Flathead em relação aos valores elevados de precipitação em montanha. Uma grande diferença entre a superfície do *spline* e a superfície do *kriging* é da área a Sudoeste que apresenta valores bastante elevados no *spline*, com um canal de baixa precipitação com orientação oeste-sudoeste. Algo que não acontece na superfície do *kriging* que apresenta valores mais reduzidos nessa mesma área.

A superfície a centro e a este mantem-se mais ou menos semelhante na forma como é distribuída em ambos as superfícies, sendo certo a alguma diferença entre os valores de um superfície para outra.

Foi ainda incluído em ambas as superfícies mas apenas com a legenda na superfície da *krigagem* as cidades com mais de 30.000 habitantes, para uma melhor orientação no espaço.

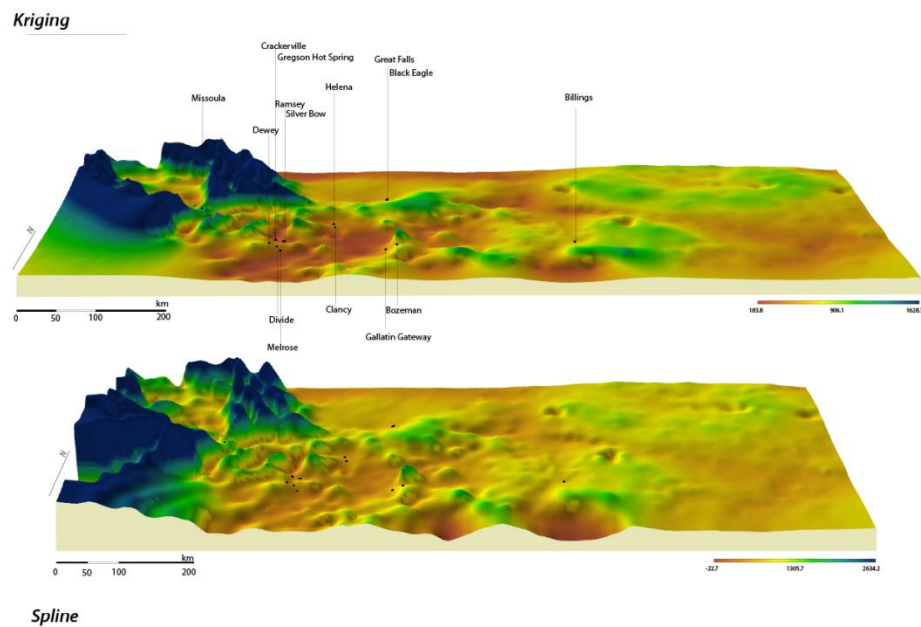


Figura 58 Superfícies de Interpolação a 3D

4.3. Visualização para Ciência e Visualização para as massas

Um dos grandes objectivos da cartografia é a comunicação da informação que é espacializada. Contudo, os seus utilizadores não têm todo o mesmo grau de conhecimentos, existe uma grande variedade de conhecimentos num grande público que utiliza os mapas, principalmente nos mapas que são utilizados na Comunicação Social.

Analisando o mapa enquanto imagem, ele é composto por vários níveis de informação: informação base, informação primária e informação secundária, ou informação implícita ou explícita. (Brito & Hetkowski, 2009; Crampton, 2001; Gomes, *et al.* 2011; Walter & Luo, 2011)

Como informação base, é representada a informação que permite ao utilizador identificar a localização da área de estudo, como os limites administrativos e as fronteiras de um país, o oceano, ou mapas de relevo que são utilizados como base, mas sempre indicando etiquetas, que permitam alguma orientação por parte do utilizador.

No caso dos mapas apresentados anteriormente, a informação de base é variada, no mapa topográfico foi integrado na parte inferior do mapa, onde está presente a legenda, um mapa dos Estados Unidos da América apenas com os seus contornos, e apresentando o estado do Montana de cor vermelha para que seja facilmente identificado, diferenciando-se de tudo o que está apresentado em seu redor, com um ponto preto a identificar a área de estudo – Lago Flathead. A análise dos mapas é contínua e segregada, não sendo introduzida em mais nenhum mapa esta identificação, sabendo que se trata da mesma área de estudo. A aparente negligência é desviada pela ideia de continuidade. Nos mapas referentes aos dados de precipitação, nomeadamente os mapas de isolinhas e de interpolação bidimensional, é conferido um mapa de base com o relevo e a identificação de estados vizinhos, com a devida rotulagem. A inclusão do mapa base do relevo pode também ser considerada informação secundária, algo que será analisado posteriormente.

A informação primária refere-se à utilização e visualização da variável principal do mapa. É aquela variável que o cartógrafo quer mostrar e que tem mais destaque no mapa. Nem sempre esse destaque é conseguível, depende do *know-how* do cartógrafo. No mapa topográfico essa informação principal cabe às curvas de nível, são estas que tem o destaque principal, daí a escolha da cor com elevado valor de saturação, o castanho-vermelho. Como foi explicado, é a variável que terá de ter maior contraste para que seja primeiramente

identificável e facilmente pelo utilizador. No exemplo do relevo, o elemento principal são as formas de relevo e aqui o uso de cores muito saturadas teria um efeito negativo. Em vez de chamar a atenção do utilizador, afastava-o, do mapa pois tornar-se-ia desconfortável a sua avaliação devido à existência de uma grande área de cores muito fortes. Neste caso, apela-se à harmonia estética, clareza e composição, para tornar o mapa apelativo e congruente. No exemplo das isolinhas, o elemento principal é a linha, poder-se-ia ter utilizado uma cor forte contudo essa atribuição poderia causar uma leve estranheza a alguns utilizadores pelos elementos do mapa (harmonia estética, clareza e composição estarem desajustados). No exemplo da interpolação, a escolha da cor foi óbvia, contudo um risco foi corrido, um gradiente de 10 cores foi usado e por normal um olho bem treinado apenas distingue 6-7 variação de cores, mas isto acontece apenas entre duas cores, no exemplo das superfícies de interpolação foram utilizadas três cores, azul-ciano-verde, representando a abundância de chuva (azul) e escassez (verde).

As cores são, efectivamente, saturadas, mas devido à manipulação que é usada posteriormente - uma multiplicação de cores para que o mapa de fundo se misture de modo a que o relevo seja igualmente transpassado, em vez de ficar simplesmente opaco. A razão pela qual a cor amarela foi mantida fora desta análise é porque a cor representa neutralidade e no caso da precipitação poderia informar valor 0 ou valores muito próximos dele, como o mínimo encontrado é 181mm (com excepção na superfície de interpolação do *spline* de 151mm).

A informação secundária presente nos mapas pode ser um pouco perigosa de utilização, em excesso pode causar “ruído visual” confundindo-se com a informação principal. No mapa topográfico, como informação secundaria encontram-se as áreas urbanas, de cor cinza claro, as áreas verdes, de cor verde pastel, e as áreas reservadas aos indígenas americanos de tracejado laranja. A subtilidade das cores é devido ao facto dessa informação não constituir grande efeito para a principal análise do mapa. Já a toponímia em classes tem um destaque maior mas continua como informação secundária. No mapa de relevo, a informação da rede viária e toponímia é igualmente considerada de informação secundária. Nos mapas de superfícies de interpolação com os mapas de relevo como fundo pode ter uma dupla classificação, ser considerado informação de fundo ou secundária dependendo do conhecimento do utilizador do mapa, pois um utilizador com mais

experiência pode retirar algumas conclusões devido à posição e orientação do relevo e os valores de precipitação amostrados.

São, portanto, visíveis em cada mapa, elementos suscitadores de atenção que fazem com que o utilizador seja atraído para a mensagem que o mapa transmite. É aqui que reside a grande importância dos mapas para a ciência e dos mapas de comunicação para o grande público. O acto de pensar sob a concepção de cada mapa produzirá efeitos sobre a sua leitura. Contudo há desvantagens, para uma pessoa com um nível de conhecimento elevado sobre a matéria em estudo e leitura de mapas é provável que exista um desinteresse sobre o mapa por este ser de fácil leitura, e o contrário é igualmente verdadeiro (Steinhauer, *et al.* 2001). A dificuldade na concepção de um mapa está mesmo em encontrar um meio-termo para o público-alvo em causa. O bom-senso, juntamente com a experiência ou com alguma arbitragem e consulta direccionada, no caso da primeira, são fundamentais.

Em qualquer dos casos, existe uma maior facilidade de conceber mapas de referência, pois existem regras de simbologia e *framework* que não deixam grandes margens para o *design* e para a criatividade, e também porque a sua simbologia já começa a ser conhecida por um grande público.

5. Considerações finais

Esta dissertação sumariza o processo evolutivo da representação da informação geográfica. Nos capítulos anteriores – “Representação da Informação Geográfica”, “Geovisualização” e “Evolução das Técnicas de Produção de Mapas” – foram abordados as diferentes técnicas e ferramentas para a produção cartográfica, processos teóricos de produção cartográfica e também diferentes técnicas e ferramentas de construção de dispositivos cartográficos digitais, interactivos. A Geovisualização é presente nesta dissertação como uma automatização e adopção de fortes elementos tecnológicos, quer a nível de instrumentos quer a nível de conhecimentos, do mapa tradicional, bidimensional e estático da Cartografia Clássica. Kraak (2002) vai mais longe ao sustentar a afirmação do carácter sucessivo da Geovisualização face à Cartografia e que a nova Cartografia, estudada no século XXI, deverá de ser chamada Geovisualização dado o carácter mecânico, digital e “futurista” do actual mapa.

É certo que existe uma componente de taxionomia cujo estudo tem sido deixado de lado. A atribuição de nomes aos elementos fá-los tornar reais e presentes. O carácter metafísico da Geovisualização é deixado, em parte, à deriva num campo de ciência de fronteiras ténues, isto é, não é identificável uma fronteira entre Cartografia e Geovisualização, sobrepondo-se ambos os campos científicos. É esperado que o futuro da Cartografia (não muito diferente do que já é conceptualizado em algumas instituições como a Penn State University) seja dominado por técnicas novas, assim como novas ferramentas, tendo em atenção o processo evolutivo da tecnologia sem deixar de esquecer as necessidades exigidas pela Sociedade.

Os dispositivos interactivos, com animações e com duas ou mais dimensões, sobrepuseram-se ao tradicional mapa bidimensional estático em formato digital ou em papel. A grande mudança do mapa e das formas de comunicação obrigam a mudar as áreas de investigação da “nova” Cartografia, obrigando a implementar a arte novamente na

Cartografia e o aprofundamento das ligações entre a Cartografia com as Ciências Cognitivas e a Psicologia, sendo mesmo implementados novos grupos de investigação associados a estas ligações, já reconhecidos pela *International Cartography Association*.

Esta mudança na tecnologia gerou uma mudança nos hábitos de consumo dos mapas, principalmente em meados do século XX, numa era de abundância de informação, de grande disponibilização de dados e da ubiquidade do computador pessoal. Tal mudança implicou que a sociedade de consumo exigisse maior e melhor informação num curto espaço de tempo, traduzindo-se em novos padrões de consumo e, posteriormente, numa fortificação do elo Tecnologia – Sociedade – Cartografia.

No que respeita à evolução e tendências na Cartografia, é notável a grande alteração na simbologia, sendo a que sofreu a maior transformação ao longo do período em estudo, sendo o principal motivo a diversa variedade de propriedades que a simbologia apresenta. A simbologia é também, um dos elementos mais importantes do mapa, actuando como o principal veículo de transmissão da informação do mapa para o seu utilizador, sendo perceptível assim, o porquê do maior debruçar, por parte dos investigadores internacionais nestas questões.

De todas as propriedades da simbologia, a que apresenta uma maior importância é a cor. O significado da cor, atribuída por cada cultura, irá, certamente, influenciar a forma de como o utilizador interpreta o mapa, apesar de, com o caminhar dos tempos até ao final do século XX, se ter assistido à homogeneização do significado da cor, mas sendo sempre patente micro influências em diversas culturas como a cultura japonesa (Sable & Akcay, 2010). É de notar que a própria conjugação de diversas cores irá traduzir-se num significado diferente de quando a cor era apresentada singularmente. Da mesma forma, a área ocupada por diversas cores irá mudar a percepção do utilizador, privilegiando a que ocupa maior área no mapa (Aslam, 2006). É, ainda, de salientar a existência de propriedades dentro da cor – saturação, valor, transparência e tonalidade, que podem deter influência na distribuição da mensagem. (MacEachren, 2012)

Porém, o investimento na investigação da simbologia, não se traduziu num estudo sobre a legenda (MacEachren, 1979), que tem sido negligenciado por parte dos grupos de estudo. Não é garantida a sua eficácia na maneira convencional de apresentação, não se

percebendo se haverá uma influência positiva ou negativa da tipografia ou da mobilidade nos elementos da legenda.

Ainda dentro da área da representação, mas já aliada à Neo-Cartografia e à Geovisualização, é de notar o aumento do uso da hipermídia para a disponibilização e visualização da informação geográfica, assumindo a mudança de um mapa estático impresso para um dispositivo digital e interactivo, adaptando-se a um ambiente virtual de web 2.0 ou para alguns web 3.0 (Ray, 2011).

Esta evolução da Cartografia nunca poderá ser discriminada pela Geovisualização ou pela Ciência da Informação Geográfica, sendo a aliança entre estas três temáticas, essenciais para o desenvolvimento sustentável de ambas.

Referente à construção e ao consumo de mapas, a preocupação da utilização de diversas técnicas para a mesma informação, tornou-se crucial para o entendimento por parte do criador, de como dispor a informação no mapa, mas também para perceber a alteração de padrões de representação; mostrando que a mesma informação pode ser utilizada de diferentes formas para chegar a um fim comum. Mas esse fim pode ou não ser eficaz no que respeita ao principal objectivo do mapa, a comunicação. Ao criar um mapa topográfico, é entendido que não é imediata a identificação das formas do relevo por parte do utilizador, sendo necessário o dispêndio de tempo para a sua interpretação – leitura das curvas de nível, e imaginação para a visualização da morfologia do terreno. Ao construir as restantes formas de representação, as formas de relevo saltam mediatamente à vista, assumindo a morfologia do terreno, mostrando ao utilizador a forma da área de estudo. Estas formas culminam com uma representação tridimensional de um ortofotomapa, mostrando onde se localiza as classes do solo e a morfologia. A tecnologia permite avançar para um passo interactivo, mostrando através de um clique informação extra sobre o *pixel* em questão.

Referente aos mapas de precipitação, a tendência é semelhante aos mapas de referências diminuindo de dificuldade de leitura à medida que as técnicas de concepção do mapa são menos rudimentares, isto é, quando são aplicados algoritmos matemáticos aos dados estatísticos permitindo formas mais interessantes de representação da informação disponível, como os métodos de interpolação utilizados.

Ainda referente aos mapas de precipitação, a diferente utilização de algoritmos de interpolação permitiu resultados diferentes nos mapas finais, sempre utilizando a mesma

informação. É importante tomar atenção à informação que é fornecida por cada algoritmo de interpolação para ajustar, da melhor maneira possível, a superfície aos dados de amostra, comprovando a sua validação.

Contudo, ainda muitas questões permanecem por responder, no que respeita às temáticas da Representação, muitas delas que não foram mencionadas nesta dissertação, ora por caírem fora do core temático, ora por obrigarem a um aprofundamento que não cabe nas dimensões científicas de uma dissertação de Mestrado. A criação de grupos de investigação torna-se num processo importante para a concretização dos objectivos propostos pela *International Cartography Association* no que respeita à Representação e à Visualização de dados estatísticos. Mas pode tornar-se insuficiente na medida em que existe, cada vez mais, uma maior facilidade na construção de mapas devido à abundância de dados e de *software*. Além disso, esta abundância de fazedor de mapas “não encardados” pode facilmente resultar numa fraca qualidade dos mapas obtidos, pela falta coerência de informação e de *design* no que se refere à mensagem a transmitir.

A dedicação às técnicas de representação e ao objectivo do mapa pode tornar-se num processo bastante moroso, mas que devolve quase sempre um resultado de maior qualidade e maior eficácia. Todavia cabe sempre a cada produtor do mapa escolher qual o processo a seguir e a assumir essa responsabilidade.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Andrienko, G., & Andrienko, N. (2008). *Computer Cartography and Cartographic Knowledge*. Sankt-Augustin.
- Andrieu, D., Kaiser, C., Ourednik, A., & Lévy, J. (2007). Advanced cartogram construction using a constraint based framework.
- Arnason, H. H. (1998). *History of Modern Art: Painting, Sculpture, Architecture, Photography* (3rd ed., p. 744). Prentice Hall College Div.
- Aslam, M. M. (2006). Are You Selling the Right Colour? A Cross- cultural Review of Colour as a Marketing Cue. *Journal of Marketing Communications*, 12(1), 15–30. doi:10.1080/13527260500247827
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 4(August), 355–385.
- Barber, P., & Harper, T. (2010). *Magnificent Maps: Power, Propaganda, and Art*. *Journal of Geography* (Vol. 111, p. 176). London: The British Library Publishing Division. doi:10.1080/00221341.2011.616597
- Benson, J. E. (2001). *Light and Impressionism : a Radical Change* (p. 2).
- Bertin, J. (2010). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. (E. Press;, Ed.) (1st ed., p. 456).
- Bian, L. (1997). Multiscale Nature of Spatial Data in Scaling Up Environmental Models. In M. Quattrochi, D., and Goodchild (Ed.), *Scale in Remote Sensing and GIS* (pp. 13–26).
- Bishop, I. (2000). Environmental information and technology: Is it all too much? *Landscape and Urban Planning*, 47(3), 111–114.
- Bleisch, S. (2012). 3D Geovisualization – Definitions and Structures for the Assessment of Usefulness. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1(September), 129–134.

- Bohling, G. (2005). Kriging.
- Bowditch, N. (2002). Geodesy and Datums In Navigation. In National Imagery and Mapping Agency (Ed.), *The American Practical Navigator* (p. 8). National Imagery and Mapping Agency.
- Bratkova, M., Shirley, P., & Thompson, W. B. (2009). Artistic Rendering of Mountainous Terrain.
- Bratkova, M., & Thompson, W. B. (2007). *Expressive Rendering of Mountainous Terrain School of Computing* (Vol. V, pp. 1–23).
- Brito, F. J. de O., & Hetkowski, T. M. (2009). *Ciência que trata do estudo da forma e dimensões da Terra. 1* | (pp. 1–7).
- Cambridge in Color - <http://www.cambridgeincolour.com/>
- Cartwright, W., Miller, S., & Pettit, C. (2004). Geographical Visualization : Past , Present and Future Development. *Journal of Spatial Science*, 49-1(September), 37–41.
- Carver, S., Evans, A., Kingston, R. ., & Turton, I. (2007). Public participations, GIS and cyberdemocracy: evaluating on-line spatial decision support systems. *Environmental and Planning B: Planning and Design*, 28, 907–921.
- Castells, M. (2000). *The Rise of the Network Society: The Information Age: Economy, Society and Culture Vol 1 (Information Age)* (Vol. 1, p. 656). John Wiley & Sons.
- Cavanagh, P., & Alvarez, G. a. (2005). Tracking multiple targets with multifocal attention. *Trends in cognitive sciences*, 9(7), 349–54. doi:10.1016/j.tics.2005.05.009
- Chandler, D. (2007). *Semiotics : The Basics* (2nd ed., p. 307). Routledge.
- Crampton, J. W. (2001). Maps as social constructions: power, communication and visualization. *Progress in Human Geography*, 25(2), 235–252. doi:10.1191/030913201678580494
- DiBiase, D. (1991). Visualization in the Earth Sciences. *Geotimes*, 36(7), 12.
- Döllner, J., & Buchholz, H. (2011). *Non-Photorealism in 3D Geovirtual Environments* (pp. 1–14).
- Dykes, J., MacEachren, A. M., & Kraak, M.-J. (2005). *Exploring Geovisualization*. (J. Dykes, A. M. MacEachren, & M.-J. Kraak, Eds.) (2nd ed., p. 733). Elsevier.

- Edney, M. H. (2007). Putting “ Cartography ” into the History of Cartography : Arthur H . Robinson , David Woodward , and the Creation of a Discipline. *Cartographic Perspectives*, (2003), 711–728.
- ESRI. (2001). *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. (K. Johnston, J. M. Ver Hoef, K. Krivoruchko, & N. Lucas, Eds.) (p. 306).
- Fabrikant, S. I. (2003). Commentary on “A History of Twentieth-Century American Academic Cartography” by Robert McMaster and Susanna McMaster. *Cartography and Geographic Information Science*, 30(1), 81–84.
doi:10.1559/152304003100010965
- Faria, N. A. S. (2006). *Suporte à edição cooperativa de Informação Geográfica em ambiente Web*. Universidade do Minho.
- Field, K., O’Brien, J., & L., B. (2008). Paper Maps or GPS? Exploring Differences in Way of Finding Behaviour and Spatial Knowledge Acquisition. In *International Cartographic Conference* (p. 8).
- Fisher, D. (2010). Animation for Visualization : Opportunities and Drawbacks. In *Beautiful Visualization* (pp. 329–352). O’Reilly.
- Franges, S., Posloncec-petric, V., & Zupan, R. (2007). *Continuous Development of Cartographic Visualization* (pp. 1–9).
- Gomes, C. S. do N., Silva, I. R. da, Lima, J. J. T., Maria, L., & Feitosa, S. (2011). A comunicação na cartografia.
- Goodchild, M. F. (2007). Editorial : Citizens as Voluntary Sensors : Spatial Data Infrastructure in the World of Web 2 . 0. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 2, 24–32.
- Harley, J. B. (1989). Deconstructing the map. *Cartographica*, 26(2), 1–20.
- Harvard School of Design - <http://www.gsd.harvard.edu/>
- Hengl, T. (2009). *A Practical Guide to Geostatistical Mapping*. (University of Amsterdam, Ed.) (p. 292).
- Hurni, L. (2008). Cartographic Mountain Relief Presentation 150 Years of Tradition and Progress at ETH Zurich. In *6th ICA Mountain Cartography Workshop* (pp. 85–91).
- Hurst, P., & Clough, P. (2013). Will we be lost without paper maps in the digital age? *Journal of Information Science*, 39(1), 48–60. doi:10.1177/0165551512470043

- Illiffe, J. (2000). *Datums and Projections for remote sensing, GIS, and surveying* (3rd ed.). Caithness: CRC Press.
- Ishikawa, T., Fujiwara, H., Imai, O., & Okabe, A. (2008). Wayfinding with a GPS-based mobile navigation system: A comparison with maps and direct experience. *Journal of Environmental Psychology*, 28(1), 74–82. doi:10.1016/j.jenvp.2007.09.002
- J. B. Harley, & Woodward, D. (1987). *Cartography in Prehistoric, Ancient, and Medieval Europe and the Mediterranean* (J. B. Harl., Vol. 1, p. 622). Chicago Press.
- Jenny, B., & Patterson, T. (2007). Introducing Plan Oblique Relief. *Cartographic Perspectives*, Spring(57), 21–40.
- Juergen Doellner. (2005). Geovisualization and Real-Time 3D Computer Graphics. In *Exploring Geovisualization* (pp. 325–244).
- Kahler, R., Simon, M., & Hege, H. (2003). Interactive volume rendering of large sparse data sets using adaptive mesh refinement hierarchies. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 9(3), 341–351. doi:10.1109/TVCG.2003.1207442
- Kaspar, S., Fabrikant, S. I., & Freckmann, P. (2011). *EMPIRICAL STUDY OF CARTOGRAMS* (pp. 1–8).
- Keim, D. A., Panse, C., & Sips, M. (2005). Information Visualization : Scope , Techniques and Opportunities for Geovisualization. In J. Dykes, A. M. MacEachren, & M.-J. Kraak (Eds.), *Exploring Geovisualization* (pp. 1–17). Oxford: Elsevie.
- Kemp, K. K. (2008). *Encyclopedia of Geographic Information Science* (p. 582). SAGE Publications.
- Kennelly, P. J., & Kimerling, A. J. (2000). Desktop Hachure Maps from Digital Elevation Models. *Cartographic Perspectives*, 37, 78–81.
- Kennelly, P. J., & Kimerling, A. J. (2002). Hillshading with Contours. *Journal of Geoscience Education*, 50(4), 428–436.
- Kennelly, P. J., & Kimerling, A. J. (2006). Non-Photorealistic Rendering and Terrain Representation. *Cartographic Perspectives*, (54), 35–54.
- Kennelly, P., & Kimerling, A. J. (2001). Modifications of Tanaka’s Illuminated Contour Method. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(2), 111–123. doi:10.1559/152304001782173709
- Komedchikov, N. N. (2006). The General Theory of Cartography under the Aspect of Semiotics.

- Kostka, R. (2007). Satellite Image and Relief Representation - A Contribution to the Theory of Mountain Cartography. *Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung*, 43, 167–173.
- Kraak, M., Edsall, R., & Maceachren, A. M. (1997). *CARTOGRAPHIC ANIMATION AND LEGENDS FOR TEMPORAL MAPS: EXPLORATION AND OR INTERACTION* (p. 8).
- Kraak, M.-J. (2002). Current trends in visualisation of geospatial data with special reference to cartography. *Indian Cartographer*, 319–324.
- Kraak, M.-J. (2003). Geovisualization illustrated. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 57(5-6), 390–399. doi:10.1016/S0924-2716(02)00167-3
- Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2010). *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (Third edit., p. 249).
- Kriz, K. (1999). Perspectives and Design in High Mountain Cartography. In *ICA-CMC-Sessions* (p. 8). Ottawa.
- Krygier, J. (1999). *Cartographic Multimedia and Praxis in Human Geography and the Social Sciences* (p. 16).
- Kwan, M.-P. (2000). Interactive geovisualization of activity-travel patterns using three-dimensional geographical information systems: a methodological exploration with a large data set. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8(1-6), 185–203. doi:10.1016/S0968-090X(00)00017-6
- Landim, P. M. B., & Sturaro, J. R. (2002). *Krigagem Indicativa Aplicada à Elaboração de Mapas Probabilísticos de Riscos* (pp. 1–19).
- Lee, W.-C., & Cheng, B.-W. (2008). Effects of using a portable navigation system and paper map in real driving. *Accident; analysis and prevention*, 40(1), 303–8. doi:10.1016/j.aap.2007.06.010
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2004). *Geographic Information Systems and Science. Management* (2nd ed., p. 539).
- MacEachren, A. M. (1979). The Evolution of Thematic Cartography / A Research Methodology and Historical Review. *The Canadian Cartographer*, 16(I), 17–33.
- MacEachren, A. M. (1995). *How Maps Work: Representation, Visualization, and Design* (1st ed., p. 513).
- MacEachren, A. M. (1997). EXPLORATORY CARTOGRAPHIC VISUALIZATION : ADVANCING THE AGENDA. *Computer & Science*, 23(4), 335–343.

- Maceachren, A. M., Brewer, I., & Steiner, E. (2001). Geovisualization To Mediate Collaborative Work: Tools To Support Different-Place Knowledge Construction and Decision-Making. In *Proceedings, 20th International Cartographic Conference* (p. 8).
- MacEachren, A. M., & Kraak, M. (2001a). Research Challenges in Geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 3–12. doi:10.1559/152304001782173970.
- MacEachren, A. M., & Kraak, M.-J. (2001b). Research Challenges in Geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 3–12. doi:10.1559/152304001782173970
- MacEachren, A. M., & Taylor, D. R. F. (1994). *Visualization in Modern Cartography* (p. 345).
- Margolis, H. (1987). *Patterns, Thinking, and Cognition: A Theory of Judgment* (p. 332). University of Chicago Press.
- Matos, J. (2005). *Fundamentos da Informação Geográfica* (1st ed., p. 405). Lisboa: Lidel.
- McMaster, R. B., & Muehlenhaus, I. (2010). Cartographic symbolization and visualization. In J. Bossler (Ed.), *Manual of Geospatial Science and Technology* (2nd ed., pp. 1–28). Taylor & Francis.
- McMaster, R., & McMaster, S. (2002). A History of Twentieth-Century American Academic Cartography. *Cartography and Geographic Information Science*, 29(3), 305–321. doi:10.1559/152304002782008486
- Mei, Y., & Li, L. (2008). A Cartographic Data Model For Better Geographical Visuatiation Based on Knowlegde. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(B2).
- Michaels, S. (2012). Paper Maps vs. Digital Maps. PBS. Retrieved from <http://www.pbs.org/newshour/rundown/2012/10/paper-maps-vs-digital-maps.html>
- Milan, U. C., & Tucci, M. (2005). Using Spatial Analysis and Geovisualization to Reveal. *Cartographica*, 45(1), 47–63. doi:10.3138/carto.45.1.47
- Monmonier, M. (1991). *How to Lie with Maps* (p. 187). The University of Chicago Press.
- Montello, D. R. (2002). Cognitive Map-Design Research in the Twentieth Century: Theoretical and Empirical Approaches. *Cartography and Geographic Information Science*, 29(3), 283–304. doi:10.1559/152304002782008503
- Morris, C. (1938). *Foundations of the Theory of Signs* (p. 66).

- Nollenburg, M. (2007). Geographic Visualization. In *Human-Centered Visualization Environments* (pp. 253–290). doi:10.1007/978-3-540-71949-6_6
- O'Reilly, T. (2005). What Is Web 2.0? Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. Retrieved from <http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html>
- Olson, J. (2011). Map Typologies 20th Century. In *International Cartographic Conference* (pp. 1–4). Paris.
- Parsons, E. (2011). And now there is Neocartography. *Blog*. Retrieved from <http://www.edparsons.com/2011/03/and-now-there-is-neocartography/>
- Peter Naur. (1974). *Concise Survey of Computer Methods* (p. 397). Studentlitteratur.
- Peterson, M. P. (1996). Cartography and the Internet: Implications for Modern Cartography.
- Peucker, T. K., Fowler, R. J., Little, J. J., & Mark, D. M. (1978). The Triangulated Irregular Network. *Amer. Soc. Photogrammetry Proc. Digital Terrain Models Symposium*, 516, 96–103.
- Pharr, M., & Humphreys, G. (2010). *Physically Based Rendering: From Theory to Implementation* (p. 860).
- Ray, K. (2011). Web 3.0. Retrieved from <http://vimeo.com/11529540>
- Roberts, J. M. (1999). *Twentieth Century, The History of the World, 1901 to 2000* (1st ed., p. 930). Penguin Group.
- Robinson, A. H. (1952). *The Look of Maps* (p. 105). University of Wisconsin Press.
- Sabine Kirschenbauer. (2005). Applying “ True 3D ” Techniques to Geovisualization : An Empirical Study. In *Exploring Geovisualization* (pp. 0–8).
- Sable, P., & Akcay, O. (2010). Color: Cross Cultural Marketing Perspective as to What Governs our Response to it. In *ASBBS* (Vol. 17, pp. 950–954).
- Sebeok, T. A. (1978). *Perfusion of Signs*. (Thomas A. Sebeok, Ed.) *Thomas A. Sebeok* (p. 978). Indiana University Press.
- Shea, K. S. (1988). Cartographic Generalization. *NOAA Technical Report, 127 CGS 12*(July), 196.
- Steinhauer, J. H., Wiese, T., Freksa, C., & Barkowsky, T. (2001). Recognition of Abstract Regions in Cartographic Maps. In *COSIT 2001 Proceedings of the International*

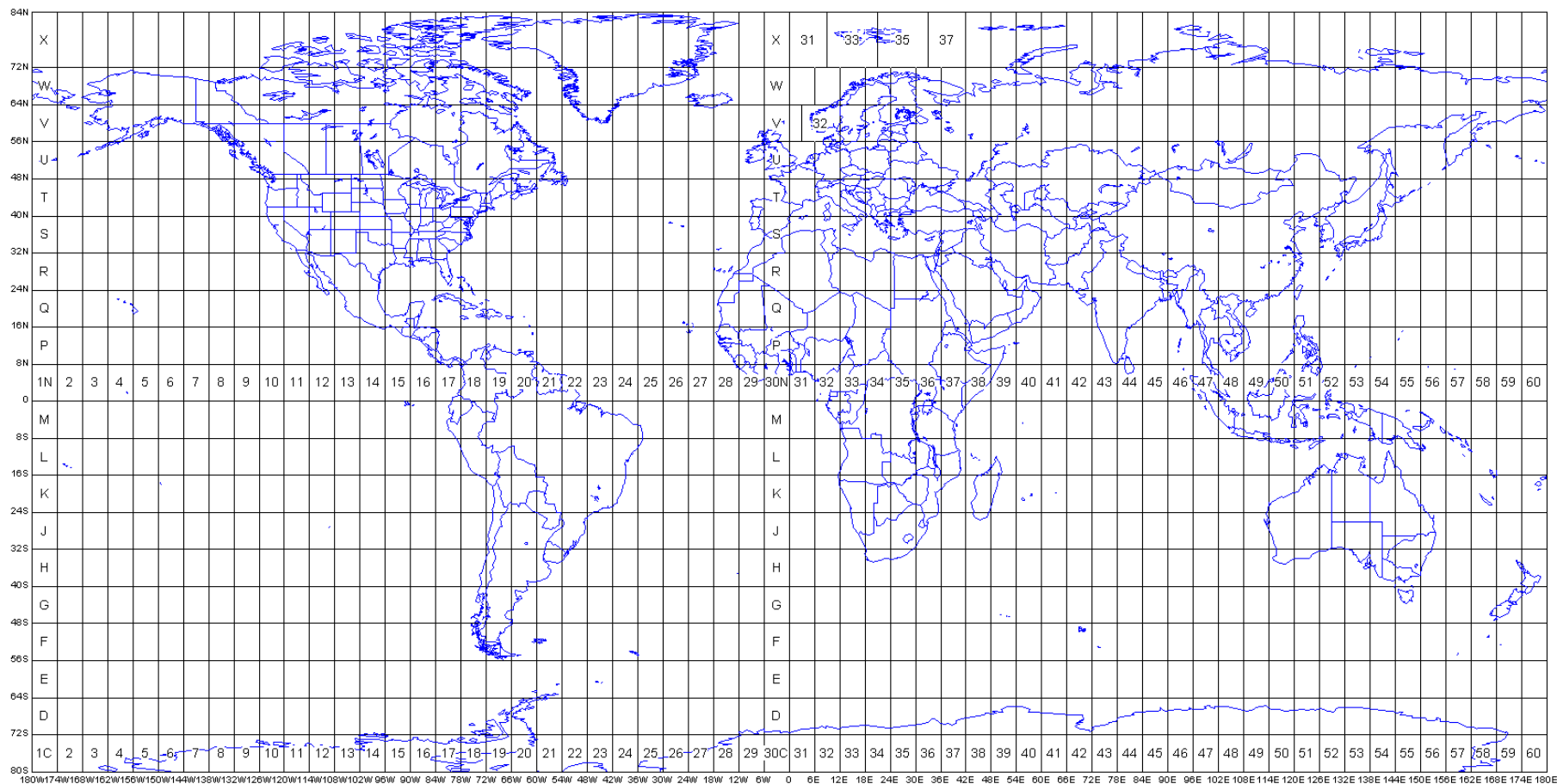
Conference on Spatial Information Theory: Foundations of Geographic Information Science (pp. 306–321).

- Stricker, G. (2012). Hurricane Sandy: Resources on Twitter. Retrieved from <https://blog.twitter.com/2012/hurricane-sandy-resources-twitter>
- Tanaka, K. (1950). The relief contour method of representing topography on maps. *Geographical Review*, 40, 444–456.
- Taylor, D. R. F. (1985). *Education and training in contemporary cartography*. (John Chichester, Ed.) (p. 344). Wiley.
- Taylor, D. R. F. (1991). *Geographic Information Systems : The Microcomputer and Modern Cartography*.
- Telcik, T. (1991). *Contouring a Triangulated Irregular Network in Theory and Practice*. Perth.
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory Data Analysis* (1st ed., p. 688). Addison-Wesley Publishing Company.
- Tyner, J. A. (2010). *Principles of Map Design* (p. 273). The Guilford Press.
- Vivoni, E. R., Ivanov, V. Y., Bras, R. L., & Entekhabi, D. (2004). Generation of Triangulated Irregular Networks Based on Hydrological Similarity. *JOURNAL OF HYDROLOGIC ENGINEERING*, (August), 288–302.
- Walter, V., & Luo, F. (2011). Automatic interpretation of digital maps. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(4), 519–528.
doi:10.1016/j.isprsjprs.2011.02.010
- Wand, M. P., & Jones, M. C. (1995). Kernel Smoothing. In *Monographs on Statistics and Applied Probability*. Chapman & Hall.
- Ware, C. (2010). *Information Visualization: Perception for Design*. (S. Card, J. Grudin, & J. Nielsen, Eds.) (2nd Editio., p. 514). Morgan Kaufmann.
- Weston, S. (2002). *An introduction to the mathematics and construction of splines* (pp. 1–24).
- Whitehead, A. N. (1967). *Adventures of Ideas* (p. 320). Free Press.
- Winnemoller, H., Olsen, S. C., & Gooch, B. (2006). *Real-Time Video Abstraction* (p. 6).

- Wolford, J. (2012). Hurricane Sandy Request from FEMA: Text and Facebook, Don't Talk. Retrieved from <http://www.webpronews.com/hurricane-sandy-request-from-fema-text-and-facebook-dont-talk-2012-10>
- Wood, J. (2005). Multim im parvo - Many Things in a Small Place. In Jason Dykes, A. M. Maceachren, & M.-J. Kraak (Eds.), *Exploring Geovisualization* (pp. 313 – 324). Elsevier.
- Zucchini, W. (2003). *Part 1 : Kernel Density Estimation* (pp. 1–19).

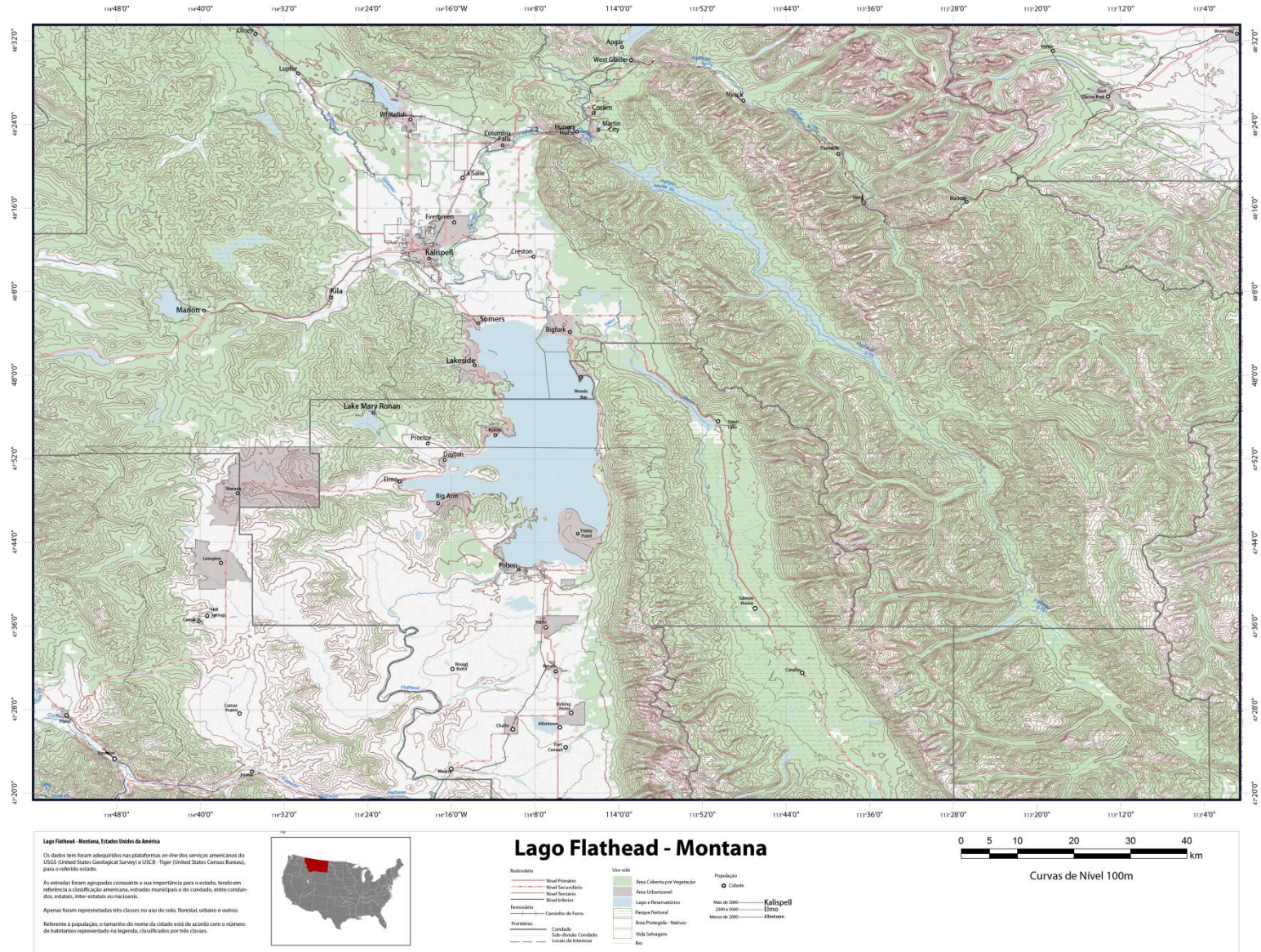
VI. ANEXOS

Anexo I. Sistema de Coordenadas UTM

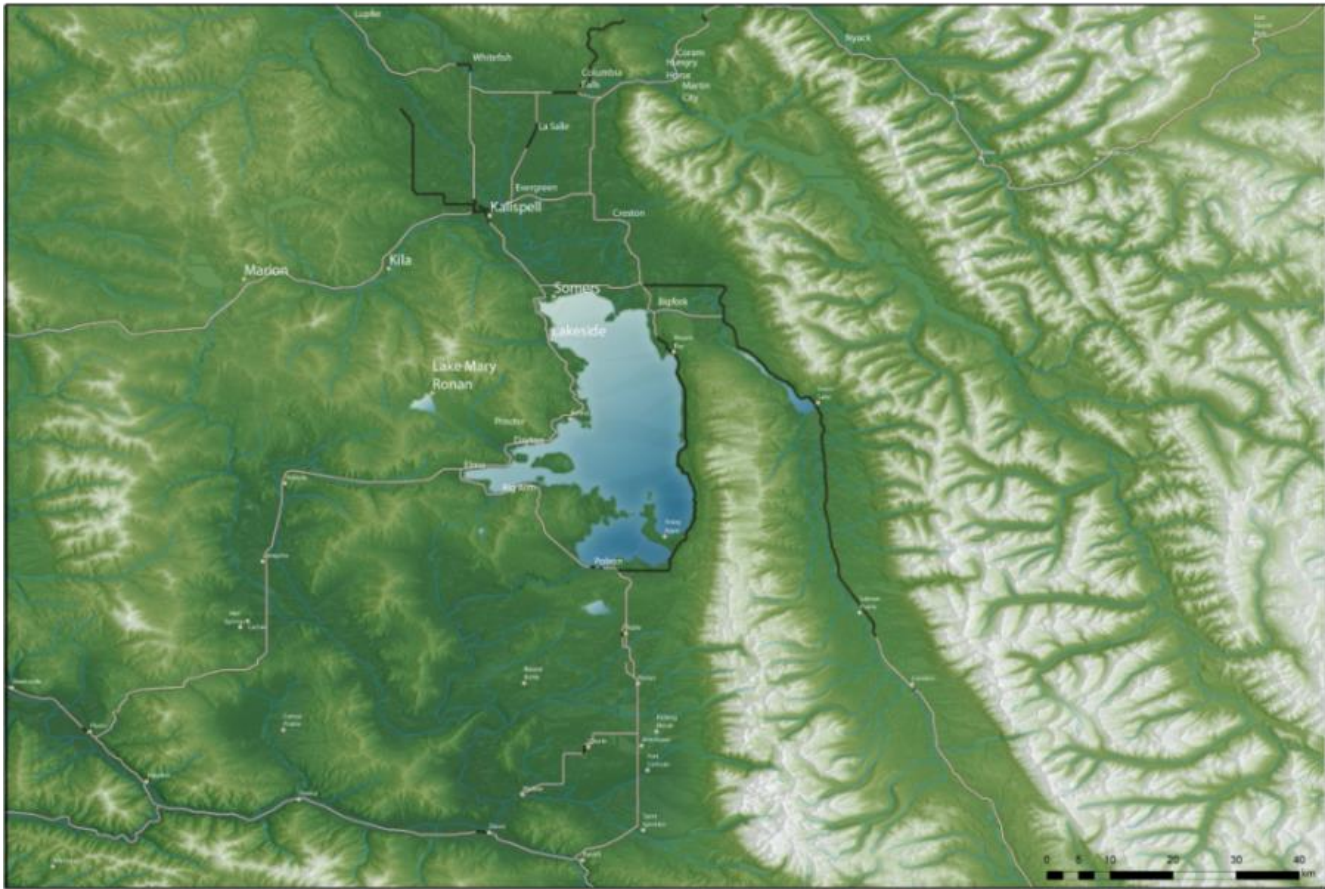


Fonte: <http://www.dmap.co.uk>

Anexo II. Mapa Topográfico

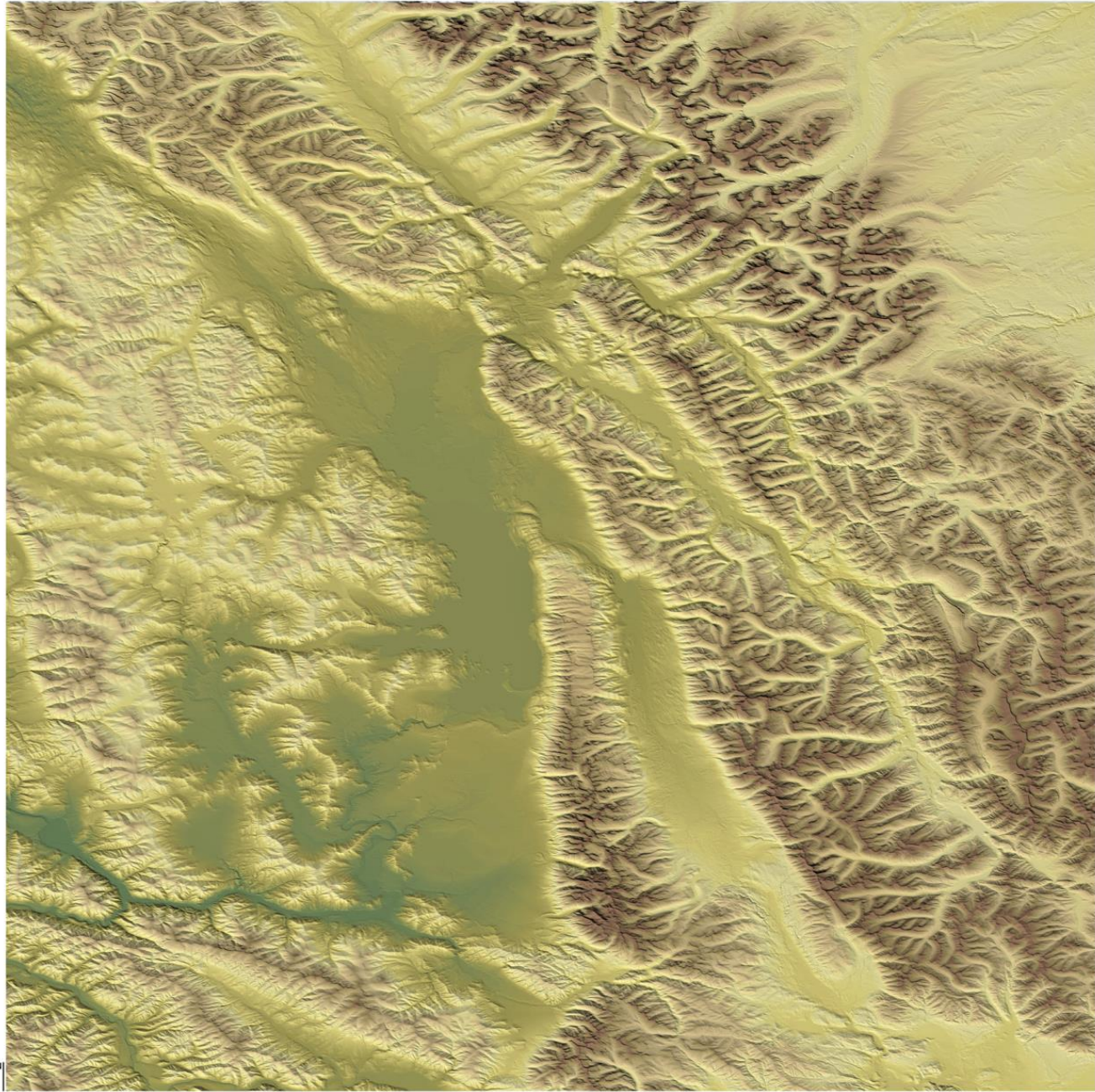


Anexo III. Mapas de Relevu

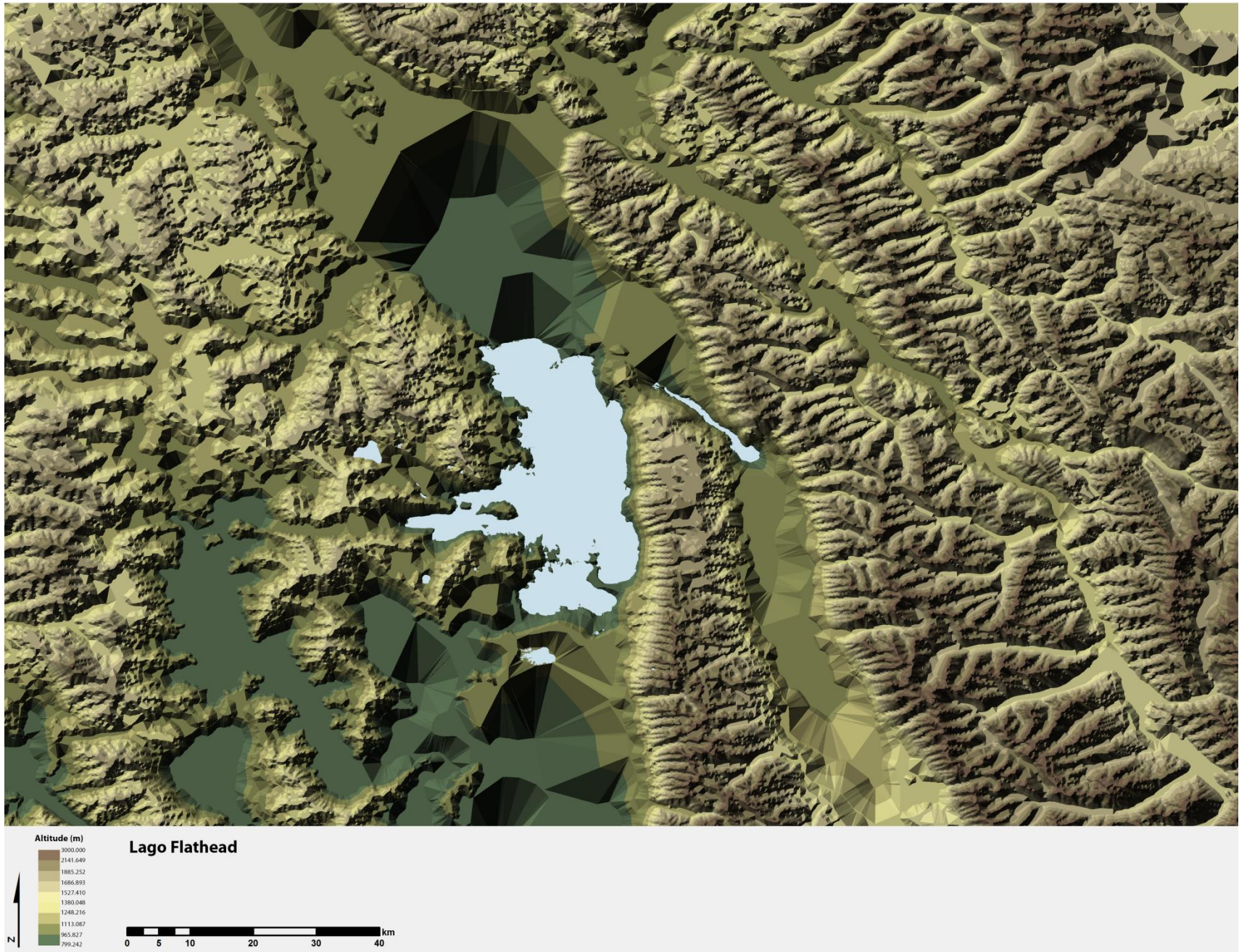


Lake Flathead - Montana, EUA

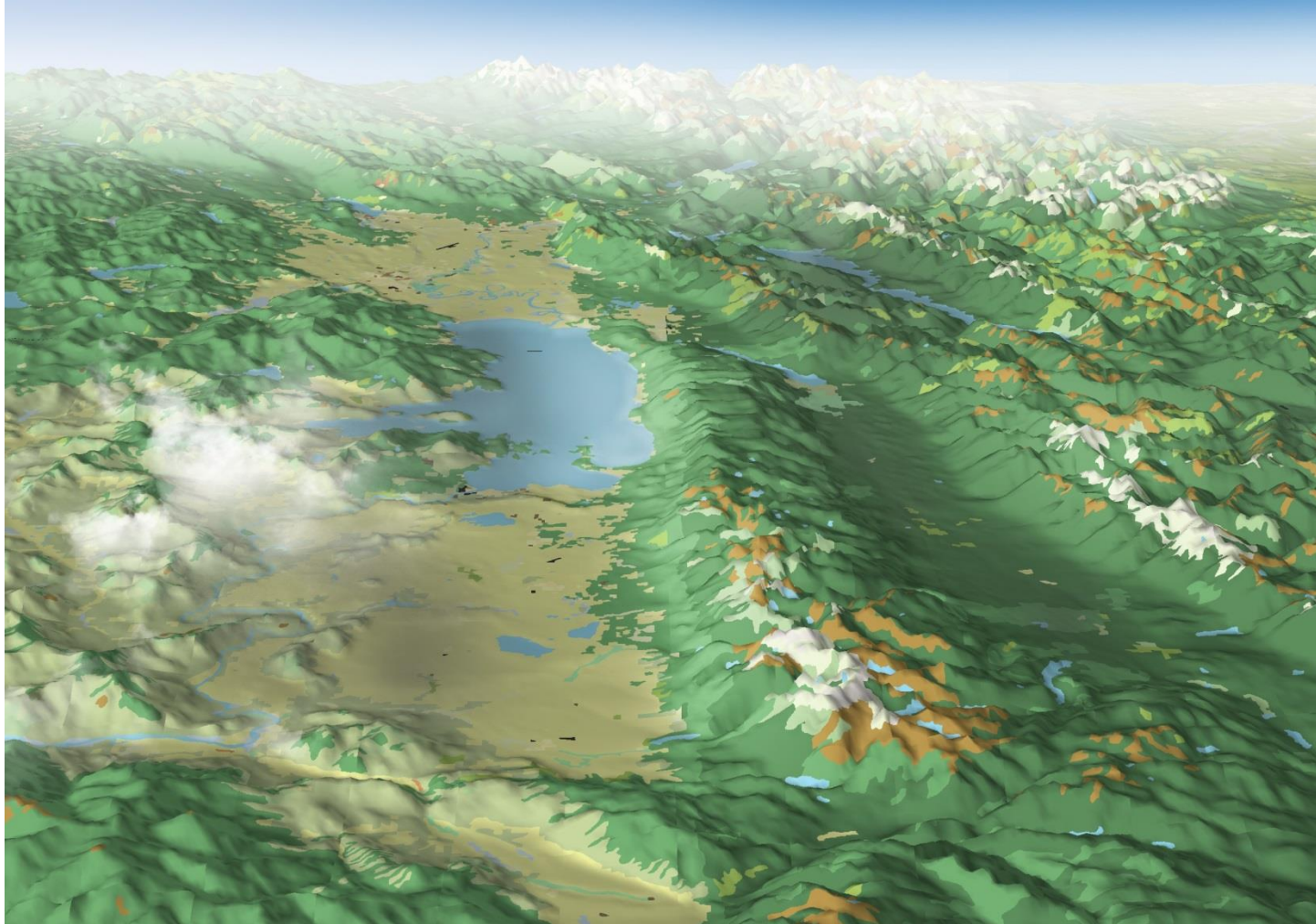




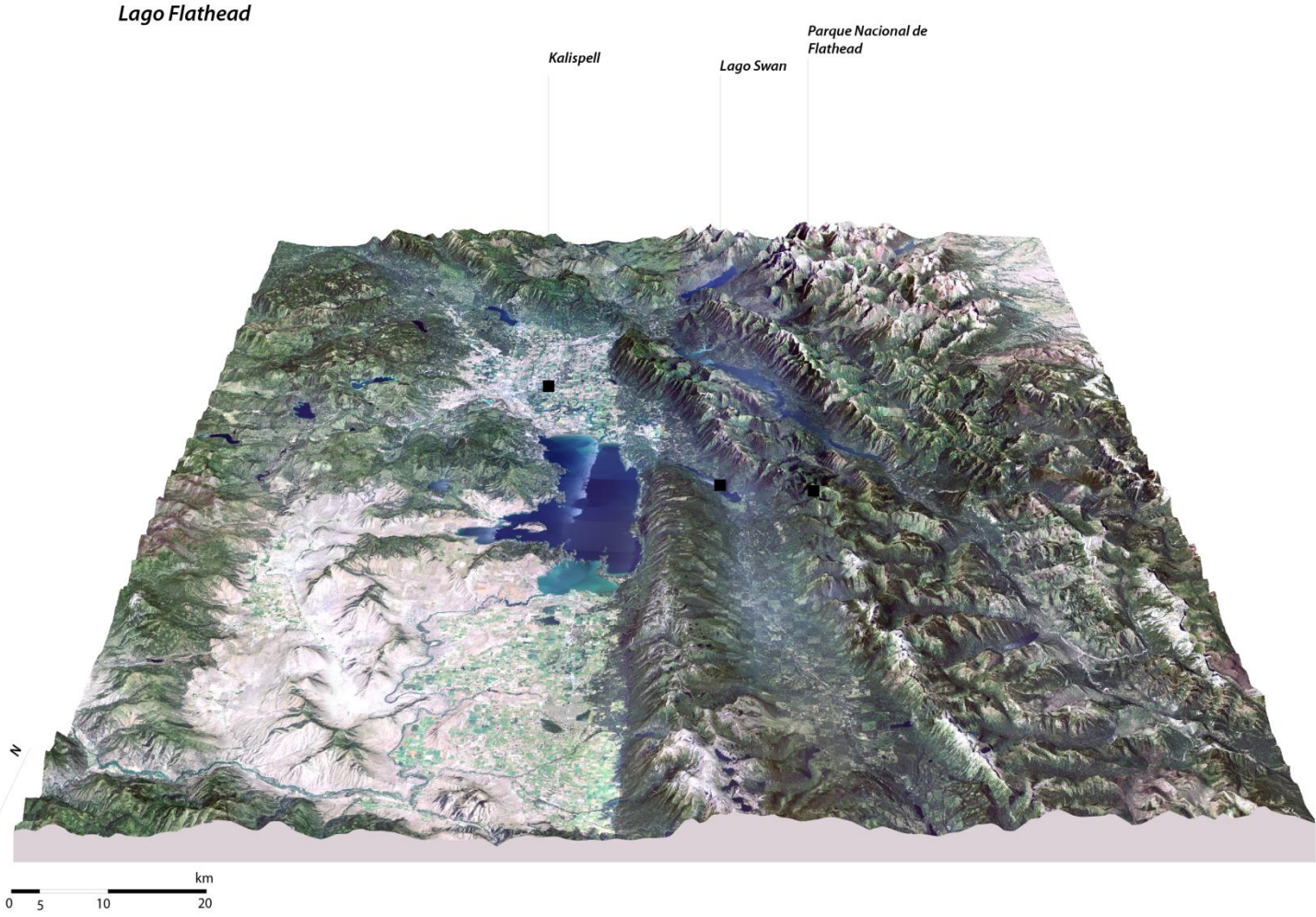
Anexo IV. TIN



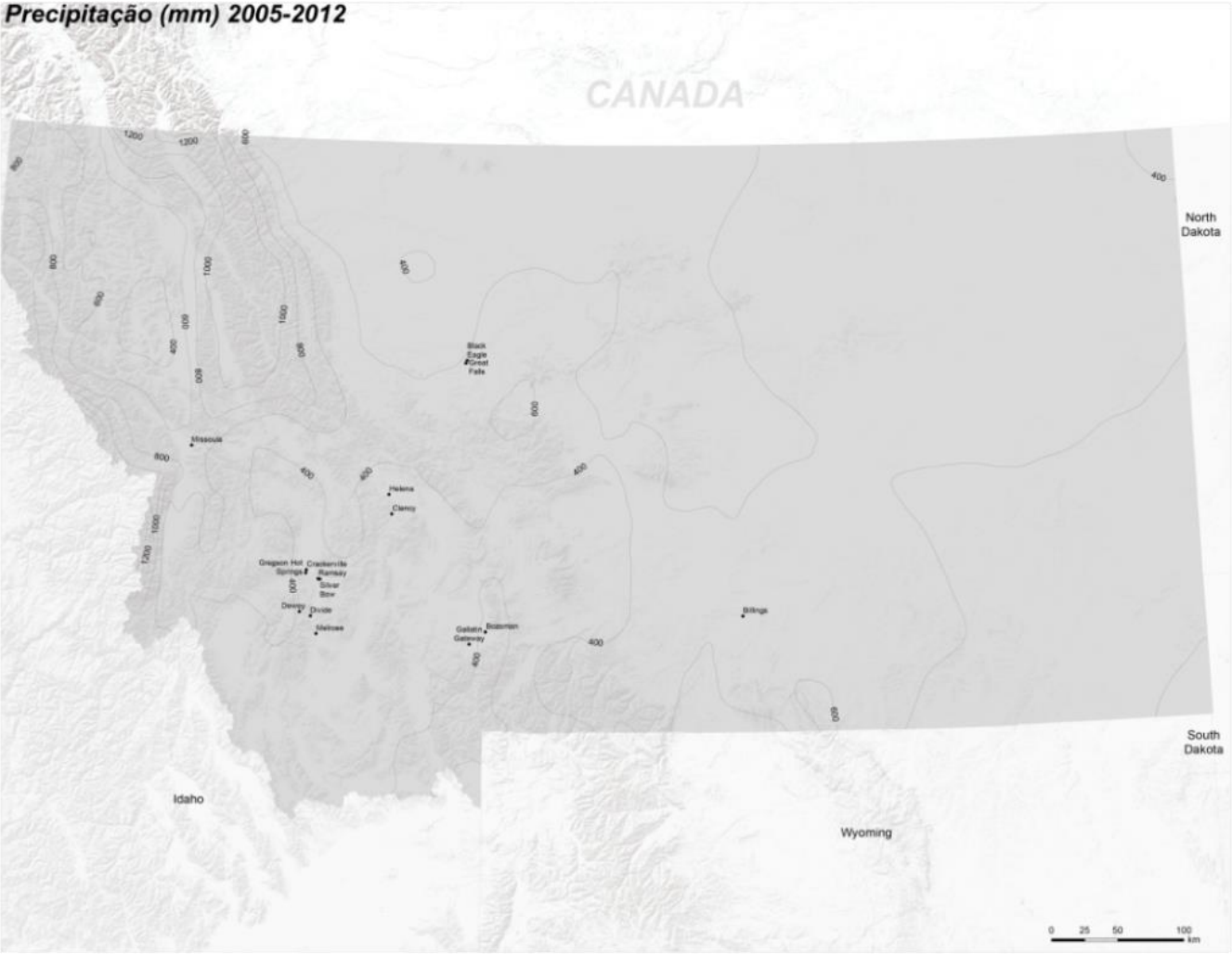
Anexo V. Ambientes Não Foto-realistas



Anexo VI. Ambiente Realistas

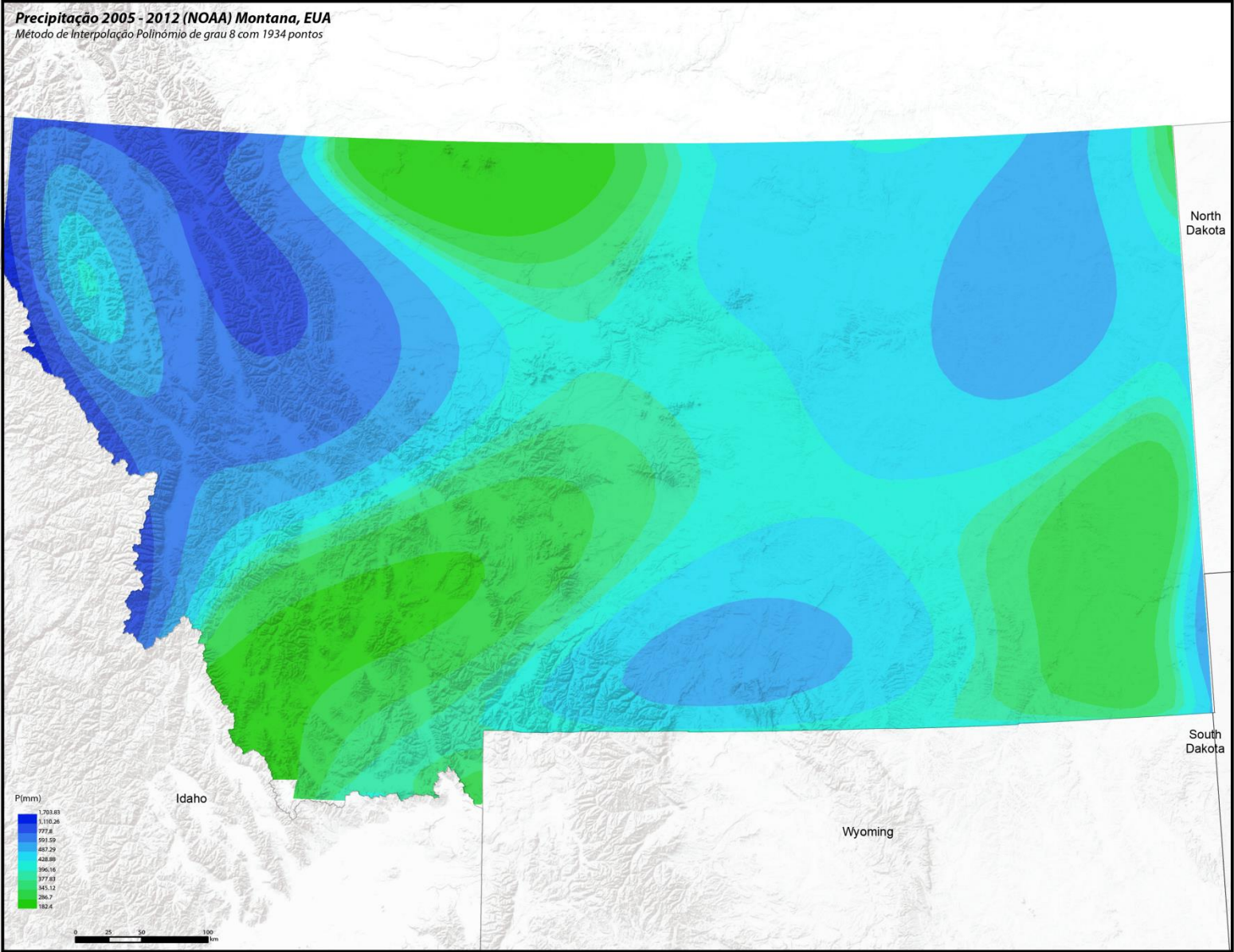


Anexo VII. Isolinhas



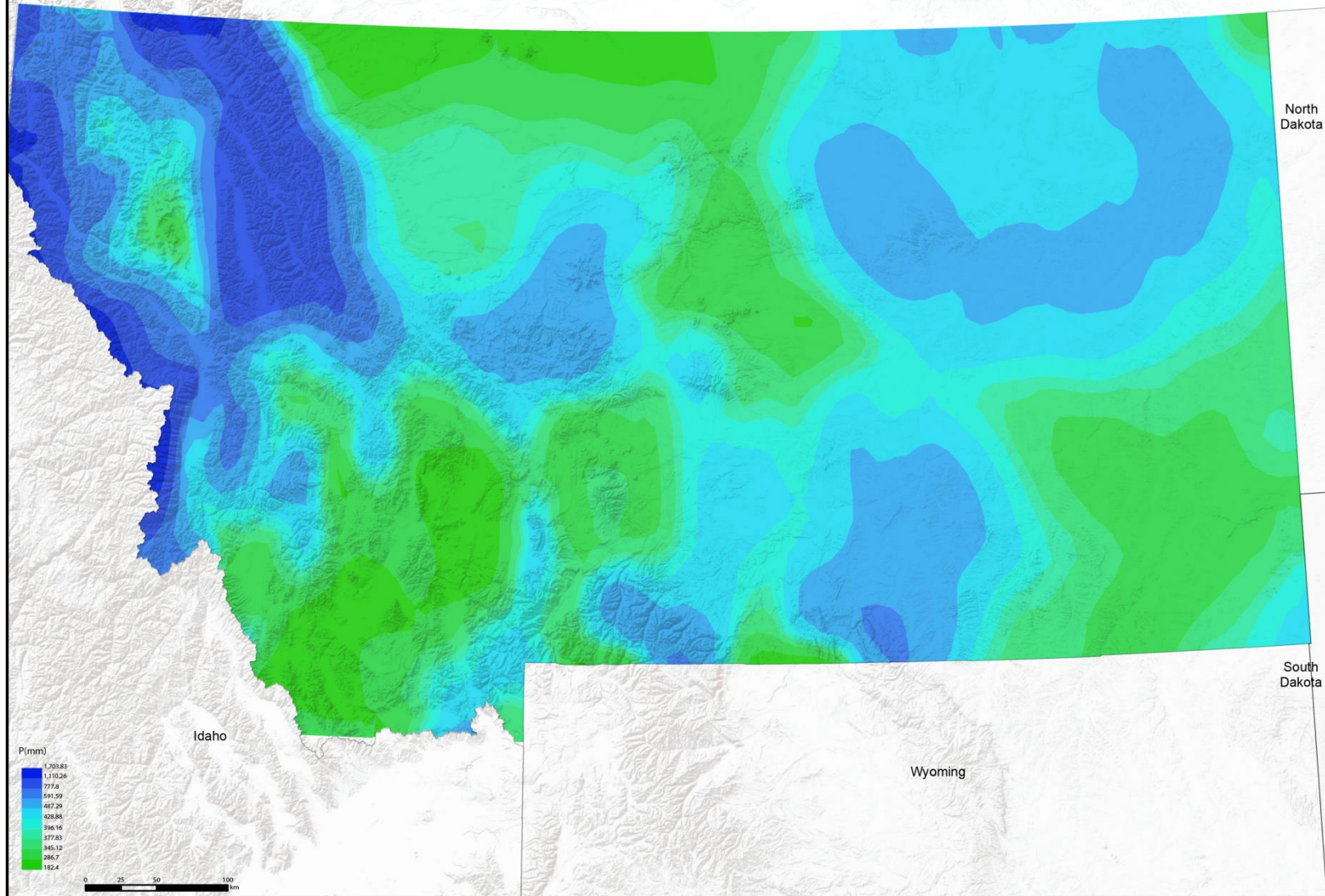
Anexo VIII. Interpolações

Polinômio Local

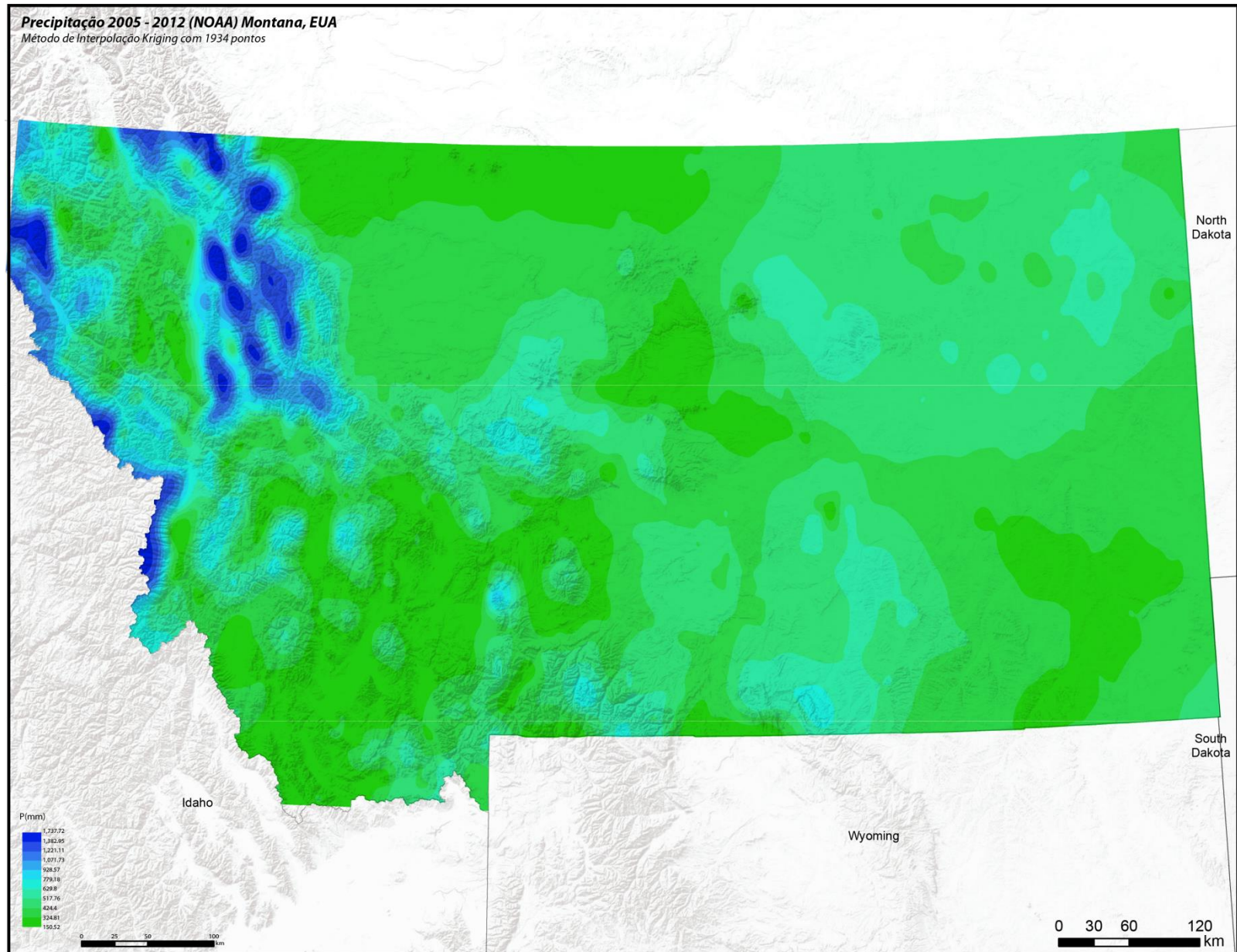


Kernel Suavizado

Precipitação 2005 - 2012 (NOAA) Montana, EUA
Método de Interpolação Kernel com 1934 pontos

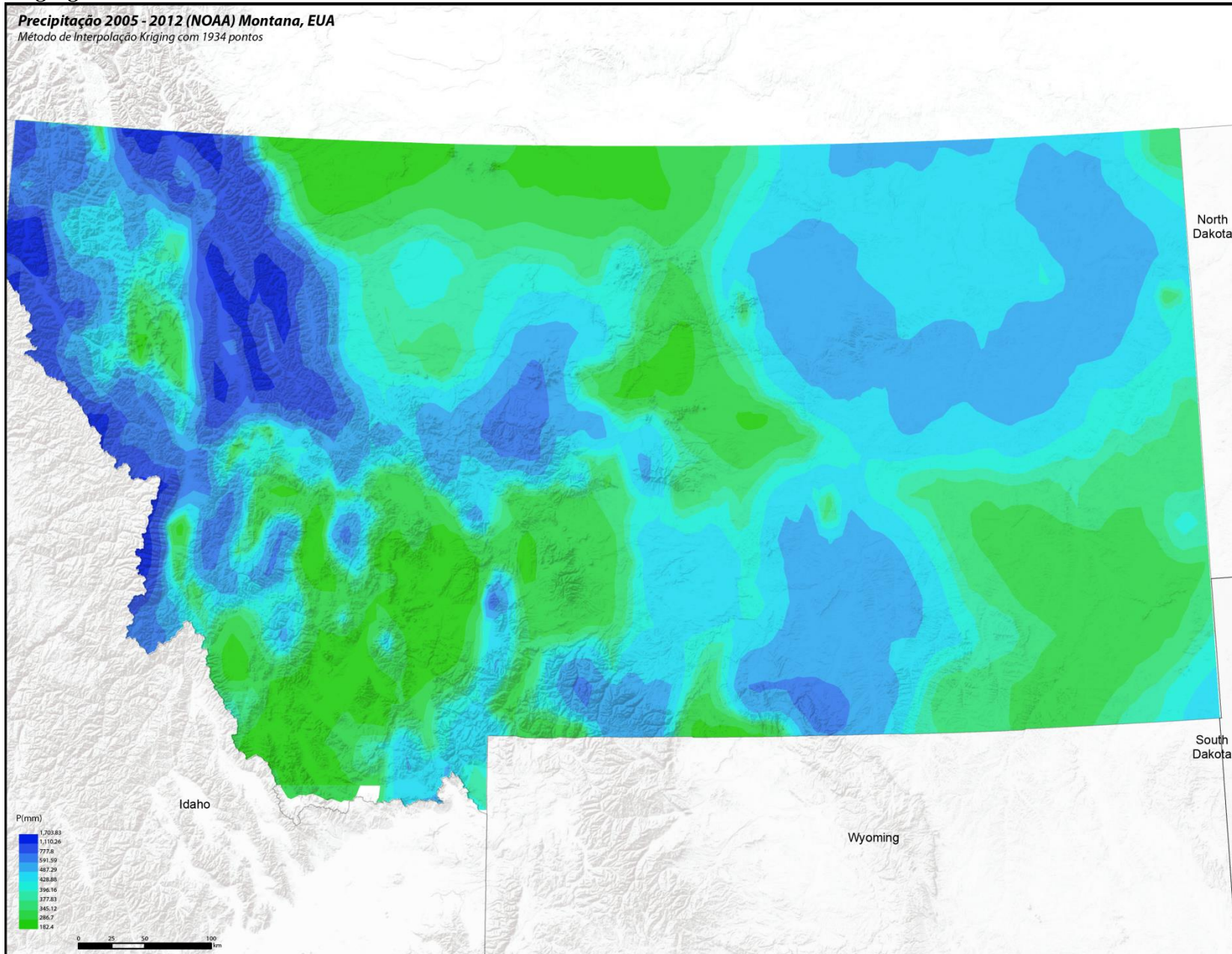


Spline



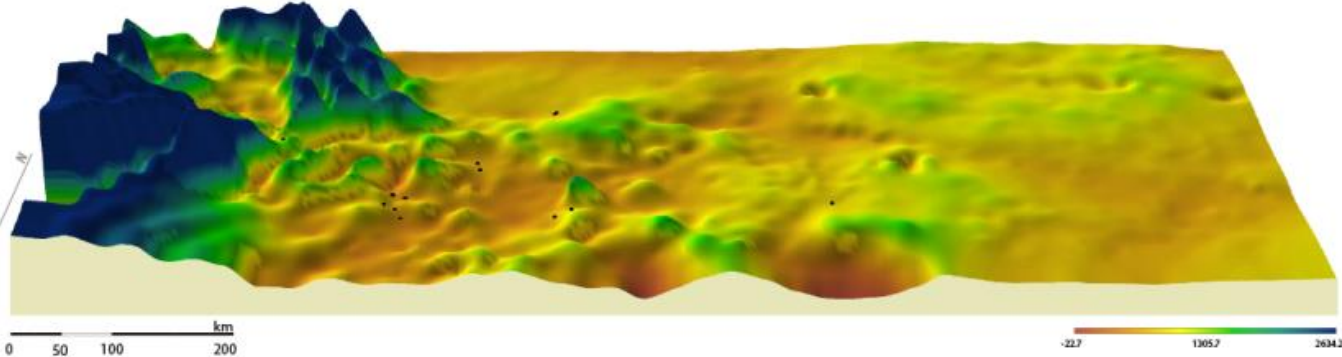
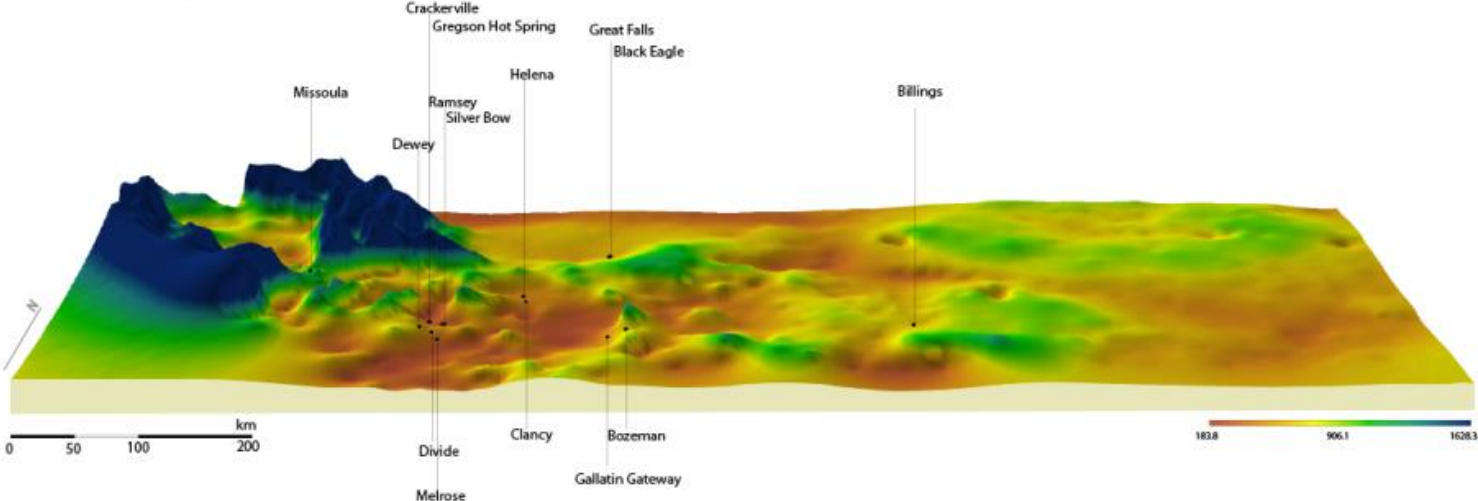
Kriging

Precipitação 2005 - 2012 (NOAA) Montana, EUA
Método de Interpolação Kriging com 1934 pontos



Anexo IX. *Spline e Kriging* Tridim

Kriging



Spline

