

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**PROPOSTA DE UMA REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA
CARTAS GEOTÉCNICAS**

Beatriz Lima de Paula

Orientador: Prof. Dr. Leandro Eugênio da Silva Cerri

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
- Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente,
para a obtenção do Título de Mestre em Geociências.

Rio Claro (SP)
2006

Comissão Examinadora

Leandro Eugenio da Silva Cerri - (Orientador)

Prof. Dr. Oswaldo Augusto Filho

Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Beatriz Lima de Paula

aluna

Rio Claro, 18 de maio de 2006.

Resultado: Aprovada

*“Os Tamanhos variam conforme o grau de envolvimento... Uma pessoa é enorme para você, quando fala do que leu e viveu, quando trata você com carinho e respeito, quando olha nos olhos e sorri destravado”.
É pequena para você quando só pensa em si mesma, quando se comporta de uma maneira pouco gentil, quando fracassa justamente no momento em que teria que demonstrar o que há de mais importante entre duas pessoas: a amizade, o respeito, o carinho, o zelo, e até mesmo o amor...
Uma pessoa é gigante para você quando se interessa pela sua vida, quando busca alternativas para o seu crescimento, quando sonha junto com você. E pequena quando desvia do assunto.
Uma pessoa é grande quando perdoa, quando compreende, quando se coloca no lugar do outro, quando age não de acordo com o que esperam dela, mas de acordo com o que espera de si mesma.
Uma pessoa é pequena quando se deixa reger por comportamentos clichês.
Uma mesma pessoa pode aparentar grandeza ou miudeza dentro de um relacionamento, pode crescer ou decrescer num espaço de poucas semanas.
Uma decepção pode diminuir o tamanho de um amor que parecia ser grande.
Uma ausência pode aumentar o tamanho de um amor que parecia ser ínfimo.
É difícil conviver com esta elasticidade: as pessoas se agigantam e se encolhem aos nossos olhos. Nosso julgamento é feito não através de centímetros e metros, mas de ações e reações, de expectativas e frustrações.
Uma pessoa é única ao estender a mão, e ao recolhê-la inesperadamente, se torna mais uma. O egoísmo unifica os insignificantes. Não é a altura, nem o peso, nem os músculos que tornam uma pessoa grande...
...É a sua Sensibilidade, Sem Tamanho”.*

William Shakespeare

**“Seja excelente para o bem, e inocente para o mal.”
Romanos 16:19**

DEDICATÓRIA

Primeiramente, quero dedicar este trabalho a **Deus**, minha força, meu refúgio, meu abrigo, minha torre forte e meu consolo; por ter me concedido o milagre da vida, e viver a cada dia em sua maravilhosa presença, capacitando-me e ajudando-me sempre a tornar uma pessoa melhor. E permitindo, ainda, concluir mais uma etapa da minha vida, me dando forças para enfrentar as dificuldades e seguir em frente sem medo.

Ao meu pai **Cloraci**, minha mãe **Edileusa** e meus irmãos, **Paulo Henrique** e **João Paulo**, por mostrarem o que é ter vida, e acima de tudo, pelo incentivo constante, compreensão, confiança e segurança de que tudo pode ser feito desde que tenhamos humildade, respeito e amor com o próximo.

Ao **Léo**, mais que um orientador, é um amigo e muitas vezes, pai. Pelas suas “injeções” de ânimo, conselhos e dedicação.

Aos meus amigos presentes, minhas jóias raras, que tive o privilégio de ter desfrutado de momentos preciosos em Rio Claro, assim dedico à **Fran**, amiga presente, presente de Deus, que tenho o privilégio de estar, diariamente, em sua companhia que me faz sentir próxima de mim mesma. Ao **Tiago Coelho**, meu amigo especial, um grande companheiro, uma pessoa incrível e maravilhosa, sempre presente em minha vida, nos momentos de felicidade, e, principalmente nos meus momentos de “recaídas”. Ao **Fábio**, meu irmãozinho e amigo, companheiro, que não só esteve ao meu lado me ajudando com seus conselhos, mas também me ouvindo. Ao **Saulo**, meu amigo, pequeno no tamanho, mas grande de coração. À **Sônia**, minha mãezinha, meu “ouro”, que me faz ver e viver a presença de Deus em minha vida. À **Maitê**, grande companheira, que também tenho momentos agradáveis diariamente. À **Cris**, amiga fiel e verdadeira, me ensinando a acreditar sempre que tudo dará certo. Ao **Charles**, companheiro, um exemplo a ser seguido, que sempre demonstrando sua preocupação, cuidado e respeito. À **Joice**, exemplo de vida, força e coragem de viver. À **Juliana**, amiga dona de uma risada contagiante. Ao **Renato**, um amigo com um grande coração, sempre disposto a ajudar. Ao **João**, parceiro de todas as horas, ensinando para não deixar que nada tire a minha alegria. Ao **Tiago Stabellini**, amigo verdadeiro e fiel, às vezes, incompreendido, mas que tive o privilégio de conhecer o seu coração. Ao **Fernando**, por sua amizade sincera. Ao **Zaine**, amigo e professor, pelo cuidado e carinho. E, ao **Pr. Nilson**, pelos ensinamentos, conselhos, e que permite ser usado para abençoar as pessoas.

Também não poderia deixar de dedicar também aos meus novos amigos que me apoiaram no final dessa caminhada: à **Alessandra**, uma pessoa meiga e contagiante com sua alegria; ao **Robson**, uma pessoa especial que carrega a beleza de toda simplicidade em seu coração; ao **Aguinaldo**, o “pantaneiro” amigo, compreensivo e sincero; e ao **Diego**, uma pessoa que sabe ser sério e engraçado no momento certo.

Aos meus amigos distantes, mas sempre presentes em minha vida. **Lidiane** e família, amiga eterna, minha irmã. **Roberta, Elaine, Edgar e Édrig**, sempre estavam prontos pra dizer “fica firme, tudo vai dar certo”. **Elenice**, eterna professora e amiga. **Walter** e **Beth** pelo incentivo e conselhos profissionais. **Mauro César**, pelo apoio.

E por fim, ao **Zeus**, a minha pérola negra que só me deu alegrias.

A todos vocês, dedico este trabalho com muito carinho!

Beatriz

AGRADECIMENTOS

Agradeço as pessoas que me ajudaram para que este trabalho fosse possível de ser realizado.

Ao Prof. Dr. Leandro Cerri, pela orientação e dedicação.

Ao Prof. Dr. José Eduardo Zaine.

À Máira Rosa, pelo contato com o IPT.

À Maria Cristina Jacinto, geógrafa do IPT.

Ao Oswaldo Augusto Filho, pelo contato com o Departamento de Geotecnia da Escola de engenharia de São Carlos – EESC/Usp.

À prof. Dra. Mônica M. dos S. Decanini do Departamento de Cartografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente.

À Francely Martinelli Fernandes, pela revisão.

Ao Marcos Eduardo Hartwig, pela revisão.

À Daniela Krempi, pela edição de figuras.

Aos meus colegas de trabalho.

E ao Conselho Nacional de Pesquisa – (CNPq), pelo apoio financeiro.

E, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução desta pesquisa.

SUMÁRIO

Índice.....	viii
Índice de Figuras.....	ix
Índices de Tabelas.....	xi
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
1 – Introdução.....	01
2 – Objetivos.....	04
3 – Fundamentação Teórica.....	05
4 – Método e Etapas da Pesquisa.....	57
5 – Resultados Obtidos e Discussão.....	62
6 – Proposta de Projeto Cartográfico para as Cartas Geotécnicas.....	92
7 – Conclusões e Recomendações.....	101
8 – Referências.....	104

ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	04
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	05
3.1 Cartografia.....	05
3.1.1 Mapa, carta e planta.....	07
3.1.2 Cartografia Temática.....	08
3.2 Projeto Cartográfico.....	11
3.2.1 Comunicação Cartográfica.....	15
3.2.1.1 Teoria da Comunicação e Representação Gráfica.....	15
3.2.1.2 Comunicação cartográfica: relação com seus usuários.....	17
3.2.2 Semiologia gráfica e Símbolos Cartográficos.....	22
3.2.3 Fatores envolvidos no projeto de símbolos.....	27
3.2.4 Generalização cartográfica.....	37
3.3 Cartografia Geotécnica.....	42
3.3.1 Tipos de cartas geotécnicas.....	47
3.3.2 Metodologias utilizadas para a elaboração de cartas geotécnicas.....	49
4. MÉTODO E ETAPAS DE PESQUISA.....	57
5. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO.....	62
5.1 Seleção de cartas a serem analisadas.....	64
5.2 Análise de cartas geotécnicas.....	70
5.3 Elaboração do Projeto Cartográfico.....	81
5.3.1 Convenções cartográficas e Simbologias sugeridas pela IAEG.....	83
6. PROPOSTA DE PROJETO CARTOGRÁFICO AS CARTAS GEOTÉCNICAS.....	92
6.1 Variáveis Interdependentes do Projeto Cartográfico.....	96
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	101
8. REFERÊNCIAS.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – As duas grandes categorias da Cartografia	09
Figura 02 – Diagrama de Comunicação.....	15
Figura 03 – Esquema da Representação Monossêmica.....	16
Figura 04 – Processo de Comunicação Cartográfica.....	19
Figura 05 - Descrição gráfica generalizada da comunicação cartográfica temática.....	20
Figura 06 – Variáveis visuais.....	22
Figura 07 – Exemplos de símbolos pictóricos.....	25
Figura 08 – Símbolos geométricos.....	26
Figura 09 – Exemplos de abreviaturas de palavras usadas como símbolos.....	27
Figura 10 – Acuidade visual.....	29
Figura 11 – Representação do valor de contraste.....	30
Figura 12 – Diferença de valor no contraste do brilho.....	31
Figura 13 – Diferença de valor no contraste da cor.....	31
Figura 14 – Percepção de símbolos proporcionais.....	32
Figura 15 – Generalização e Escala.....	38
Figura 16 – Hierarquia de uma rede de drenagem.....	39
Figura 17 – Simplificação de feições.....	40
Figura 18 – Combinação.....	40
Figura 19 – Reclassificação.....	41
Figura 20 – Exagero.....	41
Figura 21 – Deslocamento.....	42
Figura 22 – Etapas da Pesquisa.....	58
Figura 23: Exemplo de representação cartográfica por hachuras elaborada com base na metodologia da EESC, na escala 1:50 000.....	71
Figura 24: Exemplo de representação cartográfica por sistema alfanumérico elaborada com base na metodologia da EESC, na escala 1:100.000.....	72
Figura 25: Exemplo de representação cartográfica pela variável visual de orientação elaborada com base na metodologia do IPT, na escala 1:25.000.....	73

Figura 26: Exemplo de representação cartográfica por sistema alfanumérico elaborada com base na metodologia da EESC, na escala 1:100.000.....	74
Figura 27: Exemplo de representação cartográfica por sistema alfanumérico elaborada com base na metodologia da EESC, na escala 1:100.000.....	75
Figura 28: Exemplo de representação cartográfica por chaves elaboradas com base na metodologia da EESC, na escala 1:100.000.....	76
Figura 29: Exemplo de representação cartográfica por números elaborada com base na metodologia da EESC, na escala 1:100.000.....	77
Figura 30: Exemplo de representação cartográfica pela variável visual de cor elaborada com base na metodologia do IPT, na escala 1:2.000.....	78
Figura 31: Exemplo de representação cartográfica por sistema alfanumérico elaborada com base na metodologia do IPT, na escala 1:2.000.....	79
Figura 32: Exemplo de representação cartográfica por chaves e letras elaborada com base na metodologia da EESC, na escala 1:25.000.....	80
Figura 33: Exemplo de representação cartográfica elaborada com base na metodologia da EESC.....	81
Figura 34: Esquema do projeto cartográfico para as cartas geotécnicas.....	82

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 – Tamanhos mínimos dos símbolos que correspondem à percepção visual.....	29
Tabela 02 – Correspondência da percepção espectral.....	30
Tabela 03 – Conceitos de mapa, planta e carta geotécnicos.....	44
Tabela 04 – Definições de termos empregados em mapeamento geotécnico.....	45
Tabela 05 – Principais objetivos e aplicações das Cartas Geotécnicas.....	47
Tabela 06 – Tipos de cartas geotécnicas e seus conceitos segundo Nakazawa et al (1991) e Prandini et al (1995).....	48
Tabela 07 – Tipos de cartas geotécnicas e seus conceitos segundo Bitar <i>et al</i> , (1992).....	48
Tabela 08 – Correlação entre denominações e tipos de cartas geológico-geotécnica segundo Zaine (2000).....	49
Tabela 09 – Escala em função da finalidade na metodologia francesa.....	50
Tabela 10 – Número mínimo de observações de campo. (ZUQUETTE, 1993).....	53
Tabela 11 – Relação das etapas e seus produtos cartográficos (BITAR, et al. 1995).....	56
Tabela 12 – Seleção das cartas geotécnicas do IPT.....	65
Tabela 13 – Seleção das cartas geotécnicas da EESC.....	66
Tabela 14 – Classificação de escalas para a orientação da cartografia geotécnica segundo a IAEG.....	97
Tabela 15 – Projeto cartográfico para as cartas geotécnicas.....	100

RESUMO

As cartas geotécnicas são ferramentas importantes para os profissionais ligados ao planejamento e gestão do meio físico. Elas mostram como um fenômeno está se comportando espacialmente para que o usuário possa buscar a informação desejada que dá suporte a uma decisão. Muitas cartas elaboradas hoje apresentam algumas incoerências na representação de dados devido a grande quantidade de informações que essas cartas deveriam apresentar. Por isso é importante que essas cartas tenham uma representação do meio físico de forma adequada para que a linguagem cartográfica seja legível aos seus usuários. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi a realização de uma proposta de representação cartográfica para as cartas geotécnicas a partir do estudo de uma análise de representação de duas metodologias de elaboração de cartas geotécnicas mais utilizadas no país: IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) e EESC (Escola de Engenharia de São Carlos - USP).

ABSTRACT

The geotechnical charts are important tools for professionals that deal with planning and management of physical environment. They show how a particular phenomenon behaves spatially so the user can search the information desired that provides him support to take a decision. Actually many charts present some incoherencies on the representation of data due the great amount of information that charts would have to present. Therefore it is important that these charts have a adequate representation of the physical environment in order to have a legible cartographic language for its users. Thus, the aim of this research was the accomplishment of a cartographic representation proposal for geotechnical charts from the study of representation analysis of two distinct geotechnical chart methodologies most used in Brazil: IPT - Sao Paulo Institute of Technological Research and EESC/USP – Sao Carlos Engineering School/Sao Paulo University.

1. INTRODUÇÃO

Os mapas são importantes ferramentas para os profissionais ligados ao planejamento em geral. Mostram como um fenômeno está se comportando espacialmente, para que o usuário possa buscar a informação desejada que dá suporte a uma decisão. Por isso, é fundamental que se tenha uma comunicação eficiente das cartas geotécnicas, principalmente porque elas fornecem informações prévias do meio, subsidiando uma implantação de obras de engenharia ou ações de planejamento do uso e ocupação do solo.

Com o contínuo surgimento de novas tecnologias, a criação de normas e referências para elaboração de mapas e o avanço da própria sociedade, o conceito dos documentos cartográficos mudou, bem como os produtos cartográficos apresentados na atualidade. Os registros do meio físico também mudaram paralelamente aos avanços tecnológicos e da ciência em geral, associando-se à evolução de equipamentos das ciências básicas.

Desde a metade do século XVII até os dias atuais, nota-se uma evolução crescente no processo de mapeamento de componentes do meio físico pelas diversas áreas de conhecimentos, como a Geografia e a Geologia (ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

A partir da década de 1950, a comunidade geotécnica focou os aspectos metodológicos para a realização de trabalhos que visavam à obtenção e o registro de informações geotécnicas. Assim, destacam-se dois pontos de vista a partir da década de 1970. Um voltado para o aproveitamento de dados geotécnicos pré-existentes, em regiões onde havia bons registros dessas informações; outro, à geração de dados geotécnicos em regiões onde não havia informações em número suficiente, nem banco de dados organizados.

Diversas pesquisas com preocupações metodológicas foram desenvolvidas a partir da segunda metade dos anos de 1980. Há documentos considerados mapas ou cartas geotécnicas sem que se tenha levado em conta aspectos necessários para empregar essa denominação, como escala, finalidades e metodologia de elaboração, o que tem gerado erros graves e a elaboração de documentos cartográficos sem relação com o objetivo proposto.

Em 1968, a IAEG (*International Association of Engineering Geology*), propôs a criação da *Engineering Geological Mapping Commission* para desenvolver estudos que permitissem regulamentar a elaboração de mapeamentos geotécnicos e seus produtos, bem como difundir conhecimentos e tendências (IAEG, 1981).

Portanto, o termo mapeamento geotécnico refere-se a um conjunto de ações voltadas à elaboração de mapas e cartas de conteúdo relativo a Geotecnia para fins decorrentes do conhecimento geotécnico. Pode ser entendido como um processo que tem por finalidade básica levantar, caracterizar, classificar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico, representando adequadamente a variabilidade dos mesmos, por meio da comunicação cartográfica.

Para que essa comunicação cartográfica seja adequada, é importante o estudo da percepção visual de seus usuários através das variáveis visuais. A informação que essas cartas transmitem é essencial para que se tenha uma boa leitura e compreensão do meio físico, principalmente para o planejamento urbano e a interação das obras de engenharia.

Considerando esses fatos, nota-se a importância do estudo da representação cartográfica de cartas geotécnicas já existentes, que são ferramentas fundamentais para a implantação de obras de engenharia, com a finalidade de apresentar uma proposta adequada da representação do meio físico e de suas propriedades.

O ramo de aplicação do conhecimento geológico que trata dos métodos de caracterização do meio físico como subsídio a obras de Engenharia é denominado Geologia de Engenharia.

No campo da Geologia de Engenharia, os instrumentos usualmente utilizados para a representação das características do meio físico podem ser genericamente denominados de Cartas Geológico-Geotécnicas, Cartas de Geologia de Engenharia, Cartas Geotécnicas, Mapas Geotécnicos, etc.

Além dos dados geológico-geotécnicos a serem representados de uma forma mais adequada, é importante também que sejam respeitadas as regras e convenções cartográficas.

Destaca-se, também, que a cartografia é uma ciência e arte ao mesmo tempo. Para alguns é entendida como uma técnica que está a serviço de várias ciências. Contudo, não se pode negar que a Cartografia constitui um conjunto de operações que, desde a preocupação fundamental de transformar a superfície curva da Terra sobre uma outra plana, o papel, até a busca da melhor simbologia para representar os mais variados fatos desta mesma superfície, depende de uma sistematização das várias etapas que a constituem, dando-lhe um caráter científico.

Assim, a temática da presente pesquisa é o estudo da representação cartográfica dessas cartas geotécnicas por meio da percepção visual de seus usuários, buscando uma melhor compreensão na leitura das mesmas. Essas variáveis são definidas no projeto cartográfico no qual

se verificam os fatores que influenciam um mapa em particular: conteúdo, nível visual, contraste e balanço. O produto cartográfico final e adequado deve ser gerado por meio de um conjunto de variáveis e fatores: variáveis interdependentes, representação cartográfica e “layout”.

Por isso, o estudo de uma representação cartográfica adequada se torna necessário para que a compreensão das cartas pelos usuários seja clara e objetiva, resultando em um projeto cartográfico voltado à melhor elaboração de novas cartas geotécnicas.

Com este estudo, uma nova proposta de representação é definida, com a apresentação de um projeto cartográfico adequado para os fenômenos que envolvem o meio físico. Para isto, foram analisadas cartas geotécnicas de duas metodologias mais utilizadas atualmente no Brasil: a do IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológicas de São Paulo e da EESC / USP – Escola de Engenharia de São Carlos.

2. OBJETIVOS

No Brasil, dada a ausência de uma diretriz que defina a forma de representação para as cartas geotécnicas, há uma diversidade muito grande de representação dos produtos cartográficos. Tal fato tem causado, em muitos casos, uma grande dificuldade de visualização, de rápida leitura e de fácil interpretação das áreas e/ou situações do meio físico.

Assim, a finalidade da presente pesquisa é a elaboração de um projeto cartográfico dos dados geológico-geotécnicos, através da análise das cartas geotécnicas de duas metodologias mais utilizadas para elaboração dessas cartas: a do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas – e a da EESC/USP – Escola de Engenharia de São Carlos.

Portanto, nesta pesquisa definem-se dois objetivos:

Geral:

- Estudar a forma de representação cartográfica das cartas geotécnicas, contribuindo dessa forma, para o aprimoramento da representação cartográfica dessas cartas.

Específicos:

- Analisar a forma de representação das cartas geotécnicas de duas grandes correntes metodológicas de mapeamento geotécnico: IPT e EESC-USP.

- Apresentar uma proposta de padronização do projeto cartográfico para cartas geotécnicas brasileiras.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O objeto de estudo da presente pesquisa são as cartas geotécnicas. Com isso, nota-se a importância do entendimento de alguns conceitos relacionados à cartografia, nos quais as cartas estão inseridas. Assim, para o desenvolvimento da pesquisa foi necessário organizar a fundamentação teórica em diversos temas associados à engenharia cartográfica e cartografia geotécnica.

3.1 Cartografia

A cartografia é definida pela Associação Cartográfica Internacional (ACI – Internacional Cartography Association) como conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, com vistas à elaboração e preparação de cartas, projetos e outras formas de expressão, assim como a sua utilização (OLIVEIRA, 1983).

Pode-se perceber que nesta definição, tanto ciência, arte e tecnologia fazem parte das atividades que dizem respeito a Cartografia. Ciência porque se constitui num campo de atividades humanas que requer desenvolvimento de conhecimentos específicos, aplicação sistemática de operações de campo e laboratório, planejamento destas operações, metodologia de trabalho, aplicação de técnicas e conhecimentos de outras ciências, tudo com vistas à obtenção de um documento de caráter altamente técnico, o mapa, objetivando representar os aspectos naturais e artificiais da superfície terrestre, de outros astros ou mesmo do céu. Enfim, a organização do espaço, seja ele terrestre ou não, é mostrada por mapas, os quais resultam de uma série de operações que fazem parte de um campo definido da atividade humana: a Cartografia. (DUARTE, 1994).

Em relação à tecnologia, a Cartografia é também uma técnica, porque trata-se de um saber prático baseado no conhecimento científico, isto é, a cartografia se constitui mediante a aplicação dos conhecimentos de vários campos científicos e tecnologias como: Física, Matemática, Geodésia, Sensoriamento Remoto, Fotogrametria, Geografia, Geologia, etc. A cartografia é essencialmente multidisciplinar, na produção de representações gráficas ou digitais precisas, no

sentido de sua correspondência ser a mais perfeita possível com as posições reais, na relação dada pela escala.

No que diz respeito à arte, não se deve esquecer que um mapa deve respeitar determinados aspectos estéticos, pois trata-se de um documento que, quando usado, precisa ser agradável à vista, razão pela qual necessita de uma boa disposição de seus elementos (traços, símbolos, cores, letreiro, margens, legenda, etc). Deve-se salientar que arte não quer dizer complexidade. Obviamente, dependendo de sua finalidade, o mapa poderá ser mais complexo ou não. Entretanto, mesmo quando é grande o número de informações, não se pode esquecer da clareza, da harmonia entre seus componentes e da simplicidade. Tudo isto em conjunto resulta num documento esteticamente agradável.

Toda carta existe para ser lida. Assim o cartógrafo deve saber expressar de modo visualmente adequado, ou seja, esteticamente correto, os aspectos que quer ressaltar na mensagem que a carta transmite. É arte, não porque a Cartografia procure “atingir o ideal artístico da beleza”, mas porque o cartógrafo deve saber trabalhar a capacidade comunicativa da carta em benefício de sua clareza ou legibilidade. Para isso, é decisiva a interveniência de sua “imaginação criadora”, um componente intuitivo. Uma carta pode ser precisa sem ser expressiva e vice-versa. Mas ambas as qualidades são fundamentais para que o produto final do processo de construção cartográfica esteja num padrão aceitável, sendo a carta eficaz para o fim a que se destina (CASTILHO, 2000).

Um mapa é eficaz quando está perfeitamente adaptado ao seu objetivo, dentro dos limites de sua escala e de seu sistema de projeção. Além de exatidão, deve, pois, ser conciso, completo e veraz (JOLY , 2001).

A atividade básica do trabalho cartográfico consiste na substituição do espaço real por um espaço analógico; da realidade para uma abstração.

As representações cartográficas têm uma linguagem própria, que se aproxima da escrita ideográfica e, portanto, sua “leitura” é possível sem o conhecimento de qualquer língua em particular. O caráter universal da linguagem cartográfica é então, ressaltado, porque exige apenas um reconhecimento visual – gráfico ou digital – e não auditivo, unificando a decodificação da mensagem. (CASTILHO, 2000).

3.1.1 Mapa, carta e planta

Essas três denominações geram discussões na hora de nomear os produtos cartográficos. Alguns autores dizem que o termo mapa era usado, antigamente, de modo a designar exclusivamente as representações terrestres, sendo adotado o termo carta para denominar as representações marítimas. Mas Raisz (1969) *apud* Duarte (1994) diz que a história das cartas é tão velha quanto a história dos mapas e descreve as cartas como sendo aquelas formas de representação hidrográficas, bem como as que se prestam à navegação aérea; refere-se aos mapas como sendo um desenho seletivo, convencionado e generalizado de alguma região de uma grande área, comumente da superfície terrestre, como se vista de cima e numa escala muito reduzida.

Castilho (2000), a respeito dos conceitos de *carta* e *mapa* diz:

- a) em princípio, sinonímia quase perfeita – carta é um mapa mais complexo. Mas, “a tradição não permite que se chame mapa o documento ligado à navegação”. E sim, carta náutica, carta aeronáutica (que são mapas especiais).
- b) etimologicamente, carta vem do latim – “*charta*” – folha de papel (*papyrus*); documento. “*Mappa*” também existia em latim com o significado de toalha.
- c) em francês, só existe a palavra “*carte*” (com exceção de “*mappemonde*”), e em alemão “*Karte*”. A discussão de sentidos vem do inglês: *map* (genérico) relaciona-se com a parte descoberta e “*chart*” (map used by sailors) com a porção submersa da Terra.

Oliveira (1983), em seu dicionário cartográfico, refere-se às cartas, mapas e plantas da seguinte maneira:

Carta: “Representação dos aspectos naturais e artificiais da Terra, destinada a fins práticos da atividade humana, permitindo a avaliação precisa de distâncias, direções e a localização geográfica de pontos, áreas e detalhes, representação plana, subdividida em folhas, de forma sistemática, obedecido a um plano nacional ou internacional. Nome tradicionalmente empregado na designação do documento cartográfico de âmbito naval. É empregado no Brasil, também como sinônimo de mapa em muitos casos”.

Mapa: “Representação gráfica, geralmente em uma superfície plana e em determinada escala das características naturais e artificiais terrestres ou subterrâneas, ou ainda, de outro planeta. Os acidentes são representados dentro da mais rigorosa localização possível, relacionados, em geral, a um sistema de referência de coordenadas. Igualmente uma representação gráfica de uma parte ou total de esfera celeste”.

Planta: “Representação cartográfica, geralmente em escala grande, destinada a fornecer informações muito detalhadas, visando, por exemplo, ao cadastro urbano, a certos fins econômico-sociais, militares, etc”.

Oliveira (1988), diz que a origem das palavras carta e mapa é provável que seja de origem cartaginesa, que significava toalha de mesa. “Os navegadores e os negociantes, ao discutir sobre rotas, caminhos, localidades, etc; em locais públicos, rabiscavam diretamente nas toalhas (mappas), surgindo, daí, o documento gráfico tão útil a todos”. Sobre a palavra carta, salienta que deve ser de origem egípcia, significando papel, derivação de papiro.

No Brasil, há uma tendência ao uso de mapa como um termo geral, reservando-se carta e planta para “espécies” de mapas. Parece até ser o termo correto, o que se permite fazer, inclusive, um jogo de palavras: “que toda carta e planta são mapas, mas nem todo mapa é carta ou planta”.

O objetivo desta pesquisa não é detalhar os conceitos relativos a carta e/o mapa para os produtos cartográficos referentes à cartografia geotécnica, nem pretende esgotar o tema. No entanto, sugere-se a definição de carta como sendo uma espécie de mapa que envolve aspectos técnicos resultando, de modo geral, de um plano nacional ou internacional, o qual estabelece normas para a apresentação do documento cartográfico, sendo confeccionada em escalas médias ou grandes, permitindo maior segurança no que diz respeito à precisão de medidas, além de ser também parte de um conjunto de folhas sistematicamente organizadas. Mapa é qualquer representação parcial ou total da superfície de um astro (Terra, Lua, Marte, etc.) ou mesmo do céu, em escala reduzida, mostrando seus componentes através de símbolos e cores, concebidos arbitrariamente ou respeitando o estabelecido em planos técnicos.

3.1.2 Cartografia Temática

Na cartografia há dois ramos que são apoiados em bases científicas independentes, nos quais cada um executa seus próprios produtos cartográficos voltados a usuários específicos. As cartas geotécnicas estão associadas ao ramo da cartografia temática conforme apresenta a Figura 01:

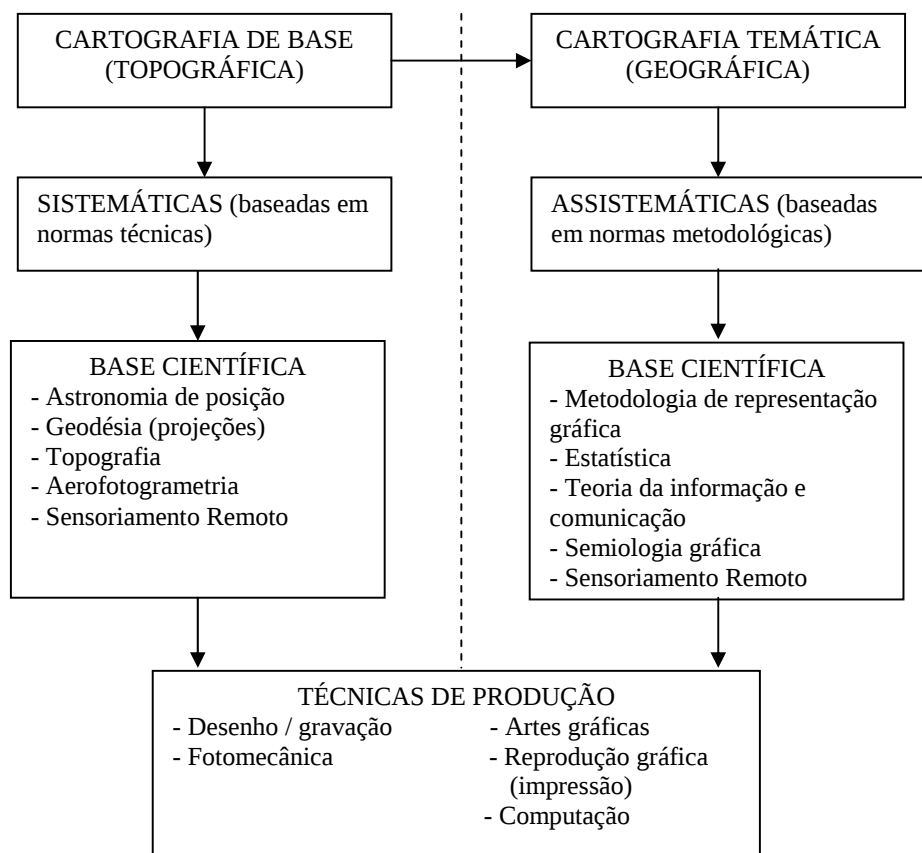


Figura 01 – As duas grandes categorias da Cartografia.

Fonte: BOCHICCHIO, 1995 *apud* DECANINI (2002).

Segundo Oliveira (1988), a base cartográfica é uma carta elaborada mediante um levantamento original, ou compilada de outras cartas topográficas existentes de escala maior, e que inclui os acidentes naturais e os artificiais, permitindo a determinação de altitudes e, ainda, em que os acidentes planimétricos e altimétricos são geometricamente bem representados. A cartografia base é uma representação gráfica da Terra composta de elementos fundamentais mínimos que permitem ao usuário o necessário entendimento desta representação, como: sistema de referência geográfica (meridianos e paralelos), a localização geográfica (latitude, longitude e altitude), o reconhecimento dos elementos espaciais, a definição dimensional da representação por escala de redução e a identificação possível de variáveis temporais através da representação de fenômenos dinâmicos.

A Cartografia Temática é a parte da Cartografia que se ocupa em representar, a partir de bases cartográficas existentes, os fenômenos qualitativos ou quantitativos, concretos ou abstratos,

observados ou medidos em seu espaço geográfico, transformados em grafismos específicos oriundos de metodologia voltada para o tratamento da informação espacial. O produto resultante é a carta temática, que é considerada um veículo de comunicação, pois sua criação e utilização são partes de um único processo, a comunicação da informação cartográfica (DENT,1993).

Um mapa temático é elaborado com a finalidade de informar a ocorrência de uma variável em uma determinada região e revelar sua organização espacial. A cartografia temática pode ser dividida, quanto à complexidade da informação contida no mapeamento, em três classes: inventário, analítica e síntese (MENEZES, 1996b *apud* DECANINI, 2002):

✓ *Inventário*: São os mapas que apresentam a distribuição espacial ou localização de determinada característica da região mapeada. Neste tipo de mapa não se pode determinar quantidades, nem tão pouco ordem hierárquica de classes, já que não existe nenhum valor associado às diferentes categorias.

✓ *Analítica*: São os mapas que apresentam dados quantitativos que representam fenômenos contínuos. Entretanto, possuem em comum a necessidade de promover a implantação de uma graduação, que classifique os dados segundo categorias suficientes à representação do fenômeno e, também, compatíveis com a precisão e a distribuição dos dados submetidos à classificação.

✓ *Síntese*: Os fenômenos, feições, fatos ou acontecimentos interligam-se através da distribuição espacial. Com isso, permite-se o desenvolvimento de estudos conclusivos sobre a integração e interligação das inúmeras variáveis.

O objetivo das cartas temáticas é fornecer, com o auxílio de símbolos qualitativos e/ou quantitativos dispostos sobre uma base de referência, geralmente extraída dos mapas e cartas topográficas, as informações referentes a um determinado tema ou fenômeno que está presente ou age no território mapeado (IBGE, 1999).

Segundo Robinson (1995), todo mapa temático é concebido com dois elementos da realidade: localização e atributos (localização é a posição no espaço bi-dimensional, de tal modo que o espaço é ocupado com coordenadas $[x, y]$). Atributos são qualidades ou magnitudes, tal como idioma ou temperatura.

Nas cartas temáticas, utiliza-se basicamente de signos que se assemelham, graficamente, ao objeto representado, como os pictogramas e os símbolos puramente convencionais. Assim a comunicação se torna possível em razão das convenções cartográficas, em sentido amplo:

projeções, escalas, simbolização, que constituem a chave da leitura da carta. Daí o mapa se transforma em uma representação codificada.

Essa comunicação tem de ser de forma clara e objetiva expressando os interesses de cada usuário, para que possam compreender os fenômenos que estão envolvidos em cada carta. Assim, nota-se a importância de se estudar a comunicação cartográfica que está vinculada ao projeto cartográfico.

3.2 Projeto Cartográfico

O projeto cartográfico é uma parte vital da Cartografia, porque requer uma comunicação efetiva aos vários sinais (representações geométricas, cores, letras, etc.) modulados e representados cuidadosamente (PUGLIESI, 2002). Sendo assim, o estudo sobre comunicação cartográfica, torna-se de grande importância para a elaboração do projeto cartográfico às cartas geotécnicas. O objetivo do projeto cartográfico para as cartas geotécnicas está relacionado com a representação dos diversos elementos cartográficos e geológico-geotécnicos que devem ser mostrados de forma clara e objetiva.

A comunicação é um processo pelo qual se transmitem os significados ou conceitos através de símbolos ou códigos denominados “expressão” ou “veículo dos signos” (BORDENAVE, 1984). De forma geral, informação pode ser entendida como um conjunto de dados munidos de significados e voltados a uma ou mais finalidades específicas.

No processo de comunicação o que se transmite é uma informação. A primeira função do mapa em um senso amplo é a comunicação, no caso a comunicação cartográfica, que é a mensagem transmitida em forma de símbolos a fim de atingir um determinado propósito, bem como responder às necessidades dos usuários pela informação espacial. (BERTIN, 1978).

A percepção, a qual é um fenômeno de informação sobre o meio ambiente, é fundamental no processo de comunicação. Após essa percepção inicia-se o processo de interpretação e a sua resultante é o significado das coisas. Conseqüentemente, um novo processo é desencadeado, o estereótipo, com o qual as pessoas classificam-se as coisas. A troca de mensagem com seus correspondentes processos de percepção, decodificação e interpretação pelo usuário, tem como resultado a formação de novos significados. Quando as propostas de mensagens são aceitas, pode-se considerar que iniciou-se outro processo, a comunicação.

Para Imai (1996), existem diversas propostas, derivadas a partir do diagrama proposto por Kolácny (1969), que seguem uma visão que tem por finalidade estabelecer uma conexão entre a criação do mapa e a sua utilização. O mesmo autor entende que o processo de transmissão de informações cartográficas depende do conhecimento prévio do usuário sobre o universo do mundo real, ou seja, da capacidade de interpretar os dados.

De acordo com Keates (1973), o projeto cartográfico é realizado a partir das seguintes etapas:

- ✓ *Percepção*: estuda a tarefa em geral, para descobrir se todos os fatores possíveis são relevantes para estabelecer onde o problema principal se encontra. Por exemplo, ao estabelecer uma relação apropriada entre o conteúdo, a área geográfica, a escala e o formato.
- ✓ *Preparação*: desenvolve e testa hipóteses, para formular soluções possíveis para as partes do problema completo, e ainda imaginar ou visualizar o produto numa forma especial. Imaginar especificações ou ainda, fazer experiências que traduzam as idéias gerais nos símbolos. Inicialmente, estas idéias podem ser imaginadas separadamente, porém, o projeto deve ser testado através da observação de várias combinações nas quais os símbolos aparecerão, isto é, diante da composição espacial real do conteúdo.
- ✓ *Incubação*: considera diferentes soluções para os problemas encontrados nas técnicas, regras ou leis existentes e ainda deixando fluir sua criatividade e sensibilidade sobre o assunto. Em alguns casos torna-se evidente que uma solução diferente seja necessária.
- ✓ *Iluminação*: súbita realização de uma solução diferente, que pode conduzir a uma nova formulação de todo o projeto, é o que se chama de *Insight*.
- ✓ *Verificação*: estágio do protótipo ou estágio totalmente experimental, quando no mínimo uma seção do mapa é produzida para especificação completa. É a fase de refinamento, porém, este deve ser feito até certo ponto, o desejo de continuar mudando e o aprimoramento pode destruir a harmonia original.

Ainda para Keates (1973), o projeto cartográfico está ligado com a representação gráfica da informação contida no mapa. A função do mapa é comunicar esta informação ao usuário, levando-se em conta todas as condições que afetam o processo como: a necessidade do usuário, as circunstâncias de uso, a complexidade da informação, os custos, etc. Por isso, antes da tomada

de decisões, é necessário verificar os fatores que influenciam um mapa para estabelecer alguns princípios básicos, como:

- ✓ *Conteúdo*: O conteúdo do mapa deve ser examinado cuidadosamente, com aplicações tanto para feições físicas quanto artificiais.
- ✓ *Nível visual*: Em todos os projetos de mapa, o propósito seria ter mais de um nível visual, assim a informação mais importante apareceria como uma imagem em primeiro plano, mais óbvio para o usuário, e as outras informações apareceriam num plano de fundo. Isso seria alcançado pelo controle de ênfase e contraste no projeto dos símbolos.
- ✓ *Contraste e balanço*: A divisão do conteúdo em diferentes níveis depende do contraste. Como um princípio geral, o projeto deve empregar o mínimo grau de contraste necessário para fazer todos os símbolos perceptíveis, e tornar os símbolos dominantes mais perceptíveis.

O projeto cartográfico envolve a definição de um conjunto de variáveis fundamentais para gerar o produto cartográfico final que são as chamadas variáveis interdependentes. Estas variáveis recebem este nome porque estão diretamente ligadas entre si e a decisão sobre uma afeta a outra. Portanto, devem se definidas no início do projeto cartográfico (PUGLIESI, 2002). As cinco variáveis interdependentes são:

- 1) *Propósito*: é a preocupação permanente do cartógrafo e deve ser clara do começo ao fim do processo de projeto de símbolos cartográficos;
- 2) *Área geográfica*: deve ser considerado o tamanho da área a ser representada;
- 3) *Escala*: controlará a quantidade de detalhes que podem ser mostrados (nível de informação);
- 4) *Formato*: definido em função do tamanho necessário do mapa para cobrir a área naquela escala;
- 5) *Projeção*: definir a projeção que mais se adequa à finalidade do projeto.

As variáveis interdependentes podem ser divididas em suas categorias de acordo com a organização da informação a ser representada. Essa organização compreende a definição da

informação primária e secundária, e as características da informação que envolve as propriedades dimensionais de forma: ponto, linha e polígono.

Nesta fase, o nível de percepção visual também deve ser analisado, ou seja, a relação objeto x fundo, na qual as informações mais importantes devem aparecer mais nitidamente que as informações secundárias. Os elementos secundários não devem se destacar sobre elementos principais.

A seguir são apresentadas as duas fases referentes à concepção gráfica do projeto cartográfico (KEATES, 1973):

1) *Representação Cartográfica*: elementos que formam o corpo da representação gráfica do assunto mapeado, sendo eles:

- ✓ *Símbolo*: uma vez definidos os níveis de medida, a propriedade dimensional e o nível de percepção requerido, deve-se escolher a variável visual e a forma dos símbolos.
- ✓ *Tipos ou fontes*: refere-se a toponímia, sendo indispensável e necessária para identificar o objeto a ser mapeado. Exerce forte influência sobre a aparência e legibilidade do mapa.

2) *Layout*: disposição dos elementos gráficos, o que determina a aparência estética, o balanceamento e o bom uso do espaço disponível na folha do mapa. É a relação equilibrada entre os espaços vazios e preenchidos do mapa.

Relacionado a esse assunto, também pode ser explicado, o uso de associações subjetivas que estão relacionadas com algumas reações do usuário a certos símbolos e variáveis visuais. As variáveis descritas por Bertin em 1978 são (MARTINELLI, 1991):

- ✓ *Forma*: no caso de linhas contínuas a impressão causada é de continuidade nas feições, enquanto nas linhas pontilhadas a impressão é de incerteza;
- ✓ *Cor*: caracterizado por ser um elemento muito sensível na subjetividade, podendo causar sensações. A cor vermelha, por exemplo, pode causar impressão de temperaturas altas, de perigo; já o azul pode causar a impressão de frio, de calma; o verde pode causar impressão de desimpedido, sem risco;
- ✓ *Valor*: pelo fato de símbolos mais escuros representarem maior importância, os mesmos são utilizados para destacar a relevância do objeto;
- ✓ *Granulação*: quanto maior a densidade da região representada, maior o interesse;

- ✓ *Tamanho*: os objetos que são maiores provocam a impressão de maior importância, desta maneira o aumento do tamanho relaciona-se a um aumento dos valores absolutos;
- ✓ *Orientação*: a diferença entre determinados tipos de símbolos é determinada pela sua orientação.

3.2.1 Comunicação Cartográfica

3.2.1.1 Teoria da Comunicação e Representação Gráfica

A comunicação é uma das formas pelas quais os homens se relacionam entre si. Segundo Bos (1984), a comunicação é a transmissão de informação, idéias, emoções, habilidade, etc., por meio do uso de símbolos, palavras, imagens, figuras, gráficos, etc. É o ato ou processo de transmissão.

“O Termo comunicação será utilizado num sentido bastante amplo, incluindo todos os processos através dos quais uma mente pode influenciar outra”. É com esta frase que começa o famoso livro de Warren Weaver e Claude E. Shannon: *The mathematical theory of communication*. Nesta obra a primeira figura a ser apresentada é o diagrama da comunicação (A), esse diagrama se tornou clássico e que progressivamente reduziu-se ao essencial (B) (BERTIN, 1978). Atenção especial é dada à fonte de ruído. Isso mostra a obrigação do emissor em preparar uma boa mensagem ao destinatário, de forma que o ruído possa ser tão pequeno que não seja apresentado como problema.

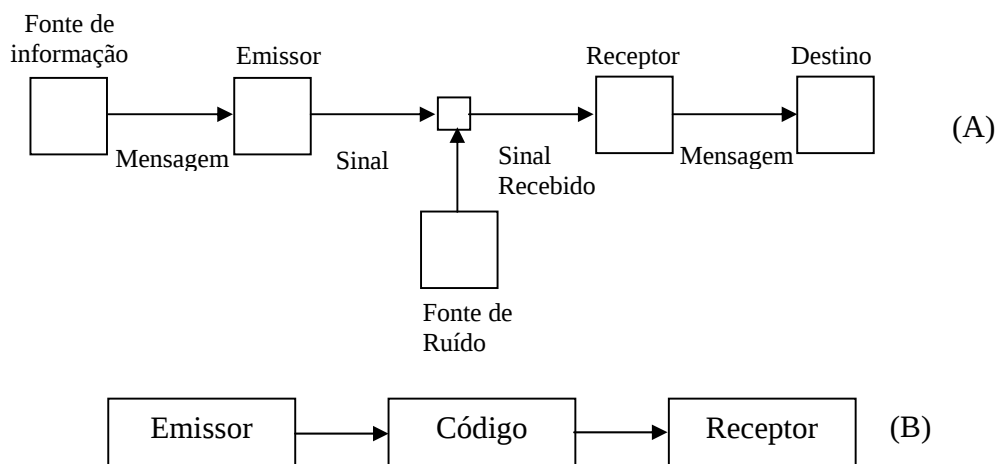


Figura 02: Diagrama de comunicação.

Fonte: Bos (1984)

Na figura 02, a representação gráfica propriamente dita não obedece ao esquema (B), que é um esquema de comunicação polissêmica, mas sim ao esquema (C), que é o esquema da representação monossêmica.

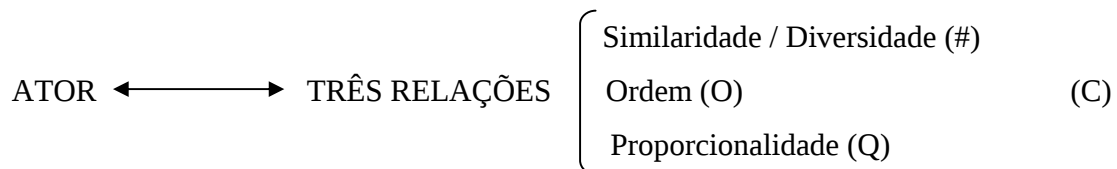


Figura 03: Esquema da representação monossêmica

Fonte: Martinelli (1991)

✓ *Comunicação Polissêmica*

A situação informacional é polissêmica quando o símbolo tem por objetivo definir um conjunto ou conceito diante das infinitas possibilidades, ou seja, existem várias interpretações (vários atributos) para um único símbolo, por isso, é muito importante a presença de uma legenda junto ao mapa.

Entretanto, apesar desta limitação, toda solução é passível de crítica. Mas, em contrapartida, o emissor, no caso o cartógrafo, é livre para escolher os símbolos. Como representar uma indústria num gráfico ou mapa? Existe uma infinidade de “boas” soluções. Encontrar a “melhor” é uma arte, a arte de imaginar os conhecimentos de todo e qualquer usuário, isto é, o universo das associações “significando – significado” onde persiste, em geral, um hábito, do qual ele lançará mão em dada situação. A solução, menos duvidosa é a que estabelece uma convenção.

Assim, a comunicação polissêmica tem por objetivo definir um conceito dentre uma infinidade possível. Ela é, portanto, ambígua.

✓ *A representação monossêmica*

A representação monossêmica é uma representação universal e não exige nenhuma convenção. Esta constatação não se deve surpreender, pois em efeito, pode-se pressentir que a atenção que se dá a um gráfico ou a um mapa não é de mesma natureza daquela dada a um quadro, a um cartaz ou a um sinal de trânsito. A diferença pode se dar da seguinte maneira,

quando ao perceber um sinal de trânsito, por exemplo, demanda apenas um instante de percepção. O objetivo da comunicação é plena quando o receptor identificou o conceito.

Como já citado, no esquema da monossêmia há somente as três relações fundamentais entre conceitos: a diversidade/similaridade, a ordem e a proporção. Este esquema permite definir as questões pertinentes que todo indivíduo deve colocar para compreender um dado conjunto informacional. E ainda, este esquema ressalta que é preciso “tornar-se ator” para tomar conhecimento sobre a informação contida num gráfico ou mapa e não permanecer como receptor passivo, definido pelo esquema polissêmico. Todo indivíduo que consulta um mapa para procurar um endereço, não é um ator motivado que coloca questões de proximidade e de ordem pertinentes? (BERTIN, 1978).

Na comunicação monossêmica, representação gráfica tem por objetivo colocar em evidência as três relações fundamentais entre conceitos previamente definidos. Para tanto, ela transcreve tais relações por relações visuais de mesma natureza. Exclui, portanto, qualquer ambigüidade possível.

3.2.1.2 Comunicação cartográfica: relação com seus usuários

Os produtos cartográficos mais tradicionais como o mapa e carta, continuam atendendo a uma gama diversificada de usuários, desde o cientista até a pessoa mais comum, e para diferentes funções. Assim, esses produtos compreendem uma variedade de temas, formatos, escalas etc, que visam, segundo quem o elaborou, transmitir informações acerca de determinado aspecto geográfico (SANTIL, 2001).

Os mapas empregam um sistema de símbolo, uma linguagem gráfica utilizada para comunicar os fatos, as idéias, os conhecimentos entre as pessoas, cria-se, portanto, um veículo de comunicação – um elo – entre quem comunica e aquele a quem é transmitida a informação através do produto cartográfico.

Segundo Martinelli (1991) o mapa é por excelência um meio de comunicação visual perceptível e nele estão representadas graficamente as feições naturais e artificiais da paisagem, como, também podem ser representadas outras informações, tais como: geopolíticas, sociais, culturais e econômicas, entre outras. Por outro lado, o mapa não se restringe a esses fatos somente e tampouco é simplesmente uma imagem visual ou fotográfica de determinada região,

mas é o meio mais eficaz para registrar, calcular, revelar, analisar e compreender as relações espaciais que existem entre os diferentes fenômenos concretos ou abstratos.

A representação cartográfica deve ser entendida como um trabalho técnico que visa comunicar uma idéia, sem dar margem a interpretações contraditórias, procurando a harmonia dos diversos componentes: símbolos, cores, toponímia; de modo a fornecer informações corretas ao usuário, não somente com a beleza do trabalho, mas também com o nível das informações fornecidas. Por isso, antes de se elaborar qualquer tipo de carta ou mapa é necessário que faça um projeto cartográfico, no qual são definidas as variáveis necessárias para que se tenha uma comunicação cartográfica adequada com o usuário.

A expressão artística é própria também de todo trabalho cartográfico, no instante em que o cartógrafo busca fornecer uma informação de modo mais adequado, através de uma linguagem gráfica, respeitando as regras da semiologia gráfica e sem esquecer da ótica da estética, visando atingir o ideal da “beleza”. Assim sendo, a cartografia pode se constituir em uma técnica do mais alto significado, no momento em que surge um meio de expressão indispensável para fazer aparecer elementos que poderão orientar determinado trabalho em qualquer campo do conhecimento humano (DUARTE, 1994).

A representação de um objeto espacial não determina completamente sua aparência visual, ou seja, a forma segundo a qual o objeto será apresentado aos usuários, na tela de um computador ou em papel. A cada representação correspondem uma ou mais apresentações, alternativas de visualização adequada para comunicar o significado dos dados geográficos de acordo com as necessidades da aplicação.

Dominar o processo de representação da realidade através de mapas há muito tem sido objeto de estudo e pesquisa. A necessidade do homem de compreender o universo que o cerca exige que a cartografia, enquanto arte de conceber, levantar, redigir e divulgar mapas seja cada vez mais eficiente (SANTIL, 2001).

A comunicação é entendida como transferência de conhecimentos e de informação de uma pessoa a outra ou a um grupo. Considerando que o mapa é um veículo de comunicação entre o cartógrafo e o usuário, a Cartografia pode ser inserida no processo de comunicação, mais especialmente, cartográfica (BOS, 1984). A Figura 04 mostra como acontece o processo de comunicação cartográfica, desde a capacidade do homem (cartógrafo) de entender o mundo que o cerca (meio físico) até a informação desejada chegue ao usuário final do mapa.

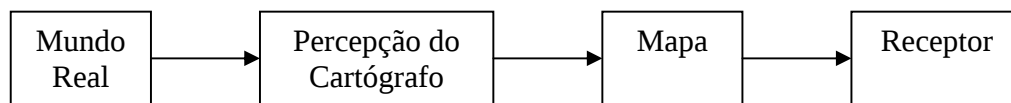


Figura 04: Processo de Comunicação Cartográfica.

À medida que o sistema de comunicação vai sendo entendido por quem executa o mapa, o modelo anteriormente descrito vai sendo substituído. Nota-se que os produtos cartográficos não eram destinados a grupos específicos e tampouco a simbologia era apropriada. Através do trabalho iniciado por Kolacny (1969), procurou-se esclarecer que a criação e a utilização dos mapas são partes de um único processo e quem elabora o mapa deve compreender a duas esferas de interesse, de modo que o aproveitamento das informações contidas nos mapas, por parte dos usuários, seja total. A informação cartográfica constitui um conceito no elo entre a criação e a utilização do mapa.

Simielle (1986) destaca que a informação cartográfica é o elemento-chave no processo, ou seja, o conteúdo intrínseco, significado e sentido da descrição cartográfica da realidade, em oposição ao conteúdo cartográfico, que é a soma dos elementos gráficos, percebida por nossos sentidos.

Apesar da informação cartográfica não ser material, carrega consigo sempre uma quantidade e uma qualidade definida de informações. Por isso cabe ao cartógrafo conhecer esse processo de comunicação da informação cartográfica, para que o seu produto possa ser mais eficiente.

Kolácny (1969) sugere que a confecção e o uso do mapa deveriam ser encarados como um todo, e de que o “cartógrafo” deveria se preocupar com o uso dos mapas tanto quanto com a sua construção, pois ao considerá-los como processos diferentes, o produto cartográfico não atinge o seu efeito máximo. Assim o mesmo autor apresenta sete fatores principais que agem no processo de comunicação da informação cartográfica.

- ✓ Realidade do Cartógrafo,
- ✓ Conteúdo da mente do Cartógrafo,
- ✓ Linguagem cartográfica,
- ✓ Mapa,

- ✓ Conteúdo da mente do usuário,
- ✓ Realidade do usuário,
- ✓ Informação Cartográfica.

Segundo Dent (1993), nesse processo de comunicação, o cartógrafo é aquele que deseja transmitir uma mensagem espacial, mais especificamente deseja passar uma mensagem espacial de fenômenos qualitativos e quantitativos. Uma descrição gráfica generalizada da comunicação cartográfica temática inclui quatro componentes principais: os dados de campo, o autor do mapa, o mapa e o usuário (Figura 05). Esse processo de comunicação envolve duas transformações, a primeira, realizada pelo cartógrafo envolvendo a conversão de dados não mapeados em um conjunto de símbolos colocados sobre o mapa, e a segunda que é realizada pelo usuário, envolvendo o reconhecimento desses símbolos por parte do usuário e a dedução da informação espacial.

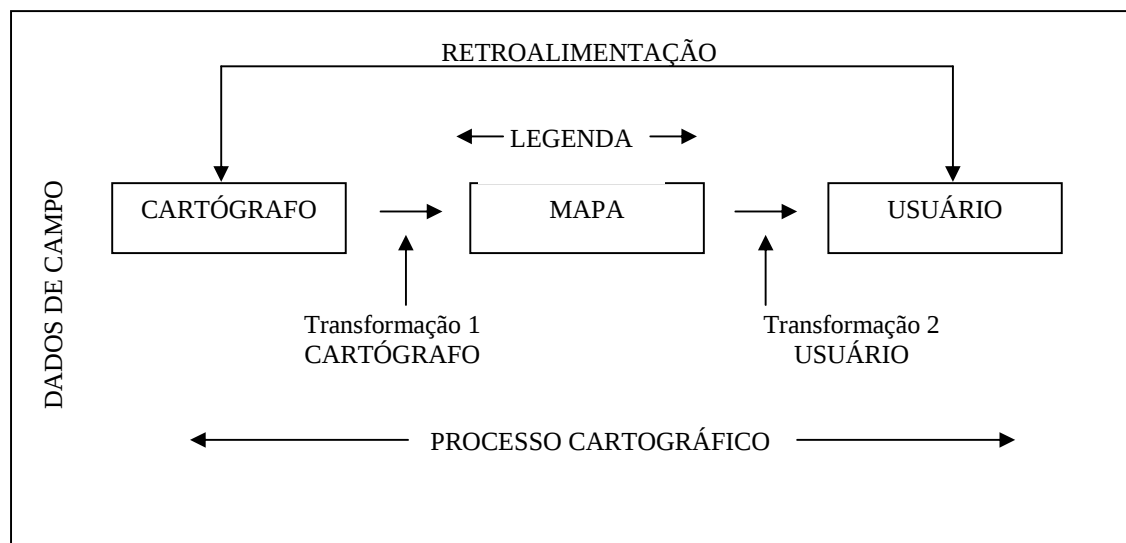


Figura 05 - Descrição gráfica generalizada da comunicação cartográfica temática.

Fonte: DENT, 1993.

O processo de transformação 1 consiste da abstração da realidade feita pelo cartógrafo e, por ser uma abstração requer generalização cartográfica, que envolve seleção, classificação, simplificação e simbolização no momento da transmissão da informação ao usuário através do

mapa. Já o processo de transformação 2 é complexo e envolve o sistema nervoso humano. Este processo consiste da leitura, análise e interpretação da informação realizada pelo usuário.

Segundo Bertin (1978), a Cartografia temática integra a representação gráfica, uma linguagem constituída pelos homens para reter, compreender e comunicar observações indispensáveis à sobrevivência. É uma linguagem bidimensional atemporal e destinada à vista, cujas regras devem ser compreendidas pelos cartógrafos para produzir um mapa eficaz.

Como o veículo de comunicação do cartógrafo são os mapas, precisam de simbologia apropriada para comunicar, pois eles, têm funções específicas para grupos específicos de usuários e, portanto, o cartógrafo terá, além das responsabilidades na apresentação dos fenômenos, que se preocupar com as necessidades dos usuários, para que este retire o máximo de informações dos mapas, possibilitando uma leitura eficiente.

Segundo Keates (1973), o mapa pode ser considerado como uma fonte de informação possível de ser percebida por um usuário. Então, deveria também ser possível analisar a entrada, transmissão e recepção de informação mapeada como sistema.

Bertin (1978) evidencia as três relações que são comuns tanto aos cartógrafos quanto para os usuários: Diversidade (*) / similaridade (#), Ordem (O) e Proporcionalidade (Q).

A representação gráfica tem por objeto colocar em evidência essas três relações entre conceitos previamente definidos. Para tanto, ela transcreve tais relações por relações visuais de mesma natureza. Exclui, portanto, qualquer ambigüidade possível.

Essas relações são significados da representação gráfica, e que são expressas pelas variáveis visuais: tamanho, forma, textura, valor, cor e orientação, que são os significantes.

O Tamanho é a única variável a transcrever a noção de proporcionalidade. O Valor, o Tamanho e a Granulação transcrevem a noção de ordem. A Cor, a Orientação e a Forma transcrevem a noção de Proporcionalidade (MARTINELLI, 1991).

Essas variáveis têm modo de implantação: o pontual, o linear e o zonal. A universalidade das três relações entre objetos e conceitos, cujo conhecimento permite eliminar as ambigüidades, deverá estar presente entre o redator gráfico e o usuário do mapa. Portanto, é uma linguagem universal, não convencional e monossêmica. A Figura 04 mostra o resumo da Teoria desenvolvida por Bertin (1978):

as Variáveis Visuais	Modos Pontual			de Linear			Implantação Zonal		Propriedades Perceptivas			
> da IMAGEM as DUAS DIMENSÕES do PLANO												
TAMANHO												
VALOR									"C"			
> de SEPARAÇÃO GRAFULAÇÃO									"C"			
COR									as transições gráficas que resultam nesta área destroem o significado da Imagem			
ORIENTAÇÃO												
FORMA												
										DISSOCIATIVA ASSOCIATIVA SELETIVA ORDENATIVA QUANTITATIVA		

Figura 06 – Variáveis visuais.

MARTINELLI (1991).

3.2.2 Semiologia gráfica e Símbolos Cartográficos

Joly (2001) considera a semiologia gráfica, aplicada a Cartografia, como uma forma de avaliar as vantagens e os limites das variáveis visuais empregadas na simbologia cartográfica, formulando regras de uma utilização racional da linguagem cartográfica.

Bertin (1978) destaca a representação gráfica como parte da Semiologia (ciência do sistema de signos/sinais/símbolos), propondo o paradigma da Semiologia Gráfica que indica que

a linguagem gráfica é universal necessitando apenas de dois instantes de percepção para que aconteça a comunicação:

1. Que coisas os símbolos significam?
2. Quais são as relações entre as coisas?

O primeiro tempo de percepção utiliza os símbolos, no qual toda a informação útil é percebida. Neste instante ocorre a transcrição da representação polissêmica, pelo fato de identificar o símbolo. No segundo tempo, a percepção não utiliza o símbolo, e sim a relação entre os símbolos. Assim, ocorre a transcrição monossêmica pelo fato de identificar as relações entre os símbolos e, portanto, não apresenta ambigüidade, sem necessitar de convenções.

De acordo com Pugliesi (2002), há necessidade de aprender a perceber os significados da simbologia utilizada, de tal forma que a partir das propriedades da linguagem gráfica se possa obter instantaneamente a informação ali contida. Neste sentido, os mapas, quando representados de forma adequada estarão usando uma representação monossêmica, diferentes das imagens (obras de artes, fotografias), que estabelecem uma representação polissêmica, dando margem a diversas interpretações.

Segundo Martinelli (1991), na representação gráfica, a imagem visual pode ser representada por diversos tipos de variações, chamadas de variáveis visuais: tamanho, valor, granulação, cor, orientação e forma, e complementa o uso de mais duas variáveis, as dimensões do plano (X, Y) que é dado pelo mapa base. A seguir são dados alguns exemplos das relações fundamentais entre objetos:

- ✓ *Similaridade/diversidade*: mapeamento do uso do solo onde é possível se distinguir as categorias existentes tais como: cultura, pastagem, matas, etc.
- ✓ *Ordem*: mapeamento da rede hidrográfica, que é classificada em: rio principal, rio secundário, etc.
- ✓ *Proporção*: a farmácia A emprega o dobro de trabalhadores que a farmácia B.

A simbolização é uma forma de representação do mundo real através dos símbolos. A definição dos símbolos é um processo complexo, o qual envolve o estudo de convenções e padrões que mais se adequam às necessidades do mapa.

No desenvolvimento da linguagem dos símbolos, devem-se considerar três aspectos inter-relacionados dos símbolos cartográficos: a dimensão espacial das feições mapeadas, a escala de medida e as primitivas gráficas e suas variações (variáveis visuais).

Um símbolo único tem um significado específico (símbolo pictórico, podendo ser explicado na legenda do mapa) e uma coleção de símbolos parecidos (localizados no mapa), concordando com a distribuição geográfica e a sua posição planimétrica apresentada, formam um total de informações a serem comunicadas ao usuário do mapa.

De acordo com Keates (1973), os símbolos no mapa consistem de pontos, linhas e polígonos discretos, essas propriedades dimensionais têm que ser bem conhecidas para a elaboração do projeto cartográfico.

✓ *Símbolos de ponto:* Dependem essencialmente da variação no matiz. O elemento dominante é o contraste entre matiz. Um grande empecilho na representação pontual é o tamanho do símbolo. Esses símbolos são usados para indicar a localização e identificação ou outra característica da feição, de pequenas extensões territoriais com relação à escala do mapa. O aspecto da escala é importante. Em uma escala de 1:1.000.000, uma cidade poderia ser indicada por um símbolo de ponto, mas isto poderia não acontecer na escala 1:1.000;

✓ *Símbolo de linha:* também são extremamente dependentes da variação no matiz. Assim, o matiz a ser escolhido deve ter contraste suficiente com o outro matiz a ser representado. Estes símbolos são usados toda vez que a feição a ser apresentada tem uma característica linear tais como ruas, estradas de ferro e rios, outros casos são as linhas limite, que podem ser consideradas como parte de uma área e incluem, por exemplo, limites de florestas, linhas costeiras de lagos; etc.

✓ *Símbolo de área:* as variações da superfície (temas variados), podem ser descritas como diferenças nas cores. Elas se compõem de dois grupos: aquele que as características da superfície são derivadas de matiz, brilho e saturação, e outro com características derivadas de uma série de repetições de símbolos de pontos e linhas. Estes símbolos são utilizados para representar feições de áreas consideravelmente extensas, novamente, em relação à escala do mapa. A forma e superfície do símbolo de área são determinadas pelas características da feição no terreno e pela escala do mapa.

A classificação dos símbolos apresentada é puramente baseada na extensão geográfica da feição considerada. Deve-se manter na mente a função da escala do mapeamento. É a informação geográfica que se apresenta como ponto, linha e área.

Segundo Decanini (2002), de acordo com a forma, os símbolos cartográficos são comumente agrupados em três categorias principais:

1) *Símbolos Pictóricos*

Símbolos pictóricos ou descritivos são os símbolos que mostram a informação de um modo realista ou simplificado. Alguns dos símbolos estão muito próximos da realidade, outros passam por uma extrema simplificação. Estes tipos de símbolos são todos auto-explicativos, não havendo necessidade de legendas, eles são desenhados de tal forma que se pareçam o máximo possível com o elemento que estão representando (função principal dos símbolos pictóricos quando aplicados no mapa).

Comparados com símbolos de simples forma circular ou quadrada, símbolos pictóricos são antes espaciais, isto é, eles ocupam usualmente um espaço grande no mapa. Em geral, pode-se dizer que quanto menos os símbolos pictóricos são generalizados, maior espaço eles ocupam. Em um mapa de escala 1:100.000, um símbolo de 5 x 5mm ocupa na realidade uma área de 500 x 500 m, que é provavelmente maior que a dimensão da feição real. Conseqüentemente, outros detalhes não podem ser mostrados no lugar, pois podem ser cobertos pelo símbolo pictorial e isso não necessariamente deve ser qualificado como uma desvantagem do símbolo pictorial, mas pelo menos o cartógrafo tem que ter consciência dessa desvantagem, pois, ela passa a limitar a aplicação destes símbolos. A localização dos símbolos de qualquer maneira tem uma pequena exatidão posicional. Na Figura 07 são apresentados alguns exemplos de símbolos pictóricos:



Figura 07 – Exemplos de símbolos pictóricos.

Fonte: DECANINI (2002).

2) *Símbolos geométricos*

Símbolos geométricos são símbolos com uma forma regular tal como um círculo, um quadrado, um triângulo, etc. Quando olhamos esses símbolos fica claro imediatamente que nenhum sentido claro pode estar ligado a eles. Ao contrário dos símbolos pictóricos, não há semelhança com a feição a ser representada, um círculo pode representar uma cidade no mapa, em outros pode representar uma torre, uma parada, um buraco, o lugar de uma indústria, etc. Conseqüentemente, símbolos geométricos, geralmente, devem ser explicados na legenda do mapa. Muitas vezes, os símbolos geométricos representam elementos abstratos, ou que não estão materializados na realidade (limites de fronteiras, paralelos e meridianos, pontos de origem e destino de rotas, etc).

Com respeito à localização desses símbolos no mapa, pode ser dito que símbolos geométricos têm exatidão relativamente boa, até o ponto em que o centro dos símbolos coincide com a localização exata. Por causa da sua forma geométrica, é fácil para o usuário imaginar o ponto central e deste modo a sua localização.

Ao contrário dos símbolos pictóricos, os símbolos geométricos (Figura 06), devido sua forma regular e simples, não ocupam grande espaço no mapa e, portanto, não cobrem outros detalhes (depende da escala do mapa).

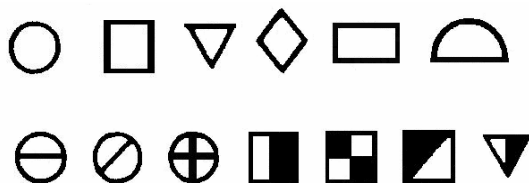


Figura 08 – Símbolos geométricos.

Fonte: DECANINI (2002).

3) *Símbolos letras*

O terceiro grupo de símbolos é aquele composto de letras e números, sendo que, abreviaturas são usadas para dar a identificação das feições específicas. Alguns deles podem ser encontrados em mapas topográficos e em plantas de cidades. Códigos de letras e números são freqüentemente usados nos mapas de recursos naturais.

Letras são amplamente aplicadas na maioria dos mapas geográficos como nome de países, cidades, montanhas, rios, acidentes geográficos, etc, como mostrada na Figura 07. A legibilidade dos símbolos, letras e números usados, pode ser facilmente influenciada negativamente por outro texto no mapa. O cartógrafo deve considerar este ponto, e, se necessário, medidas devem ser tomadas para reduzir este efeito negativo, por exemplo, tentar criar níveis visuais diferentes entre o texto ordinário e os símbolos (letras e números).

B – BASALTO **E** – EROSÃO **G** – GRANITO

Figura 09 – Exemplos de abreviaturas de palavras usadas como símbolos.

3.2.3 Fatores envolvidos no projeto de símbolos

Em termos de comunicação cartográfica, os símbolos podem ser considerados equivalentes às palavras em uma sentença, e a ordem de sua colocação desses símbolos forma o parágrafo. As palavras possuem um significado próprio decorrente de sua posição na frase, e o conjunto dessas palavras caracteriza uma informação. O significado da mensagem cartográfica não está restrito aos símbolos, mas ao modo como eles estão distribuídos espacialmente.

Assim, visando a definição de um conjunto de variáveis para gerar um produto cartográfico que respeite o nível de conhecimento do usuário, deve-se definir as condições ideais de comunicação da informação, suas necessidades e as condições de uso.

O projeto de símbolos cartográficos é uma das etapas mais importantes no processo de comunicação cartográfica. A realização do projeto de símbolos depende muito dos aspectos envolvidos na leitura e compreensão do mapa. Segundo Bos (1984), esses aspectos estão relacionados com as leis de percepção, visibilidade e legibilidade; associações convencionais e subjetivas.

Leis da percepção

As leis da percepção estão relacionadas com o conhecimento do assunto a ser mapeado e com as ferramentas gráficas disponíveis para a criação dos símbolos (variáveis visuais). É necessário conhecer os aspectos relacionados com a leitura e a compreensão do mapa, que estão

ligados com a percepção visual, que é a detecção de um objeto no campo visual e a habilidade de compreender seu significado.

De acordo com Pugliesi (2002) o processo de percepção visual está dividido em três estágios:

- *físico*: quantidade de luz, refletida pelo objeto e que alcança os olhos, que é registrada inicialmente na retina.

- *fisiológico*: reação dos olhos à radiação incidente, ativando o sistema de lentes e causando a abertura da pupila e a emissão de sinais elétricos ao cérebro.

- *psicológico*: a resposta e a habilidade do cérebro em receber sinais dos olhos e interpretar sua mensagem.

Contudo, os olhos não são um aparelho óptico tão perfeito, pois tem uma limitada habilidade para trabalhar com baixas e altas frequências (detecta somente uma faixa estreita da energia eletromagnética). Os humanos possuem sensibilidade de contraste limitada, que deve ser conhecida pelo cartógrafo no processo do projeto de símbolos.

Como destacam Bos (1984) e Keates (1989), alguns conceitos relacionados à percepção visual são relevantes para a elaboração de um projeto de símbolos:

Acuidade Visual (Visibilidade): é definida como a habilidade dos olhos para detectar pequenos objetos ou detalhes espaciais, e para discriminar entre objetos adjacentes, colocando próximos ou distantes dos olhos. É expressa como o tamanho mínimo de um objeto que pode ser detectado em uma certa distância de leitura sob certas condições de contraste. Essa habilidade é influenciada pelos seguintes fatores:

- ✓ *Espacial*: expressa a relação entre o tamanho do objeto, distância do objeto e ângulo visual. Uma pessoa, com visão normal, é capaz de enxergar objetos com um ângulo mínimo de um minuto de arco, a uma distância de trinta centímetros, correspondendo a um objeto de tamanho de nove centésimos de milímetros (0,09 mm). Mas, na prática é melhor usar um valor maior, pois os anteriores são válidos para uma condição ideal de um

detalhe preto num fundo branco. A Figura 08 a seguir mostra como acontece o processo da acuidade visual:

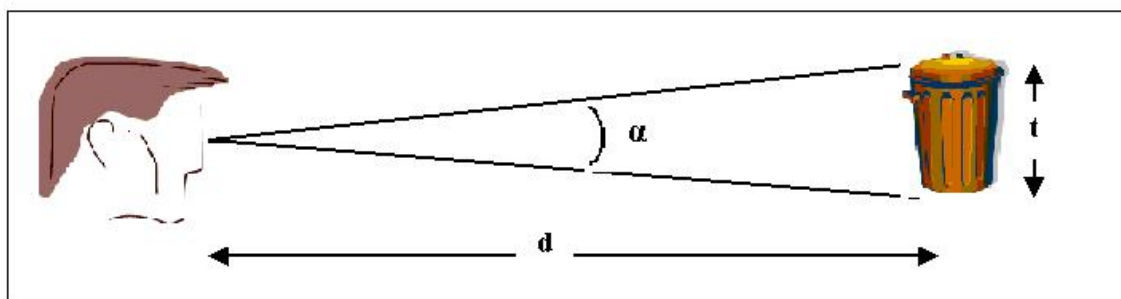


Figura 10 – Acuidade visual.

Na Tabela 01 a seguir estão apresentadas as dimensões mínimas necessárias para que uma pessoa consiga enxergar com clareza um determinado símbolo. Essas dimensões correspondem a percepção visual.

Tabela 01 – Tamanhos mínimos dos símbolos que correspondem à percepção visual.

Símbolo	Dimensão mínima (mm)	Descrição
Ponto	0.2	Diâmetro para símbolos pontuais.
Linha simples	0.1	Espessura para símbolos
Linha dupla	0.25	Distância entre duas linhas paralelas

- ✓ *Spectral*: é o fator que expressa a intensidade de luz refletida, cor e contraste. Não é só o fator espacial que afeta a acuidade visual, mas também o grau de contraste entre os símbolos e o fundo, assim como o comprimento de onda ou cor adotada. Como exemplo, a representação da cor preta sobre um fundo branco, é mais fácil de perceber, mas uma linha de mesma espessura na cor amarela, sobre um fundo branco, é mais difícil de perceber, pois a cor amarela tem alto valor de brilho, como o branco, resultando em baixo contraste, (Figura 11).



Figura 11 – Representação do valor de contraste.

Fonte PUGLIESI (2002).

A percepção de linha preta, azul e marrom de *mesma* espessura não é a *mesma*, ou seja, a percepção da linha preta será melhor. Para manter a percepção de constância na largura deve-se fazer a correspondência, de acordo com a Tabela 02:

Tabela 02 – Correspondência da percepção espectral.

Cor da linha	Espessura
Preto	0.08 mm
Azul	0.10 mm
Marrom	0.12 mm

Fonte: BOS (1984)

- ✓ *Dinâmico*: este fator está relacionado com o movimento dos objetos, ou seja, animação.
- ✓ *Temporal*: mostra o tempo no qual o objeto fica no campo de visão.

Fatores psicofísicos

A psicofísica é a relação entre estímulo e a resposta resultante desse estímulo, ou seja, a relação entre o que há e o que percebemos. Bos (1984) verifica que as constâncias e contrastes perceptivos e a percepção são fatores que devem ser considerados na elaboração do projeto cartográfico. Esses fatores são aplicados às variáveis visuais: forma, tamanho, valor e cor. Quando a visão de um objeto permanece constante independente da mudança de estímulo, como exemplo, sua cor não altera quando vista durante o dia ou à noite, é denominada a constância perceptiva. Entretanto, quando uma cor parece mais clara ou escura em relação ao fundo, temos o contraste perceptivo.

- ✓ *Contraste e Constância no valor (brilho)*: entende-se brilho como a quantidade de luz refletida por um objeto. O brilho de um objeto é constante, sejam quais forem as

condições de iluminação, embora o julgamento dos olhos seja relativo. O resultado final do brilho é dependente da sua vizinhança. Na Figura 12 percebe-se que a cor preta sobre o fundo branco se destaca melhor que a mesma sobre fundo cinza.

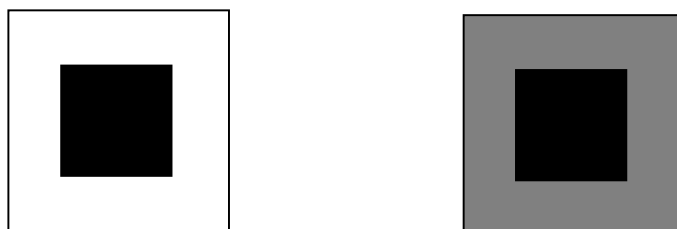


Figura 12 – Diferença de valor no contraste do brilho.

Fonte PUGLIESI (2002).

- ✓ *Contraste e Constância da Cor:* a constância da cor também se altera em certas condições de iluminação. No entanto, o julgamento da cor não é absoluto, pelo fato de ser influenciado pela que está no fundo. Como exemplo, na Figura 13, a cor vermelha colocada sobre um fundo verde parece mais escura que quando colocada sobre um fundo de cor laranja.



Figura 13 – Diferença de valor no contraste da cor.

Fonte PUGLIESI (2002)

- ✓ *Percepção de símbolos proporcionais:* A variação de tamanho de círculos, quadrados ou triângulos é muito utilizada em mapeamentos temáticos para expressar a variação em quantidade. A superfície dos símbolos é proporcional a quantidade que representa como representado na Figura 14.

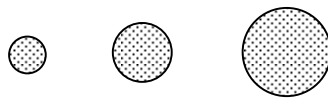


Figura 14 – Percepção de símbolos proporcionais

Fonte PUGLIESI (2002)

- ✓ *Percepção de valor:* o intervalo visual é diferente do intervalo físico. Portanto, não é possível sequer perceber intervalos de 10% em uma escala de 0 a 100%.

Legibilidade:

É a facilidade com que um mapa pode ser lido, ou o seu conteúdo compreendido, isto é, a habilidade de detectar diferenças ou a facilidade com que alguém é capaz de discriminar entre dois ou mais símbolos. A Legibilidade é muito mais do que detectar um elemento no mapa, embora seja a condição prévia para ser legível. As condições mínimas para detecção dos símbolos se aplicam a algumas variáveis visuais (BOS, 1984):

- ✓ *Forma:* Quando a forma é reduzida em tamanho, a diferenciação pode ser difícil, ainda que possam ser detectadas. Dois elementos com formas distintas devem ter um tamanho suficientemente grande para que possam ser discriminados entre si. Quando se tratar de símbolos pictóricos, deve-se tomar mais cuidado; simplificam-se os símbolos dessa natureza para se tornarem mais legíveis e melhorar o resultado. Para dois símbolos geométricos de mesma natureza, por exemplo dois tipos de triângulos, a diferenciação na forma não é muito significativa.
- ✓ *Orientação:* quando as diferenças entre determinados tipos de símbolos forem pequenas, maior é a dificuldade de perceber a diferença entre eles.
- ✓ *Valor:* O número de classes em uma escala de valor graduada (escala de cinza) não deve ultrapassar o limite de 7 a 8. Os olhos não podem discriminar adequadamente mais do que isso, pois as diferenças no intervalo perceptivo se tornam muito pequenas. Na legenda podem ser diferenciadas porque estão muito próximas, mas quando aplicadas no mapa fica difícil notar a diferença, devido à distância e tamanho do ponto ou área.
- ✓ *Tamanho:* A discriminação entre símbolos baseada nessa variável visual é a habilidade de julgar os tamanhos relativos desses símbolos entre si.

É importante que os símbolos, no mapa, sejam mais que detectados, sejam legíveis para que possam ser lidos e bem entendidos. A tarefa do cartógrafo é projetar produtos visíveis e

legíveis. Pode-se querer ampliar o tamanho dos símbolos para melhorar a legibilidade do mapa, mas isso depende da densidade de informação no mapa, pois símbolos grandes podem ocultar outros detalhes relevantes.

Associações subjetivas: São reações espontâneas do usuário a certos símbolos e variáveis visuais (BOS, 1984):

- ✓ *Forma*: no caso de linhas contínuas a impressão causada é de continuidade nas feições, enquanto nas linhas pontilhada a impressão é de incerteza.
- ✓ *Cor*: a cor é um elemento muito sensível na subjetividade, podendo causar várias sensações: a cor vermelha pode causar impressão de temperatura alta, de perigo, ou ainda de paixão; já a cor azul pode causar a impressão de frio, de calma; a verde pode causar a impressão de desimpedido, sem risco.
- ✓ *Valor*: pelo fato de símbolos mais escuros representarem maior importância, utilizam-se símbolos mais escuros para destacar a relevância do objeto.
- ✓ *Granulação*: quanto maior a densidade da região representada, maior o interesse.
- ✓ *Tamanho*: os objetos que são maiores provocam a impressão de maior importância. Assim, o aumento do tamanho relaciona-se a um aumento dos valores absolutos.

Associações convencionais

Já as associações convencionais, são baseadas na experiência e em geral são padronizadas. Os símbolos em cartas topográficas são padronizados nacionalmente, sendo que alguns símbolos são padronizados pela DSG (Divisão do Serviço Geográfico do Exército), pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), etc. A variável visual, geralmente padronizada é a cor:

- ✓ *Água*: representada na cor ciano (hidrografia);
- ✓ *Vegetação*: tons de verde;
- ✓ *Curva de nível*: cor sépia;
- ✓ *Rodovias principais*: com linha dupla, em magenta e linha em preto;
- ✓ *Temperatura alta*: vermelho, laranja e amarelo;
- ✓ *Temperatura baixa*: violeta, azul e ciano.

Depois dos fatores relacionados com a percepção visual do usuário, o projeto de símbolos apresenta algumas fases de execução para sua concretização seguindo uma ordem que envolve alguns fatores importantes para sua compreensão.

Assim, para a elaboração do projeto de símbolos são considerados alguns fatores envolvidos. Para cada fator o propósito do mapa tem que ser uma preocupação permanente a ser considerado pelo cartógrafo. Deve estar claro do começo ao fim do processo do projeto de símbolos cartográfico. Esses fatores não só se relacionam diretamente com o projeto de símbolos, mas podem influenciar-se. As demanda do usuário determina o conteúdo e escala do mapa.

Os fatores envolvidos são:

- ✓ Conteúdo do mapa;
- ✓ Aspecto de produção e custo;
- ✓ Necessidade do usuário;
- ✓ Associações convencionais e padronizações;
- ✓ Leis da percepção psico-física;
- ✓ Variáveis visuais;
- ✓ Níveis de percepção visual requeridos;
- ✓ Características dos dados geográficos.

O projeto de símbolos cartográficos é um processo que segue uma ordem, de uma certa forma lógica. A seguir estão as fases do projeto:

- ✓ **Fase 1** – *Determinação ou familiarização com o conteúdo do mapa.*

Esta fase está estreitamente relacionada ao propósito. Deve-se levar em conta as variáveis interdependentes citadas por Keates (1989): área geográfica, propósito do mapa, escala, forma ou formato do mapa, nível de informação, projeção e custos. (BOS,1984).

- ✓ **Fase 2** – *Análise da necessidade quanto aos símbolos convencionais e padronizados.*

Se o mapa pode usar símbolos padronizados ou convencionais, não há necessidade de se criar novos símbolos, parando o processo nesse estágio. Contudo, nos casos da cartografia temática, em que não se utiliza, ou só parcialmente, os símbolos padronizados, deve-se seguir as próximas etapas (BOS,1984).

✓ **Fase 3 – 3a: Análise dos dados geográficos.**

3b: Análise dos elementos da base cartográfica.

O cartógrafo tem que entender as características da informação geográfica que irá representar no mapa (BOS,1984).

1. Propriedade dimensional ou dimensão espacial (geometria):

- *Ponto*: utilizado para indicar a posição e a identidade, ou outra característica da feição, de uma pequena extensão territorial em relação à escala do mapa.
- *Linha*: utilizada para representar feições com características lineares, como rios e estradas.
- *Área*: utilizada para representar feições de áreas extensas em relação à escala dos mapas. A forma e a superfície dos símbolos são determinadas pelas características da feição no terreno.

2. Organização dos dados geográficos:

Segundo Bos (1984), nessa fase organizam-se as feições em grupos ou classes para formar a legenda, conforme exemplo a seguir:

I. Processos geológicos:

- Erosão
- Escorregamentos
- Solapamentos
- Enchentes

II. Tipos Litológicos:

- Granito
- Basalto
- Gnaisse
- Arenito

3. Níveis de Medidas

- *Nível qualitativo*: as feições são somente nomeadas e identificadas. Ex: uma rodovia, uma cidade, uma litologia.
- *Nível ordinal*: as feições são organizadas em hierarquia, por ordem de importância, mas não se discriminam quantidades. Ex: Capital/Cidade/Vila.
- *Nível quantitativo*: a quantidade é discriminada para as feições geográficas mapeadas. Ex: População das cidades.

✓ **Fase 4:** *4a Definição dos níveis de percepção dos dados geográficos.*

4b: Idem para os elementos da base cartográfica.

Após a análise dos dados geográficos definem-se os níveis de percepção requeridos, ou seja, a relação Informação Principal (Tema) x Informação Secundária ou de fundo (Base Cartográfica) (BOS,1984).

Certos elementos geográficos necessitam ser mais enfatizados do que outros, dependendo da função deles no mapa. Em um mapa temático as feições da base cartográfica devem ter menor ênfase que os elementos temáticos. Além disso, deve-se considerar as leis da percepção.

✓ **Fase 5** – *Seleção das variáveis visuais e forma dos símbolos*

Uma vez definido o nível de medida, as propriedades dimensionais e o nível de percepção requerido, deve-se escolher a variável visual e a forma de símbolos (abstrata, pictórica, alfanumérica). Aqui também deve-se considerar as leis da percepção, os conceitos de associações subjetivas e convencionais, visibilidade e legibilidade (BOS,1984).

✓ **Fase 6** - *Análise das requisições de mapas especiais.*

Alguns mapas são utilizados em condições especiais de luminosidade, como é o caso dos mapas aeronáuticos. Outras circunstâncias especiais são os mapas apresentados em mídias eletrônicas, tais como computador (CD-Rom, Internet, etc) e a televisão (curto período de tempo, tamanho e resolução limitada do monitor) (BOS,1984).

✓ **Fase 7 – A implementação do projeto de símbolos.**

São situações que requerem um projeto de símbolos cuidadoso. É importante enfatizar que a realização das fases anteriores não é garantia para o bom resultado do projeto implementado. Nessa fase são necessários o conhecimento e experiência do cartógrafo, com materiais para produção e reprodução, ou no caso da mídia digital, o conhecimento dos aplicativos de CAD ou de SIG, para implementar o projeto de símbolos adequadamente (BOS,1984).

✓ **Fase 8 – Avaliação do projeto de símbolos implementados.**

O projeto de símbolos poderá ficar comprometido se o cartógrafo considerar apenas o projeto individual dos símbolos para cada feição do mapa, e o tamanho mínimo requerido para serem detectados.

Um requisito relevante a ser considerado para o sucesso do projeto de símbolos é sua implantação no contexto do mapa. Os símbolos cartográficos não podem ser considerados como sinais individuais. Portanto, é necessário avaliar os símbolos quando aplicados na situação real do mapa, no final do processo do projeto cartográfico (BOS,1984).

3.2.4 Generalização cartográfica

Generalização é a seleção e simplificação das feições (eliminação ou redução de elementos gráficos) representadas no mapa de acordo com a escala e ou propósito, mantendo a relação verdadeira com a realidade, a fim de se obter um mapa legível (Swiss Society of Cartography, 1970).

A escala é o principal fator da generalização cartográfica e possui relação direta com o grau de detalhamento do mapeamento. A escala menor sempre representará uma área geográfica maior. Em contrapartida, as representações em grandes escalas terão, conseqüentemente, maiores níveis de detalhamento. Para se adaptar elementos de um mapa com escala maior para um mapa de escala menor, há necessidade de generalização, como mostrado na Figura 15¹.

¹ As escalas indicadas na figura não correspondem à realidade, servindo apenas como exemplo ilustrativo.

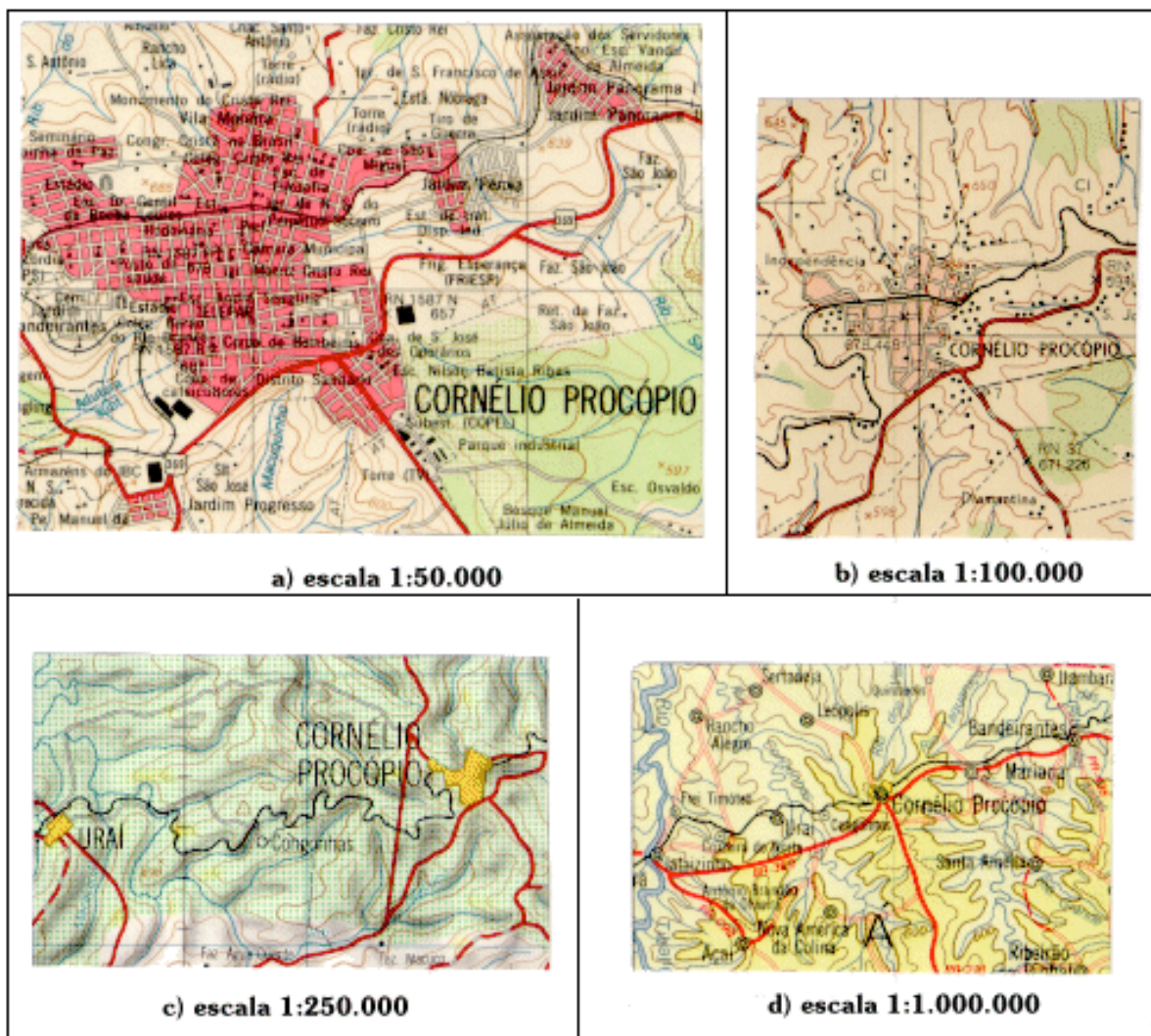


Figura 15 – Generalização e Escala.

Fonte: IBGE (1999).

A generalização cartográfica é tanto aplicada entre a realidade física e um mapa, quanto entre um mapa mais detalhado e outro menos detalhado, pois normalmente nem toda informação disponível é representada. A generalização é então necessária para adequar o conteúdo do mapa com a diminuição da escala. O resultado da generalização deve ser um produto de boa caracterização geométrica dos elementos e das formas de acordo com a escala.

Segundo Keates (1989), os processos de generalização mais utilizados são:

✓ *Omissão Seletiva*

Para preservar a legibilidade e clareza do mapa, certas feições podem ser omitidas a partir de um processo de seleção, no qual é realizada uma análise da importância relativa e da significância local da feição. Um exemplo de generalização por omissão seletiva é mostrado na Figura 16, nesse caso numa rede de drenagem, os canais menos significativos são eliminados.

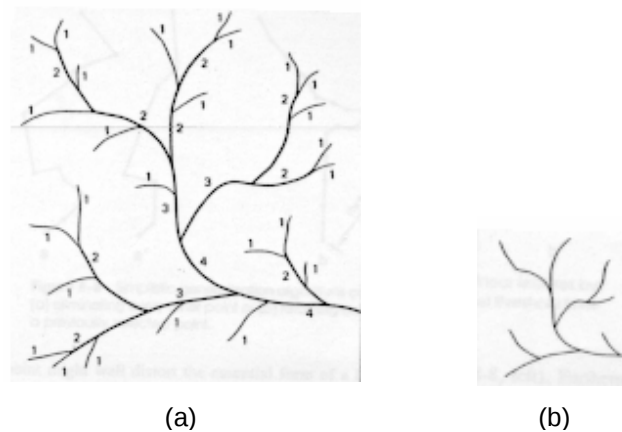


Figura 16 – Hierarquia de uma rede de drenagem (a). Mesma rede de drenagem numa escala menor, onde os rios de primeira ordem foram eliminados (b).

Fonte: ANJOS (2003).

O mesmo pode ocorrer com edificações em áreas muito densas, o que já não aconteceria com edificações isoladas, por exemplo.

✓ *Simplificação*

É o processo no qual uma linha entre dois pontos é simplificada de forma que esta mantém a posição planimétrica original. É importante também que as características das feições se mantenham. Este processo é muito usado em linhas e bordas, onde uma linha reta continuará sendo reta, enquanto uma linha altamente irregular sofrerá uma diminuição progressiva no número de pontos e no comprimento, sendo suas irregularidades removidas. Especificamente, algoritmos de simplificação identificam e eliminam pares de coordenadas supérfluas, aplicando critérios matemáticos. A simplificação pode ocorrer não somente em linhas, mas também em áreas como mostra a Figura 17.

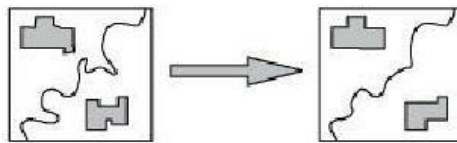


Figura 17 – Simplificação de feições.

Fonte: ESRI (1996).

Na simplificação, as feições maiores devem ser mantidas tanto quanto possíveis, mas normalmente são marcadas pela mudança rigorosa dos ângulos, e as feições menores são removidas inteiramente.

✓ *Combinação (agregação ou agrupamento)*

A combinação é um processo no qual os objetos são colocados em grupos de feições idênticas ou similares, onde os detalhes de cada elemento são perdidos e a informação é agrupada (Figura 18).

O agrupamento só pode ocorrer entre feições do mesmo tipo, ou seja, em espaços teoricamente possíveis. Por exemplo, não pode ser aplicado a agrupamento de ilhas, pois isto converteria água em terra.

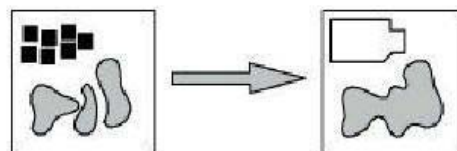


Figura 18 – Combinação.

Fonte: ESRI (1996).

A combinação reduz a complexidade do mapa, ajuda a organizar a informação mapeada e auxilia na comunicação.

✓ *Reclassificação*

A reclassificação é definida como um tipo de combinação, na qual agrupam-se classes diferentes de um mesmo tema, para tornar a imagem mais legível na redução da escala, como mostra a Figura 19.

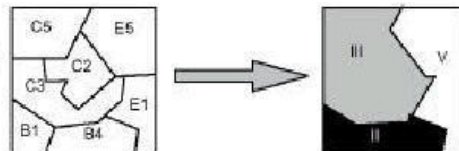


Figura 19 – Reclassificação.

Fonte: ESRI (1996).

Um exemplo de reclassificação é o agrupamento de classes de vegetação, como cerrado e mata em uma só classe chamada de vegetação natural.

✓ *Exagero e Deslocamento*

Uma classe de feições considerada importante no conteúdo do mapa sempre deve ser preservada. Normalmente as feições do mundo real são representadas por símbolos, e quando necessário estes símbolos são exagerados para aparecerem legíveis, isto é, devem possuir um tamanho mínimo que depende das limitações de percepção. O processo de exagero permite dar ênfase a um objeto que seria eliminado. A Figura 20 mostra um exemplo de exagero.

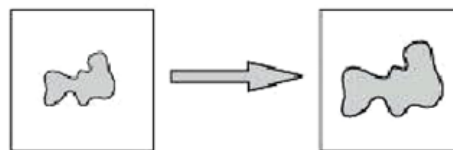


Figura 20 – Exagero.

Fonte: ESRI (1996).

O exagero envolve o deslocamento de feições, mas não necessariamente o deslocamento de feições envolve exagero, como no exemplo da Figura 21, no qual o deslocamento ocorre para melhorar a legibilidade e compreensão das feições no mapa.

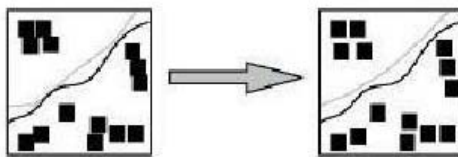


Figura 21 – Deslocamento.

Fonte: ESRI (1996).

Todos os processos de generalização são utilizados para reduzir efeitos dependentes da variação de escala, como a aglutinação ou conflito, que dificultam a interpretação da informação representada.

3.3 Cartografia Geotécnica

As cartas geotécnicas são ferramentas importantes da Geologia de Engenharia. Assim, é importante destacar que há dois tipos de cartas geotécnicas: uma para subsidiar implantação de obras de engenharia dando suporte para o entendimento do meio físico e outra, para subsidiar ações de planejamento territorial e gestão do uso e ocupação do solo. No Brasil há um predomínio de cartas destinada ao uso e ocupação do solo.

Zuquette, Gandolfi (2004) mostram que desde a metade do século XVII até os dias atuais, nota-se uma evolução crescente do processo de mapeamento de componentes do meio físico pelas diversas áreas de conhecimento, como a Geografia, Geologia, etc. No século XX, houve um intenso movimento para que o processo de mapeamento dos componentes do meio físico fosse regularizado e baseado em critérios cartográficos, considerando-se a evolução das técnicas específicas para cada item. Na última metade do século XX surge uma discussão em relação ao uso dos dados e das informações contidos nos diferentes documentos cartográficos, um questionamento sobre conteúdo e exatidão desses documentos.

Segundo os mesmos autores, Langen em 1913 propôs conjunto de documentos cartográficos com informações geológico-geotécnicas que resultavam em uma síntese cartográfica denominada mapa geotécnico ou carta-geotécnica. A partir desse evento houve uma preocupação quanto á representação gráfica e o tipo de informação que esse documento deveria conter.

Tendo em vista a obtenção e o registro de informações geotécnicas, a comunidade geotécnica a partir dos anos 1950 focou os aspectos metodológicos para a realização de trabalhos. Ao conjunto de procedimentos agregados na metodologia deu-se o nome de mapeamento geotécnico, para o qual surgiram propostas de diferentes metodologias nos anos 70.

Muitos documentos cartográficos no Brasil são considerados como sinônimos de mapas e cartas geotécnicas, sem que se tenha levado em conta aspectos necessários para determinar essa denominação, como escala e finalidade.

Segundo a IAEG (*International Association of Engineering Geology*, 1976), mapa geotécnico é um tipo de mapa geológico que classifica e representa os componentes do ambiente geológico, que são de grande significado para todas as atividades de engenharia, planejamento, construção, exploração e preservação do ambiente (IAEG – UNESCO, 1976).

Cerri (1990) afirma que a cartografia geotécnica é a representação cartográfica das características do meio físico natural de interesse às obras de engenharia como estradas, barragens, túneis, dutos, etc. A cartografia geotécnica engloba a distribuição espacial dos diferentes tipos de solos e rochas, com suas propriedades geológico-geotécnicas, as formas de relevo, a dinâmica dos principais processos atuantes e as eventuais alterações decorrentes da implantação das obras e das diferentes formas de uso e ocupação do solo.

Zuquete, Nakazawa (1998) citam os conceitos clássicos de mapas ou cartas geotécnicas propostos por Varnes (1974) e IAEG (1976), respectivamente:

- ✓ “Um mapa geotécnico requer, para sua realização, operações físicas de adição, seleção, generalização e transformações de informações especializadas, relativas à litologia, à estrutura dos solos e rochas, hidrogeologia, geomorfologia e processos geológicos”.
- ✓ “O mapa geotécnico é um tipo de mapa geológico que classifica e representa os componentes do ambiente geológico, os quais são de grande significado para todas as atividades de engenharia, planejamento, construção, exploração e preservação do ambiente”.

Zuquete (1987) também considera que o mapeamento geotécnico pode ser entendido como um processo que tem por finalidade básica levantar, caracterizar, classificar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico, sejam geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos e outros. Tais informações deverão ser produzidas de maneira tal que possam ser

utilizadas para fins de engenharia, planejamento, agronomia, saneamento, avaliações ambientais e outros.

Para Zuquete, Nakazawa (1998) as cartas geotécnicas, como expressão prática do conhecimento geológico aplicado ao gerenciamento dos problemas colocados pelos diferentes tipos dos usos do solo, têm como objetivos prever o desempenho da interação entre o meio físico e a sua ocupação, bem como os conflitos entre as diversas formas de usos de solo e estabelecer orientações técnicas, preventivas e corretivas, dos problemas identificados, para minimizar custos e riscos nos empreendimentos do uso do solo.

Zuquette (1987) e Aguiar (1994), diferenciam mapas geotécnicos de plantas e cartas geotécnicas, cujas características principais são apresentadas nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 03 – Conceitos de mapa, planta e carta geotécnicos (ZUQUETTE, 1987).

Termo	Conceito
Mapa Geotécnico	Representação de atributos geotécnicos levantados, sem realização de análise interpretativa e sempre em escalas inferiores a 1:10.000.
Planta Geotécnica	Representação gráfica realizada em escalas grandes, maiores que 1:10.000, normalmente voltada para locais onde serão executadas obras específicas.
Carta Geotécnica	Representação dos resultados da interpretação dos atributos que estão num mapa.

Tabela 04 – Definições de termos empregados em mapeamento geotécnico (AGUIAR, 1994).

Termo	Definição
Mapa	Representação gráfica dos atributos do meio físico em determinada escala, sem análise interpretativa.
Carta	Diferencia-se do anterior por incluir análise interpretativa, destinada a fins práticos da atividade humana.
Atributo	Característica qualitativa ou quantitativa, que identifica o componente de um sistema observado.
Mapeamento geotécnico	Conjunto de processos sistemáticos de investigação dos atributos, imprescindíveis ao estabelecimento de unidades geotécnicas e passíveis de representação em documentos cartográficos.
Cartografia Geotécnica	Distinta do mapeamento geotécnico por apenas estabelecer as unidades geotécnicas, com base em levantamentos executados anteriormente, sem a etapa de investigação.

Cerri *et al* (1996) diz que a carta geotécnica é uma interpretação no estabelecimento dos limites espaciais de determinada característica ou atributo do meio físico geológico ante o objetivo do trabalho, independente da escala escolhida. A elaboração de uma carta geotécnica pressupõe um toque pessoal e subjetivo, em função da formação profissional do elaborador e de sua experiência e competência técnica. Assim, as cartas geotécnicas elaboradas por diferentes autores, embora com os mesmos objetivos, nas mesmas áreas físicas e escala, e em idênticas condições de trabalho podem, perfeitamente, resultar em produtos diferentes.

Zuquette (1993) considera que a elaboração das cartas geotécnicas corresponde a um processo que busca avaliar e retratar as características dos componentes do meio físico, e os comportamentos frente aos diferentes tipos de ocupação, contemplando o meio físico como um todo, avaliando suas limitações e seus potenciais.

Para Vallejo *et al* (2002), os mapas geológicos permitem deduzir informações valiosas sobre as propriedades dos materiais, mas as descrições geológicas não são suficientes para as aplicações na engenharia, porque esses mapas não apresentam dados quantitativos das

propriedades físicas e mecânicas; não apresentam os componentes do meio geológico com significado geotécnico e suas influências nos trabalhos de engenharia; e não apresentam o caráter dinâmico do meio geológico em relação à engenharia.

Considerando ainda o mesmo autor, os mapas geotécnicos devem apresentar: descrição e classificação geotécnicas de solos e rochas; propriedades físicas e mecânicas dos materiais; condições hidrogeológicas e distribuição de água; condições e processos geomorfológicos; e processos dinâmicos.

Como o volume de informações das cartas geotécnicas a ser representado é muito grande, o estudo de um projeto cartográfico mais adequado facilita uma melhor compreensão de seus usuários (geólogos, geógrafos, engenheiros, biólogos, etc) que estão ligados diretamente à implantação e monitoramento da obra que está sendo implantada. Assim, nota-se a importância das cartas geotécnicas como instrumentos necessários para o estabelecimento de ações preventivas e corretivas para as obras de engenharia.

Os mapas geotécnicos devem incluir informações descritivas sobre os materiais e processos geológicos, dados quantitativos dos diferentes componentes do meio geológico e das propriedades físicas e mecânicas dos materiais e informação interpretativa para sua aplicação geotécnica. Por isso, a representação cartográfica é uma das grandes dificuldades encontradas para a elaboração de cartas geotécnica, pois está associada ao considerável volume de dados obtidos. As cartas deixam de representar todas as informações disponíveis, dando prioridade para aquelas mais significativas.

O conteúdo e o detalhe da informação dos mapas vão estar em função: da escala e extensão do terreno; objetivos concretos; importância dos diferentes fatores geológicos e geotécnicos e suas relações; informações disponíveis dos dados e as técnicas de representação.

Tratando da temática referente à cartografia geotécnica, Cerri (1990) define os principais objetivos e aplicações dessas cartas de acordo com o seu nível de detalhamento desejado, conforme apresentado na Tabela 05.

Tabela 05 - Principais objetivos e aplicações das Cartas Geotécnicas (CERRI, 1990).

Objetivos	Aplicações
- a melhor utilização do espaço físico disponível; - a conservação ambiental e a proteção dos recursos naturais; - o estabelecimento de critérios técnicos para a expansão da ocupação e para a recuperação de áreas degradadas por ocupação desordenada; - a segurança das edificações e da população através da previsão e prevenção de riscos geológicos (naturais ou induzidos); - a otimização da aplicação de recursos públicos e privados; e - a orientação (e não substituição) de estudos e ensaios específicos para projetos de engenharia.	- como subsídios à elaboração de projetos voltados ao planejamento e gerenciamento do uso e ocupação do solo em todos os níveis (Plano Diretor, zoneamento, parcelamento e desmembramento), inclusive na própria elaboração de dispositivos legais inertes ao uso do solo; - como subsídios a estudos de impacto ambiental; - na restrição à ocupação de áreas sob riscos geológicos; - na definição de locais mais adequados, dos cuidados e estudos específicos para implantação de obras de engenharia; - na melhor estimativa dos custos de implantação dos empreendimentos; e - no estabelecimento de critérios técnicos para eficientes sistemas de manutenção das obras de engenharia.

Cerri *et al* (1996) mostram que um importante objetivo das cartas geotécnicas é a preocupação da apresentação dos dados, de forma que outros profissionais não especializados na área, possam realizar uma fácil interpretação dessas cartas.

3.3.1 Tipos de cartas geotécnicas.

Zaine (2000, a partir da literatura nacional e da publicação de pesquisadores do IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo) e EESC/USP (Escola de Engenharia de São Carlos - USP), apresenta três tabelas de alguns autores relacionadas aos tipos de cartas geotécnicas apresentadas. As Tabelas 06, 07 e 08 apresentam os conceitos e tipos de cartas geotécnicas de acordo com diferentes autores:

Tabela 06 – Tipos de cartas geotécnicas e seus conceitos segundo Nakazawa et al (1991) e Prandini et al (1995).

Tipo	Conceito
Cartas geotécnicas (propriamente ditas)	Expõem as limitações e potencialidade dos terrenos, estabelecendo as diretrizes de ocupação frente às formas de uso do solo.
Cartas de risco	Prepondera a avaliação de dano potencial à ocupação, frente a uma ou mais formas de uso.
Cartas de suscetibilidade	Informam sobre a possibilidade de ocorrência de um ou mais fenômenos geológicos e de comportamentos indesejáveis.
Cartas de atributos ou parâmetros	Apresentam informações geográficas de interesse ao uso e ocupação do solo.

Tabela 07 – Tipos de cartas geotécnicas e seus conceitos segundo Bitar *et al*,(1992).

Tipo	Conceito
Cartas geotécnicas dirigidas	A partir da identificação de problemas de natureza geológico-geotécnica decorrentes do uso do solo, expõem as limitações e potencialidades dos terrenos; estabelecem alternativas de solução destes problemas e apontam as diretrizes para o adensamento e a expansão da ocupação ante uma ou mais formas de uso urbano do solo.
Cartas geotécnicas convencionais	Apresentam a distribuição geográfica das características dos terrenos, a partir de atributos do meio físico e de determinados parâmetros geológico, muitas vezes sem considerar as interações existentes entre o meio físico e as diferentes formas de uso urbano do solo.
Cartas de suscetibilidade	Indicam a potencialidade de ocorrência de processos geológico naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso urbano do solo, expressando as suscetibilidades, segundo classes de probabilidade de ocorrência.
Cartas de risco	Prepondera a avaliação de dado potencial à ocupação, expresso segundo diferentes graus de risco, resultantes da conjugação da probabilidade de ocorrência de manifestações geológicas naturais e induzidas e das conseqüências sociais e econômicas decorrentes.

Tabela 08 – Correlação entre denominações e tipos de cartas geológico-geotécnica segundo Zaine (2000).

CERRI (1990)	BITAR <i>et al</i> (1992)	NAKAZAWA (1991), PRANDINI (1995)	ZUQUETTE (1987), AGUIAR (1994)
Cartas geotécnicas clássicas	Cartas geotécnicas convencionais	Cartas de atributos ou parâmetros	Mapas geotécnicos
Cartas de conflito de uso	Cartas geotécnicas	Cartas geotécnicas (propriamente ditas)	Cartas geotécnicas

3.3.2 Metodologias utilizadas para a elaboração de cartas geotécnicas.

Muitos países desenvolveram metodologias que se transformaram em base para outras técnicas. Entre eles a França, o Canadá, a Suíça, a Espanha e os Estados Unidos. As principais metodologias internacionais são:

Metodologia Francesa

Foi desenvolvida por SANEJOUAND em 1972 com uma publicação que apresentava os resultados de um levantamento e a análise dos trabalhos já existentes realizados na França, o que pode ser entendido como metodologia francesa de cartografia geotécnica. Os fatores analisados foram ligados à geologia, à geomorfologia e à geotecnia. (ZAINÉ, 2000).

Aspectos considerados:

- ✓ Natureza e propriedades das rochas e solos
- ✓ Hidrogeologia
- ✓ Geomorfologia
- ✓ Geodinâmica interna e externa
- ✓ Recursos naturais
- ✓ Alterações antrópicas

Seqüência dos trabalhos:

- ✓ Primeiramente é elaborada carta de zoneamento geotécnico;
- ✓ Depois são elaboradas cartas sintéticas ou de aptidão, dirigidas à solução de um ou mais problemas.

De acordo com a finalidade de cada carta, a metodologia francesa apresenta as seguintes escalas de acordo com a Tabela 09:

Tabela 09 – Escala em função da finalidade na metodologia francesa.

Finalidade	Escala
Planejamento Regional	< 1:100.000
Metrópoles	1:100.000 a 1:50.000
Cidades	1:25.000 a 1:10.000
Fins específicos	1:5.000 a 1:2.000
Grande detalhe	> 1:2.000

Metodologia da IAEG

O objetivo dessa metodologia criada pela comissão da IAEG em 1968 foi formular um sistema de orientação para a cartografia geotécnica adequada à maioria dos países cuja aplicação fosse viável tecnicamente e economicamente (ZAINÉ, 2000).

Principais fatores e feições considerados:

- ✓ Caráter das rochas e dos solos
- ✓ Condições hidrogeológicas
- ✓ Condições geomorfológicas
- ✓ Fenômenos geodinâmicos

Classificação dos mapas:

- ✓ Quanto à finalidade:

Mapa de Finalidade Especial: trata de aspectos específicos do meio-físico, ou das condições geotécnicas para a construção de um determinado tipo de obra.

Mapa de Multifinalidade: apresenta informações geotécnicas variadas usadas para diversas finalidades.

- ✓ Quanto ao conteúdo:

Mapa analítico: trata de aspectos individuais e sua finalidade vem expressa no título.

Mapa compreensivo: analisa todos os componentes do meio físico.

✓ Quanto à escala:

Grande	$\geq 1:10.000$ para finalidades específicas
Intermediária	1:10.000 a 1:100.000 para planeamento regional
Pequena	$\leq 1:100.000$ mapeamento de carácter geral

Metodologia PUCE

Essa metodologia teve sua origem na Austrália na década de 1950. Segundo Zuquette, Gandolfi (2004), é uma metodologia centrada na divisão da área em classes de terrenos hierarquizadas a partir de características gerais (geológico-geomorfológicas), uso do solo e geotécnicas. Os terrenos são divididos e classificados em quatro classes hierárquicas denominadas província, padrão do terreno, unidades e componentes de terreno.

✓ Terrenos analisados com base em:

- topografia
- natureza e estrutura do material
- forma de erosão
- vegetação
- uso atual do solo

✓ Classifica os terrenos em:

- províncias ($\leq 1:250.000$)
- padrões de terreno (entre 1:250.000 e 1:100.000)
- unidades de terreno (entre 1:100.000 e 1:25.000)
- componentes do terreno ($\geq 1:2.500$)

Metodologia ZERMOS (Zonas Expostas ao Risco de Movimentos de Solos)

Foi adotada pelo serviço geológico francês, sob a responsabilidade do Laboratório do Ponts et Chaussées, na França. É empregada em áreas com acentuadas variações nas inclinações das encostas por serem zonas com maior possibilidade de movimentos de materiais geológicos (ZUQUETTE, GANDOLFI, 2004).

- ✓ Utilizada pelo Serviço Geológico da França
- ✓ Apresentam as condições de instabilidade (potenciais ou reais) dos terrenos
- ✓ Cartas ZERMOS: 1:25.000 ou 1:20.000
- ✓ Plantas ZERMOS: 1:5.000
- ✓ Representação cartográfica

VERDE: áreas sem problemas de instabilidade

LARANJA: áreas com problemas potenciais

VERMELHO: áreas instáveis

Em relação às metodologias nacionais as principais são da EESC/USP – Escola de engenharia de São Carlos – USP e IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo. As cartas geológico-geotécnicas analisadas na presente pesquisa são basicamente elaboradas por essas duas metodologias.

Metodologia de EESC/USP.

Essa metodologia foi proposta por Zuquette (1987) o qual define mapeamento geotécnico como o processo que tem por finalidade levantar, avaliar e analisar os *atributos* que compõem o meio físico, sejam geológicos, hidrogeológicos e outros.

Essa metodologia divide-se em três fases:

- 1ª Fase:** definição do problema a ser investigado; formulação de uma hipótese de trabalho, definição dos atributos do meio físico a serem analisados.
- 2ª Fase:** divisão da área em unidades (zonas homogêneas), em função das propriedades e das relações dos atributos analisados.

3ª Fase: comprovação da hipótese formulada, por meio da realização de ensaios e tratamento estatístico dos resultados.

Classes de Documentos Cartográficos

É um outro aspecto importante que se refere a apresentação das informações obtidas nas diversas fases, com a elaboração dos seguintes documentos cartográficos:

- ✓ Mapas básicos fundamentais (topográfico, geológico e das águas),
- ✓ Mapas opcionais (pedológico, geofísico, geomorfológico, climático e de ocupação atual ou prevista),
- ✓ Mapas auxiliares (eventuais),
- ✓ Cartas derivadas ou interpretativas (erodibilidade, escavabilidade, de disposição de resíduos, fundação, estabilidade de taludes, vulnerabilidade das águas subterrâneas, etc.).

Escala de Trabalho

Zuquette (1987 e 1993) apresenta as seguintes escalas de trabalho e suas finalidades:

- ✓ Escala Geral/Básica - 1:100.000
- ✓ Escala Regional - 1:100.000 a 1:25.000
- ✓ Escala de Semi-Detalhe/Detalhe - 1:25.000 a 1:2.000

Número mínimo de pontos de observação

A Tabela 10, apresenta o número mínimo de observações de campo que devem ser considerados para cada tipo de escala.

Tabela 10 – Número mínimo de observações de campo (ZUQUETTE, 1993).

FINALIDADE	ESCALA 1:	LOCAIS OBSERVADOS	
		Qualitativamente	Quantitativamente
Básico	250.000	Cristalino 1/10km ²	1/10km ²
Regional	100.000	4/10km ² 3/10km ²	2/10km ²
	50.000	6/5km ² 1/km ²	3/10km ²
	25.000	3/km ² 2/km ²	1/10km ²
Detalhe	25.000	5/km ² 4/km ²	14/10km ²
	10.000	15/km ² 15/km ²	10/km ²

Principais ensaios de laboratório

Permitem a caracterização prévia dos materiais inconsolidados.

- ✓ Granulometria
- ✓ Limites de plasticidade e de liquidez
- ✓ Massa específica dos sólidos
- ✓ Compactação
- ✓ Mineralogia
- ✓ Comportamento laterítico
- ✓ Caracterização dos agregados
- ✓ Densidade relativa

Metodologia do IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológicas de São Paulo

Nakazawa *et Al.* (1991) e Prandini *et Al.* (1995) consideram que as cartas geotécnicas, como expressão prática do conhecimento geológico aplicado ao enfrentamento dos problemas postos pelo uso e ocupação do solo, procuram dar acesso, para além do universo dos especialistas, à possibilidade de:

- ✓ Rever o desempenho da interação entre a ocupação e o meio físico, bem como os próprios conflitos entre as diversas formas de uso territorial.
- ✓ Orientar medidas preventivas e corretivas no sentido de minimizar deseconomias e riscos nos empreendimentos de uso do solo.

Essa metodologia apresenta as seguintes fases:

Formulação de uma hipótese inicial orientadora:

- ✓ Identificação objetiva dos recursos e problemas existentes ou esperados, por meio do conhecimento do uso do solo.
- ✓ Reconhecimentos das solicitações e transformações inerentes às formas de uso do solo e dos elementos fundamentais dos processos e comportamentos da geologia, da geomorfologia e da geotecnia.
- ✓ Elaboração de uma primeira configuração fisiográfica dos terrenos (em termos do uso do solo) e de um ensaio de compartimentação ante os problemas e recursos esperados.

Análise fenomenológica e de desempenho:

- ✓ Identificação e análise das causas do desenvolvimento dos fenômenos ou situações geradoras dos problemas pré-detectados.
- ✓ Para cada problema se estabelecem as características fisiográficas de interesse para a ocupação (intervalos de declividade, tipos litológicos e pedológicos, famílias de estruturas, feições hidrográficas).
- ✓ Utilizam-se de conhecimentos do campo da Geotecnia, Hidrogeologia, dinâmica externa, etc.; com a eventual execução de ensaios e análises laboratoriais e “*in situ*”.

Mapeamento e compartimentação:

- ✓ Estabelecer as principais evidências acessíveis à investigação das características de interesse, no que se refere à litologia, estruturas, intemperismo/pedogênese, relevo, etc, que permitam fixar critérios de correlação, extrapolação e interpolação e que resultem na configuração espacial das características de interesse.
- ✓ Busca orientada das informações e das expressões geográficas das características de interesse, por meio da análise das informações disponíveis, reconhecimento/ mapeamento com recursos de sensoriamento remoto, levantamentos de campo e, eventualmente, investigações “*in situ*” e laboratoriais.
- ✓ Definição de compartimentos homogêneos (unidades territoriais), segundo a maior probabilidade (expectativa) de ocorrência de problemas (eventualmente riscos), ou segundo as características de interesse (atributos e parâmetros) ou ainda a definição de unidades homogêneas em termos da aptidão a determinada forma de uso e ocupação.

Representação Cartográfica

- ✓ Apresentação dos resultados de modo a dar acesso facilitado ao público interessado (técnicos de outras especialidades, administradores públicos e privados, população).
- ✓ Registrar as operações realizadas e as informações utilizadas para permitir a retomada dos trabalhos em detalhamentos e atualizações, já que a Carta Geotécnica não é única ou definitiva.

A Tabela 11, mostra a relação das etapas e dos produtos cartográficos que podem ser obtidos em cada fase:

Tabela 11 – Relação das etapas e seus produtos cartográficos (BITAR, et al. 1995).

ETAPAS	PRODUTOS
Levantamento Preliminar - identificação dos problemas existentes/previstos - compilação de dados	MAPA PRELIMINAR (esboço geotécnico)
Investigação Orientada - identificação dos fatores condicionantes dos problemas - mapeamento destes fatores - definição das escalas de trabalho	MAPAS TEMÁTICOS DIRIGIDOS
Compartimentação final - análise integrada dos fatores mapeados - delimitação dos terrenos com comportamento homogêneo frente ao seu uso	UNIDADES GEOTÉCNICAS
Análise das Medidas de Controle - levantamento das práticas e técnicas de implantação e manutenção dos usos do solo - proposição de medidas preventivas e corretivas	DIRETRIZES PARA O USO DO SOLO
Representação - representação cartográfica e linguagem adequada ao usuário	CARTA GEOTÉCNICA (mapa final e quadro-legenda)

4. MÉTODO E ETAPAS DE PESQUISA

Segundo Rampazzo (2002), a pesquisa é um procedimento reflexivo, sistemático, controlado e crítico que permite descobrir novos fatos ou dados, soluções ou leis, em qualquer área do conhecimento. Dessa forma, a pesquisa é uma atividade voltada para a solução de problemas por meio dos processos do método científico.

Na presente investigação, a pesquisa bibliográfica foi realizada para obter a fundamentação teórica necessária para a sua realização, com o objetivo de aprofundar o conhecimento dos temas referentes à cartografia geotécnica e as formas de representação cartográfica das duas principais metodologias nacionais mais utilizadas para a elaboração de cartas geotécnicas. Além disso, um estudo das variáveis visuais e percepção do usuário são considerados na elaboração do projeto cartográfico.

Com esse levantamento bibliográfico obteve-se uma relação das metodologias mais adotadas para a elaboração de cartas geotécnicas. A pesquisa bibliográfica foi de suma importância, pois pôde-se ter uma melhor compreensão dos temas como cartografia geotécnica, as técnicas cartográficas, variáveis visuais, percepção visual e projeto cartográfico.

Após a busca fundamentação teórica, relacionados aos temas referentes a engenharia cartográfica e cartografia geotécnica, para o desenvolvimento da pesquisa foi executadas a quatro etapas sequenciais descritas na Figura 22:

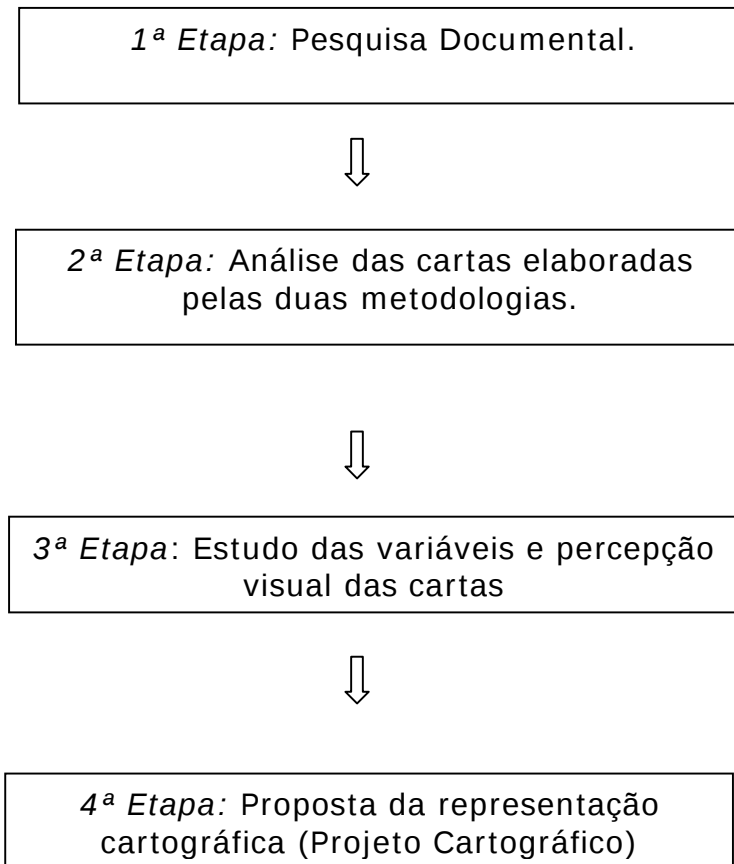


Figura 22: Etapas da Pesquisa.

1ª Etapa: Pesquisa Documental

A pesquisa documental vale-se de material que não recebe tratamento analítico, ou que ainda pode ser reelaborado de acordo com os objetivos da pesquisa. O desenvolvimento da pesquisa documental seguiu os mesmos passos da pesquisa bibliográfica. Apenas cabe considerar que, enquanto na pesquisa bibliográfica as fontes são constituídas, sobretudo por material impresso localizado nas bibliotecas, na pesquisa documental, as fontes são muito mais dispersas. Há, de um lado os documentos “de primeira mão” que não receberam nenhum tratamento analítico como os arquivos de órgão públicos e instituições privadas. Por outro lado, há os documentos de segunda mão, que de alguma forma já foram analisados como: relatórios de pesquisa, relatórios de empresas, tabelas estatística etc. (GIL, 1996).

2ª Etapa: Análise das cartas elaboradas pelas duas metodologias

Nesta investigação, após a seleção das cartas geotécnicas elaboradas pelo IPT e EESC, fez uma avaliação da representação e compreensão dessas cartas que foram publicadas. Com isto, consideraram-se as formas de representação cartográfica das duas principais metodologias nacionais que elaboram as cartas geotécnicas. Essas metodologias foram escolhidas para serem analisadas porque além de serem as metodologias mais utilizadas no país, também são as metodologias facilmente encontradas nos trabalhos técnicos e acadêmicos.

Para a coleta e organização das informações relacionadas à essas cartas elaborou-se uma tabela que apresentasse os seguintes parâmetros: nome do trabalho e/ou autor, finalidade, local, escala de trabalho, simbologia (tipo de representação), unidades e legibilidade da legenda. Esses parâmetros analisados são referentes à percepção visual de possíveis usuários que irão utilizar essas cartas.

A análise das cartas elaboradas pelo IPT e pela EESC corresponde a uma investigação das formas de representação das cartas geotécnicas de cada instituto considerando seus objetivos e finalidades através de suas metodologias. Depois da análise de cada metodologia, uma comparação pôde mostrar as vantagens e desvantagens que cada metodologia apresenta quando elaboraram as cartas, seguindo um padrão das representações cartográficas do meio físico

Depois da análise individual de cada metodologia (IPT e EESC) pôde-se fazer uma análise comparativa das duas metodologias desenvolvidas onde foi possível realçar as principais semelhanças e/ou diferenças existentes entre os diferentes modos de elaboração destas cartas, possibilitando uma ampla visão das características de metodologia.

As diferentes metodologias foram analisadas e comparadas segundo os princípios trabalhos encontrados. Quadros e tabelas comparativas existentes na literatura são utilizados para a melhor compreensão dos métodos de elaboração, escala e dimensão da área de trabalho. Também foi considerada a obra de engenharia interagindo com a os tipos de metodologias de elaboração de cartas geotécnicas, na tentativa de adequar a metodologia à obra que está sendo considerada.

3ª Etapa: Estudo das variáveis e percepção visual das cartas

Conforme descrito, o foco principal dessa pesquisa é a análise da forma de representação cartográfica das cartas geotécnicas e, principalmente, se o projeto cartográfico desenvolvido para essas cartas está ou não sendo adequado. Por isso, paralelamente à busca de cartas para serem analisadas, fez-se um estudo de alguns critérios cartográficos relacionados à elaboração de mapas como: cor e modo de definição (critérios utilizados para individualização), esses critérios estão relacionados a uma área da cartografia temática que se preocupa com a representação adequada para os usuários das cartas.

Para confecção de uma carta geotécnica, alguns parâmetros devem ser considerados para evitar erros. Escala, tamanho da área a ser pesquisada, forma de representação das características do meio físico, e o fim para o qual a carta será elaborada (depende do objetivo ou solicitação que será empregada ao meio físico), que são alguns exemplos dos aspectos a serem analisados. Esses aspectos estão relacionados às variáveis interdependentes já discutidas anteriormente.

Destaca-se que, na presente pesquisa, é fundamental analisar a finalidade da carta para que se possa definir uma escala “adequada” para a representação do meio físico. Cada finalidade exige uma solicitação.

Assim nesta etapa, estudou-se as variáveis visuais: cor, saturação, forma, tamanho, granulação e orientação e também a percepção visual: dissociativa, associativa, seletiva, ordenada e quantitativa.

Essas seis variáveis visuais, mais as duas dimensões do plano, têm propriedades perceptivas que toda transcrição gráfica deve levar em conta para traduzir adequadamente as relações fundamentais entre objetos: similaridade/diversidade, ordem e de proporcionalidade. (MARTINELLI, 1991).

4ª Etapa: Proposta da representação cartográfica (Projeto Cartográfico)

O objetivo do projeto cartográfico para as cartas geotécnicas está relacionado aos diversos elementos cartográficos e geográficos que devem ser mostrados nas cartas. Esses elementos expressam o interesse dos usuários, ou seja, fornecer informações aos profissionais que tem essas cartas como ferramentas de trabalho. Essas diretrizes propostas também visam subsidiar

eventuais ações correspondentes à operação, ampliação e manutenção de empreendimentos das obras.

Também não se pode esquecer que o projeto cartográfico da proposta é apresentado com o intuito de ser uma contribuição para as formas de representação cartográfica para as cartas geotécnicas, mas respeitando as normas cartográficas convencionais e também as normas da IAEG, que é o órgão internacional responsável para uma padronização de simbologia para a cartografia geotécnica.

5. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

No Brasil, a cartografia geotécnica como instrumento de apoio ao planejamento do uso do solo ganhou grande impulso no final dos anos 80, com uma grande demanda por novas cartas. As cartas geotécnicas podem receber diferentes denominações de acordo com a metodologia empregada e os objetivos pretendidos. (CERRI, SILVA, AUGUSTO FILHO, 1995).

O Mapeamento Geotécnico pode ser definido como uma ferramenta ou processo que procura caracterizar as propriedades do terreno de interesse para engenharia e planejamento, prevendo as interações entre os processos do meio físico, o homem e suas obras.

Mundialmente, existe uma ampla variedade de metodologias e sistemáticas de execução da cartografia geotécnica desenvolvidas, respeitando características físicas, políticas e sociais onde foram elaboradas. No entanto, os fatores a serem avaliados são comumente os mesmos em todas elas.

Como descrito na presente pesquisa, o objetivo geral é o estudo das representações cartográficas das cartas geotécnicas elaboradas por duas metodologias bastante difundidas no país. Assim a investigação não visou questionar as metodologias de elaboração, mas sim a forma de representação gráfica dos produtos cartográficos.

Assim nesta pesquisa optou-se por denominar esses produtos cartográficos como **cartas geotécnicas**. O termo *geotécnica* é utilizado porque esses produtos cartográficos apresentam atributos do meio físico relacionados ao comportamento do meio que está sendo representado em função da obra a ser implantada, embora em alguns produtos sejam apresentados somente condicionantes geológicos .

As cartas geotécnicas são produtos que precisam de prática de quem as elaboram para que a representação cartográfica seja transmitida de forma adequada para os usuários finais destas cartas. Para que não haja lacunas na comunicação da informação desejada, o cartógrafo tem que estar consciente dos possíveis usuários do produto final.

Da análise das diversas metodologias e sistemáticas existentes, observa-se que nenhuma delas pode ser aplicada fora do país ou região onde foi desenvolvida, sem que se realizem mudanças consistentes no seu arcabouço. Portanto, ao se pretender realizar a cartografia geotécnica de uma região, o bom senso da equipe executora é indispensável na obtenção dos objetivos propostos (ZUQUETTE, GANDOLFI, 2004).

Desta maneira, um trabalho de cartografia geotécnica deve tratar da representação

cartográfica das características do meio físico natural de imediato interesse às obras de engenharia. Dentre todos os aspectos a serem analisados, existirão alguns de maior ou menor importância para cada região e que devem ser priorizados em função da relevância que representam na avaliação das características de interesse. (ARNOT, GRANT, 1974 *apud* DE MIO, GANDOLFI, 1995).

A forma de apresentação das informações contidas em um mapa constitui um elemento fundamental para a Cartografia, em especial para a área Temática, uma vez que a comunicação cartográfica tem um papel preponderante no projeto gráfico. Também deve ser considerado que parte da Ciência Cartográfica dá ênfase à comunicação visual, mantendo a ligação de apresentação, como também, em consequência, diferentes alternativas de visualização de mapas. (ROSETTE, MENEZES, 2002).

Em princípio, a cartografia temática deverá seguir algumas normas e padrões da Cartografia Brasileira, no entanto não existe uma total sistematização dos procedimentos a serem adotados para que se obtenha um bom mapa, que atenda aos objetivos do executante e que ao mesmo tempo seja bem entendido pelo usuário. Para isto é preciso antes, conhecimentos básicos de cartografia e semiologia gráfica, além de um pouco de bom senso.

A percepção das informações tem supremacia sobre as informações da própria base cartográfica utilizada, contudo não se pode suprimir ou negligenciar informações importantes como a escala e legenda.

A elaboração de mapas temáticos transcende o âmbito de Engenharia Cartográfica, já que diferentes profissionais se apropriam desta forma de comunicação para ilustrar ou demonstrar informações ou idéias, atendendo a diferentes áreas do conhecimento. Contudo tais profissionais devem estar atentos para que não incorram em erros que possam comprometer a comunicação cartográfica. (ROSETTE, MENEZES, 2002).

A apresentação das informações é um dos pontos do mapeamento geotécnico de maior importância, pois é por meio dos documentos gráficos e memoriais descritivos que se faz a comunicação dos técnicos que elaboram o trabalho com os usuários finais. De uma adequada apresentação dos resultados pode depender a aceitação dos produtos e aproveitamento das informações fornecidas.

Assim, nesta pesquisa os resultados obtidos são apresentados em três tópicos descritos a seguir: *a seleção das cartas* que foram utilizadas para a avaliação e análise; *a análise da*

representação cartográfica das cartas geotécnicas; e a elaboração do projeto cartográfico que apresenta uma proposta favorável a comunicação cartográfica das cartas através das variáveis visuais.

5.1 Seleção de cartas a serem analisadas

A etapa de elaboração dos mapas das condições geológico-geotécnicas consiste em uma fase analítica, onde o produto gráfico é uma série de mapas básicos representando as características naturais do meio físico. Estes documentos podem ser correlacionados às cartas de fatores da metodologia francesa Sanejouand, (1972), ou aos mapas analíticos, da classificação da Iaeg-Unesco (1976), ou seja, documentos gráficos como: mapa do substrato rochoso, de materiais inconsolidados, de landforms, de processos geodinâmicos e carta de declividade, representando, portanto, componentes individuais do meio físico, sua variação e distribuição, (PEJON, ZUQUETTE, 1995).

Na Tabela 12 e 13, a seguir, estão apresentados os trabalhos analisados que tiveram como resultado um produto cartográfico relacionado a geotecnia. São cartas que foram elaboradas segundo as metodologias do IPT e EESC, cartas que foram analisadas para a realização desta pesquisa.

Tabela 12 - Seleção das cartas geotécnicas do IPT.

NOME DO TRABALHO (Autores, ano)	ORGÃO	FINALIDADE	ESCALA	REPRESENTAÇÃO (Simbologia)	Nº DE UNIDADES	LOCAL
Carta Geotécnica de São José dos Campos (1996)	IPT	Para área de expansão urbana	1:50.000	Hachura colorida	08	São José dos Campos - SP
Carta Geotécnica de São Bernardo do Campo (1999)	IPT	Planejamento à gestão do uso e ocupação do solo	1:25.000	Cor	05	São Bernardo do Campo - SP
Dinis <i>et al</i> (2001)	IPT	Subsídio ao planejamento e gestão ambiental	1:25.000	Cor	09	Bertioga - SP
Diniz & Freitas (1998)	IPT	Planejamento e gestão de território	1:50.000	Cor	08	Bacia do rio Paraíba do Sul – SP
Diniz & Freitas (1998)	IPT	Planejamento e gestão de território	1:100.000	Cor	09	Bacia do rio Paraíba do Sul – RJ
Diniz & Freitas (2001)	IPT	Planejamento e gestão de território	1:100.000	Cor	08	Bacia do rio Paraíba do Sul – MG
Andrade (2001)	IPT	Plano Diretor	1: 50.000	Cores, números, letras e hachura	09	Guarulhos – SP
Diniz, <i>et al.</i> (2001)	IPT	Mapeamento geotécnico	1:25.000	Cores	06	Manaus – AM
Temoteo, <i>et al.</i>	IPT	Caracterização de Unidades Geológico-Geotécnicas	1:2.000	Cor	03	Vitória – ES
Andrade (2001)	IPT	Orientação para o assentamento urbano	1:50.000	Cores	09	Guarulhos – SP
Andrade (2001)	IPT	Plano Diretor	1:50.000	Cores, números, letras e hachura	09	Guarulhos – SP
Diniz, <i>et al.</i> (2001)	IPT	Carta Geotécnica	1:10.000	Cores	06	Manaus – AM
Canil & Ridente Jr. (2001)	IPT	Expansão urbana	Gráfica	Cores	08	Presidente Venceslau - SP

Tabela 13 - Seleção das cartas geotécnicas da EESC.

NOME DO TRABALHO (Autores, ano)	ORGÃO	FINALIDADE	ESCALA	REPRESENTAÇÃO (Simbologia)	Nº DE UNIDADES	LOCAL
Ferreria, Costa (2004)	EESC	Matérias de construção	1:10.000	Cor	03	Belém – PA
Ferreria, Pejon (2004)	EESC	Estudos geológico-geotécnicos	1:5.000	Hachura	14	São Pedro – SP
Marques, Zuquette (2004)	EESC	Seleção de áreas para aterros sanitários	1:50.000	Cor	04	Araraquara – SP
Nishiyama , Zuquette (2004)	EESC	Aterro sanitário	1:100.000	Cor	09	Uberlândia – MG
Barison (1995)	EESC	Mapeamento geotécnico	1:50.000	Cor	86	Amparo – SP
Pejon; Zuquette (1995)	EESC	Geotécnica (Metodologia)	1:100.000	Cor	49 (atributos)	Genérica
Gruber; Rodrigues (1995)	EESC	Gerenciamento	1:50.000	Hachuras	03	Cosmópolis - SP
Pejon; Zuquette (1995)	EESC	Zoneamento	1:100.000	Números	107	Folha de Piracicaba
De Mio; Gandolfi (1995)	EESC	Planejamento	1:100.000	Letras	12	Mogi-Guaçu - SP
Lollo; Gandolfi (1995)	EESC	Distinção entre materiais presentes na área	1:100.000	Letras	09	Leme - SP
Bastos; Souza (1996)	EESC	Zoneamento	1:250.000	Hachura	10 zonas	Feira de Santana – BA
Costa, Gandolfi (1996)	EESC	Mapeamento	1:25.000	Números	10	Campinas - SP
Romão; Souza (1996)	EESC	Mapeamento	Escala Gráfica	Hachura	07	Águas Claras - DF
Zuquette & Pejon (1996)	EESC	Zoneamento geotécnico	1:50.000	Números	16	Franca - SP

NOME DO TRABALHO (Autores, ano)	ORGÃO	FINALIDADE	ESCALA	REPRESENTAÇÃO (Simbologia)	Nº DE UNIDADES	LOCAL
Macari & Rodrigues (1996)	EESC	Expansão Urbana	1:25.000	Alfanumérico	24	Campinas - SP
Aguiar et al (1998)	EESC	Caracterização geotécnica	1:100.000	Cor	37	Distrito Federal
Almeida et al (1998)	EESC	Mapeamento geotécnico	1:25.000	Hachuras e Números	06	Casa Branca – SP
Rodrigues & Pejon (1998)	EESC	Mapeamento geotécnico	1:10.000	Hachuras	03	Águas de Lindóia – SP
Gruber & Rodrigues (1995)	EESC	Mapeamento	1:25.000	Chaves Legenda	60	Campinas – SP
Bento, Frota (1998)	EESC	Mapeamento	1:50.000	Cor	05	Manaus – AM
Carvalho, Pastore (2001)	EESC	Geotécnica	1: 25.000	Letras e Símbolos	05	Distrito Federal - DF
Feres, Lorandi (1998)	EESC	Zoneamento	1: 20.000	Hachuras Cores	06	Rio Branco - AC
Rego Neto, Funke (1998)	EESC	Zoneamento	Não apresenta	Cores	07	Santa Catarina
Aguiar, <i>et al.</i> (1998)	EESC	Mapeamento	1: 100.000	Cores	05	Distrito Federal
Aguiar, Gandolfi (1998)	EESC	Mapa de Combinação	1:100.000	Tabelas com as unidades	133	Distrito Federal
Mauro & Lollo (2001)	EESC	Carta de Suscetibilidade à Erosão	1:15.000	Cor	03	Campo Grande – MS
Liporaci & Rohm (2004)	EESC	Plano direto e gestão ambiental	1:10.000	Símbolos / cor	07	São Carlos – SP
Grecchi & Pejon (1998)	EESC	Zoneamento Geoambiental	1:25.000	Cores	16	Piracicaba – SP

Através da análise das cartas geotécnicas observa-se tanto o emprego do termo *carta* quanto *mapa* nos produtos cartográficos dessa natureza. Nota-se que um número razoável de trabalhos vem sendo realizado em escalas entre 1:25.000 a 1:100.000. As cartas geotécnicas produzidas destinam-se predominantemente a orientar o planejamento urbano e regional. Há um número muito menor de trabalhos realizados especificamente para atender a demanda de resolução de problemas específicos.

Há uma variedade de produtos cartográficos gerados, no entanto, alguns são mais comuns na maioria dos trabalhos realizados. Os mapas básicos, como Geológico, Materiais Inconsolidados, entre outros, são elaborados na maioria dos trabalhos. Cartas de zoneamento de vários tipos também fazem parte dos materiais cartográficos produzidos. Destaca-se, também, o uso do geoprocessamento na elaboração dos trabalhos.

O uso de fotografias aéreas ainda é fundamental nos trabalhos de cartografia, mas o uso de imagens de satélite vem se intensificando, associado ao uso intensivo de Sistemas de Informações Geográficas que tem demonstrado grande potencial para agilizar e melhorar a qualidade dos produtos cartográficos.

Para as cartas geotécnicas elaboradas com base no método proposto pelo IPT, segundo Dr. Carlos Geraldo Luz de Freitas (informação verbal), estas têm por finalidade apresentar informações (atributos, parâmetros e processos) do meio físico para subsidiar intervenções ou soluções de problemas relacionados às diferentes formas de uso e ocupação do solo.

Para o IPT, a cartografia é desenvolvida fundamentada na caracterização e análise dos principais processos do meio físico e suas alterações pelas atividades antrópicas estabelecidas pelo processo tecnológico, o qual corresponde ao objetivo específico de cada Carta Geotécnica. Tais alterações podem ser traduzidas pelas variações nos atributos do meio físico, que condicionam os processos.

Os produtos cartográficos desta metodologia apresentam, na maioria de seus trabalhos, escalas de detalhe, com legendas explicativas ou quadros legendas que auxiliam nas leituras de suas cartas. Na visita feita do Laboratório de Cartografia do IPT, a maioria das cartas verificadas apresentam-se na escala 1:25.000. Algumas cartas possuem legendas não muito claras para o entendimento adequado para o usuário. Isso acontece para as cartas que apresentam um número de unidades muito grande, o que dificulta a percepção visual de um usuário, já que a carta fica visualmente “carregada”.

Para as cartas geotécnicas elaboradas com base no método proposto pela EESC, os trabalhos realizados contemplam a execução de “mapas” básicos e “cartas” interpretativas. Também nota-se a incorporação o uso do geoprocessamento, fazendo uso intensivo de imagens de satélite e processamento digital de imagens em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas. Estas ferramentas tornaram-se particularmente importantes com o desenvolvimento da representação do meio físico, principalmente, na área ambiental.

Em seus trabalhos, o Departamento de Geotecnia tem a preocupação com o uso de informações qualitativas e quantitativas obtidas por meio da execução de ensaios geotécnicos. Assim, recentemente, o desenvolvimento de bancos de dados digitais, associados aos mapas e cartas tem sido uma tônica fundamental. Esses trabalhos vêm em decorrência das novas linhas de pesquisa implementadas que envolvem o desenvolvimento de sistemas de suporte a decisão e que permitem uma interação entre o produto cartográfico e o usuário.

A maior parte das cartas elaboradas com base nas metodologias da EESC/USP apresenta-se na escala de 1:50.000 ou 1:100.000, independentemente do tamanho da área do mapeamento a ser realizado. Isso até dificulta, pois pode ter áreas que poderiam ter um detalhe melhor, mas seguem um mapeamento com a escala já definida.

Comparando as formas de representação cartográfica das duas metodologias, observa-se que o IPT apresenta os seus dados em escalas grandes, com hachuras e cores bem diferenciadas. O número de unidades não é elevado o que facilita a compreensão do usuário. Diferente do que foi encontrado nos trabalhos do Departamento de Geotecnia de EESC, os quais, independente do tamanho da área, foram desenvolvidos na escalas de 1:50.000. Foram encontrados trabalhos em que os produtos cartográficos estavam inseridos em formatos muito pequenos e outros em formatos muito grandes, o que pode dificultar a leitura do documento pelo usuário.

Além disso, também apresenta um número de unidades muito elevado, o que dificulta a percepção visual do usuário, pois deve se lembrar que computacionalmente esses dados são totalmente diferenciados, mas os olhos humanos não conseguem diferenciar um número muito grande de cores. Assim, a comunicação cartográfica não atinge o seu principal objetivo.

É interessante que em se tratando do número de unidades, Zuquette, Gandolfi (2004) afirmam que para elaborar o mapa geotécnico de forma mais simples possível recomenda-se limitar o número de atributos a serem considerados, de maneira a resguardar a fidelidade do

mapa, respeitando a finalidade desejada. Mas nota-se que em sua metodologia encontram-se cartas com muitas unidades, o que atrapalha a percepção visual dos usuários.

5.2 Análise de cartas geotécnicas

Em trabalhos temáticos, apresentados tanto em meio analógico como digital, encontram-se erros decorrentes de uma má estruturação das informações contidas nos mapas, ou mesmo decorrentes do desconhecimento por parte de quem elabora o mapa. Esses tais “erros” podem vir de uma escolha inadequada das variáveis visuais: cores e símbolos, elaboração do layout ou, até mesmo, relacionados através de uma inadequação da escala adotada, comprometendo, assim, a leitura e interpretação contidas no mapa.

Nesta pesquisa procurou-se mostrar alguns exemplos para servir de alerta aos usuários, relacionados com a cartografia geotécnica, já que o objetivo geral da investigação é oferecer subsídio para a elaboração de cartas geotécnicas de melhor qualidade, mais claras e legíveis.

A seguir são apresentados exemplos de alguns mapas analisados, como imperfeições referentes a representação cartográfica, junto com a legenda do mapa. Para evitar constrangimentos, os autores dos mapas analisados não são identificados:

Observando-se a Figura 23, nota-se que este mapa utiliza como variáveis visuais para distinguir as unidades, hachura. É uma representação simples, mas que transmite aos usuários os atributos necessários. Por ter sido elaborado em preto e branco, a diferenciação dos atributos é melhor que seja feita com hachuras ou texturas diferentes. Na legenda nota-se a utilização de convenções cartográficas para a cartografia geotécnica, mas as simbologias utilizadas não são as sugeridas pela IAEG. É importante ter certo cuidado com as hachuras, para não se utilizar representação parecidas, pois muitas vezes não se consegue ter distinção de dois ou mais atributos. É interessante que, nestes casos, sejam utilizadas juntamente com as hachuras, as cores para se distinguir melhor as unidades das cartas geotécnicas.

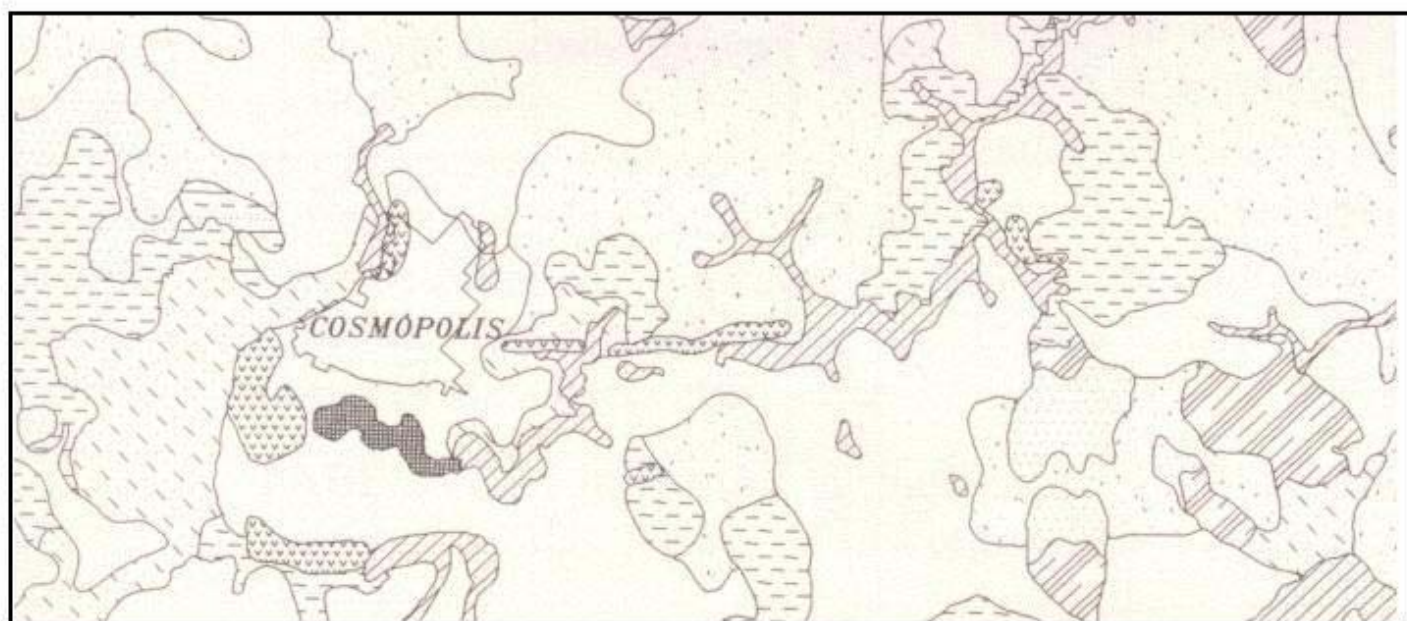
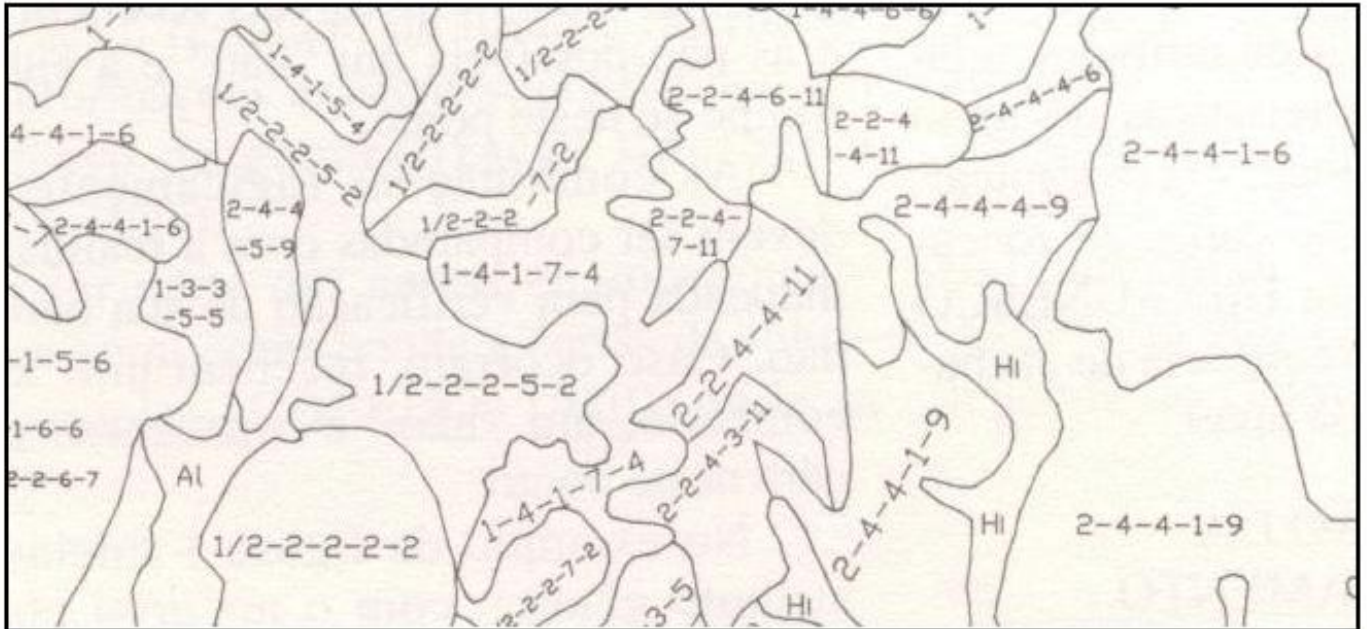


Figura 23: Exemplo de representação cartográfica por hachuras elaborada com base na metodologia da EESC, na escala 1:50.000.

Na Figura 24, observa-se que é um exemplo encontrado em muitas cartas elaboradas nos anos 1990, das quais apresentam a utilização de chaves para descrever as unidades geológico-geotécnicas. Em relação à descrição das unidades não se tem a menor dúvida que a informação chegará ao usuário perfeitamente, mas em relação à visualização, dependendo do tamanho e quantidade das unidades, a carta pode-se apresentar um pouco carregada visualmente. Também não será fácil a percepção para o usuário em associar as unidades iguais, ou até mesmo a

gradação das informações nestas cartas. A escala é um fator muito importante para esse tipo de representação. As chaves são interessantes formas de representação para as sub-unidades.



LEGENDA

1 - 3 - 2 - 4 - 5				
GÊNESE DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS	TEXTURA DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS	ESPESSURA DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS	DECLIVIDADE GENERALIZADA #	TIPO DE SUBSTRATO ROCHOSO ASSOCIADO
1 - RESIDUAL	1 - ARENOSO I	1 - < 0,5 m	1 - A1	1 - ASSOCIAÇÃO LITOLÓGICA I - SUBGRUPO ITARARÉ
2 - RETRABALHADO	2 - ARENOSO II	2 - 0,5 A 3,0 m	2 - A2	2 - ASSOCIAÇÃO LITOLÓGICA II - SUBGRUPO ITARARÉ
	3 - SILTO-ARGILOSO	3 - 3,0 A 5,0 m	3 - B1	3 - ASSOCIAÇÃO LITOLÓGICA III-SUBGRUPO ITARARÉ
	4 - ARGILOSO	4 - > 5,0 m	4 - B2	4 - FORMAÇÃO TATUI
			5 - C1	5 - FORMAÇÃO IRATI
			6 - C2	6 - FORMAÇÃO CORUMBATAÍ
			7 - C3	7 - FORMAÇÃO PIRAMBÓIA
			8 - C4	8 - FORMAÇÃO BOTUCATU
				9 - FORMAÇÃO SERRA GERAL E INTRUSIVAS BÁSICAS
				10 - FORMAÇÃO ITAQUERI
				11 - NÃO DETERMINADO

1/2-4/2-3-4-2
INDICA DOIS TIPOS DE TEXTURA NA MESMA UNIDADE
MATERIAIS RESIDUAIS E RETRABALHADOS NA MESMA UNIDADE

Al - ALUVIÕES ARENOSOS
Hi - MATERIAIS HIDROMÓRFICOS

VER TEXTO #

Figura 24: Exemplo de representação cartográfica por sistema alfanumérico elaborada com base na metodologia da EESC, na escala 1:100.000.

Observa-se na Figura 25, que o autor optou-se por utilizar a variável visual de orientação, na qual a diferença dos atributos é determinada. Este tipo de visualização parece exigir um pouco mais da percepção do usuário. A cor seria uma variável mais indicada, já que nesta carta são apresentadas apenas quatro unidades. O uso de variável visual de orientação pode ser interessante para diferenciação de sub-unidades.



Figura 25: Exemplo de representação cartográfica pela variável visual de orientação elaborada com base na metodologia do IPT, na escala 1:25.000.

A Figura 26 apresenta o exemplo de uma carta com o meio de comunicação cartográfica através do sistema alfanumérico. Em muitas cartas foram encontradas com essa simbologia. São cartas mais antigas. Assim como no exemplo da Figura 24 a informação será clara ao local que se deseja obter, mas em relação a informação geral da área, o usuário não terá de imediato com a carta.

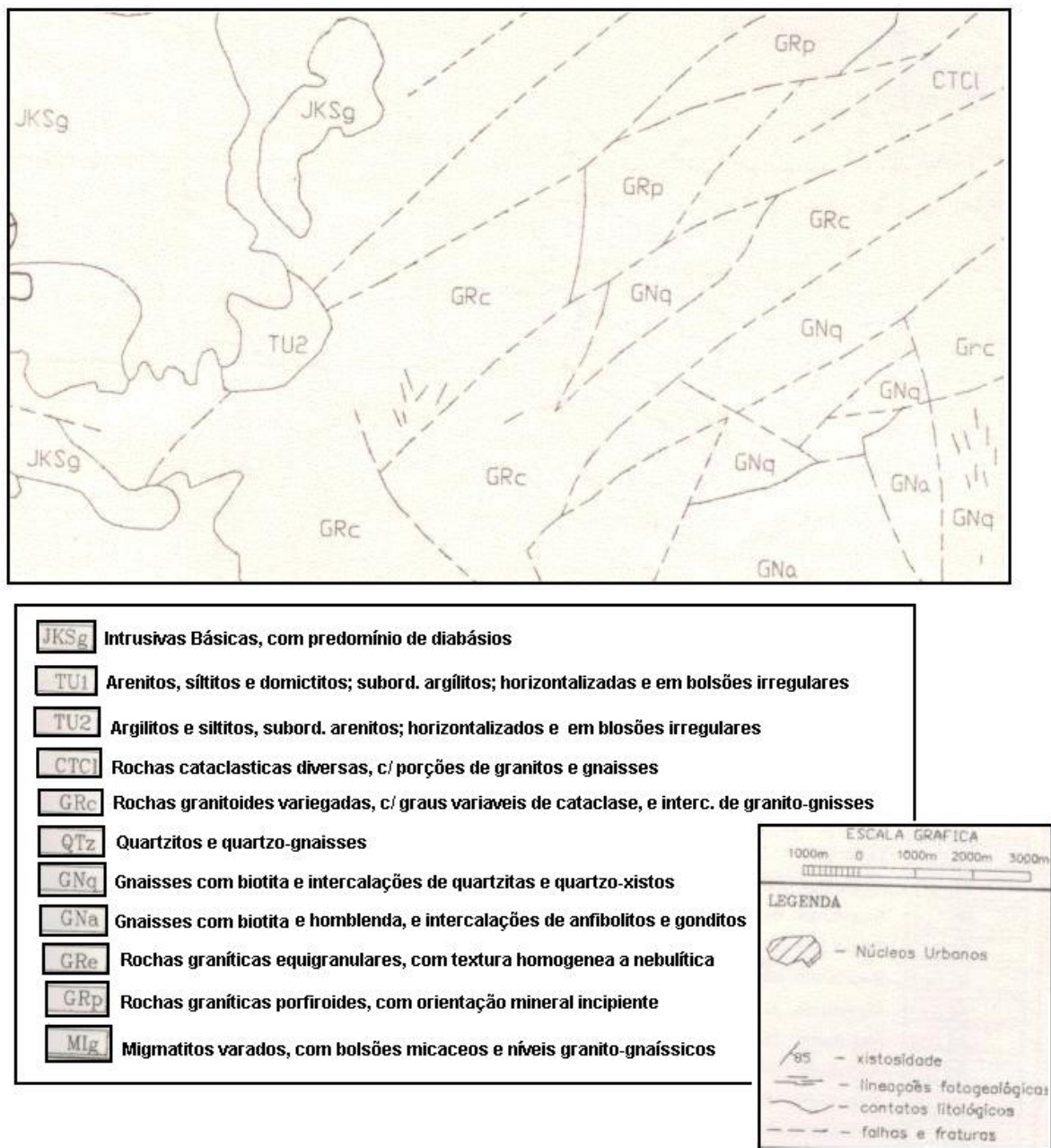


Figura 26: Exemplo de representação cartográfica por sistema alfanumérico elaborada com base na metodologia da EESC, na escala 1:100.000.

Observando-se a Figura 27, outro exemplo de uma carta geotécnica com simbologia alfanumérica. Esta carta poderia apresentar as unidades por cores, pois ficaria mais adequada, visualmente para usuário.

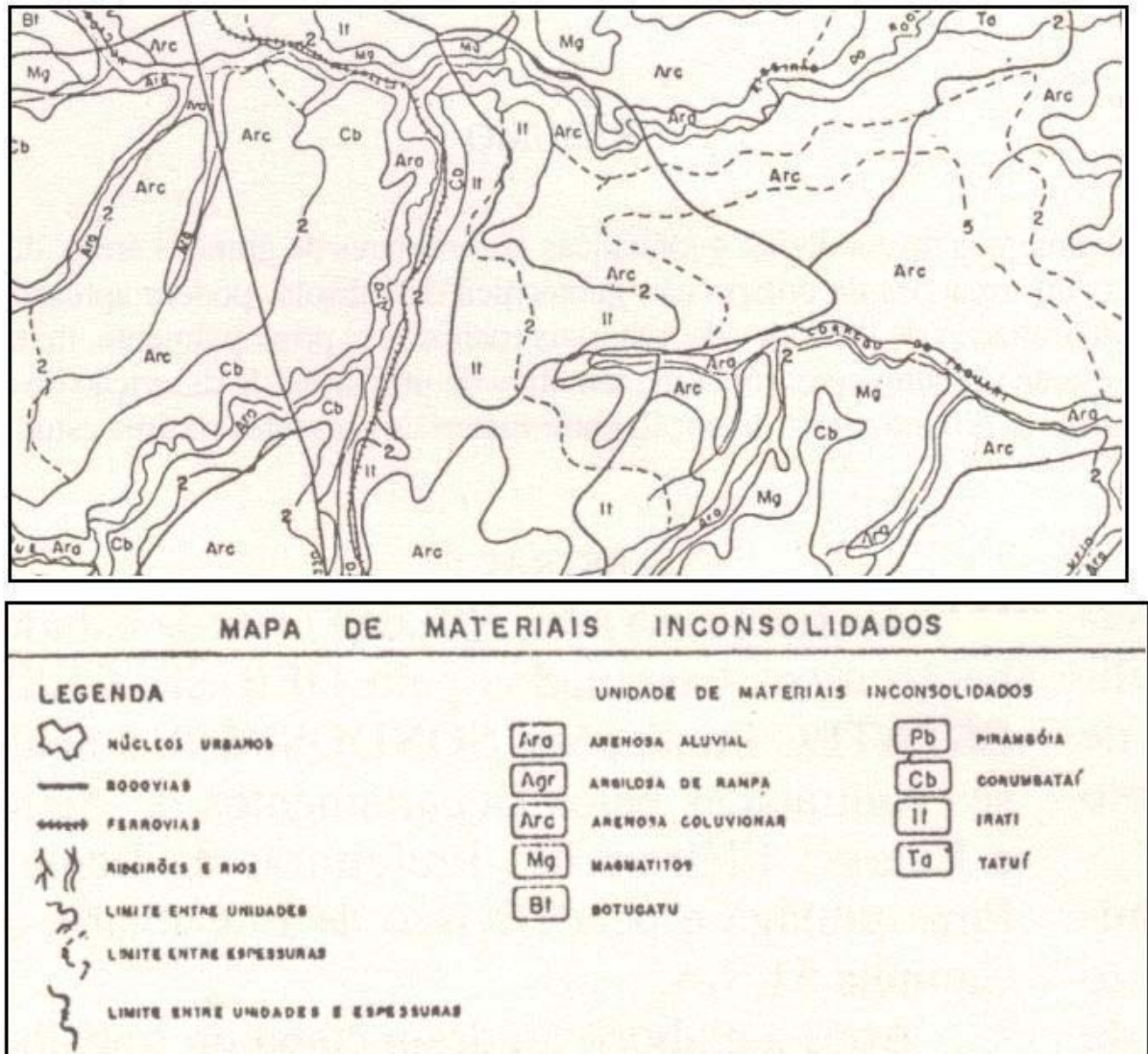


Figura 27: Exemplo de representação cartográfica por sistema alfanumérico elaborada com base na metodologia da EESC, na escala 1:100.000.

Observando-se a Figura 28, verifica-se que a legenda apresentada não é adequada para a interpretação dos atributos porque dificulta a transmissão da informação das características do meio físico até o usuário. Neste mapa o autor utilizou as representações por as chaves e também

por números para indicar os diferentes atributos, mas a legenda não está muito clara esteticamente. Para melhorar a comunicação cartográfica seria ideal a apresentação de um quadro legenda que apresentasse as informações necessárias do meio físico para os usuários.

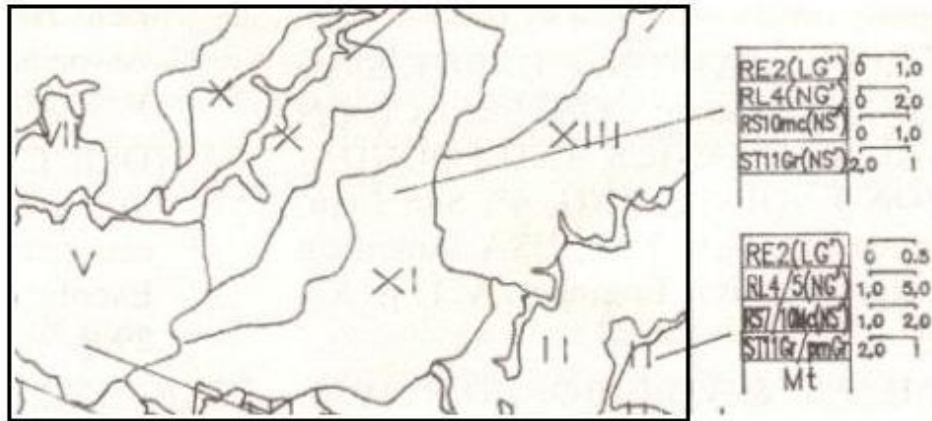


Figura 28: Exemplo de representação cartográfica por chaves elaboradas com base na metodologia da EESC, na escala 1:100.000.

A Figura 29 apresenta um exemplo de um mapa de representação simples. É um mapa que transmite perfeitamente a informação desejada para o usuário, mas o autor poderia aproveitar mais das variáveis visuais. A Cor e Hachuras poderiam ser utilizadas para realçar as informações.

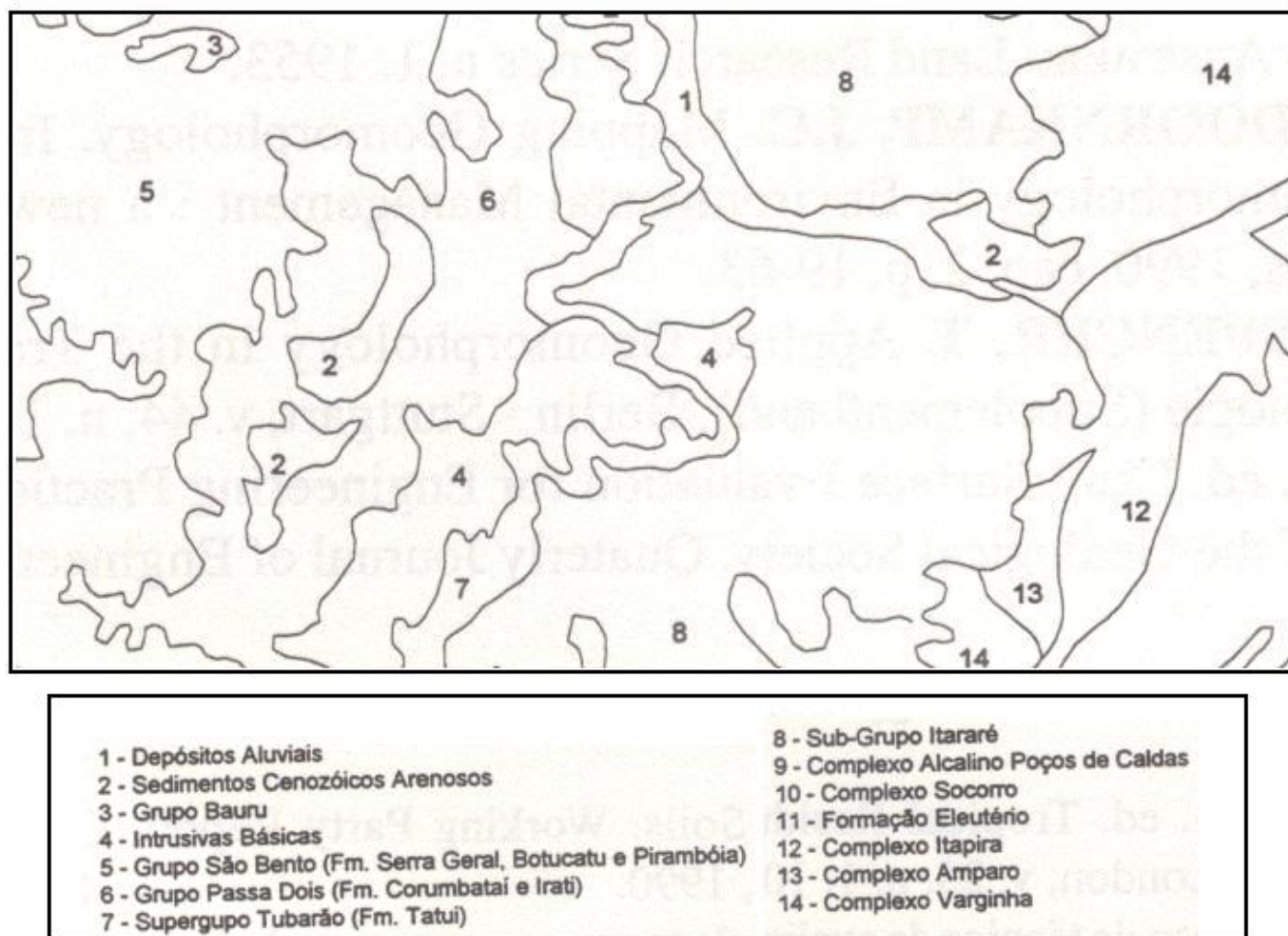


Figura 29: Exemplo de representação cartográfica por números elaborada com base na metodologia da EESC, na escala 1:100.000.

Na Figura 30 é apresentada uma carta muito carregada visualmente, o autor poderia ter mais cuidado para representar as informações dos dados mais relevantes. A distribuição em relação ao layout final do mapa também é inadequada, o autor poderia aproveitar mais o espaço a ser utilizado.

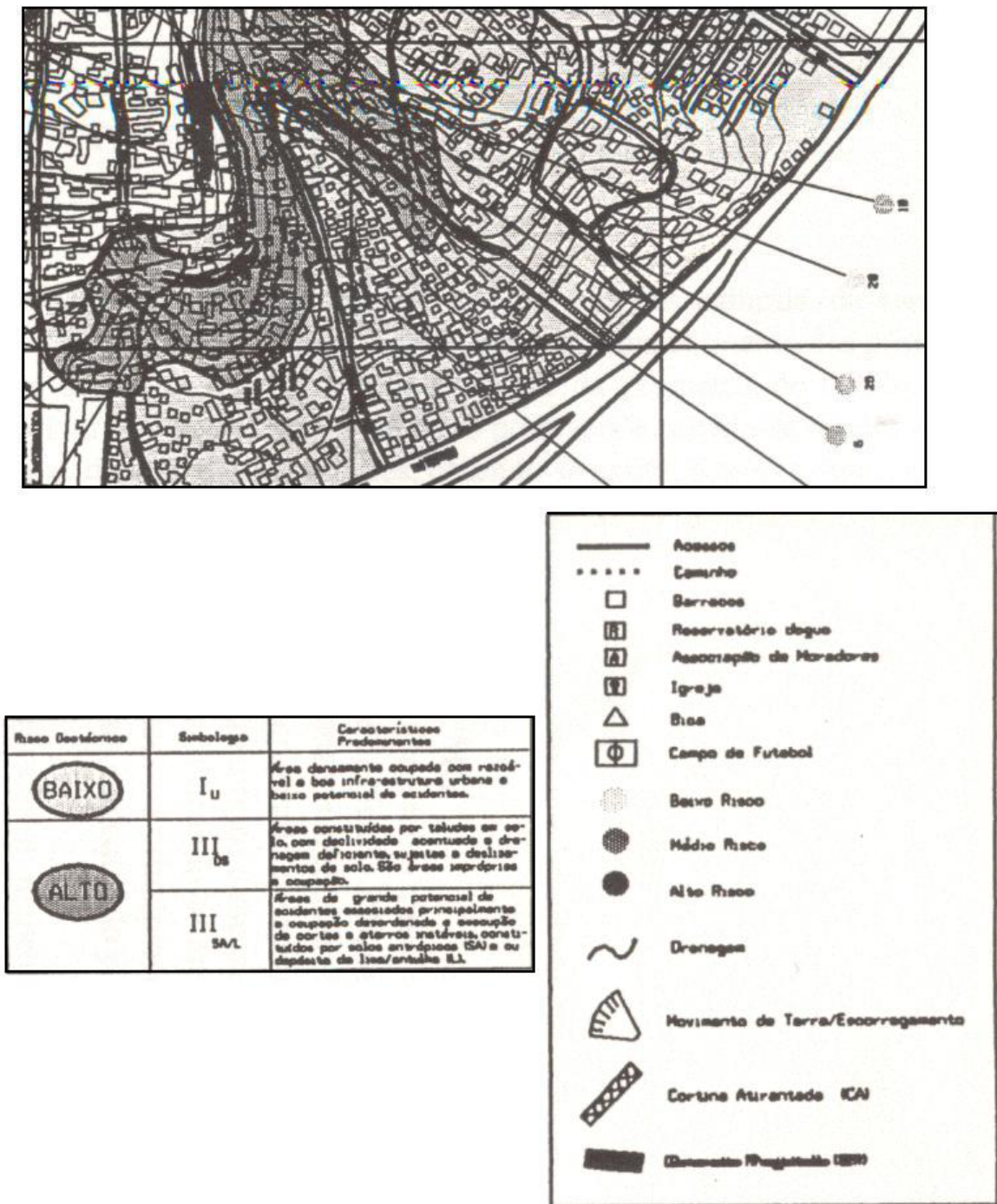


Figura 30: Exemplo de representação cartográfica pela variável visual de cor elaborada com base na metodologia do IPT, na escala 1:2.000.

A Figura 31 apresenta um exemplo de uma carta geotécnica sem escala. A legenda foi apresentada em forma de uma tabela, da qual estão descritas todas as nomenclaturas das unidades geotécnicas da região representada.

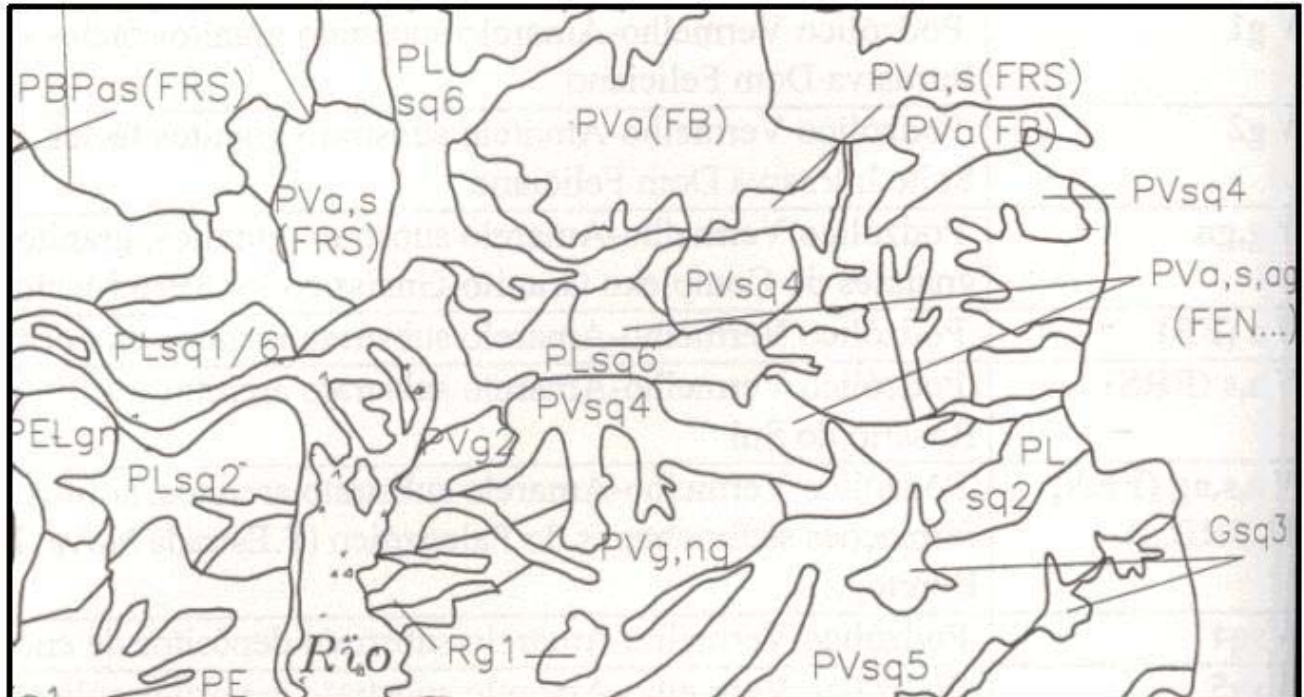


Figura 31: Exemplo de representação cartográfica por sistema alfanumérico elaborada com base na metodologia do IPT, na escala 1:2.000.

Observando-se a Figura 32, nota-se que nesta carta pode-se utilizar cores para as unidades importantes e hachuras para as sub-unidades. A simbologia apenas com letras não ficou adequada porque não se consegue determinar com clareza os limites das unidades.

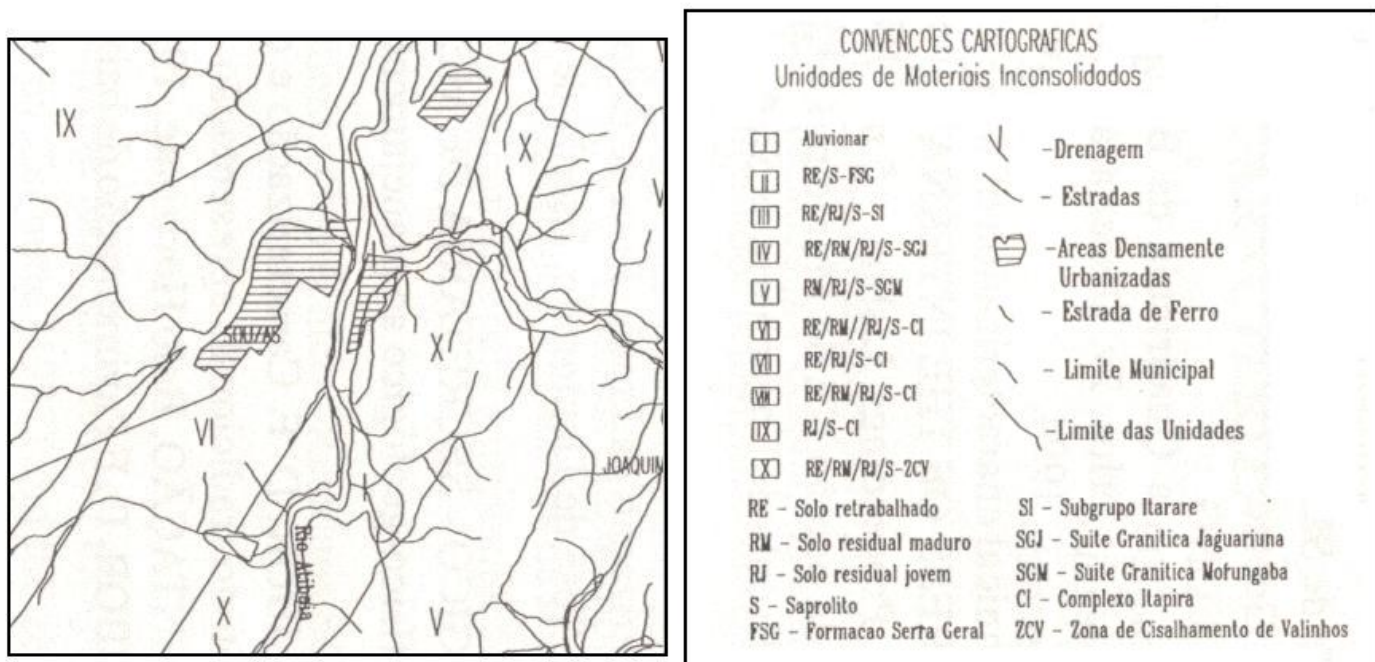


Figura 32: Exemplo de representação cartográfica por chaves e letras elaborada com base na metodologia da EESC, na escala 1:25.000.

A Figura 33 apresenta um bom exemplo da utilização da simbologia por cores e hachuras. Essas variáveis foram escolhidas de forma que não atrapalham a percepção visual do usuário, pois foram utilizadas cores adequadas em que o usuário possa compreender com clareza os limites das unidades.

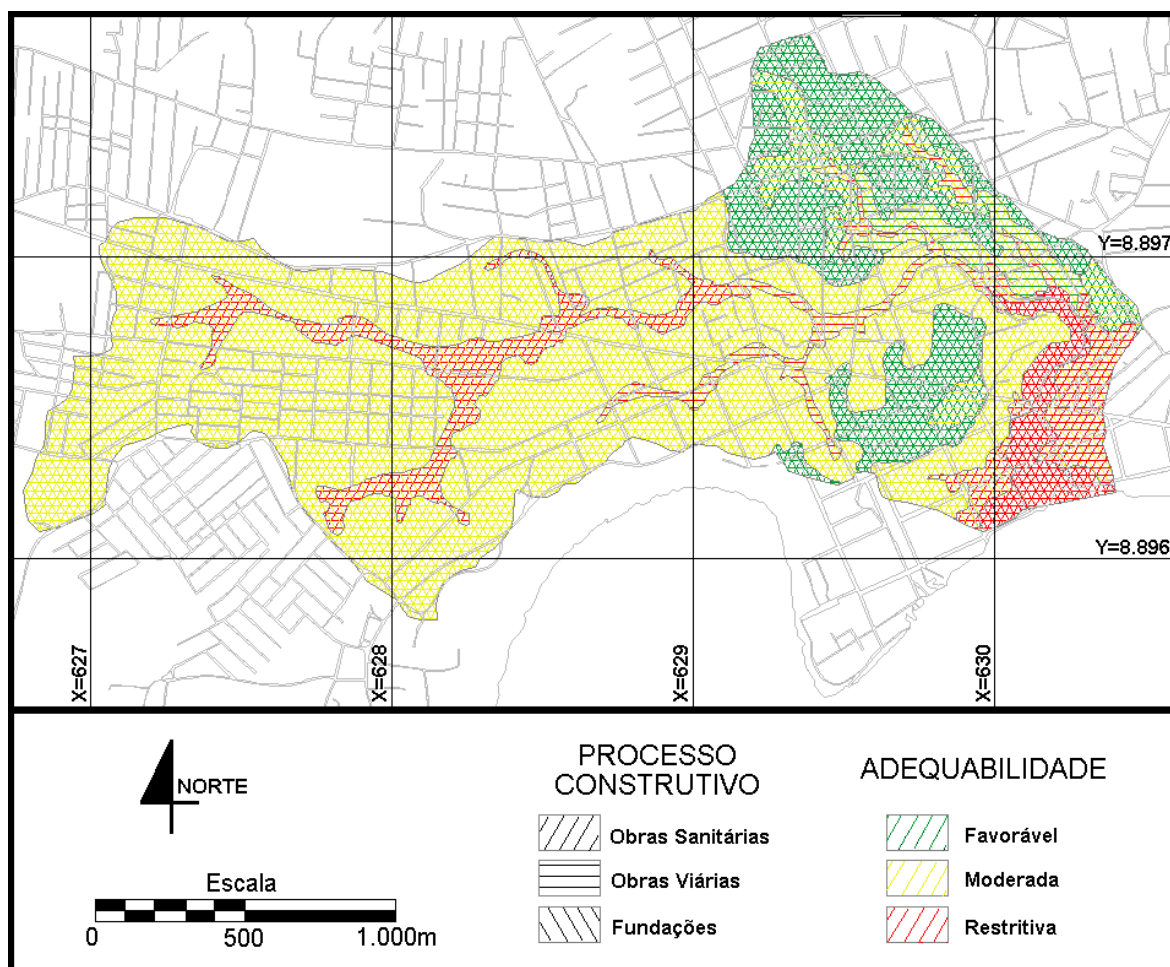


Figura 33: Exemplo de representação cartográfica elaborada com base na metodologia da EESC.

5.3 Elaboração do Projeto Cartográfico

Para a elaboração do projeto cartográfico, segundo BOS (1984), é importante lembrar da definição do propósito do mapa a partir da identificação do usuário e suas demandas. Em relação ao objeto de estudo, é fundamental, delinear as necessidades a serem supridas e os objetivos a serem alcançados.

A área geográfica é outro parâmetro importante a ser considerado para a elaboração de um projeto cartográfico porque é impossível considerar qualquer mapa até que essa seja conhecida. Nesta fase de análise de demanda, é feito o reconhecimento do mundo real a ser mapeado, para abstrair, selecionar o conteúdo e classificar, da realidade, as informações necessárias para gerar o produto cartográfico.

Para se trabalhar a informação, é necessário realizar a análise dos dados geográficos, no caso as unidades geotécnicas. O cartógrafo tem que entender a informação que irá representar no mapa, para isto, deve-se conhecer as propriedades dimensionais das feições (ponto, linha e área), que dependem da escala adotada, e seus níveis de medida (qualitativo, ordenativo e quantitativo). (OLIVEIRA, DECANINI, 2001).

O nível de medida influenciará na seleção das variáveis visuais. Nesta fase, deve-se analisar o nível de percepção visual requerido, ou seja, a relação objeto x fundo em que a informação mais importante (tema) deve aparecer mais nitidamente que as informações secundárias (base cartográfica).

Portanto, considerando que o documento cartográfico geotécnico tem que possuir uma linguagem que atinja os usuários e, desta forma, cumprir a sua função; e que a linguagem deve fazer uso de todos os meios possíveis como cores, símbolos, convenções cartográficas e outros, é proposta a seguinte estrutura para a elaboração do projeto cartográfico (Figura 34):



Figura 34: Esquema do projeto cartográfico para as cartas geotécnicas.

O projeto cartográfico é um resultado da combinação das simbologias sugeridas pela IAEG com as convenções cartográficas adotadas no Brasil pelo IBGE, o qual apresenta as simbologias de elementos fundamentais que devem aparecer nas cartas geotécnicas como drenagem, rodovias, curvas de nível, área urbana, etc.

Assim, o projeto cartográfico para a elaboração de cartas geotécnicas não estará desconsiderando as simbologias sugeridas pela IAEG, que é o órgão internacional ao qual o tema cartografia geotécnica se associa, como também não estará ignorando as convenções cartográficas que são necessárias para que se obtenha um bom mapa, já que se torna fundamental a utilização de todo conhecimento e técnica para que haja uma boa comunicação cartográfica entre os usuários e o produto final.

5.3.1 Convenções cartográficas e Simbologias sugeridas pela IAEG

Um símbolo cartográfico, mesmo na representação topográfica de hoje, não pode abdicar, inteiramente, do seu caráter figurativo, associativo, em favor dos símbolos geométricos puros, como ponto, linha, quadrado ou círculo. “Um mapa não é um diagrama meramente geométrico, em que as distâncias e as relações horizontais estejam corretas; deve até certo ponto, sugerir a aparência do assunto, como este é visto pelo observador, no terreno” (OLIVEIRA, 1988).

Segundo o mesmo autor, outro aspecto que deve ser fixado, no que diz respeito à simbologia cartográfica, é que, se os símbolos, sejam eles quais forem, geométricos ou não, é indispensável em qualquer tipo de representação cartográfica, a sua variedade ou a sua quantidade acha-se, muitas vezes, em função da escala.

No Brasil, o órgão responsável pelas convenções cartográficas é o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que adota os seguintes padrões para a representação das feições básicas que sempre são apresentadas em um mapa (OLIVEIRA, 1988):

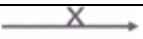
- a) *Hidrografia*: sempre que possível, por meio de símbolos que lembram água. Os mapas em preto-branco mostram os mares e lagos com linhas paralelas onduladas. Nos coloridos, o azul (ciano), tem sido a cor escolhida para os cursos d'água e as extensões hidrográficas.
- b) *Aspecto do solo*: a representação do terreno na carta é, em geral, o castanho. A própria simbologia que representa o modelado terrestre – as curvas de nível – é impressa nesta cor.
- c) *Vegetação*: como não poderia deixar de ser, a cor verde é universalmente usada para representar a cobertura vegetal.
- d) *Localidades*: em escalas grandes, o centro urbano é representado pela forma generalizada dos quarteirões, que compõem a área urbanizada construída. Em escalas médias, o centro urbano é representado por uma tonalidade rosa, (ou vermelho reticulado). Já em escalas pequenas, as localidades são representadas por pequenos símbolos quadrados ou circulares, em preto. Outras construções, como barragem, ponte, aeroporto, moinho, cata-vento, farol, olaria, etc., tem simbologia especial, mas quase sempre de caráter associativo.
- e) *Sistemas viários e de comunicação*: o sistema viário é apresentado em vermelho e preto, seguindo as classificações entre auto-estrada, rodovias, estradas pavimentadas ou não, e caminhos. Quanto às ferrovias, são representadas em preto, e são distinguidas quanto à bitola (normal, larga e estreita) e à indicação das estações. As vias de comunicação resumem-se à linha telegráfica e às linhas de energia (de alta e baixa tensão), em preto.

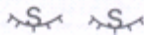
Existem algumas simbologias das convenções cartográficas que são extremamente importantes que se apresentem nas cartas topográficas. A base cartográfica é um elemento indispensável para os mapas que representam os atributos do meio físico. O relevo representado pelas curvas de nível transmite muitas informações do meio físico ao usuário. Muitos dados sobre as características e os comportamentos dos condicionantes geológico-geotécnicos podem ser obtidos apenas analisando-se a base topográfica. A representação da drenagem também é muito importante nas cartas geotécnicas.

Como já citado anteriormente, o objetivo desta pesquisa é contribuir para o aperfeiçoamento da representação cartográfica nos processos de elaboração de cartas geotécnicas. Deste modo, um detalhado entendimento das simbologias que já são padronizadas é imprescindível nesta temática.

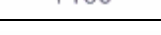
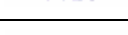
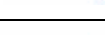
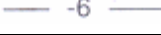
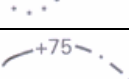
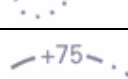
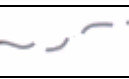
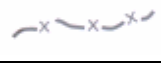
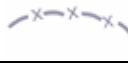
Há uma simbologia internacional que foi sugerida pela IAEG (1981) na qual são utilizados vários símbolos pictóricos que representam aspectos geológicos e geotécnicos de uma área como sondagens, afloramentos, poços profundos, amostragens, fenômenos hidrogeológicos e hidrológicos, feições geomorfológicas e fenômenos geodinâmicos. Nesta proposta da IAEG, para a representação de área, a simbologia é apresentada pelas variáveis visuais com hachuras para representar os parâmetros geológicos: rochas ígneas, metamórficas, sedimentares e solos.

A seguir são reproduzidas as simbologias sugeridas pela IAEG, em 1981:

FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS			
	Escala		
	Grande	Média	Pequena
1.Encosta (superfície c/ X°)			
2.Relevo ondulante			
3.Encosta convexa			
4.Encosta abrupta			
5.Quebra de encosta (convexa, concave)			
6.Escarpa abrupta			
7.Escarpa suave			
8.Cone aluvionar			
9.Terraços			
10.Penhasco			

	Escala		
	Grande	Média	Pequena
11.Solifluxão			
12.Efeitos glaciais			
13.Dunas			
14.Canais de rios abandonados			
15. Vales soterrados			

FENÔMENOS GEODINÂMICOS			
	Escala		
	Grande	Média	Pequena
1.Escorregamentos em geral			
2.Quedas de Rochas			
3.Escorregamentos de terra rotacionais			
4.Escorregamentos de terra translacional			
5.Rastejo (creep)			
6.Solifluxão			
7.Fluxo de terra			
8.Avalanches			
9.Áreas de escorregamento potencial			
10.Área potencial de queda de rochas			

FENÔMENOS HIDROGEOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS			
	Escala		
	Grande	Média	Pequena
1. Fonte (I/min)			
2. Fonte artesiana			
3. Fonte intermitente			
4. Grupo de fontes			
5. Linhas de fontes			
6. Fonte mineral			
7. Fonte termal			
8. Poço			
9. Poço artesiano			
10. Poço mineral			
11. Poço termal			
12. Nível freático: - acima N.M.M			
-prof. da super.			
13. Área com água parada			
14. Direção geral do fluxo de água subterrânea (determ. e estim.)			
15. Divisor de águas subterrâneas			
16. Elevação da superfície piezométrica			
17. Divisor de águas superficiais			
18. Água subterrânea confinada			

	Escala		
	Grande	Média	Pequena
19.Bacia com artesianismo			
20.Desaparecimento de correntes			
21.Reaparecimento de correntes			
22.Altura da linha de costa			
23.Áreas alagadiças, pântano e outros			
24.Limites (m) de inundação			
25.Áreas inundadas temporariamente			
26.Corrosividade da H ₂ O (área)			
27. Corrosividade da H ₂ O (local)	CL		
28.Zona de proteção para águas (potáveis, medicinais)			
29.Áreas com poluição			
30. Maior maré			

Produtos Observados		Símbolos
		Unidades
1. Afloramento observado		
Material inconsolidado		
Rochoso		
2. Sondagem geral		
Mecânica	S.P.T	
CPT		
Outras		

Produtos Observados	Símbolos
	Unidades
Manual	
Geofísica Sísmica (refração ou reflexão)	
Elétrica	
3. Pedreira	
4. Porto de areia	
5. Material cerâmico	
6. Amostragem (material inconsolidado)	deformada 
	indeformada 
7. Amostragem (material rochoso)	
8. Poços profundos	

ROCHAS ÍGNEAS			
	1.Riolito		9.Dolerito
	2.Andesito		10.Piroxenito
	3.Basalto		11.Peridotito
	4.Vidro Vulcânico		12.Basalto,intemperizado com blocos colunares
	5.Pegmatito		13.Granito fraturado com nível 3
	6.Granito		14.Sienito
	7.Diorito		15.Diabássio
	8.Gabro		16.Sepentinito

ROCHAS METAMÓRFICAS			
	1.Migmatito		8. <i>Hornfels</i>
	2.Gnaisse		9. Mármore
	3.Xisto (geral)		10. Granulito
	4.Filtro		11. Quartzito
	5.Ardósia		12. Anfibolito
	6.Milonito		13. Rochas metamórficas
	7.Brecha tectônica		

ROCHAS SEDIMENTARES			
	1.Argilito		14.Lignita
	2.Arenito		15.Tufos
	3.Siltito		16.Brecha vulcânica
	4.Brecha		17.Aglomerado vulcânico
	5.Conglomerado		18.Folhelho
	6.Giz		19.Lamito
	7. Calcário		20.Margas
	8.Dolomito		21.Grauvacas
	9.Halita		22.Arcósios

	10.Anidrita		23.Arenito moderadamente intemp. (grau 3)
	11.Gipsita		24.Arenito c/ grandes blocos tabulares
	12.Chert		25.Calcário com <i>chert</i>
	13.Carvão		26.Dolomito/ calcário
			27.Rocha sedimentar

SOLOS (materiais inconsolidados)			
	1.Aterro (fill)		9.Turfa
	2.Argila		10.Areia siltosa
	3.Colúvio,tálus		11.Silte argiloso
	4.Silte		12.Areia carbonática
	5.Loess		13.Areia com seixos
	6.Areia		14.Turfa arenosa
	7.Seixo		15.Silte arenosa
	8.Blocos		16.Argila siltosa
			17.Concreções

É interessante notar a preocupação com a escala de trabalho, pois os símbolos apresentados têm uma representação em função do tamanho de escala (grande, média e pequena). Esse cuidado é de fundamental importância para que se tenha uma padronização a ser seguida. Assim, é facilitada a comunicação cartográfica para vários usuários de diferentes lugares que vierem a consultar o mapa. Entretanto, esta proposta deve ser entendida apenas como uma referência, devendo ser aprimorada tanto quanto possível.

Em termos dos símbolos pictóricos não há problemas desde que se tenha cuidado na definição do tamanho que estes símbolos aparecerão no mapa, já que devem ser legíveis e, é claro, sempre acompanhados por uma legenda.

Para os símbolos de área, o cuidado deve ser maior, porque a IAEG apresenta algumas simbologias que podem ser confundidas durante a percepção dos usuários, pois apresentam hachuras parecidas. É interessante que se use a variável cor para diferenciar os atributos envolvidos no mapa.

Outro fato que pode ser destacado, é que, a maioria das cartas geotécnicas analisadas não adota a simbologia apesar da proposta sugerida pela IAEG, que é um órgão internacional.

6. PROPOSTA DE PROJETO CARTOGRÁFICO PARA AS CARTAS GEOTÉCNICAS

A proposta de projeto cartográfico para a elaboração das cartas geotécnicas foi concebido considerando-se muitos aspectos importantes para que a comunicação cartográfica seja clara e objetiva. No produto cartográfico final devem prevalecer o interesse, a exatidão, a criatividade e a profundidade técnica.

Para a representação dos condicionantes do meio físico pelas cartas geotécnicas, exige-se que o profissional conheça bem as necessidades dos usuários, bem como suas interações com o meio físico. Desta forma, a escolha da escala se torna mais fácil; tomam-se decisões mais acertadas ao se identificar, medir e mapear os atributos que sejam relevantes para a finalidade pressuposta, bem como ao buscar maior exatidão.

Na maioria das cartas encontradas é interessante ressaltar que os atributos representados são qualitativos, representados pela simbologia de área. Para a seleção desses atributos a variável visual mais adequada seria a cor.

É importante destacar que as cores sugeridas por Martinelli (1991) para dar a seletividade entre os atributos não podem ser utilizadas para um número muito grande de unidades, dado que visualmente não é possível que se tenha uma boa comunicação cartográfica. As cores que são opostas e que podem se destacar na percepção visual são: violeta, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho. Além disso, pode-se usar as cores marrom e cinza. Todas essas cores, distribuídas corretamente, dão ao usuário a percepção de diversidade.

Para os mapas que representam tanto características geológicas quanto geotécnicas, é mais conveniente representar graficamente as litologias com as hachuras sugeridas pela IAEG em preto, sobre as unidades geotécnicas encontradas no meio físico.

Em relação ao layout, a apresentação final do produto cartográfico deve aparecer também de forma clara e simples. Deve conter informações importantes como escala (numérica ou gráfica), base cartográfica, orientação (norte), projeção e a data de elaboração, como também outras informações solicitadas e exigidas nas normas de referências bibliográficas.. Além disso, o mapa dobrado deve ser apresentado no formato A4, onde deve ser mostrado, no canto inferior direito, um carimbo de apresentação do mapa. Este carimbo deve conter informações técnicas como o técnico responsável pelo produto, título do mapa, finalidade e título do projeto no âmbito do qual a carta se insere.

Adicionalmente, um dos fatores mais importante para a comunicação ser clara é a presença da legenda. Esta, por sua vez, deve conter informações da relação da simbologia utilizada e seu significado. É por meio da legenda que a mensagem chega até o usuário final.

Como já citado anteriormente, as cartas geotécnicas devem limitar o número de unidades, caso contrário, não será possível, para o olho humano, distinguir claramente os atributos representados, quando o mapa for impresso.

Devido à grande quantidade de informações geológico-geotécnicas, um quadro legenda é usado em alguns casos, acompanhando o mapa final. Este quadro legenda apresenta informações mais detalhadas das unidades geotécnicas.

Zuquette, Gandolfi (2004) afirmam que o profissional deve usar a linguagem de maneira mais clara possível, para que os usuários interpretem os dados contidos num mapa geotécnico sem extrapolar ou subentender informações. Apresentar um material claro, técnico e bem embasado é bem mais importante do que fornecer muitas informações quantitativas. Às vezes, um texto claro e explicativo é mais eficiente que a exatidão das linhas demarcatórias.

As informações serão claras para os usuários quando sua transmissão e seu significado forem os realmente pretendidos, quaisquer que sejam as ferramentas de comunicação usadas: linguagem, símbolos ou grafismos.

É importante lembrar que, independente do meio de comunicação escolhido, é fundamental que haja padronização na apresentação de dados e informações. Por isso é interessante a criação de um projeto cartográfico dirigido à elaboração de cartas geotécnicas. Esse projeto deve apresentar grafismos simples, precisos, ocupar pouco espaço, expressar claramente a descrição e classificação dos atributos e suas relações.

Zuquette, Gandolfi (2004) mostram que a necessidade da padronização não deve ser encarada como uma forma de bloquear a criatividade. Ela é fundamental para o mapeamento geotécnico, pois permite melhor arranjo entre os atributos e favorece uma abrangência das finalidades. A criatividade pode e deve ser usada não só a partir dos dados obtidos, mas também para a sua obtenção, bem como para correlacioná-los, armazená-los e, ainda, no momento de determinar como será a influência dos atributos no uso e formas de ocupação, como para outros fins. Em relação à profundidade técnica, um usuário qualquer, ao se deparar com um mapa geotécnico, poderá fazer uma avaliação superficial por falta de conhecimento do tema retratado. Ao analisar um mapa geotécnico, o usuário deverá ser informado num local de destaque, sobre a

finalidade para a qual o mapa foi elaborado; a relação atributos x escala; capacidade de representação dos atributos e as fontes dos dados e das informações, ressaltando as condições de contorno e restrições de uso.

Os mapas e as cartas devem conter a representação de um atributo ou conjunto de atributos em unidades caracterizadas por uma heterogeneidade mínima, respeitando a escala de trabalho.

A representação cartográfica deve considerar os limites entre as unidades, a simbologia, características das unidades e uma forma para representar as variações verticais. Esses limites indicam uma mudança de propriedade e, portanto, de comportamento. Assim, é fundamental analisar a quantidade de unidades. Em muitos casos, as unidades preliminares necessitam de divisão ou agrupamento.

Ao escrever a escala para representar uma porção da superfície terrestre, num certo tamanho de papel, deve-se levar em consideração que o olho humano permite distinguir um distancia linear igual ou maior que 0.1 mm e um ponto e diâmetro igual ou maior que 0.2 mm. (ROSETTE, MENEZES, 2002).

A média de 0.2 mm foi estabelecida como Erro Gráfico (menor ponto perceptível pelo usuário). Esta média é utilizada no cálculo da Precisão Gráfica admitida em documentos cartográficos. A Precisão Gráfica é a menor grandeza medida no terreno, capaz de ser representada no mapa, sem que seja necessário utilizarem-se símbolos ou convenções cartográficas. Assim sendo, a Precisão Gráfica deverá sempre estar vinculada à Escala de Representação.

A decisão quanto ao nível de detalhamento ou quantidade de informações contidas em um mapa é conhecido por generalização. Desta forma, a generalização corresponde ao grau de minuciosidade dos detalhes representados, distinguindo-se aquilo que é essencial, adaptando-se os elementos quantitativos e qualitativos de tal forma que não prejudique tanto a clareza e apresentação, quanto a precisão da informação (ROSETTE, MENEZES, 2002).

A exigência de informações depende do tipo de obra civil e das diferentes fases do projeto nos quais os documentos cartográficos apresentam características específicas, especialmente a escala de abordagem.

Segundo Zuquette e Nakazawa (1998), essas fases são:

- ✓ *Inventário*: mapeamentos básicos, utilizados para avaliar as condições da região, frente à obra civil em questão. As escalas podem variar de 1:200.000 até 1:50.000.
- ✓ *Viabilidade*: permite aos profissionais à implementação de uma obra civil. Escala variam de 1:100.000 até 1:20.000. Devem conter informações preliminares que reflitam os comportamentos dos componentes geológicos que afetam a implantação.
- ✓ *Avaliações ambientais*: apresentam escalas de 1:100.000 até 1:5.000. os resultados obtidos nesta fase poderão provocar mudanças significativas no projeto, até mesmo inviabilizando a sua implementação, em outros casos, exigindo uma investigação mais detalhada.
- ✓ *Projeto básico*: produtos cartográficos que apresentam dados geológicos produzido por investigação criteriosa e detalhada atendendo as premissas da etapa de pré projeto e condicionantes definidos durante a fase de avaliações ambientais.
- ✓ *Projeto executivo*: nesta fase, os produtos cartográficos apresentam informações a partir do início do processo de implantação de uma obra e possibilita um redirecionamento das diretrizes construtivas.
- ✓ *Manutenção e Monitoramento*: as cartas refletem os resultados e as mudanças ocorridas, desde o início das atividades até a fase de desativação ou de definição e seleção de outra finalidade.
- ✓ *Desativação e continuidade de uso*: as cartas devem registrar informações geológico-geotécnicas sobre as condições da área afetada pela obra em desativação. Assim como de todas as mudanças ocorridas e registradas na etapa de monitoramento e manutenção.

É importante considerar também, que o desenvolvimento da informática e a facilidade de obtenção de equipamentos e de softwares têm favorecido a cartografia geotécnica. Ao se converter um mapa em imagem, a ser apresentado tanto em meio analógico como digital, deve-se ter a preocupação com a resolução da imagem final, já que nem sempre o que vemos nitidamente na tela resultará numa boa apresentação final, quando impresso.

Zuquette e Gandolfi (2004), fazem uma comparação dos recursos tecnológicos existentes atualmente para a elaboração de mapas, com aqueles disponíveis em tempos mais antigos. Os autores citados afirmam que a cartográfica praticada hoje tem uma qualidade inferior em relação

ao conteúdo. Com a tecnologia disponível no séc XV conseguiam-se, proporcionalmente, resultados mais ricos do que vemos em boa parte dos documentos produzidos em nossos dias.

6.1 Variáveis Interdependentes do Projeto Cartográfico

O projeto cartográfico das cartas geotécnicas envolve a definição de um conjunto de variáveis fundamentais para gerar o produto final, que são as variáveis interdependentes. Estas variáveis estão diretamente ligadas entre si e a decisão sobre uma afeta a outra. Portanto, devem se definidas no início do projeto cartográfico:

Área geográfica: É a área do projeto a ser mapeada.

Projeção: Todas as cartas geotécnicas analisadas foram produzidas na projeção UTM (Universal Transversa de Mercator).

Propósito: A primeira preocupação do cartógrafo antes da elaboração de um mapa, é se perguntar para que ou porque será elaborado o mapa. Além disso, deve-se tomar cuidado na definição dos tipos de usuários que irão utilizar o mapa. Segundo Cerri (1990) as cartas geotécnicas possuem várias finalidades como: subsídios à elaboração de projetos voltados ao planejamento e gerenciamento do uso e ocupação do solo em todos os níveis (Plano Diretor, zoneamento, parcelamento e desmembramento); como subsídios a estudos de impacto ambiental; na restrição à ocupação de áreas sob riscos geológicos; na definição de locais mais adequados, dos cuidados e estudos específicos para implantação de obras de engenharia; na melhor estimativa dos custos de implantação dos empreendimentos; e no estabelecimento de critérios técnicos para eficientes sistemas de manutenção das obras de engenharia.

Escala: Quando se planeja uma carta, tem-se que determinar em que escala esta carta será construída. Essa escolha varia em função da finalidade da carta e da conveniência da escala. No primeiro item, a finalidade determina a escala e, no segundo, a escala determina a construção da carta. A variação da escala é grande. Cada caso particular é que irá condicionar o tipo de escala ideal para comportar a representação desejada, aliada à precisão requerida. Trata-se de uma

questão da necessidade ou não de uma exigência de detalhes. Desta maneira, as escalas se situam em grandes, médias e pequenas. Para orientar a cartografia geotécnica a IAEG propôs a seguinte classificação para as escalas:

Tabela 14: Classificação de escalas para a orientação da cartografia geotécnica segundo a IAEG

Grande	$\geq 1:10.000$ para finalidades específicas
Intermediária	$1:10.000$ a $1:100.000$ para planejamento regional
Pequena	$\leq 1:100.000$ mapeamento de caráter geral

Formato: O tamanho relativo de uma carta, em dimensões de altura e largura, acha-se na dependência direta da forma da superfície da unidade cartografada, ou até mesmo, da própria folha de papel. Como se procura sempre a estética num produto cartográfico, e devido ao fato de certos formatos fugirem da regra, o que resta ao autor da carta, nestas oportunidades, é minimizar os exageros. O importante é que o autor das cartas tenha um bom aproveitamento de detalhes de um território com o seu esforço em prol da estética.

Para as cartas geotécnicas é importante que o usuário consiga manusear facilmente o mapa, principalmente quando este tenha que utilizá-lo em trabalhos de campo. É interessante que o mapa fique dobrado, desde que fique no formato A4. Não há regras que definem o tamanho ideal, mas é bom que se tome cuidado para não ter um formato muito grande em que fique impossível de abri-lo completamente, ou mesmo muito pequeno onde poderia aproveitar mais os detalhes com uma escala maior.

Em relação ao formato, durante a realização da presente pesquisa constatou-se que a maioria dos trabalhos produzidos com base na metodologia adotada pela EESC é elaborada na escala de $1:50.000$. Os produtos analisados variam significativamente de formato, com exemplos desde o formato A4, até outros de dimensões tão grandes que a desdobra dos mapas é dificultada.

Já nos trabalhos produzidos com base na metodologia adotada pelo IPT observou-se uma carta geotécnica que, depois de elaborada e impressa, teve de ser dividida ao meio, sendo apresentada em dois anexos, pois não era possível manuseá-la. Portanto, deve-se sempre fazer um planejamento que considere o “tamanho” que produto final terá.

Não existem regras rígidas quanto à escolha de cores que permitam um bom equilíbrio figura / fundo. Contudo, com bom senso, análise visual e testes de impressão pode-se escolher a melhor forma de apresentação dos dados. A escolha do tipo e tamanho da letra também é muito importante. A letra deve ser compatível tanto com a escala, quanto à cor de fundo do mapa (ROSETTE, MENEZES, 2002).

Primeiramente, foi considerado que as cartas geotécnicas aqui analisadas são produtos utilizados impressos e, portanto, em geral tem como o plano de fundo a cor Branca. Assim, em relação ao nível visual e ao contraste e balanço das cartas geotécnicas, as cores adotadas e analisadas para este projeto foram feitas sobre a cor branca como plano de fundo, pois na prática é o que se utiliza procurando sempre o equilíbrio entre a figura com o fundo.

O estudo da cor, segundo Martinelli (1991), merece atenção especial, pois a cor é uma realidade sensorial sempre presente. Sem dúvida alguma, tem grande poder na comunicação visual, além de atuar sobre a emotividade humana.

As cores percebidas pelos seres humanos são determinadas pela natureza da luz refletida pelos objetos. A luz visível é composta por faixas relativamente estreitas de frequências do espectro eletromagnético, e um corpo que reflete em uma proporção balanceada em todos os comprimentos de onda do espectro visível, aparece branco para o observador.

No conjunto do espectro eletromagnético, as radiações visíveis, isto é, aquelas sensíveis ao olho humano, têm comprimentos de onda que vão desde 380 até 760 nanômetros. Cada faixa dessas radiações corresponde a uma luz de determinada cor, assim categorizadas (MARTINELLI, 1991):

Violeta	380 – 450 m
Azul	450 – 500
Verde	500 – 570
Amarelo	570 – 590
Laranja	590 – 610
Vermelho	610 – 760

Devido à estrutura do olho humano, todas as cores são percebidas como combinações variáveis de três cores primárias: vermelho (R - red), verde (G - green) e azul (B - blue), específicas para os comprimentos de onda da luz vermelha, verde e azul. As cores primárias podem produzir cores secundárias de luz – magenta (vermelho + azul), cyan (verde + azul) e amarela (vermelho + verde). As mistura de três cores primárias, ou uma cor secundária com sua primária oposta, combinados em igual intensidade, produz a luz branca. Essa representação de cor define o modelo aditivo de formação de cores.

As diferenças entre cores primárias de luz e de pigmentos ou corantes é um aspecto totalmente diferente a ser considerado na formação de cores. No processo de pigmentação, uma cor primária é definida como aquela que absorve ou subtrai uma cor primária da luz e reflete ou transmite as outras duas. Assim, as cores primárias dos pigmentos são: magenta, cyan e amarelo, enquanto que as cores secundárias são vermelho, verde e azul (modelo subtrativo de formação cor). Uma combinação dos pigmentos primários produz o preto.(GALO, 2003).

As características normalmente usadas para distinguir uma cor de outra são sua componentes de *Brilho* (intensidade), *Matiz* (tonalidade) e *Saturação* (croma). São as três dimensões das cores:

- *Brilho* personifica a noção de intensidade de luz e representa a componente acromática da cor. É a quantidade de energia refletida;
- *Matiz* é um atributo relacionado com o comprimento de onda dominante em um mistura de faixa de luz, ou seja, a tonalidade representa a cor dominante percebida por um observador;
- *Saturação* refere-se à pureza relativa ou quantidade de luz branca misturadas com a cor dominante. As cores do espectro puro são completamente saturadas, sendo que o seu grau de saturação é inversamente proporcional à quantidade de luz branca que foi acrescida.

A combinação entre cores numa composição não é realizada por acaso. Para isto existe um círculo de cores que apresenta uma seqüência de equidistâncias perceptivas. A cor é uma variável visual altamente seletiva, portanto ideal para transcrever relações de diversidades entre objetos, principalmente na implantação zonal.

Chegou-se a essa conclusão ao levar em consideração três pontos:

1. as cores puras oferecem a melhor seletividade.
2. as cores puras não possuem o mesmo valor.

3. a percepção dos valores prevalece sobre a percepção dos matizes.

Portanto, considerando os fatores descritos anteriormente, que influenciam a representação cartográfica, chegou-se ao seguinte resumo do projeto cartográfico representado na Tabela 15:

Tabela 15: Projeto cartográfico para as cartas geotécnicas.

MEIO FÍSICO	CARTOGRAFIA	
	SÍMBOLOS	RELAÇÃO ENTRE OBJETOS/VARIÁVEIS VISUAIS
ATRIBUTO	Pontos: IAEG (1981)	Símbolos Pictoriais
	Linhas	Cor, Tamanho / Seleção-Diversidade
	Área	Cor/ Seleção - Diversidade
SUB-ATRIBUTO	Pontos: IAEG (1981)	Cor preta, tamanho, forma / Ordem e Seleção
	Linhas	Tipo e Espessura da linha
	Área: Hachuras/Textura Letras / Número Chaves	Forma, Valor e Granulação / Similariadade
DRENAGENS	Pontos: IAEG (1981)	Símbolo pictórico em preto
	Linhas	Tipo de linha e espessura em ciano ou azul
	Área	Hachuras em ciano ou azul
RELEVO	Pontos: IAEG (1981)	Símbolo pictórico em preto
	Linhas	Tipo de linha e espessura em castanho
	Área	IAEG (1981)
RODOVIA	Linhas	Cor vermelha
ÁREA URBANA	Pontos: círculo	Cor preta
	Área	Tons de rosa

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Como no Brasil há a ausência de simbologias padronizadas que definem a forma de representação para as cartas geotécnicas, há uma diversidade muito grande de representação dos produtos cartográficos elaborados por diferentes autores. Isso tem gerado, em muitos casos, uma grande dificuldade de visualização, de rápida leitura e de fácil interpretação das áreas ou situações do meio físico.

Tendo em vista, que o objetivo da presente pesquisa foi a elaboração de um projeto cartográfico dos dados geológico-geotécnicos, através da análise das cartas geotécnicas das duas metodologias mais utilizadas no país, procurou-se por meio do projeto cartográfico, contribuir para o aprimoramento da representação cartográfica em cartas geotécnicas. Para essa elaboração, foram usadas as cartas elaboradas com base em metodologias adotadas pelo IPT e pela EESC.

Através da seleção das cartas geotécnicas, verificou-se que há uma grande variedade de denominações para esses documentos, com alguns autores denominando seus produtos de *carta* e outros de *mapa*.

Após as análises do conteúdo que esses produtos representam do meio físico, como condicionantes geológicos e geotécnicos, sugere-se como termo mais adequado que esses produtos sejam denominados de *cartas geológico-geotécnicas*, pois na maioria das cartas analisadas são representadas características do meio físico em combinação com as zonas geotécnicas. Há alguns exemplos de produtos que são denominados de mapas geoambientais.

Um aspecto interessante é que a metodologia adotada pela EESC apresenta produtos cartográficos com o número de unidades muito elevado, o que dificulta, muitas vezes, a compreensão visual pelo usuário. Além disso, cartas elaboradas com base nesta metodologia apresentam escala menores em relação à metodologia adotada pelo IPT. As duas metodologias utilizam, na maioria de seus trabalhos, cores e hachuras para a representação de seus dados. São as variáveis mais importantes para representar a seletividade entre atributos.

Devido ao desenvolvimento da informática e a facilidade de obtenção de equipamentos e de softwares que tem favorecido a cartografia geotécnica, deve-se ter a preocupação com a resolução da imagem final, já que nem sempre o que vemos nitidamente na tela resultará numa boa apresentação final. Pois muitas vezes o mapa é apresentado em meio analógico e não digital. Além disso, as cartas geotécnicas devem limitar o número de unidades, caso contrário, não será

possível, para o olho humano, distinguir claramente os atributos representados, quando o mapa for impresso.

Apresentar um material claro, técnico e bem embasado é bem mais importante do que fornecer muitas informações quantitativas. Às vezes, um texto claro e explicativo é mais eficiente que a exatidão das linhas demarcatórias. As informações serão claras para os usuários quando sua transmissão e seu significado forem os realmente pretendidos, quaisquer que sejam as ferramentas de comunicação usadas: linguagem, símbolos ou grafismos.

Conclui-se também que, é fundamental que haja padronização na apresentação de dados e informações. Por isso é interessante a criação de um projeto cartográfico dirigido à elaboração de cartas geotécnicas. Esse projeto deve apresentar grafismos simples, precisos, ocupar pouco espaço, expressar claramente a descrição e classificação dos atributos e suas relações.

No projeto cartográfico elaborado, considerou-se que a comunicação das informações qualitativas, ordenadas ou quantitativas, deve ser compreensível para o usuário, fornecendo uma resposta visual clara, coerente, lógica e livre de ambigüidades. Para isto, conclui-se que, para as cartas geotécnicas, é mais recomendável que sejam utilizadas diferentes cores e/ou diferentes hachuras. Isso quando há um número reduzido de processos geológicos e comportamentos geotécnicos, associados às situações identificadas em uma determinada área; e mesmo quando em grande número, podem ser agrupado em sub-unidades para facilitar a compreensão da leitura. Essas restrições se justificam para que sejam evitadas generalizações e imprecisões na representação das diferentes situações de processos geológicos indicadas nas cartas, fato que poderia prejudicar significativamente o resultado pretendido, dependendo da finalidade da obra a ser implantada.

Portanto, para cartas utilizadas particularmente por profissionais não especialistas no tema ou para a população em geral, estas formas de representação são as mais indicadas. Para representação das sub-unidades é interessante utilizar a combinação de hachuras, letras e números, ou somente de letras e números. Tal procedimento permite maior detalhamento e precisão das informações cartografadas.

Ainda quanto à utilização de letras, também podem ser usadas diferentes letras simbolizando diferentes processos geológicos e geotécnicos abordados em uma mesma carta. Em termos da utilização de números para a representação cartográfica dos atributos identificados, é necessário considerar que índices numéricos maiores devem corresponder a situações que

apresentam uma ordem e importância.

Em relação à execução da pesquisa, conclui-se que o método utilizado foi satisfatório para obter os resultados desejados para a elaboração do projeto cartográfico. Porém, para futuros trabalhos nesse tema, sugere-se também, que outras metodologias diferentes sejam consideradas para a avaliação da representação cartográfica, e assim obter uma proposta de simbologia nacional adequada para as cartas geotécnicas produzidas no país.

Finalmente, recomenda-se efetuar a avaliação do projeto cartográfico envolvendo as questões de leitura da carta geotécnica e a finalidade para as quais o produto foi elaborado de forma a comunicar aos seus usuários as informações sobre os fenômenos que compõem a realidade. Isso vai depender, em parte, do grau de conhecimento do usuário sobre os temas apresentados e, em outra parte, das condições de uso do produto (ambiente e o próprio usuário), da complexidade dos temas apresentados, e da capacidade cognitiva do usuário.

Espera-se que esta pesquisa tenha contribuído para uma melhor representação cartográfica apresentada nas cartas geotécnicas, tornando esses documentos mais legíveis para os usuários.

8. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R.L.; GANDOLFI, N. **Zoneamento Geotécnico Geral e sua Inscrição no Processo de Gestão ambiental**. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- AGUIAR, R.L.; GANDOLFI, N.; SOUZA, N.M. **Estudos para a Determinação da Vulnerabilidade do Meio Físico do Distrito Federal – Brasil**. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- AGUIAR, R.L.; GANDOLFI, N.; SOUZA, N.M. **Caracterização Geotécnica dos Matérias Inconsolidados do Distrito Federal**. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- AMARAL, C.; LARA, A. **Mapa geológico-geotécnico 1:10.000 voltado para o Entendimento dos Processos e Riscos a Escorregamentos no Rio de Janeiro**. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- ANDRADE, M.R.M. **Carta Geopedológica do Município De Guarulhos-SP .Base de Orientação para o Assentamento Urbano**. 4º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 2001.
- ANJOS, C.S. **Adequação entre projeção cartográfica e a escala para um sistema de navegação**. FCT/UNESP – Campus de Presidente Prudente. Relatório Parcial referente à bolsa de iniciação científica – PIBIC/CNPq. 2002.
- ALMEIDA, L.C.R.; LARA, A.A.; MARQUES, E.A.G.; CAULA & SILVA, A.M.; AMARAL, C.P. **Mapeamento de Cadastro de Pontos de Riscos Geológico-Geotécnicos em Vias Públicas: O Exemplo da Avenida Menezes Cortes – RJ**. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- ALMEIDA, L.E.; RODRIGUES, J.E.; **Mapeamento de Acidentes geológico-geotécnico e ambientais no Município de Niterói – RJ**. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- ALMEIDA, L.E.; RODRIGUES, J.E.; **A Avaliação dos Terrenos Aplicada na definição de Suscetibilidade à Erosão**. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- BACHION, M.L.; RODRIGUES, J. E. **Carta de Potencial ao Escoamento Superficial da Região Sudoeste do Município de Campinas - SP, Escala 1:25.000**. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- BASTOS, G.; SOUZA, N.M. **Zoneamento Geotécnico Geral da Região de Feira de Santana – BA**. 2º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1996.

- BARBOSA, T.T.A.; CERRI, L.E.S. **Carta Geológico-geotécnica para Empreendimentos Rodoviários a partir de Métodos de Investigação de superfície, na escala 1:25.000.** Cartografia Geotécnica e Geoambiental – 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica. (2004)
- BENTO, A.H; FROTA, C.A. **Mapeamento Geotécnico de Manaus – AM.** 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 1998.
- BERTIN, J. **Théorie de la Communication et Théorie Graphique.** In: Melanges Charles Morazé, Toulouse, PRIVAT, 1978.
- BITAR, O. Y.; CERRI, L.E.S.; NAKAZAWA, V.A – 1992. **Carta de risco geológico e carta geotécnica: uma diferenciação a partir de casos em áreas urbanas no Brasil.** In: Simpósio latino-Americano sobre risco geológico urbano. 2; São Paulo, 1992. anais São Paulo, p 35-41.
- BORDENAVE, J. E D. **Além dos Meios e Mensagens.** Petrópolis. Vozes. 1984.
- BOS, E.S. **Systematic Symbol Design in Cartographic Education.** ITC Journal Holland. 1984.
- BROLLO, M.J.; VEDOVELLO, R.; SILVA, P.C.; HOLL, M.C.; GUTJHAR, M.R.; IRITANI, M.A.; HASSUDA, S. **Seleção Preliminar de Áreas para Disposição de Resíduos da Região Metropolitana de Campinas – SP.** 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- CANIL, K.; RIDENTE JR, J. L. **Estudo para Seleção de Áreas para Expansão Urbana no Município de Presidente Venceslau, SP.** 4º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 2001.
- CANIL, K.; MACEDO, E. S., GRAMANI, M. F.; ALMEIDA FILHO, G. S.; YOSHIKAWA, N.K.; MIRANDOLOA, F. A.; VIEIRA, B. C. BAIDA, L. A.; AUGUSTO FILHO, O.; SHINOHARA, E.J. **Mapeamento de Risco em Assentamentos Precários nas Zonas Sul e Parte da Oeste no Município de São Paulo (SP).** Cartografia Geotécnica e Geoambiental – 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 2004.
- CARVALHO, R.M.; PASTORE, E. L. **Cartografia Geotécnica na Avaliação de Riscos Ambientais da duplicação da rodovia BR 070 no Distrito Federal.** 4º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 2001.
- CASTILHO, J.R.F. **O Direito na Cartografia.** Departamento de Planejamento. FCT - Unesp. 2000.
- CERRI, L.E.S. **Carta Geotécnica: Contribuições para uma Concepção voltada às necessidades brasileiras.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, Salvador. *Anais...* Pereira: CARDER/ INGEOMINAS / EAFIT/ AGID/ IUGS/ IAEG/ ONAD. v.1, p.35 – 41. 1990

- CERRI, L. E. S.; SILVA, V. C. R.; AUGUSTO FILHO, O. **Considerações sobre a representação cartográfica de Riscos Geológicos.** Revista do Instituto Geológico. Volume especial. 1995.
- CERRI, L. E. S.; SILVA, V. C. R.; AUGUSTO FILHO, O.; ZAINÉ, J.E. **Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração como o emprego do método de detalhamento progressivo.** In: congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 8., Rio de Janeiro, 1996. Anais, Rio de Janeiro, ABGE. V.2. p. 537-548.
- COSTA, T. C. D.; GANDOLFI, N. **Caracterização geotécnica de Materiais Inconsolidados da Porção NE do Município de Campinas, Escala 1:25.000.** 2º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1996.
- DECANINI, M. M. S. **Comunicação Cartográfica e Projeto de Símbolos Cartográficos.** Engenharia Cartográfica. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2002.
- DE MIO, G.; GANDOLFI, N. **Cartografia da Região de Mogi-Guaçu, São Paulo.** Revista do Instituto Geológico. Volume especial. 1995.
- DENT, B. D. **Introduction Thematic Mapping. Thematic Mapping Desing.** Wm. C. Brown Publishers Dubuque, 1993.
- DINIZ, N. C.; FREITAS, C. G. L. **Mapa dos Condicionantes Físico-Ambientais da Bacia do Rio Paraíba do Sul.** 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- DINIZ, N.C.; BITAR, O.Y; FORTA, C.A.; BENTO, A.H.; SILVA FILHO, E.G.; SOUZA, M.M.; CARVALHO, F.P.; BANDEIRA, M.I.V.B.; SALLES, E.R.; COSTA, M.O.; OLIVEIRA, M.A. **Carta Geotécnica de Manaus como Resultado de Parceria Institucional.** 4º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 2001.
- DINIZ, N.C.; OGURA, A.T.; FREITAS, C.G.L.; MACEDO, E.S.; CAMPAGNOLI, F. ALMEIDA, M.C J ; OLIVEIRA, M. A.; VELZI, P. **Aspectos Relevantes dos Estudos Específicos de Processos do Meio Físico na Confecção da Carta Geotécnica de Bertoga – SP.** 4º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 2001.
- DUARTE, P.A. **Cartografia Temática.** Editora da UFSC – Florianópolis, 1994.
- DUARTE, S.B.; DIAS, R.D. **Mapeamento Geotécnico como ferramenta para análise Ambiental e Orientação no Planejamento Urbano – Lagoa da Conceição, Florianópolis.** 3º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 1998.
- ESRI, **Automation of Map Generalization – The Cutting-Edge Tecnology, White Paper Series, Environmental System Research institute, Inc., USA, 1996, pp.7.**
- ESRI - **Introduction to ARC/INFO.** Apostila de Curso, 1997.

- FERES, R.; LORANDI, R. **Adequabilidade do Terreno de Fundo de Vale do Igarapé Maternidade (Rio Branco-AC) como Suporte para Obras Viárias.** 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- FERES, R.; LORANDI. **Uso da Cartografia Geotécnica no Planejamento de Micro-Bacias Urbanas em Rio Branco-AC.** 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- FERREIRA, M.D.; COSTA, T.C.D. **Mapa de Materiais Inconsolidados e Viabilidade de Usos como Materiais Naturais de Construção da Região de Aura – Região Metropolitana de Belém (PA).** Cartografia Geotécnica e Geoambiental – 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 2004.
- FERREIRA, M. D.; PEJON, O.J. **Elaboração do Mapa de Materiais Inconsolidados em Áreas Degradadas por Processos Erosivos: Bacia do Córrego do Tucum São Pedro (SP).** Cartografia Geotécnica e Geoambiental – 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica. .2004.
- GALO, M.L.B.T. **Processamento no Espaço de Cores –FCT - Presidente Prudente.** 2003
- GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** São Paulo – Editora Atlas S.A, 1996.
- GRECCHI, R.C.; PEJOM, O.J. **Estudos Geoambientais da Região de Piracicaba (SP), com auxílio de Imagem de Satélite e de Sistema de Informação Geográfica.** 3º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 1998.
- GRUBER, G.A.G.; RODRIGUES, J.R. **Carta de Erodibilidade da Folha de Cosmópolis, São Paulo auxílio ao Gerenciamento do Meio Físico.** Revista do Instituto Geológico. Volume especial. 1995.
- IAEG COMMISSION ON ENGINEERING GEOLOGICAL MAPPING. **Rock and Soil description and Classification for Engineering Geological Mapping.** Bulletin of the Internacional Association of Engineering Geology, Krefeld, nº 24. 1981.
- IAEG; Unesco. **Guide pour la préparation des cartes géotechniques.** Paris: Lês Press de l'Unesco, 1976.
- IBGE. **Noções Básicas de Cartografia /Manuais Técnicos e Geociências, N° 8.** Rio de Janeiro, 1999.
- IMAI, N. N. **Atualização de informações cartográficas.** Tese de Doutorado. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- IPT - **Instituto de Pesquisas Tecnológicas: Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (escala 1:100.000).** Série monografias (5), 2 v. 1981.
- JOLY, F. **A Cartografia.** 3º Edição, Papirus Editora. Campinas-SP, 2001.

- KEATES, J.S. **Cartographic Design and Production**. Harlow, Grã-Bretanha: Longman, 1973, 240p.
- KEATES, J. S.; **Cartographic Design and Production**. 2.ed. Longman Scientific & Technical. New York, 1989.
- KOLÁČNY, A. **Cartographic Information – A Fundamental Term in Modern Cartography**. Cartographic Journ, London. 1969.
- KOPEZINSKI, I; ZUQUETTE, L. V. **Aplicação da técnica de landforms como proposta de mapeamento geotécnico para avaliar áreas degradadas por mineração**. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 1998
- LIPRACI, S.R.; RÖHM, S.A. **Mapas geológico e pedológico da bacia do Rio Monjolinho na escala 1:10.000, para a região da cidade de São Carlos (SP). Uma contribuição às novas diretrizes do plano diretor e à gestão ambiental**. Cartografia Geotécnica e Geoambiental – 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 2004.
- LOLLO, J.A.; GANDOLFI, N. **Tentativa de Utilização de Variáveis morfométricas de perfis de Vertentes para o Zoneamento Preliminar do Meio Físico: o caso da folha de Leme, São Paulo**. Revista do Instituto Geológico. Volume especial. 1995.
- MACARI, R.; RODRIGUES, J.E. **Mapa de Materiais Inconsolidados da Área de Expansão Urbana do Município de Campinas, Porção Noroeste, escala 1:25.000**. 2º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1996.
- MAGRO, CAZZOLI, S.V.; SANTORO, J.; PONTES FILHO FILHO, F.C.; ANTONIETTI, E. **Cadastramento de Risco a Escorregamento e Inundações dos Núcleos habitacionais do Parque estadual da Serra do Mar no município de Cubatão**. 2º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1996.
- MARQUES, G.N.; ZUQUETTE, L.V. **Aplicação da técnica AHP para Seleção de Áreas para Aterros Sanitários – Região de Araraquara (SP)**. Cartografia Geotécnica e Geoambiental – 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 2004.
- MARTINELLI, M. **Curso de cartografia temática**. São Paulo: Contexto. 1991
- MAURO, J.R.; LOLLO, J.A. **Carta de Susceptibilidade à Erosão na Bacia do Prosa – Campo Grande (Ms)**. 4º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 2001.
- MENEZES, D.B.; ZUQUETTE, L.V. **Avaliação metodológicas em estudos geoambientais de bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Pardo**. Cartografia Geotécnica e Geoambiental – 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica. 2004.

- NAKAZAWA, V.A.; PRANDINI, F.L.; SANTOS, A.R.; FREITAS, C.G.L 1991. **Cartografia Geotécnica: a aplicação como pressuposto**. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 2; São Paulo, 1991. anais São Paulo, SBC/SP-RJ, p329-336.
- NISHIYAMA, L.; ZUQUETTE, L.V. **Procedimentos de mapeamento geotécnico para indicação de áreas adequadas para aterro sanitário: aplicação no município de Uberlândia – MG**. Cartografia Geotécnica e Geoambiental – 5º Simpósio de Cartografia Geotécnica. (2004)
- OLIVEIRA, C. **Dicionário Cartográfico**. Rio de Janeiro: IBGE. 1983.
- OLIVEIRA, C. **Curso de Cartografia Moderna**. Rio de Janeiro: IBGE. 1988.
- OLIVEIRA, K.C.L.; DECANINI, M.M.S. **Projeto e Produção Cartográfica do Guia Turístico eletrônico das Represas Paulistas para Internet**. Revista Brasileira de Cartografia nº54. 2001.
- PEJON, O.J; ZUQUETTE, L.V. **Mapeamento Geotécnico Regional na Escala 1:100.000 – Considerações Metodológicas**. Revista do Instituto Geológico. Volume especial. 1995.
- PEJON, O.J & ZUQUETTE, L. V. **Elaboração de Cartas de Zoneamento Geotécnico: Exemplo da folha de Piracicaba, São Paulo – Escala: 1:100.000**. Revista do Instituto Geológico. Volume especial. 1995.
- PUGLIESI, E.A. **Desenvolvimento de Mapa Dinâmico para Sistema de Navegação Terrestre**. Dissertação de Mestrado – FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2002.
- RAMPAZZO, L. **Metodologia científica – para alunos dos cursos de graduação e pós-graduação**. Editora Edições Loyola, 2002.
- REGO NETO, C. B.; FUNKE, D. S. **Proposta Metodológica para o Planejamento do Uso do Solo com a Utilização de Cartas do Meio Físico**. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- ROBINSON, A. H. **Elements of cartography**. Sixth Edition, John Wiley & Sons. USA, 1995.
- RODRIGUES, L.E. PEJON, O.J. **A importância dos Landforms na Elaboração das Cartas de Suscetibilidade à Erosão**. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1998.
- ROMÃO, A.; SOUZA, N. **Mapeamento Geotécnico da Região de Águas Claras, DF: Utilização de Geoprocessamento**. 2º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1996.
- ROSETTE, A.C.; MENEZES, P.M.L. **Erros comuns na Cartografia Temática**. (2002).

- SANTIL, F.L.P; **Desenvolvimento de um Protótipo de Atlas Eletrônico de unidades de conservação para educação ambiental.** Dissertação de Mestrado – FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2001.
- SANEJOUAND, R. **La cartographie géotechnique em France.** Paris: Minitère de l'Equipement et du Logement. 1972
- SIMIELLI, M.E. **O Mapa como Meio de Comunicação – Implicações no Ensino da Geografia do 1º grau.** São Paulo: FFLCH/USP - Tese de Doutorado, 1986.
- SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY. **Cartography Generalization: topographic maps, Zurich,** 1970 (Tradução: Monica Decanini).
- VALLEJO, L.G; FERRER, M.; ORTUÑO, L.; OTEO, C. **Ingeniería Geológica.** Editora Prentice Hall. Madrid- España. 2002
- ZAINE, J.E. **Mapeamento Geológico-geotécnico por Meio do Método de Detalhamento Progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP).** Tese de Doutorado. Rio Claro – 2000.
- ZUQUETTE, L.V. **Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para as Condições Brasileiras.** São Carlos, SP. (Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos/USP). 1987
- ZUQUETE, L.V.; NAKAZAWA, V.A. **Cartas de Geologia de Engenharia.** In. OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. ABGE. Cap. 17, p. 283-300. 1998.
- ZUQUETTE, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio-físico : Fundamentos e guia para elaboração.** Tese de Livre-Docência. EESC-USP. São Paulo. 1993.
- ZUQUETTE, L.V.; PEJON, O.J. **Carta de zoneamento geotécnico geral da região de Franca – SP.** 2º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 1996.
- ZUQUETTE, L.V.; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica.** Oficina de Textos. São Paulo. 2004.