

O conteúdo do presente relatório é de única responsabilidade do(s) autor(es).
(The contents of this report are the sole responsibility of the author(s).)

**Análise do processo cartográfico para o estudo de
interfaces de Sistemas de Informação Geográficas**

Alysson B. Prado

M. Cecília C. Baranauskas

Relatório Técnico IC-00-15

Setembro de 2000

Análise do processo cartográfico para o estudo de interfaces de Sistemas de Informação Geográficas

Alysson Bolognesi Prado¹
M. Cecília C. Baranauskas
Instituto de Computação – Unicamp
{alysson.prado,cecilia}@ic.unicamp.br

Sumário

Sistemas de Informação Geográficas (SIG) são também usados para a geração de mapas. Usuários de SIG devem interagir com o sistema para a obtenção do *design* final do mapa, numa dinâmica que depende da arquitetura subjacente do sistema, mas principalmente da sua interface. Neste trabalho recuperamos o processo de construção de mapas da Cartografia tradicional – o procedimento adotado pelo cartógrafo – representando-o através de um formalismo que facilita sua transposição para o domínio computacional. Esta representação serve de base para estudos sobre a dinâmica de interação do usuário com interfaces de SIG na tarefa de construção de mapas.

Abstract

Geographic Information Systems (GIS) are also used to generate maps. Users of GIS must interact with the system to obtain the final design of a map, in a process that depends on the underlying system architecture, and mainly on its users' interface. In this paper we studied the process of map construction of the traditional Cartography – the procedure adopted by the cartographer – representing such procedure through a formalism that facilitates to reach the computational domain. This representation is a basis for the study of the interaction with GIS interfaces.

1. Introdução

Um Sistema de Informação Geográfica pode ser entendido como um software ou conjunto de ferramentas de software que manipulam dados geo-referenciados. Estes são dados que representam fenômenos do mundo real e seus atributos em termos de sua posição relativa a um sistema conhecido de coordenadas. As tarefas gerais desempenhadas por tais sistemas são *coletar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais do mundo real para um determinado propósito* (Burrough & McDonnell, 1998, pág. 11).

Existem diversos trabalhos abordando os processos de armazenamento e recuperação de dados geo-referenciados, sua transformação e processamento (Larson, 2000; Crosta, 1999; Egenhofer, 1995; Richards, 1986), mas pouco tem sido feito no sentido de compreender e melhorar a visualização dos resultados da recuperação e processamento dos dados espaciais, ou seja, a **apresentação** dos resultados **aos usuários**.

A exibição aos usuários dos resultados da recuperação e processamento dos dados de um SIG é feita principalmente na forma de mapas, gráficos e tabelas (Burrough & McDonnell, 1998, pág 92). Assim como Davis & Laender (1999), estamos interessados na expressão dos resultados de processamentos de SIGs na forma de mapas. Mais do que a apresentação propriamente dita, estamos interessados no processo de interação de um usuário com o SIG, que conduz à expressão de determinado resultado pelo sistema (um mapa).

¹ Este trabalho tem o apoio da FAPESP (processo 98/15294-8) e PRONEX II MCT - SAI.

Neste trabalho objetivamos recuperar a dinâmica de construção de mapas da Cartografia tradicional e traçar com ela um paralelo em relação à produção cartográfica através de Sistemas de Informação Geográfica. Partimos do pressuposto de que a longa tradição da Cartografia e o refinamento e qualidade das técnicas desenvolvidas são de fundamentais para compreensão da apresentação de dados geográficos; por outro lado, a *mídia* computacional nos permite expandir as possibilidades de expressão deste tipo de dados, por eliminar dificuldades tecnológicas que haviam no passado e proporcionar novas formas de representação (como 3D, animações, etc.).

Para documentar o processo cartográfico, foi escolhida uma linguagem que permite descrever a funcionalidade de artefatos e o modo de interação com os mesmos, a Linguagem de Especificação da Mensagem do Designer (LEMD) (Leite, 1998). Esta linguagem foi criada no escopo da Engenharia Semiótica (de Souza, 1993) como uma ferramenta auxiliar no processo de *design* de interfaces humano-computador. Mostraremos que as possibilidades de uso da LEMD não se restringem a sua aplicação direta no processo de *design*, mas também pode representar a dinâmica de interação com artefatos não computacionais

O texto está organizado da seguinte forma: na Seção 2 descrevemos o formalismo utilizado na descrição do processo cartográfico e a teoria na qual se baseia nosso trabalho; na Seção 3 são mostrados os dados coletados e a descrição da dinâmica de trabalho do cartógrafo representada em LEMD. A Seção 4 discute a transposição do processo para o domínio computacional; a Seção 5 conclui.

2. A linguagem adotada para representação do processo

A linguagem escolhida para documentar a construção de mapas na Cartografia convencional, a LEMD (Leite, 1998; Leite & de Souza, 1999), é parte da Engenharia Semiótica e, como tal, também considera a interface como um artefato de **meta-comunicação** entre o *designer* e o usuário. Ou seja, a Engenharia Semiótica e a LEMD pressupõem a existência de uma meta-mensagem que permeia a interface dos sistemas computacionais, é emitida pelo *designer* e recebida pelo usuário do sistema durante a interação com o mesmo. Através desta mensagem são comunicadas ao usuário as funcionalidades disponibilizadas e a maneira como o usuário deve interagir com o sistema de modo a acessá-las. Para representar o conteúdo dessa mensagem, a Engenharia Semiótica incorpora a LEMD.

Justifica-se a escolha da LEMD como forma de representação intermediária por ser uma maneira estruturada de documentar a interação com um artefato que apresenta uma certa funcionalidade em um certo domínio. Além disso, facilita a transposição do processo para o domínio computacional, pois existem regras de mapeamento semântico entre suas declarações e elementos de interface (*widgets*). Como planejamos usar o resultado dessa documentação para o estudo das interfaces de SIG, o uso da LEMD facilita a aproximação do domínio computacional.

Alguns conceitos cobertos pela LEMD que serão utilizados em nosso trabalho são descritos a seguir, juntamente com as respectivas declarações em LEMD:

- Signos de domínio: representam conceitos pertencentes ao domínio da aplicação. Indica-se que o sistema deve mostrar tais signos ao usuário com `view information-of <domain-sign>`;

- Funções aplicadas: criam, alteram o estado ou eliminam os signos do domínio no ambiente de execução da tarefa. Para cada função aplicada existe uma ou mais declarações de mensagens de comando, que descrevem o que deve ser feito para que a função seja acionada. Declara-se com **Command-Message <Command-Message-Name> for Application-Function <Application-Function-Name>**, seguindo-se com as estruturas de interação e interações básicas necessárias;
- Interações básicas: correspondem à entrada ou seleção de informações para o sistema e o acionamento de funções aplicadas. Podem ser de seleção dentre uma lista de possibilidades (**Select Information-of**), entrada de um valor numérico ou alfanumérico (**Enter Information-of**) ou acionamento de uma função aplicada (**Activate start Application-Function <Application-Function-Name>**)
- Estruturas de interação: apontam como o usuário deve proceder nas interações básicas para desempenhar uma determinada tarefa. Indicam a seqüência (**sequence**), opção ou seleção (**select**), agrupamento (**join**), interdependência (**combine**) ou repetição (**repeat**) existentes na forma de se interagir com o sistema, organizando interações básicas, visualização de signos de domínio ou outras estruturas de interação.

Ao estudarmos a execução de uma tarefa, devemos identificar o que é inerente ao processo e o que é dependente da tecnologia que o sustenta. Nesse sentido, o uso da LEMD abstrai a forma com que as ferramentas ou mesmo os signos do domínio são apresentados ao executor da tarefa, tornando sua descrição mais independente de aspectos de implementação .

Como a LEMD é uma linguagem criada para descrição de interfaces de artefatos computacionais, algumas adaptações foram necessárias para sua transposição para documentação de um processo não-computacional. Assim, um signo de domínio, que originalmente era representado na interface através de signos de interface, corresponde a um conceito do domínio, algo que tem algum significado para o indivíduo que está executando alguma tarefa naquele domínio. Uma função aplicada basicamente altera o estado dos signos de domínios relativos à tarefa. Portanto, toda funcionalidade de artefatos físicos (ferramentas, equipamentos) podem ser consideradas funções aplicadas disponíveis no ambiente de trabalho para o executor da tarefa. As estruturas de interação refletem a dinâmica com que o executor da tarefa faz uso das funções disponíveis e outras formas de interação básicas.

3. O processo de construção de mapas na Cartografia convencional

A elicitação do proceso de construção de mapas da Cartografia convencional envolveu três etapas: uma busca na literatura cartográfica por textos didáticos e manuais para explicitação dos passos seguidos para a construção de um mapa em papel. Em seguida, a seqüência de passos foi representada de forma estruturada, para facilitar a visualização de fases e sub-fases. A partir daí, foi feita a descrição do processo em LEMD.

3.1. Coleta de dados

Da literatura da Cartografia pré-computacional destacamos descrições do processo de construção de mapas, como a que foi encontrada e utilizada em nosso trabalho:

A mais comum deficiência dos estudantes é sentar-se para desenhar um *mapa* sem pensar em todos os fatores necessários para formar mentalmente um mapa. Para um cartógrafo experimentado todas essas considerações são quase que instantâneas e recebida uma tarefa, ele dá a impressão de que toma um pedaço de papel de desenho e inicia o traçado do mapa. Apesar disso, enquanto o está esboçando, **recorda mentalmente** todas as perguntas feitas [planejamento mental], apoiando-se na imagem visual que vai surgindo no papel [esboço a lápis]. Não há nada de errado com esse modo de proceder, desde que o cartógrafo esteja disposto a qualquer momento, a abandonar o seu primeiro esboço a fim de experimentar uma outra disposição. Esse processo de esboço contribui para se obter o *equilíbrio*, isto é, um arranjo harmonioso de sombreado e luz. **Esse esboço é posteriormente desenvolvido** à medida que se escolhem os símbolos, as inscrições, a legenda e a margem, de acordo com a progressão do desenho.

[...]

Planejamento mental:

- a) qual a área a incluir?
- b) como adaptar a área ao espaço disponível e qual a escala e sistema de projeção usar?
- c) que acidentes do terreno devemos destacar?
- d) qual a técnica a usar?
- e) que estilo deve ser seguido e que tipo de margem, legenda e inserções devem ser usados?

[...]

Esboço rústico a lápis:

É sempre melhor fazer um esboço rústico em papel de desenho, mesmo que se use um sistema de projeção próprio ou se copie sumariamente um mapa existente. [...] O esboço em papel do desenho não é um esforço em vão; não obstante sua rusticidade, dá uma idéia de conjunto do mapa e serve como um plano de trabalho.

[...]

Aplicação de tinta:

A tinta deve ser usada na ordem inversa à do lápis. Em primeiro lugar, cobrem-se à tinta as inscrições, por terem elas prioridade sobre tudo o mais. A seguir, vêm as molduras, título, legenda, escala, símbolos, litoral, rios, limites e relevo; por último, cobrem-se os paralelos e meridianos.

[...]

(trecho extraído de Raisz (1969) págs. 129 -141)

Keates (1973, págs. 30-31) nos fala sobre a obtenção do equilíbrio citado por Raisz, através do uso das cores e espessuras de linha:

Contrast and balance

This division of the content into different levels depends on contrast. As a general principle, the initial design should employ the minimum degree of contrast necessary to make all symbols perceptible, and dominant symbols dominant. The reason for this is that if some part of the image is over-emphasized initially, another part may have to be given more contrast to make it stand out. Therefore, if the design begins with over-contrast, there will be a progressive accumulation of heavier lines and stronger colors. In an extreme case, the consequence will be a heavy and unattractive design. [...]

The final weight of the dominant image will be an accumulation of contrast to make it stand out against all the possible background combinations. A heavy image can only be avoided by making the initial design so that the minimum of contrast need is employed. In addition, so far as a printed image is concerned, the accumulation of ink progressively leads to a reduction in reflection from the paper surface. This should be kept to a minimum, by avoiding excessive use of fully-saturated hues, especially when applied to areas.

No material encontrado, nota-se a preocupação com a diversidade de perfis de executores na tarefa. Existe uma estruturação rígida para os menos experientes, na tentativa de minimização da possibilidade de erros que, em vista de restrições tecnológicas (como uso de papel e tinta), levaria a refazer toda a tarefa após um trabalhoso processo de desenho manual. Para o cartógrafo mais experiente, é dada uma maior liberdade, e o *design* do mapa ocorre através de aproximações sucessivas do esboço à versão final. Esse processo também é observado na descrição de como obter níveis de contraste de informações no mapa. O construtor do mapa deve criar incrementalmente níveis de informação (*background* e *foreground*) para que o leitor seja capaz de interpretá-lo.

3.2. Descrição estruturada do processo

Para facilitar a descrição do processo de construção de mapas em LEMD, incluímos uma fase intermediária de representação em linguagem natural estruturada, obedecendo um padrão de identificação em fases e sub-fases. Ainda é mantida a estrutura linear de seqüência de passos da descrição extraída dos textos da Cartografia e perde-se parte da representação da estrutura de interação, como repetições e opcionais. Entretanto, é facilitada a visualização da ordem em que são feitas as alterações no signo de domínio em construção – o mapa. Também fica explicitada a relação entre a definição de informações necessárias ao processo e a execução do mesmo.

planejamento mental

- definir interesses dos usuários do mapa
- definir área a ser representada
- [...]

esboço a lápis

complementos - refinamento do esboço a lápis

- definir e posicionar título
- definir e posicionar informação de legenda
- [...]

desenho de precisão

trabalho preliminar

- traçar quadro, paralelos e meridianos
- traçar litoral
- traçar rios
- [...]

aplicação de tinta

- cobrir inscrições
- cobrir molduras
- cobrir título, legenda, escala
- cobrir símbolos
- cobrir litoral
- cobrir rios
- cobrir limites
- cobrir relevos
- cobrir paralelos e meridianos

Com isso, podemos verificar mais claramente a separação entre as fases para, durante o processo de construção dessa estrutura, termos uma melhor compreensão da

dependência (ou independência) entre as ações. A separação entre uma fase de desenho de precisão a lápis e a de aplicação de desenho a tinta, por exemplo, devem ser temporalmente adjacentes (uma não começa enquanto a outra não termina) mas estão ambas contidas em uma sub-tarefa mais geral, o desenho de precisão em si.

3.3. Representação através da LEMD

Com base na descrição estruturada obtida anteriormente, o processo de construção de mapas foi representado através da LEMD.

A seqüência de passos foi desmembrada em **Command-Messages**, ou seja, conjuntos de interações mais elementares associadas à execução de uma **Application-Function**, responsável por criar ou alterar os signos do domínio manipulados. Para a tarefa principal foi criada uma **Task Message**:

```
Task-message "confeção do mapa - processo básico" {
Join {
  Sequence {
    //planejamento mental - construção de um mapa mental
    Command-Message "Planejamento Mental"

    //preparação e esboço a lápis
    Command-Message "Esboço a Lápis"

    //refinar e detalhar esboço a lápis
    Command-Message "Refinamento do Esboço a lápis"

    //desenho de precisão (a lápis)
    Command-Message "Desenho a Lápis"

    //aplicação de tinta
    Command-Message "Desenho a tinta"
  }
  Select {
    // a tarefa pode ser abandonada a qualquer momento
    Activate discard Task-Message "confeção do mapa - processo
    básico"
  }
}
}
```

Cada uma das **Command-Messages** incluídas na tarefa são descritas de forma análoga às representadas resumidamente a seguir:

```
Command-Message "Planejamento Mental" for application-function "construir
mapa mental" {
  Combine{
    //definir interesses dos usuários do mapa
    Repeat { Select Information-of "tema" }
    //definir área a ser representada
    Select information-of "área representada"

    [...]

    Activate start Application-function "construir mapa mental"
```

```

        //associada à aplicação da função ocorre a visualização
        (neste caso, mental) das alterações que são provocadas no
        signo de domínio manipulado
        View Information-of "Mapa"
    }
}

Command-Message "Desenho a tinta" {
Combine{
    Sequence{
        Activate start application-function "cobrir inscrições"
        Activate start application-function "cobrir molduras"
        Activate start application-function "cobrir título"
        Activate start application-function "cobrir legenda"
        Activate start application-function "cobrir escala"
        Activate start application-function "cobrir símbolos"
        Activate start application-function "cobrir litoral"
        Activate start application-function "cobrir rios"
        Activate start application-function "cobrir limites"
        Activate start application-function "cobrir relevos"
        Activate start application-function "cobrir paralelos e
        meridianos"
    }
    //associada à seqüência de aplicações das funções ocorre a
    visualização das alterações que são provocadas no signo de domínio
    manipulado
    View Information-of "Mapa"
}
}

```

Como foi encontrada na literatura uma descrição de como é feita a construção de mapas por cartógrafos mais experientes, esta também foi descrita:

```

Task-message "confeção do mapa - cartógrafo experiente" {
Join {
    Sequence {
        //o cartógrafo mantém em mente as perguntas do planejamento
        mental enquanto realiza o primeiro esboço
        Repeat {
            Combine {
                // as etapas de planejamento e esboço são executadas
                iterativamente, influenciando-se mutuamente
                Command-Message "Planejamento Mental"
                Command-Message "Esboço a Lápis"
            }
        }

        //refinar e detalhar esboço a lápis
        Command-Message "Refinamento do Esboço a lápis"

        //desenho de precisão (a lápis)
        Command-Message "Desenho a Lápis"
        //aplicação de tinta
        Command-Message "Desenho a tinta"
    }
}

Select {

```



```

// a tarefa pode ser abandonada a qualquer momento
Activate discard Task-Message "confecção do mapa - cartógrafo
experiente"
}
}
}

```

Nota-se que a principal diferença está na estrutura e flexibilidade da seqüência de passos a ser seguida, ou seja, na maneira como são ativadas as **Command-messages**. As etapas de planejamento mental e esboço a lápis são colocados em um **combine**, e este em um **repeat**, formando uma estrutura iterativa que reflete a habilidade do cartógrafo experiente em se questionar sobre o planejamento mental concomitantemente à realização do esboço a lápis.

4. A influência do meio computacional

A transposição de uma tarefa para um ambiente com tecnologia diferente provoca o surgimento de características dependentes da nova implementação. Por exemplo, uma seqüência grande de passos que no contexto real é executada com muitos **Activate start Application-function** (como na **Command-Message "Desenho a tinta"**) pode ser realizada em uma única **Application-Function** na implementação computacional do processo. Por exemplo, a seqüência de desenho e aplicação de tinta é trabalhosa, demorada e requer uma grande perícia do executor, pois ao se aproximar do final da tarefa, um erro pode implicar em abandonar todo o trabalho de construção do mapa e reiniciá-lo. Já no processo computacional, toda esta seqüência de alterações no signo do domínio é automatizada, não exigindo mais do que um único acionamento de função aplicada, que pode ser chamada de "Desenhar mapa". Com isso um **sequence** pode tornar-se um **repeat**, pois a redução do esforço e tempo de execução permite que se execute a tarefa incrementalmente, iterativamente.

Dessa forma, uma nova descrição da tarefa, que considera as possibilidades trazidas pelo ambiente computacional, seria:

```

Task-message "confecção do mapa - via SIG" {
Join {
  Repeat {
    Combine {
      //planejamento mental - construção de um mapa mental
      Command-Message "Planejamento Mental"

      //na implementação computacional não faz mais sentido
      se falar em "lápis"; usamos a palavra aqui apenas como
      o nome da command-message, que é semelhante à usada no
      domínio não computacional
      Command-Message "Esboço a Lápis"

      Command-Message "Refinamento do esboço a lápis"

      Activate start Application-function "Desenhar mapa"
    }
  }
}

Select {
  // a tarefa pode ser abandonada a qualquer momento

```

```

    Activate discard Task-Message "confeção do mapa - processo
    básico"
  }
}

```

Essa nova descrição aproxima o processo de construção do mapa do que é feito pelo cartógrafo experiente. A limitação que antes era imposta ao cartógrafo “novato” de planejar meticulosamente o mapa e tê-lo já esboçado mentalmente antes de partir para uma construção em papel, muda no meio computacional, aproximando o processo de construção de como é feito pelo experto. Além disso, caso seja necessário desfazer-se de todo o trabalho e reiniciar o processo, as etapas antes trabalhosas são executadas pelo sistema, permitindo ao construtor do mapa concentrar-se na estruturação e planejamento, ao invés da execução propriamente dita.

5. Considerações finais

Neste trabalho coletamos, representamos e analisamos dados sobre a dinâmica de construção de mapas na Cartografia pré-computacional e estudamos possibilidades de transposição desse processo para o domínio computacional. Em continuidade a este trabalho, compararemos a estrutura obtida com uma descrição em LEMD da interface atual de um Sistema de Informação Geográfica, o Spring (Spring Homepage). Com base nessa comparação, poderemos sugerir alterações na interface do SIG de modo a incorporar características da dinâmica da tarefa da Cartografia tradicional no SIG.

Existem outros *softwares* que também são usados para produzir mapas, como por exemplo CAD e Cartografia digital. Enquanto que em Cartografia digital existe apenas a replicação de mapas como na tradicional, Sistemas de Informação Geográfica permitem a elaboração de consultas e a construção de mapas que atendam a necessidades específicas para solução de problemas de seus usuários em seus domínios de trabalho. Nesse sentido, SIG não apenas possibilitam como necessitam modos de interação onde o usuário participe mais diretamente do resultado que quer obter, sendo desejável que sua desenvoltura em relação ao *design* do mapa se aproxime da de um cartógrafo experiente. Nosso trabalho se concentrou em SIG pois neste tipo de sistema existe uma interação do usuário com o sistema que influi na tarefa de construção do mapa.

Referências

- Burrough, Peter A. & McDonnell, Rachel A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press.
- Crosta, Álvaro P. (1999). *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Ed. Unicamp, Campinas, SP.
- Davis, Clodoveu Jr. & Laender, Alberto H. F. (1999). “Múltiplas Representações em Aplicações Urbanas de Sistemas de Informação Geográfica”, *anais do Geo-Info 1999 – I Workshop Brasileiro de Geoinformática*.
- De Souza, Clarisse S. (1993). “The Semiotic Engineering of User Interface Languages”. *International Journal of Man-Machine Studies* 39. Academic Press, págs. 753-773
- Egenhofer, Max (1995). “Spatial SQL: A query and presentation language”. *IEEE Transactions on Knowledge Data Engineering* 6, 1 (Feb).
- Keates, J.S. (1973). *Cartographic design and production*. Longman Group Limited.

- Lawrence, G.R.P. (1971). *Cartographic Methods*, Second Edition. The University of Cambridge Press.
- Larson, Ray R. (2000). "Geographic Information Retrieval and Spatial Browsing" [online]. Disponível em http://sherlock.berkeley.edu/geo_ir/PART1.html. Acessado em 19/08/2000.
- Leite, Jair C. (1998). *Modelos e Formalismos para a Engenharia Semiótica de Interface de Usuário*. Tese de Doutorado. Puc-Rio.
- Leite, Jair C. & De Souza, Clarisse S. (1999). "Uma Linguagem de Especificação para a Engenharia Semiótica de Interfaces de Usuário". *Atas do II Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais – IHC'99*, Campinas - SP.
- Spring Homepage [online]. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring/>. Acessado em 05/04/2000.
- Raisz, Erwin (1969). *Cartografia Geral*. Editora Científica, Rio de Janeiro. Tradução de "General Cartography", 1938, Ed. McGraw Hill.
- Richards, John A. (1986). *Remote Sensing Digital Image Analysis – an introduction*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.