

Ambientes computacionais com múltiplas formas de representação

Marcos E. Casa

Como citar: CASA, M. E. Ambientes computacionais com múltiplas formas de representação. *In:* GONZALES, M. E. Q. *et al.* (org.). **Encontro com as ciências cognitivas**. Marília: Faculdade de Filosofia e Ciências, 1997. p. 209-220 DOI: <https://doi.org/10.36311/1997.978-85-60810-30-7.p209-220>



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Sin derivados 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

AMBIENTES COMPUTACIONAIS COM MÚLTIPLAS FORMAS DE REPRESENTAÇÃO¹

Marcos E. CASA²

Introdução

Quando engajados em um exercício de aprendizagem ou de solução de problemas, comumente fazemos uso de diferentes formas de representação *externas*³ como meio efetivo de controlar a complexidade destas tarefas. Representações alternativas podem ser usadas em diferentes estágios no processo de solução de um problema (Peterson, 1994) ou mesmo em paralelo quando é útil manter diferentes pontos de vista sobre a informação disponível. Para resolver problemas de geometria, por exemplo, é comum fazermos uso de representações sentenciais e espaciais. Usamos representações sentenciais para descrever e raciocinar sobre propriedades gerais de formas geométricas. Representações espaciais, por outro lado, nos permitem perceber com maior facilidade características relevantes da figura geométrica em questão. Fazer uso de apenas uma dessas formas de representação pode exigir um maior esforço na solução de determinados problemas; raciocinar sobre propriedades geométricas sem o auxílio de representações espaciais restringe o uso de certas formas visuais de inferência.

Formas diferentes de representação podem também mostrar um objeto ou conceito a partir de diferentes pontos de vista. Na Engenharia Elétrica, por exemplo, diagramas de tipos diferentes são empregados para representar e raciocinar sobre as características de um circuito eletrônico. *Diagramas de circuito* mostram o *layout* e a interconexão entre os componentes de um circuito integrado em particular. Um *diagrama de temporização* mostra informações sobre o fluxo de sinais através do circuito. Um *diagrama de portas lógicas* mostra uma representação mais detalhada da solução escolhida

¹ O trabalho relatado aqui é orientado pelo Dr. Donald Peterson, na Universidade de Birmingham, UK, e recebe suporte da agência CAPES.

² University of Birmingham, UK

³ Representações que podem ser produzidas com lápis e papel. Em contraste com representações mentais *internas*.

para implementar uma função específica. Quando usadas para descrever um mesmo circuito, cada uma dessas representações, ao salientar determinadas características dele, será útil para propósitos distintos. É concebível que toda a informação contida nelas pudesse ser integrada em um mesmo formalismo com maior poder expressivo. No entanto, representações construídas utilizando-se esse formalismo mais abrangente, certamente não teriam a mesma utilidade para um engenheiro. É importante focalizar a atenção em certas características do circuito em diferentes estágios de seu desenvolvimento; estruturas capazes de representar somente a informação relevante em um determinado momento, embora talvez limitadas em seu poder expressivo, são úteis por não sobrecarregar o “canal de comunicação” com o engenheiro.

Especificidade e características informais

Quando consideramos o uso de representações externas por agentes humanos, a “especificidade” (Stenning & Oberlander, 1995) destas pode ser mais importante que seu poder expressivo. Uma forma de representação limitada pode tornar salientes propriedades que seriam obscurecidas em um modelo usando uma linguagem mais expressiva. Além disso, certas características informais de um esquema de representação (propriedades estruturais que não fazem parte do formalismo propriamente dito) podem também ser usadas para sugerir propriedades significativas da coisa representada (Petre, 1993). Por exemplo, a proximidade de dois objetos em um diagrama pode visualmente sugerir um possível relacionamento entre eles. Se os objetos estiverem afastados essa pista pode ser perdida.

No entanto, a distância física entre elementos representacionais normalmente não é parte formal da notação mas, sim, um recurso prático que aprende-se como resultado do uso contínuo. Pode-se inclusive usar como critério para estabelecer o nível de especialização do usuário (Petre, 1995) o quão adequadas são as formas de representação selecionadas para determinadas situações e como ele faz uso de características informais delas. Obter experiência com um esquema de representação implica em discernir melhor as situações em que ele pode ser útil e fazer melhor uso dos seus elementos secundários. O uso de diversas formas de representação, cada uma delas específica para uma determinada tarefa, pode aumentar o número de oportunidades para se empregar elementos secundários de representação, os quais, por sua vez, contribuem para facilitar a

interpretação da representação em questão.

Representações Alternativas e Interação com Sistemas Computacionais

O fato de que diferentes formas de representação são úteis para propósitos diversos não é surpreendente ou mesmo um conceito inteiramente novo! Entretanto nos parece claro que não há ainda um corpo de pesquisa significativo sobre o uso de múltiplas formas de representações no raciocínio. Pesquisas relacionadas às Formas de Representação tendem a concentrar-se no desenvolvimento de um único esquema de representação e determinar seu poder expressivo (ou mesmo propor novas formas de representação com maior poder expressivo). Algumas vezes reconhece-se a utilidade heurística de representações alternativas mas seu uso não integra o modelo formal de raciocínio propriamente dito. No estudo de lógica, por exemplo, representações diagramáticas são frequentemente vistas como um auxílio paralelo (passível de ambiguidades) para a compreensão, mas não como tendo um papel fundamental em tarefas como a prova de teoremas. Alguns trabalhos recentes, no entanto, procuram mostrar como representações diagramáticas podem ser empregadas de uma forma efetiva no ensino de lógica (Barwise & Etchemendy, 1993, 1994) ou mesmo na prova de teoremas (Shin, 1992).

Investigar a maneira como fazemos uso de representações externas pode trazer resultados significativos para o estudo da cognição humana. Se reconhecemos a importância que o uso de representações externas tem para a maneira como raciocinamos, um modelo cognitivo realista deve levar em consideração a existência de mecanismos mentais empregados para raciocinar usando-se essas representações. Esse modelo pode então ser aplicado no estudo da interação entre pessoas e computadores. Podem mostrar, por exemplo, a necessidade de construir-se *interfaces* onde leva-se em consideração a utilidade relativa de formas alternativas de representação em diferentes contextos.

Os computadores disponíveis atualmente são capazes de fornecer facilidades para manipular representações de uma maneira efetiva e eficiente. Portanto um ambiente computacional capaz de gerenciar o uso de múltiplas formas de representação pode dar suporte a seus usuários de uma maneira ainda inexplorada. No contexto de aplicações computacionais, precisamos de respostas para pelo menos duas questões: como

projetar *software* para dar suporte a tais ambientes e de que forma usuários podem ter benefícios com seu uso.

Em resumo, o problema que queremos tratar neste trabalho é o de como várias formas alternativas de representação podem ser integradas em um mesmo ambiente computacional de uma maneira útil e coerente. Dois problemas básicos devem ser considerados neste contexto:

- Um problema de *design*: propor arquiteturas de *software* para ambientes com múltiplas representações, e
- Um problema cognitivo: compreender a maneira como empregamos múltiplas formas de representação para resolver problemas e como poderíamos fazer uso de um ambiente computacional onde representações alternativas estão disponíveis.

Esses objetivos são interdependentes. Ao projetarmos as facilidades disponíveis em um ambiente computacional com múltiplas representações devemos levar em consideração um modelo cognitivo do usuário de tais sistemas. Por outro lado, precisamos de um protótipo desse sistema para testar hipóteses a respeito de como as pessoas irão reagir à disponibilidade de múltiplas representações. Discutimos abaixo alguns dos fatores que devem ser considerados na construção do modelo cognitivo em questão. Em seguida discutimos uma proposta de suporte computacional ao uso de representações alternativas e comentamos uma possível aplicação: um ambiente para auxiliar a busca de informações na *world wide web*⁴.

Elementos para o desenvolvimento e avaliação de um Ambiente com Múltiplas Representações

Construir um protótipo de um Ambiente com Múltiplas Representações é um passo importante para aprendermos mais sobre o relacionamento entre usuários e representações em computadores. Abaixo comentamos alguns dos fatores que devem ser considerados na análise e avaliação de ambientes com múltiplas representações.

⁴ ou WWW, rede de computadores para troca de informações com base na *internet* onde os documentos disponíveis podem estar na forma de hipertextos.

Comparando abordagens que utilizam uma única ou múltiplas representações

Uma das questões básicas que devemos analisar é: em que situações uma interface oferecendo representações alternativas pode ser útil? Um meio de abordar essa questão é analisar o desempenho de usuários em tarefas onde ambos os meios de interação são oferecidos.

Alguns trabalhos já foram desenvolvidos nessa área onde procurou-se comparar o desempenho de usuários em ambientes computacionais para aprendizagem. O sistema Hyperproof (Barwise & Etchemendy, 1994) é um exemplo de ambiente para aprendizagem onde representações alternativas podem ser empregadas. Hyperproof é usado para ensinar lógica e possui duas representações interativas: uma gráfica (um diagrama de blocos) e uma sentencial (a linguagem do Cálculo de Predicados de Primeira Ordem). Em um experimento usando Hyperproof alunos de um curso de lógica foram divididos em dois grupos: um grupo fez uso do sistema com ambas as formas gráfica e textual de representação disponíveis, o outro grupo usou apenas a representação textual. Alguns dos resultados obtidos mostram um relacionamento entre o “estilo cognitivo” dos estudantes (determinado em testes preliminares) e sua performance em exercícios com o sistema (Cox, Stenning & Oberlander, 1994; Oberlander, Cox & Stenning, 1994) (Stenning & Oberlander, 1995). Em geral esses resultados mostraram que estudantes que eram inicialmente melhores na solução de *problemas determinísticos* (melhores em lidar com abstrações) tiveram benefícios quando usaram o sistema com ambas as formas de representação. Entretanto, o mesmo não ocorreu no caso de estudantes com um estilo cognitivo oposto. Esses resultados mostram que nesse caso (e em outros contextos equivalentes) os estudantes poderiam ter um melhor desempenho caso o ambiente computacional em que trabalham fosse flexível o suficiente para oferecer ambas as formas de interação.

Analisar o desempenho de usuários em ambientes com múltiplas representações não significa necessariamente comparar dados quantitativos. *Tempo*, por exemplo, é um parâmetro quantitativo que pode ser usado para determinar a eficiência com que usuários realizam tarefas empregando um ambiente computacional. Um tempo menor obviamente implica em maior eficiência. Um ambiente com múltiplas representações pode ser mais rico na maneira como o usuário é capaz de expressar-se, no entanto, é possível encontrar-se um aumento no tempo total tomado para realizar determinadas tarefas. Coordenar o uso de diferentes formas de representação e talvez experimentar com uma

notação para depois substituí-la por outra mais adequada fazem parte do processo de aprendizagem (e também do de solução de problemas), mas são atividades que podem aumentar o tempo total necessário para concluir a tarefa em questão. Mesmo que o sistema computacional seja capaz de fornecer assistência ao usuário realizando automaticamente tarefas mecânicas (como por exemplo traduzir representações de um formalismo para outro ou manter a consistência entre representações alternativas), certas atividades podem fazer o processo como um todo mais lento. Refocalizar a atenção e interpretar alterações que ocorrem alternadamente em uma ou outra notação são atividades que não estariam presente caso usássemos uma única representação bem adequada ao problema em questão.

Entretanto, mesmo nos casos em que o processo como um todo mostrasse mais lento, poderíamos ainda estar em uma situação melhor ao empregarmos múltiplas representações. Podemos esperar que, em geral, um usuário seja capaz de desenvolver uma visão mais abrangente ou mesmo uma melhor compreensão do seu problema ou domínio específico ao manipulá-lo e observá-lo a partir de pontos de vista diferentes. Além disso, escolher e produzir uma “representação adequada” é muitas vezes o estágio mais complexo do processo de solução de problemas. Um ambiente computacional suportando diversas formas de representação pode potencialmente incorporar mecanismos para auxiliar usuários nesse processo de escolha.

Familiaridade com as formas de representação disponíveis

A familiaridade com formas específicas de representação e experiências prévias dos usuários em manipulá-las devem também ser levadas em consideração quando analisamos o emprego de múltiplas representações. A utilidade de uma determinada forma de representação depende tanto da estrutura do problema em questão quanto da habilidade do usuário em empregá-la de maneira adequada. Podemos esperar que haja um melhor desempenho quando as representações fornecidas estão diretamente relacionadas com aquelas que o usuário está habituado a empregar.

A área de Programação de Computadores é um bom exemplo de atividade onde diversas formas de representação são empregadas na tentativa de tornar mais eficiente o processo de construção de programas. No caso de Programação Orientada a Objetos a “hierarquia de classes” é um ponto partida para a produção de programas comum a todos

os programadores (Ford, 1993). Projetar e construir programas em uma Linguagem Orientada a Objetos envolve o projeto de um conjunto de classes e sua integração em uma hierarquia. Nessa hierarquia classes mais específicas herdam propriedades de classes mais gerais. Estar familiarizado com as classes disponíveis em um ambiente e sua estrutura hierárquica é indispensável para tornar-se um (bom) programador. Portanto, é crucial que uma interface com um sistema de programação orientada a objetos ofereça representações que facilitam o acesso a informação sobre essa hierarquia. As formas de representação mais comuns são árvores de classes ou listas de classes (apresentadas em uma coluna com identações representando a relação classe/subclasse). Ou seja, quando consideramos uma área de aplicação específica, representações com as quais a comunidade de usuários está familiarizada tem uma chance maior de serem usadas com sucesso.

Podemos esperar também que um ambiente capaz de dar suporte a múltiplas representações traga benefícios a usuários iniciantes em uma determinada área. Pode ser difícil para iniciantes empregar representações distintas daquela(s) que conhecem inicialmente. Em (Tabachneck, Leonardo e Simon) os autores observaram a maneira como um especialista em economia usa representações verbais e pictóricas em contraste com as dificuldades que um principiante tem em integrar essas representações. Os resultados de alguns experimentos sugerem que principiantes preferem usar uma única representação e não conseguem entender ou produzir representações alternativas facilmente. Especialistas, por outro lado, fazem uso de diversas formas de representação de maneira apropriada. Um ambiente computacional suportando representações alternativas poderia tornar o processo de transição entre o uso de uma única ao uso de várias formas de representação mais suave. O fato de ter-se a oportunidade de observar o relacionamento entre uma representação conhecida e outras formas de representação mais especializadas pode levar a uma melhor compreensão do relacionamento entre os conceitos relevantes além de proporcionar uma oportunidade para se observar a utilidade de notações alternativas. Por outro lado, diferentes formas de representação integradas em um ambiente computacional, onde tarefas mecânicas podem ser realizadas automaticamente, podem dar um melhor suporte a usuários habituados a empregá-las.

Suporte computacional

Um ambiente computacional pode fornecer serviços para a manipulação de representações alternativas em diversas situações. Sua utilidade básica está em fornecer editores para a construção e gerenciamento de representações. Outros serviços podem envolver a manutenção da consistência entre representações alternativas e o auxílio no emprego de representações em tarefas de aprendizagem ou solução de problemas. Quando manipulamos diversas representações diferentes do mesmo objeto ou conceito, alterações estruturais realizadas em uma delas devem ser refletidas nas outras. Fazer essas modificações manualmente pode ser um processo tedioso e ineficiente. Um sistema capaz de manipular automaticamente a estrutura dessas representações pode assumir o trabalho de manter a consistência entre elas. Além disso o sistema pode também fornecer ajuda aos seus usuários em como empregar esquemas de representação específicos. Um ambiente envolvendo um modelo cognitivo do usuário pode, por exemplo, sugerir formas de representação adequadas a seu estilo cognitivo.

Extensibilidade é também uma propriedade desejável em um ambiente como esse. Deve ser possível adaptar novas formas interessantes de representação ao ambiente quando elas tornam-se disponíveis. Portanto, mecanismos simples para incluir novos esquemas representacionais e integrá-los aos já existentes devem fazer parte da estrutura do sistema. Em um ambiente computacional com a flexibilidade necessária para fornecer esses serviços, ferramentas dedicadas a manipulação de representações devem ser independentes de outros módulos do sistema. Além disso características estruturais das representações devem ser tratadas como objetos de *primeira ordem*. Ou seja, deve ser possível nos referirmos a essas características independentemente da informação que carregam. Um conceito útil para estruturar-se esse ambiente é o de *agentes*. Agentes, neste contexto, são programas que incorporam determinados serviços e são capazes de comunicar-se entre si. Podemos então ter agentes que implementam editores para determinadas formas de representação, agentes dedicados a construir e manter um modelo cognitivo do usuário, agentes capazes de fornecer ajuda aos usuários quanto ao uso de representações (sugerindo representações adequadas em cenários conhecidos ou propondo a reorganização de elementos contidos em uma representação construída nesse cenário), e assim por diante. O trabalho importante para nossos propósitos seria construir nesses agentes a capacidade de trocar informações a respeito de representações externas e também

raciocinar sobre as diversas dimensões que afetam sua utilidade. Dessa maneira usuários poderiam ter acesso a múltiplas formas de representação em um ambiente computacional com um suporte adequado.

Nosso argumento básico é o de que, em um modelo geral de interação em ambientes computacionais, o usuário deve ter a prerrogativa de escolher formas de representação adequadas tanto à tarefa em questão quanto ao seu próprio estilo cognitivo. Dessa forma um ambiente adequado para uma determinada tarefa e um usuário específico podem ser definidos a partir de um ambiente básico composto por um conjunto de formas de representação padrões e uma estratégia para fornecer auxílio no seu emprego em determinados cenários de aplicação. Um sistema computacional com essa capacidade poderia então monitorar o processo de interação e fornecer auxílio mecânico quando possível.

Representações Múltiplas e a *World Wide Web*

Para construir um protótipo inicial devemos escolher uma área de aplicação para ele. Uma possibilidade é trabalhar com o que poderíamos chamar de *repositórios de informação distribuídos*. Nesses repositórios a informação disponível para uma comunidade de usuários está contida em documentos os quais contém referências a outros documentos. Esse conjunto de documentos pode estar (ou não) na mesma localização física. Quando tentamos recuperar informação em ambientes como esse alguns problemas típicos acontecem:

- Pode ser difícil navegar de maneira apropriada através de uma coleção de documentos (indo de um documento para outro usando as referências contidas neles); é comum sentir-se perdido no emaranhado de interligações que se estabelecem entre eles.
- Encontrar itens específicos de informação pode ser uma tarefa lenta e ineficiente.

Um exemplo típico de uma coleção de documentos como esses são os hipertextos disponíveis na *World Wide Web* (WWW). Os problemas que mencionamos acima estão presentes aqui também. Por essa razão, aliada a popularidade da WWW como fonte de informações, uma área de aplicação prolífica recentemente tem sido o projeto de software para facilitar a navegação através da imensa quantidade de documentos presentes na *internet*.

Essa navegação pode ser explorativa (sem um objetivo determinado) ou em busca de informações específicas. Organizar o conhecimento que acumulamos sobre a disponibilidade de informações em *representações externas* pode ser vantajoso em ambas. Portanto um sistema onde podemos manipular representações alternativas da WWW seria uma aplicação interessante do modelo de interação que estamos propondo. Nesse sistema usuários empregariam diferentes ferramentas para construir, manipular e organizar representações da própria WWW (sua estrutura de inter-conexões) e de seu conteúdo de informações. Ao mesmo tempo agentes de software, capazes de realizar buscas automáticas com base em interesses previamente declarados, cooperam com o usuário na construção dessas representações.

A WWW provê uma fonte aparentemente infindável de informações e é um meio valioso para a comunicação e troca de experiências. No entanto a própria quantidade de informações disponíveis e a falta de uma estrutura regular tornam difícil o processo de encontrar-se algo relevante quando temos um objetivo específico. Um ambiente com múltiplas formas de representação, onde o usuário pode manipular representações alternativas tanto da estrutura dos relacionamentos entre os documentos consultados quanto do seu conteúdo pode trazer vantagens significativas em tarefas de busca de informações. A disponibilidade de várias formas de representação para documentos na WWW pode levar seus usuários a construir um melhor modelo da informação disponível. As facilidades disponíveis nesse ambiente irão também incentivar o usuário a produzir suas próprias representações indicando, entre localizações conhecidas na WWW, aquelas que possuem elementos relevantes para seus propósitos.

Conclusão

Descrevemos neste texto um projeto de pesquisa em andamento sobre *ambientes computacionais com múltiplas formas de representação*. Nosso objetivo é compreender melhor a maneira como as pessoas relacionam-se com diferentes formas de representação, quando fazem uso destas como auxílio externo ao raciocínio, e aplicar esse conhecimento ao projeto de interfaces computacionais. Precisamos portanto desenvolver um modelo cognitivo que leve em consideração características desse relacionamento para aplicá-lo como ponto de partida ao desenvolvimento de um modelo de interação pessoa-computador. Discutimos aqui alguns elementos desse modelo e uma possível aplicação

para facilitar a busca de informações na WWW.

O projeto inicial do protótipo de sistema computacional que mencionamos aqui usa o conceito de *agentes* para fornecer serviços e auxiliar usuários na manipulação de representações. O desenvolvimento desse projeto está ainda em seu início e portanto algumas das sugestões que fazemos aqui podem vir a ser modificadas em estágios futuros.

Referências bibliográficas

- BARWISE, J., ETCHEMENDY, J. Heterogeneous logic. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 13, 1993. *Proceedings...* Workshop notes: Principles of Hybrid Representation and Reasoning, 1993.
- BARWISE, J., ETCHEMENDY, J. *Hyperproof*. CSLI Press, 1994.
- COX, R., STENNING, K., OBERLANDER, J. Graphical effects in learning logic: reasoning, representation and individual differences. A ser publicado no 16th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, 1994.
- FORD, L. Interactive learning and researching with visualization, *Technical Report 274*, Department of Computer Science, University of Exeter, UK, 1993.
- OBERLANDER, J., COX, R., STENNING, K. Proof styles in multimodal reasoning. In: CONFERENCE ON SITUATION THEORY AND ITS APPLICATIONS - INFORMATION ORIENTED APPROACHES TO LANGUAGE, LOGIC AND COMPUTATION. *Proceedings...* Moraga: California, 1994.
- PETERSON, D. Re-representation and emergent information in three cases of problem solving. In: DARTNALL, T. (Ed.) *Artificial intelligence and creativity: an interdisciplinary approach, studies in cognitive systems*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994, p. 81-92.
- PETRE, M. Using graphical representations requires skill, and graphical readership is an *acquired* skill. R. Cox, M. Petre, P. Brna and J. Lee (Eds), In: WORKSHOP OF GRAPHICAL REPRESENTATIONS, REASONING AND COMMUNICATION. 1993, Edinburgh: The University of Edinburgh. *Proceedings...* World Conference on Artificial Intelligence in Education, 1993.
- _____. Why looking isn't always seeing: Readership skills and graphical programming, *Communications of the ACM*, v. 38, n. 6, p. 33-4, 1995.
- SHIN, S.-J. A semantic analysis of inference involving Venn diagrams, *Reasoning with diagrammatic representations*. In: AAAI Spring Symposium Series, 1992, Stanford. *Proceedings...* Stanford: AAAI, 1992. p. 85-90.

- STENNING, K., OBERLANDER, J. A cognitive theory of graphical and linguistic reasoning: logic and implementation. *Cognitive Science*, v. 19, n. 1, p. 97-140, 1995.
- TABACHNECK, H. J., LEONARDO, A. M., SIMON, H. A. How does an expert use a graph?: a model of visual and verbal inferencing in economics. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE COGNITIVE SCIENCE SOCIETY. 16, 1994, *Proceedings...*, 1994.