2
Engenharia Semiótica e Design de Interface Ecológica

Tradicionalmente, a elaboração de projetos computacionais nos mais diversos domínios de aplicação tem sido atrelada à filosofia do Design Centrado no Usuário (DCU) (Norman, 1986), baseado na Engenharia Cognitiva, cuja principal característica é o foco nas metas e tarefas dos usuários. No entanto, o problema com o qual se lida nesta dissertação requer um foco maior em elementos de contexto mais global do domínio que o usuário está inserido. Por isso, esta dissertação não utilizará o DCU e buscará abordagens alternativas que melhor se adaptem ao problema analisado. Sendo assim, serão apresentados, neste capítulo, os principais conceitos e definições das duas teorias sobre as quais se apoia este trabalho: uma consiste de uma teoria não cognitiva na área de IHC, a EngSem; e a outra está inserida na área de fatores humanos e psicologia ecológica, o DIE.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

2.1.
Conceitos e Definições básicas

Nesta seção, são apresentados, de forma resumida, alguns conceitos e definições básicas que foram adotados na pesquisa e nos estudos realizados nesta dissertação, estando presentes ao longo das demais seções e capítulos.

- **Design**: atividade intelectual de conceber e descrever um produto ou, no domínio em que esta dissertação está inserida, um sistema computacional a partir dos requisitos de seus potenciais usuários.
- **Interação**: está associada à ação de um usuário em uma interface e à interpretação da "resposta" enviada por ela.
- **Interface**: A parte de um sistema computacional através da qual o usuário entra em contato físico, perceptivo e conceitual com ele.
- **Usabilidade**: conceito que se refere à qualidade da interação de um usuário com um sistema computacional. Depende de fatores, como

- facilidade de uso, aprendizado, satisfação do usuário, flexibilidade e produtividade.
- **Comunicabilidade**: Eficácia e eficiência com que um sistema consegue comunicar para o usuário através da interface de um artefato, a intenção e lógica do designer.
- **Estilos de Interação**: termo associado às diferentes formas com que uma pessoa pode se comunicar com um sistema computacional. São exemplos de estilos de interação: linguagem natural, menus, linguagens de comando, formulários e manipulação direta.
- **Interface de manipulação direta**: é aquela na qual o usuário pode agir diretamente sobre representações de elementos (objetos) da aplicação, ou seja, oferece certa analogia entre o cursor do mouse (e a própria mão, caso se pense nas interfaces sensíveis ao toque presentes em alguns dispositivos móveis), como também entre as representações gráficas contidas na aplicação. O conceito de manipulação direta foi proposto por Ben Shneiderman em 1982 (Shneiderman, 1982).
- **Evento**: geralmente, eventos estão associados com transições entre estados. No entanto, um evento é definido, por Luckham & Schulte (2008), simplesmente como a ocorrência de uma atividade. No contexto de sistemas de monitoração, um evento está associado à ocorrência de um fenômeno, de alguma variável e/ou comportamento de algum componente de um sistema. São exemplos de eventos:
    - conexões com o servidor *web,* representadas pela sua quantidade (número);
    - consumo de cpu do servidor *web;*
    - consumo de memória do servidor *web;*
    - erros no servidor *web;*
    - conexões com o servidor de aplicação, também representadas pela sua quantidade (número);
    - consumo de cpu no servidor de aplicação;
    - consumo de memória no servidor de aplicação;
    - erros no servidor de aplicação;

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

- conexões com o banco de dados, também representadas pela sua quantidade (número);
- consumo de cpu no banco de dados;
- consumo de memória com o banco de dados;
- tempo de execução de *queries* SQL com o banco de dados.

2.2. Engenharia Semiótica

Antes de se abordarem os conceitos envolvendo a EngSem (De Souza, 2005) é importante entender qual é a estratégia tradicionalmente escolhida na área de IHC, no design (de interfaces) de um sistema computacional qualquer.

Tradicionalmente, o projeto e construção de sistemas interativos são regidos pelos princípios do DCU, uma teoria cognitiva da área de IHC. Nela, os *designers* tentam identificar com o maior grau de precisão possível o que os usuários querem e precisam (Norman, 1986). Para isso, eles utilizam ferramentas como análise de tarefas e estudos sobre o usuário, cujas atividades são enumeradas logo a seguir, conforme ilustrado na figura 2.1.

1. Identificar o grupo de usuários que irá utilizar o artefato criado.
2. Especificar os requisitos e regras de negócio que precisarão ser alcançados para que o artefato seja considerado útil pelo usuário final.
3. Criar a solução de design.
4. Avaliar o artefato projetado. Tipicamente, feito através da aplicação de testes de usabilidade com usuários reais.

O modelo de design alcançado após a execução das atividades descritas acima representará o entendimento do designer sobre as necessidades dos usuários e codificará a mensagem dele através da utilização de elementos de interface, como, por exemplo, estruturas de representação do tipo visual (um botão, uma tabela, uma área para entrada de dados, etc.) e/ou textual (*Tooltips*, linguagem natural, etc.), diálogos de comunicação entre outros. Este modelo é projetado na

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

imagem do sistema, a qual o usuário precisa entender e interagir a fim de atingir os seus objetivos.

Este tipo de estratégia, a qual coloca o usuário no centro de toda cadeia de etapas necessárias, focando nos seus aspectos cognitivos e no produto final do processo de design, é que caracteriza o DCU. Nele, há uma premissa implícita de que o usuário enxerga o sistema computacional apenas como uma ferramenta que foi concebida para que pudesse atingir os seus objetivos.

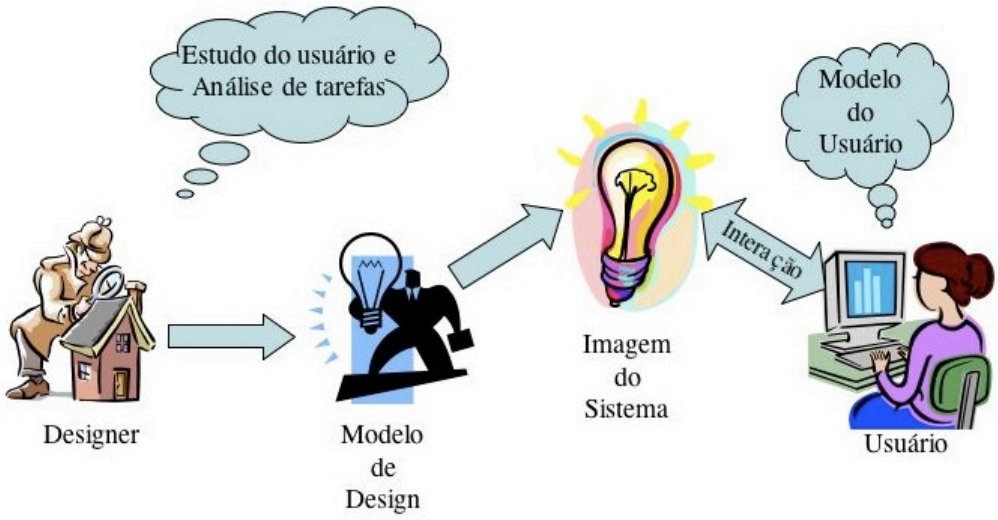

Figura 2.1 – Design centrado no usuário

Em virtude do advento de novas formas de expressão, aliadas aos avanços tecnológicos ocorridos na área de sistemas de informação, principalmente na área de Internet, na qual a empresa estudada está inserida, é possível perceber o surgimento de novos tipos de aplicações com interfaces mais "ricas", interativas e de cunho social.

Como exemplos de sistemas ricos, há o *Google Maps*[1], *Flickr*[2], *Facebook*[3] e *Foursquare*[4]. As interfaces dessas aplicações vão além da metáfora de ferramentas, focalizando-se mais nos aspectos de comunicação, ou seja, estas

[1] <*http://maps.google.com*>

[2] <*http://www.flickr.com*>

[3] <*http://www.facebook.com*>

[4] <*http://foursquare.com*>

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

aplicações possibilitam e promovem o contato e a comunicação entre os seus vários usuários, atingindo-se assim as fronteiras da comunicação mediada por um sistema computacional. O DCU não fornece nenhum modelo que se concentra nos elementos responsáveis por comunicar tudo o que foi aprendido e pensado antes pelo designer, isto é, adequado para tratar de comunicação entre usuários. Como consequência, nota-se uma lacuna deixada pelo DCU e, até mesmo, pelo DIE (que será apresentado na seção 2.3). Além disso, uma vez que a comunicação entre usuários é promovida e migra para o centro da experiência do usuário, é interessante utilizar as possibilidades exploradas pela EngSem de caracterizar e elaborar melhor a comunicação do próprio designer do sistema com os usuários a quem o sistema se destina.

2.2.1. Engenharia Semiótica: Definições e conceitos básicos

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

A EngSem é uma teoria de IHC e, conforme toda abordagem fundamentada na semiótica, possui como essência o estudo dos signos, os sistemas de significação e de comunicação (Eco, 1976). (De Souza, Leite, Prates & Barbosa (1999) destacam como área de concentração da EngSem os processos envolvidos na produção e interpretação dos signos.

Segundo Peirce (1931-1958), um signo é algo que representa alguma coisa para alguém, sendo composto de três elementos (figura 2.2): interpretante, *representamen* e objeto.

- **Interpretante**: é a interpretação mental de um signo, atua como mediador entre a representação de um signo e aquilo a que esta representação se refere.
- ***Representamen***: é a representação do signo, que se torna possível pela existência de "algo a representar" (que é o objeto, como se observa a seguir).
- **Objeto**: é aquilo que causa e justifica o surgimento de um signo à medida que sustenta o processo de representação e interpretação que são indissociáveis de um signo.

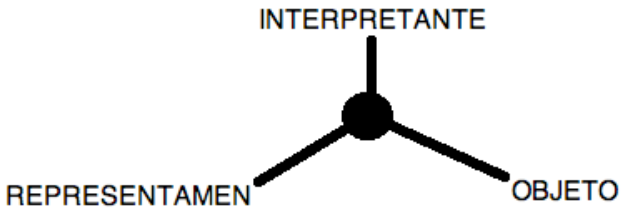

Figura 2.2 – A tríade semiótica segundo Peirce

Como De Souza, Leite, Prates & Barbosa (1999) destacam, para que a comunicação entre duas pessoas aconteça é preciso que o emissor expresse a mensagem em um código que seja conhecido tanto por ele quanto pelo receptor. A mensagem recebida gera uma ideia daquilo que o emissor quis dizer, dando início ao processo de compreensão por parte do receptor. Esta ideia que ele gera é chamada de interpretante, que pode por si mesma tornar-se um signo que vai gerar novos interpretantes na mente do receptor, numa cadeia de associações praticamente infinita. Para Eco (1976), este processo é definido como semiose ilimitada, e acontece até que o receptor acredite ter uma boa hipótese sobre a mensagem enviada pelo emissor, ou até quando ele decida interromper a busca por uma boa hipótese, seja porque esgotou sua capacidade, ou seu interesse, ou seu tempo disponível, ou sua paciência, etc.

Por exemplo, a representação visual de um objeto circular com hexágonos na cor branca e pentágonos na cor preta em sua superfície pode ser interpretada por uma pessoa como um signo de uma bola de futebol.

Isso acontece porque tais símbolos (formato circular, hexágonos, pentágonos, cor preta e cor branca) se relacionam de tal forma a outros símbolos significativos de uma cultura e criam, na mente de um indivíduo pertencente àquela cultura, um significado do objeto: a bola de futebol.

Do ponto de vista da EngSem, que não é uma Semiótica geral como a teoria de Peirce, que estabeleceu as definições teóricas de ícones, índices e símbolos como classes de signos, os signos que ocorrem no contexto específico de IHC podem pertencer a três diferentes classes (De Souza, Leitão, Prates, Bim & Da Silva, 2010): signos estáticos, signos dinâmicos e signos metalinguísticos. A EngSem propõe estas classes diferenciadas de signos, pois o seu objeto de estudo

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

é a metacomunicação através de artefatos baseados em sistemas computacionais e não uma Semiótica geral, para quaisquer signos, naturais ou artificiais. Por isto, esta teoria estabelece classes de signo direcionadas para este específico único da semiótica. O propósito das classes de signos utilizadas pela EngSem é ajudar o projetista a analisar a natureza, a estrutura, o processo, os efeitos e as condições em que a comunicação, mediada por artefatos computacionais, entre o designer e o usuário ocorre.

Os signos estáticos são aqueles cuja representação não tem nenhum desdobramento ou dependência temporal e persistem na ausência de interação. Um exemplo de signo estático é quando acessamos a página principal do Google (http://www.google.com) e um botão com os dizeres "Pesquisa Google" é apresentado ao usuário logo abaixo da caixa de texto para entrada de dados. Neste caso, o designer está tentando dizer ao usuário que caso ele clique naquele botão uma pesquisa no *Google* será realizada. Já os signos dinâmicos são aqueles cuja representação se desdobra no tempo, independente da ação do usuário. Sua representação se revela e se transforma em resposta a uma interação e ela só pode ser atualizada ao longo do tempo, perdendo sua essência fora da dimensão temporal. Como exemplo de signo dinâmico considere uma página de cadastro em um *site* qualquer que pede para o usuário selecionar o país de sua residência a partir de uma lista de países. Após o usuário definir o seu país, uma caixa de seleção com "estados" que antes estava vazia antes de o usuário ter selecionado um país, agora, é atualizada automaticamente com os estados existentes no país selecionado. Por último, a representação dos signos metalinguísticos depende da separação de dois níveis de representação: um onde a ação é executada e o outro onde uma instrução, explicação, descrição e informação sobre a ação são fornecidas. Estes níveis podem ser acessados por formas específicas de interação, como por exemplo o clique em um ícone de ajuda disponível na aplicação. Como também podem estar "embutidos" na interface na forma de dicas (*tooltips*) em elementos que auxiliem o usuário a interagir com o sistema. Um exemplo disso é quando posicionamos o ponteiro do mouse sobre um botão e um pequeno texto informativo aparece sobre o elemento: "Clique aqui para ...". Os signos metalinguísticos representam signos estáticos ou dinâmicos que se referem a outros signos estáticos ou dinâmicos da interface do sistema.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

A EngSem está alinhada com a perspectiva de Schön (1983) sobre o processo de design. Segundo ele, os designers precisam de algum tipo de conhecimento que sirva de insumo para ajudar o entendimento do problema a ser resolvido; instanciar o problema; e decidir como solucioná-lo. Nesse sentido, a EngSem sugere a utilização de ferramentas epistêmicas, como forma de ampliar o conhecimento do design sobre o problema e as possíveis soluções disponíveis (ver figura 2.3).

O designer forma o seu modelo de tecnologia após o estudo do usuário, seu contexto, suas oportunidades e seu problema utilizando outra teoria de design de interface diferente da EngSem, como, por exemplo, aquelas mencionadas na seção 2.2, para então comunicar o modelo pretendido da aplicação para o usuário. Para isso, ele poderá contar com os conceitos fornecidos, pela EngSem, para elaborar o teor da sua mensagem de metacomunicação para o usuário, preenchendo o *template* de metacomunicação, cuja essência é a seguinte: *"Eis a minha interpretação de quem você é, o que aprendi que você tem de fazer, preferencialmente de que forma, e por que? Eis, portanto, o sistema que consequentemente concebi para você, o qual você pode ou deve usar assim, a fim de realizar uma série de objetivos associados com esta minha visão" (de Souza, 2005, 25)*

Figura 2.3 – A solução do designer

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

As três classes de signo mencionadas anteriormente estão à disposição do designer para ser utilizadas para trabalhar a comunicabilidade da mensagem codificada no artefato criado.

De acordo com a perspectiva semiótica e diferentemente do que ocorre no DCU, o usuário e o designer possuem o mesmo papel no processo de interação com artefatos computacionais. Isto é, ambos, são interlocutores durante todo o processo comunicativo (De Souza, 2005).

Toda engenhosidade do designer para (tentar) solucionar o problema trazido pelo usuário é codificada na metamensagem contida na interface criada, sendo, portanto, um artefato simbólico (ou, a rigor, lingüístico, considerando-se que as representações internas de qualquer sistema são referenciadas a "linguagens" de programação, interface, etc.), ou seja, baseado no sistema de símbolos, verbais e visuais ou em outras possíveis formas de interpretação que possam ser entendidas por alguma regra semântica computável (De Souza, 2005).

A EngSem distigue o artefato de metacomunicação (em última análise, um artefato de software interativo) como sendo um artefato intelectual do designer para o usuário, pois codifica a interpretação racionalizada humana sobre um problema e suas possíveis soluções, isto é, o resultado de uma atividade intelectual. Este artefato só irá atingir o seu objetivo se o usuário for capaz de utilizar o sistema linguístico empregado na interface para decodificar as mensagens enviadas pelo designer, desse modo, estabelecendo um "diálogo comunicativo".

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

2.2.2. A metacomunicação

Ao contrário do processo de comunicação tradicional cujas mensagens são trocadas através de canais (de comunicação) bidirecionais como, por exemplo, um telefone e o correio eletrônico, a comunicação iniciada a partir do momento que o usuário começa a interagir com o artefato intelectual concebido é um processo que se desdobra em dois níveis. Em um primeiro nível, temos a comunicação UNIDIRECIONAL dos designers para usuários, sobre a qual já falamos anteriormente. Neste nível, a MENSAGEM dos designers para os usuários é – ela

mesma – capaz de enviar ou receber mensagens. Ou seja, ela estabelece um novo nível de comunicação, desta vez BIDIRECIONAL, no qual os usuários se comunicam com o sistema e vice-versa.

Como o designer não pode estar fisicamente presente no instante em que o processo de comunicação bidirecional, desdobrado da metacomunicação unidirecional do nível superior ocorre, os signos criados e/ou escolhidos por ele na interface são os únicos meios disponíveis para que o usuário entenda o que o sistema criado faz e como ele deve utilizá-lo para atingir os seus objetivos (De Souza & Cypher, 2008). Mais do que isto, o sistema de fato representa o designer ou como se costuma referir na EngSem, é o preposto do designer (*the designer's deputy*), viabilizando e concretizando plenamente uma comunicação sobre comunicação (figura 2.4). O que ela significa será descoberto e explorado pelo usuário em tempo de interação, à medida que ele vai descobrindo e interpretando os signos existentes na interface.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

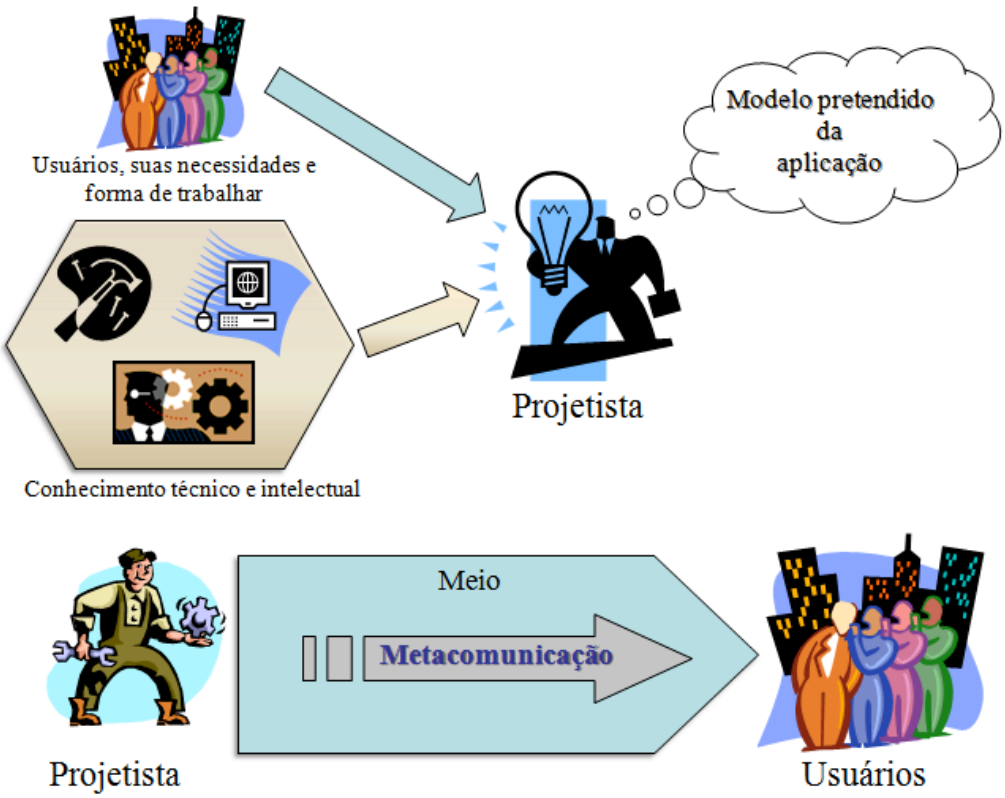

Figura 2.4 - Figura da metacomunicação.

Outra questão importante levantada por De Souza & Cypher (2008) é que, embora muitas das interfaces de sistemas existentes no meio acadêmico e profissional compartilhem um conjunto comum de padrões de interação, como, por exemplo, o *menu* de edição presente em muitos programas, que permite ao usuário enviar e obter dados da área de transferência do seu computador, cada sistema possui, em maior ou menor grau, uma linguagem de interação única, cuja semântica deverá estar coerente ao modelo semântico específico do sistema.

Por exemplo, dois editores de texto assemelhados, podem ter muitos elementos e jargões de interface em comum. Porém, a semântica EXATA dos signos de interface em cada um deles é totalmente determinada pelo "programa" implementado em cada caso. Portanto, a linguagem de interface, por mais parecida que seja, em cada caso é, também, ÚNICA. Muitas vezes é justamente por não perceber esta característica única da semântica de signos de interface, que os usuários cometem erros de interação. Acham que o que "parece" ser o mesmo, "é" o mesmo (quando não necessariamente é).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

2.2.3. Processo de geração de significados

Tendo em vista o que foi analisado na seção anterior, é importante ter em mente que assim como ocorrem rupturas de entendimento em praticamente todo processo de comunicação envolvendo seres humanos, na mensagem enviada pelo designer, também, podem suceder tais rupturas.

As mensagens enviadas pelo designer podem ser reinterpretadas pelos usuários de maneiras diferentes da qual foram planejadas. Todavia, nem sempre isto é ruim e, em algumas situações, são geradas novas instâncias de significados a partir do significado esperado. Um exemplo deste cenário é o "*micro blogging*" *Twitter*. O *Twitter* foi lançado inicialmente para permitir a troca de mensagens curtas, com até 140 caracteres, entre pessoas que quisessem compartilhar sentimentos, pensamentos e opiniões umas com as outras. No entanto, muitas empresas aproveitaram a alta popularidade do *Twitter* para redefinir o seu significado, criando até mesmo um novo conceito: "mídias sociais". Elas

passaram a utilizá-lo para se comunicar com os seus clientes, aproximando-se do seu público alvo, ou seja, a visão do designer, que antes era permitir a comunicação entre pessoas, foi redefinida para permitir a comunicação de uma organização com um universo de pessoas.

O exemplo anterior serve para demonstrar um importante conceito na semiótica. Os processos utilizados para gerar significados na mente, mediante estímulos recebidos do ambiente circundante, são imprevisíveis e evolutivos. Esta constante geração e revisão de significados é denominada, na semiótica, "semiose" (comumente qualificada como "semiose limitada").

O conceito envolvendo a semiose foi definido, por Peirce (1931-1958), como um tipo particular de raciocínio lógico, chamado abdução. A abdução é uma capacidade primária compartilhada por todos os seres humanos e permeia todo o comportamento inteligente humano, desde um simples raciocínio comum até a descoberta de um sofisticado conhecimento na ciência ou filosofia. Logo, sob essa ótica, ao interagir com um artefato intelectual, os usuários irão necessariamente gerar um significados para os elementos de interface e padrões de interação que serão – em determinado momento - diferentes daqueles que estiveram presentes no momento de design. Isso transforma o objetivo do design **de** codificar o significado "correto" ou "exato" para uma gama de usuários **para** codificar significados que comuniquem e alcancem um espectro de metas e significados úteis e prazerosos para os usuários (De Souza & Cypher, 2008). Na perspectiva semiótica, significado é um processo ao invés de um conceito fixo, ideal e abstrato. É impossível prever o caminho exato que cada indivíduo irá seguir para atingir uma interpretação que lhe pareça satisfatória, mas não necessariamente a correta (i.e. a que foi pensada e codificada originalmente no momento de implementação de um design concebido) de um dado signo.

Conforme De Souza, Leitão, Prates, Bim & Silva (2010), um importante aspecto da abdução, e diferentemente da dedução e indução, é que ela se baseia em procedimentos autocorretivos. A inferência abdutiva começa com um fato, por exemplo: quando o usuário clica no botão , na janela do programa *Microsoft Word*, a interface da aplicação é minimizada para uma barra na parte inferior da tela. O usuário pode então considerar este fato como sendo resultado da seguinte regra hipotética: "se clico em , então, a janela do programa *Microsoft Word* é

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

minimizada". O usuário poderá, assim, validar se esta regra hipotética se aplica também para outras instâncias de programas diferentes do que foi testado. Após realizar alguns testes com sucesso, o usuário poderá concluir que a regra não mais será uma hipótese, mas sim uma verdade.

O exemplo pode continuar, agora com o usuário hipotetizando que quando ele clica no botão [x] de uma janela de programa, ele encerra a execução do programa. Em alguns casos isto de fato é verdade, e por abdução o usuário pode generalizar precocemente a hipótese e promovê-la a regra. O fato interessante, para IHC, é que o usuário pode tornar-se tão confiante em sua recém-descoberta regra que não perceba o fato de que alguns programas continuam a execução mesmo se todas as janelas de interface forem fechadas. Quando ou caso o usuário perceba isto, ele CORRIGIRÁ a sua abdução inicial (autocorreção do raciocínio) e hipotetizará uma nova regra para substituir a que foi falseada.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

2.2.4. Ferramentas de avaliação

Conforme observado em seções anteriores, a interface de um artefato intelectual concebido é uma metacomunicação do designer para o usuário. Sendo assim, é necessária uma forma de avaliar a comunicabilidade da mensagem codificada na interface. Para isso, a EngSem fornece duas ferramentas para avaliar a comunicabilidade: o Método de Inspeção Semiótica (MIS) (De Souza, Leitão, Prates & Silva, 2006; De Souza & Leitão, 2009; De Souza, Leitão, Prates, Bim & Silva, 2010) e o Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC) (Prates, De Souza & Barbosa, 2000; De Souza, 2005; De Souza & Leitão, 2009). Com eles, é possível detectar rupturas de comunicação que podem ocorrer no diálogo dos dois atores envolvidos no processo comunicativo (designer – representado pelo sistema em tempo de interação, e usuário – em comunicação continuada com o representante do designer).

As ferramentas de avaliação fornecidas são interpretativas e qualitativas (De Souza & Leitão, 2009). O MIS avalia a comunicabilidade focando na emissão da metamensagem do designer, enquanto que o MAC avalia a metacomunicação focando a recepção da metamensagem por parte do usuário.

No capítulo 3, o MIS será descrito em detalhe, demonstrando-se como foi utilizado para realizar a avaliação de comunicabilidade da interface de um sistema de monitoração em uso na empresa estudada. Tal como prescreve o método, será adotada a perspectiva da emissão da mensagem de metacomunicação.

No capítulo 5, o MAC será descrito em detalhe, reportando-se como ele foi usado para realizar a avaliação da comunicabilidade do sistema de monitoração alternativo, proposto no capítulo 4. A avaliação adotou, portanto, a perspectiva da recepção da mensagem da metacomunicação.

2.3. Design de Interface Ecológica (*Ecological Interface Design*)

Esta seção trata dos principais conceitos de um método de design de interfaces, utilizado na área de fatores de humanos para projetos de interfaces de sistemas complexos - o DIE. Explicamos brevemente o motivo do uso do termo "ecológico" presente na denominação do metodo DIE e sua relação com a área de design de interfaces. Por fim, apresenta-se a motivação do uso do DIE nesta dissertação.

2.3.1. Análise Cognitiva do Trabalho e Sistemas Complexos

Uma das abordagens praticamente inexploradas pelos softwares de monitoração utilizados por empresas de Internet é aquela proposta por Vicente (1999) - o *framework Análise Cognitiva do Trabalho*, que, a partir deste ponto, será referenciado como ACT.

O ACT foi criado no Departamento de Análise de Sistemas no laboratório nacional *Risø*, na Dinamarca, e se propõe a analisar integradamente o trabalho que as pessoas fazem, as tarefas por elas praticadas, as decisões tomadas e o contexto no qual tais decisões são tomadas. Sua metodologia possui raízes comuns com as áreas de psicologia e ciência cognitiva, porém tem uma abordagem um pouco diferente das preconizadas pela Engenharia Cognitiva de Norman (1986), por exemplo.

Segundo Vicente (1999), tradicionalmente, a análise de um trabalho qualquer na engenharia cognitiva se inicia a partir dos processos cognitivos

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

associados ao usuário final para, depois, considerarem-se as variáveis associadas ao ambiente (contexto) que o usuário se encontra. Ele, no entanto, advoga que para sistemas complexos a abordagem deveria ser feita no sentido inverso, ou seja, primeiro, dever-se-ia entender as características e restrições do ambiente para, depois, focalizar-se as atividades exercidas pelo usuário. Isto poderia captar as determinações do ambiente e contexto sobre a forma de agir das pessoas, coisa que as práticas de design pautadas na Engenharia Cognitiva podem desconsiderar (e frequentemente o fazem).

São exemplos de sistemas complexos:

- Mercado Financeiro.
- Sistema Bancário.
- Firma de Engenharia.
- Hospital.
- Universidade.
- Usinas de Energia.
- Empresas de Internet.

A origem e a natureza da complexidade de sistemas sociotécnicos[5] podem ser determinadas pelas seguintes características que eles têm:

- São distribuídos.
- Estão inter-relacionados (acoplados).
- São dinâmicos.
- Afetam milhares (ou milhões) de pessoas.
- Possuem algum nível de automação.

Diante disto podemos considerar Sistemas de Monitoração como um sistema complexo. Eles atuam sobre aplicações distribuídas, estas aplicações

[5] Sistemas sociotécnicos é um termo utilizado na abordagem de sistemas complexos para reconhecer a interação entre pessoas e a tecnologia presente no ambiente de trabalho.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

muitas das vezes estão inter-relacionadas de alguma forma. Além disso, as aplicações em uma empresa de Internet são dinâmicas, quando acessamos uma página em um *site* de notícia o conteúdo da matéria que estamos lendo é recente. Aproveitando o exemplo anterior, caso ocorra uma indisponibilidade no mesmo site de notícia milhões de pessoas serão afetadas. E, como é fácil de verificar neste domínio, eles têm um alto grau de automação (publicação automática de notícias, controle de obsolescência, controle de acesso, e até mesmo personalização de interface, por exemplo).

Cada dimensão contribuirá em maior ou menos escala para a complexidade do sistema, dependendo, claro, do domínio no qual a aplicação está inserida. As faculdades mentais dos operadores e a capacidade técnica e intelectual dos designers são bastante exigidas, especialmente porque em sistemas de controle a interpretação e julgamento sobre o recurso "tempo" (que decorre enquanto se raciocina sobre ele) é crítica. Os operadores lidarão diretamente com um tipo de artefato que é, então, inerentemente complexo, e os designers terão de projetar um sistema que seja eficiente e eficaz ao apoiar as tarefas e decisões dos operadores.

O framework ACT dá origem a uma das metodologias utilizadas nesta dissertação: o DIE – proposto por Vicente & Rasmussen (1992). Esta metodologia consiste de duas fases:

1 Análise do Domínio do Trabalho (ADT).
2 Análise de Competências (AC).

Estas fases complementam de maneira importante as questões que a EngSem não cobre e, conforme se verificará nas próximas seções, elas nos levarão a uma perspectiva ecológica na área de design de interfaces.

2.3.2. Análise do Domínio do Trabalho e a Hierarquia Abstrata (HA)

A ADT é a primeira fase do DIE. Nela é feita a modelagem do ambiente onde o usuário está inserido. Um importante aspecto levantado por, Vicente (1999) é que ao se lidar com sistemas complexos, precisa-se primeiro entender o

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

ambiente e as suas respectivas restrições para, depois, projetar-se a interface (ou *display*) e as intenções que ela oferece. Esta sequência dificilmente é observada nos sistemas de monitoração (capítulo 3) de empresas de Internet.

Para melhor ilustrar a afirmação feita por Vicente (1999), considere-se, por exemplo, que uma pessoa precisa ir do ponto A para o B em uma cidade qualquer, conforme ilustrado na Figura 2.5.

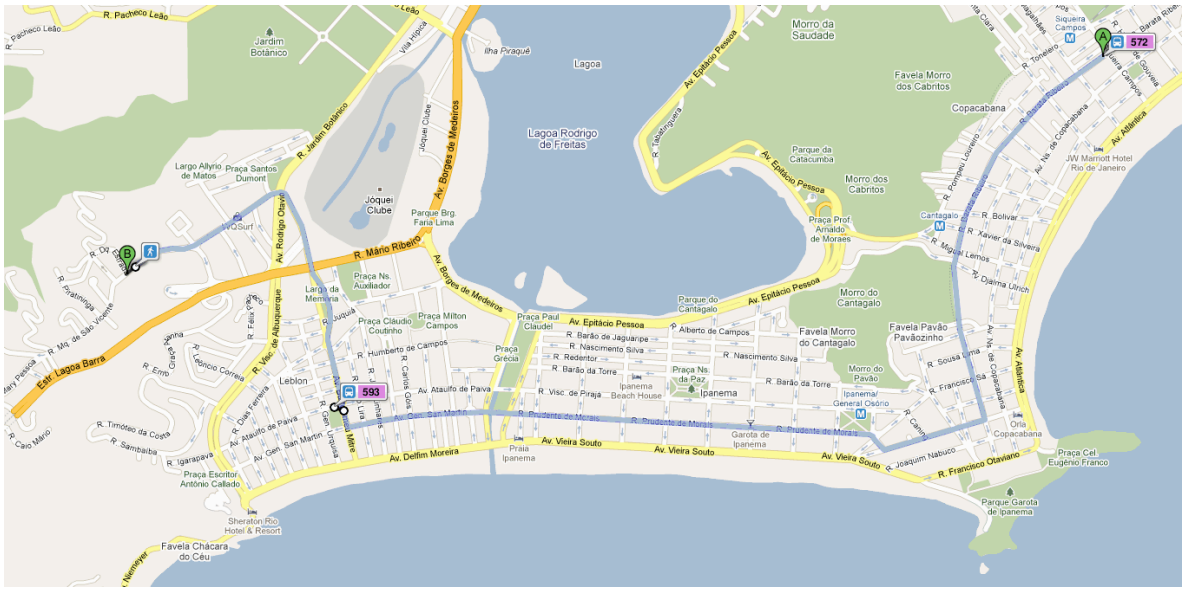

Figura 2.5 – Exemplo: Entendendo as restrições do ambiente

Para ilustrar melhor o exemplo proposto para entendermos as restrições do ambiente utilizou-se o *Google Maps* para traçar um rota de um endereço qualquer na rua Barata Ribeiro (ponto A), localizada em Copacabana, para a PUC-Rio (ponto B). A linha ligando o ponto A ao ponto B na figura 2.5, é apenas uma das possíveis trajetórias que poderiam ser escolhidas por uma pessoa. Repare que entre e a origem e o destino, existem outras combinações de caminhos que poderiam ser escolhidas em detrimento de outras. A escolha da trajetória levará em consideração restrições associada a questões como:

- Existe transporte público?
- Possuo automóvel?
- Normalmente, há trânsito no horário que devo sair?
- A que horas devo chegar ao meu destino?
- Qual o dia da semana?

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

Isso também revela uma importante característica da ADT: o comportamento para traçar a estratégia para atingir uma meta qualquer será modelado pelas restrições que o ambiente apresenta e a maneira como elas são evidenciadas (ou as informações sobre elas são passadas). No caso de sistemas de monitoração, para conhecer o conjunto de restrições existentes no domínio monitorado, é necessário usar algum tipo de ferramenta eficiente que permita o usuário elaborar um modelo coerente do sistema que ele deseja controlar (e como).

A ADT se apoia em uma estrutura hierárquica para modelar o domínio da aplicação. Apesar de existirem diversos tipos de estruturas hierárquicas, baseadas, por exemplo, em um princípio de autoridade, classificação ou decomposição (Vicente & Rasmussen, 1992), a ADT utiliza a que foi proposta por Rasmussen, pertencente à classe de hierarquia estratificada: a Hierarquia Abstrata (HA). Nas palavras de Vicente e Rasmussen (1992, 592): "*A HA não é uma representação específica, mas sim um framework para desenvolver representações de diferentes domínios de trabalho. O número exato de níveis e seu conteúdo irá variar de domínio para domínio em função dos diferentes tipos de restrições inerentes a cada domínio*".

Isto é, a HA não é restrita a apenas uma área de atuação e o domínio da aplicação deverá ser representado em níveis (estratos) de uma estrutura hierárquica composta. Os primeiros níveis devem fornecer uma visão de alto nível do domínio e, à medida que se vai descendo nos níveis, é feita uma especialização do nível anterior.

Este framework foi aplicado inicialmente, por Vicente e Rasmussen (1992), no domínio de usinas de energia, utilizando a representação de 5 níveis, ver tabela 2.1 (Vicente, 1999). Vale salientar que já existem outros artigos – (Burns, Kuo & Ng, 2001; Duez & Vicente, 2003; Burns, Davies & Pinder, 2006) - que descrevem a utilização deste framework em áreas de atuação diferentes do seu uso inicial.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

Fase	Nome	Descrição
1	Propósito Funcional (PF)	Motivo de o sistema ter sido projetado
2	Função Abstrata (FA)	Estruturas causais do sistema
3	Função Generalizada (FG)	A função básica que o sistema foi projetado para realizar
4	Função Física (FF)	As características dos componentes e as conexões entre eles
5	Forma Física (FF)	A aparência e a localização espacial dos componentes (4)

Tabela 2.1 – Descrição dos níveis da Hierarquia Abstrata segundo Vicente (1992)

Do ponto de vista psicológico, a modelagem do domínio de trabalho em uma estrutura hierárquica estratificada, onde cada nível está relacionado ao anterior e/ou posterior, é motivada por outra característica, conforme se descreve na próxima seção.

2.3.3. Relevância Psicológica da HA

Existem muitas maneiras de representar um domínio de trabalho. A HA tem a vantagem de, ao modelar conceitualmente as tarefas de forma hierárquica, dar uma organização sistemática a um domínio, tornando mais fácil a tradução do modelo conceitual em representações clássicas de interface para visualização de dados, tais como árvores e tabelas.

Apresentar informações quantitativas, por exemplo, que variam no tempo, utilizando um formato de tabelas, pode não ser a forma mais natural de representação. Sobre este assunto, Hink, Eustace & Wogalter (1996) publicaram um artigo no qual utilizam um novo termo (*Grable = Graphs + Tables*) para um elemento de visualização que combina as características de tabelas e gráficos e analisa a eficiência da extração de informações quantitativas em cada um dos elementos de visualização adotado de acordo com o tipo de tarefa.

Do ponto de vista psicológico, uma importante propriedade da HA é que ela dá suporte a interfaces e interações que permitem ao usuário um refinamento sucessivo de sua aproximação para o domínio, indo do mais abstrato e geral para o mais detalhado e específico em um contínuo.

Esta característica também seja compartilha com outros tipos de estruturas hierárquicas, Vicente (1999) destaca que ela faz com que sistemas complexos

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

pareçam simples para o operador. Sabe-se que as pessoas quase sempre adotam como estratégia para solucionar problemas complexos a sub-divisão de um problema grande em outros mais simples, para, então, aprofundarem-se em cada uma das sub-divisões iterativamente.

A maior ameaça à integridade de sistemas complexos são os eventos inesperados para os operadores e que não foram antecipados pelo designer. Vicente (1999) cita que alguns pesquisadores consideram praticamente impossível gerenciá-los. No entanto, Rasmussen (1992) acredita ser possível gerenciar situações imprevistas. Para isso, o designer precisa mapear as principais restrições inerentes ao domínio analisado e apresentá-las na interface, de forma eficiente e eficaz, quando alguma delas deixar de ser contemplada.

Para Vicente (1999), isto é exatamente o que a HA tenta fazer: fornecer um framework que permita a identificação e integração de um conjunto de restrições relevantes ao objetivo do sistema monitorado.

As características apresentadas nesta seção são a grande motivação para esta dissertação. Primeiro, há o fato de que o framework HA proposto por Vicente e Rasmussen é voltado para sistemas complexos. Segundo, há o fato de que, com uma adaptação para o domínio em que o autor deste estudo está inserido, juntamente com a EngSem, a HA poderia ser usada para compor um modelo de interface mais eficiente, mitigando os desafios presentes em situações imprevistas e sendo mais eficaz no suporte à solução de problemas.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

2.3.4. Análise de Competências (AC)

A análise de competências (AC) é uma técnica de modelagem que irá fornecer os fundamentos, mas não todos, para melhor comunicar a informação apresentada na interface para o usuário (operador). Enquanto a ADT está mais concentrada nos aspectos ecológicos do domínio da aplicação, a AC se concentra nas as questões cognitivas das pessoas. A análise trata de questões cognitivas pois, caso contrário, o sistema ser "inteligível" para os usuários seria apenas o resultado de os desenvolvedores coincidentemente terem talento pessoal para perceber questões cognitivas e endereçá-las competentemente no projeto de sistemas. Ela

integra, porém, aos aspectos cognitivos, os aspectos ligados ao ambiente (ecologia) (Vicente, 1999) em que o usuário está inserido.

Para alcançar este objetivo a AC se apóia em uma ferramenta desenvolvida por Rasmussen, em 1983. Trata-se de uma ferramenta para modelar os requisitos necessários para integrar as limitações e capacidades cognitivas humanas com demandas impostas pelo domínio da aplicação (aí incluído, como é próprio do DIE, o ambiente mais amplo em que os usuários atuam). Esta ferramenta é conhecida como taxonomia HRC (Habilidade, Regra, Conhecimento). Basicamente, ela procura categorizar o comportamento humano a partir da maneira com que as restrições do ambiente são apresentadas para o operador.

Vicente (1999) destaca que a taxonomia HRC não é um modelo, mas sim um framework que pode ser utilizado para derivar modelos comportamentais. Para isso, parte da premissa de que interações orientadas a um objetivo de um operador e o seu ambiente dependem, como anteriormente citado, das restrições intrínsecas ao seu domínio de aplicação.

O DIE utiliza o framework HRC para determinar como a informação deve ser apresentada na interface para tirar proveito da percepção humana e habilidades psicomotoras.

No exemplo da seção 2.3.3 (ver Figura 2.5), onde uma pessoa precisa se deslocar de um ponto A para outro ponto B, vê-se que ela está sujeita a uma série de restrições. Se ela optar por utilizar o carro, ela ficará sujeita a outras restrições que não foram mencionadas anteriormente: limites de velocidade e sinais de trânsito, por exemplo.

Segundo Rasmussen (1992), cada ação que se desenrola diante das restrições impostas pelo ambiente e eventualmente de uma situação imprevista está associada a três diferentes tipos de comportamento, conforme a tabela 2.2, adaptada de Vicente (1999, 282).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

Comportamento	Representação do espaço do problema	Regras do processo
Comportamento Baseado em Conhecimento (CBC)	Modelo mental; relação todo-parte; representação explícita da estrutura relacional e causal.	Heurísticas e regras para criação e transformação do modelo.
Comportamento Baseado em Regras (CBR)	Condicional: se isso, então faça aquilo.	Regras da operação da tarefa no ambiente são baseadas em diretrizes bem-definidas.
Comportamento Baseado em Habilidade ou Prática (CBH)	Interna, representação dinâmica do modelo de comportamento do ambiente e em tempo real.	Modelo ativo, não é controlado por regras e sim pela prática acumulada ao longo do tempo.

Tabela 2.2 – Relação entre os níveis de controle cognitivo e a taxonomia HRC

Cada um dos três níveis da taxonomia HRC define um nível diferente de controle cognitivo.

Primeiro, o CBC é definido por um pensamento analítico baseado na representação das restrições relevantes ao ambiente. Este tipo de comportamento é empregado quando a situação é nova ou imprevista, exigindo que a pessoa "crie", a partir de seus conhecimentos, um caminho de solução para problemas encontrados. Na perspectiva de sistemas de monitoração e considerando este tipo de situação, ressaltamos que os operadores precisam ter algum conhecimento dos princípios fundamentais que governam o sistema para poderem "criar" soluções quando a monitoração acusa um problema (de alguma forma) diferente dos conhecidos. Neste caso a carga cognitiva nos operadores é **alta** em comparação com os outros níveis de comportamento, visto que será necessário uma análise e pensamento mais elaborado para formular um objetivo.

Segundo, o CBR é definido por um mapeamento condicional (se isso, então, faça aquilo) entre a percepção de algo familiar no ambiente e a ação apropriada, definida por uma regra estipulada a ser seguida (i.e. uma norma). Como ilustração, tomemos o caso de países sujeitos a terremotos, como o Japão por exemplo. Lá existem procedimentos definindo instruções que devem necessariamente ser seguidas em caso de uma catástrofe. Esta normatização acarreta que, praticamente, nenhum pensamento analítico entra em ação em situações para as quais há procedimentos definidos. No entanto, o processo

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

utilizado para escolher a regra que será utilizada pode exigir algum pensamento analítico, dependendo da complexidade que envolve a situação analisada e quantidade de regras disponíveis.

Por último, o CBH está ligado ao tipo de comportamento que necessita muito pouco controle consciente para executar uma ação, uma vez formada a intenção. Para Rasmussen (1992), o desempenho neste nível é automatizado e consiste de padrões altamente integrados. Para exemplificar, considere uma pessoa com dois anos de experiência em dirigir automóvel. É esperado que o processo de pisar na embreagem, engatar a marcha, tirar o pé levemente da embreagem e pisar no acelerador ocorra de forma automática, ou seja, ela praticamente não precisa pensar para atingir o seu objetivo: passar a marcha.

Os exemplos fornecidos para o CBR e CBH indicam que a carga cognitiva tende a ser **baixa** nestes tipos de comportamentos. No CBR, a carga cognitiva será baixa apenas se a regra utilizada já foi selecionada. Como mencionado anteriormente, o processo de seleção do procedimento pode exigir um pouco das funções cognitivas da pessoa, porém não tanto quanto no CBC.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

2.3.5. Uma Perspectiva Ecológica

O Design de Interface Ecológica (DIE) utiliza conceitos da Análise do Domínio de Trabalho (ADT) e da fase de Análise de Competências (AC) cujo framework, o HRC, desempenha papel crítico no desenvolvimento de princípios de design de interfaces para sistemas complexos (Vicente, 1999).

A expressão "ecológica" pode parecer estranha na área de design de interfaces e, apesar do nome sugerir, ela não tem nada a ver com a tendência "verde" que muitas empresas vêm adotando. A parte ecológica do termo Design de Interface Ecológica (DIE) se refere a um pequeno ramo da psicologia, chamado "Psicologia Ecológica" (Gibson, 1986). Ao invés de estudar o comportamento humano em laboratório, como a psicologia tradicional costuma fazer, a psicologia ecológica estuda a inter-relação dos seres humanos com o ambiente e a percepção deles em ambientes ricos (Vicente, 1999). A psicologia ecológica advoga que o ambiente frequentemente impõe restrições para o nosso comportamento e, por

isso, deve sempre ser levado em consideração ao se estudar o comportamento humano.

Logo, quando se deseja projetar uma interface para sistemas complexos, o ambiente no qual os usuários estão inseridos precisa ser levado em consideração. De acordo com Burns & Hajdukiewicz (2004), existem 3 pontos-chave da psicologia ecológica que são utilizados no DIE:

- As ações das pessoas são restringidas por seu ambiente ou domínio de trabalho, por isso o ambiente precisa ser entendido primeiro antes de se começar o design.
- É possível projetar interfaces que forneçam informações úteis de que as pessoas possam se apropiar.
- Existem diversas maneiras de visualização de dados que podem reduzir a utilização de memória ou cálculo mental. Um exemplo é aquele proposto por Viegas, Wattenberg, Van Ham, Kriss & Mckeon (2007) e exposto juntamente com outros no site *Many Eyes*, da IBM (http://manyeyes.alphaworks.ibm.com/manyeyes/).

Em relação ao primeiro item, é importante destacar que, quando o sistema é complexo, é praticamente irrelevante perguntar ao usuário o que ele precisa na interface, pois, muitas das vezes, o próprio usuário não entende o sistema em sua totalidade, devido à quantidade de variáveis para se considerar. Nestas situações é preciso entender as restrições que regem o domínio de aplicação envolvido. Essas restrições formam um conjunto de regras (ou condições) que precisam ser atendidas para que o sistema opere normalmente. Um exemplo simples disso é o seguinte: imagine que você precisa marcar uma reunião com pessoas que estejam em fusos horários diferentes. Claramente, o fuso horário é uma restrição que pode lhe impedir de alcançar a sua meta, pois um horário pode ser bom para uma pessoa e ruim para a outra.

O ponto de desequilíbrio que fez com que os teóricos pensassem nestas questões foi o acidente em *Three Mile Island* (TMI), na Pensilvânia. Na ocasião, notou-se que o design da interface de monitoração do reator da usina nuclear não levou em consideração algumas restrições e regras intrínsecas ao ambiente,

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA

fazendo com que, em uma determinada situação, o operador achasse que o sistema estava operando normalmente, quando, na verdade, não estava.

Estudos conduzidos por Vicente & Rasmussen (1992) chegaram aos seguintes resultados:

- Tarefas cujo nível de controle cognitivo é baixo tendem a ser executadas mais rápida e eficientemente.
- As pessoas têm preferência por se apoiar em baixos níveis de controle cognitivo para dar continuidade às tarefas, até mesmo quando a interface não foi projetada para apoiar este tipo de comportamento.

Estes dois pontos sugerem que a informação em um sistema de monitoração seja apresentada de tal forma que os usuários possam apoiar-se em baixos níveis cognitivos sem, no entanto, deixar de oferecer um nível mais alto quando necessário.

A utilização do DIE nesta dissertação é motivada pelo fato dele preencher as lacunas deixadas pela EngSem, como descrito em seções anteriores. Todos os sistemas de monitoração, descritos no capítulo 3, em uso pela empresa estudada exigem um alto nível de controle cognitivo por parte dos usuários, na visualização de informações. E para que o nível de sobrecarga das funções cognitivas seja baixo, a interface precisa comunicar bem. Isso reforça a motivação da utilização da EngSem, visto que, conforme observado no início deste capítulo, ela fornece os meios e ferramentas necessários para elaborar e avaliar a comunicabilidade de interfaces de sistemas de informação.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0812561/CA