

MODELANDO AS OPERAÇÕES DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS - EM BUSCA DA CONSISTÊNCIA NA ANÁLISE ESTRUTURADA

João Bosco Gomes de Oliveira Azevedo
Bruno Kaffee

RESUMO: Na área de métodos estruturados a verificação de consistência entre os diversos elementos de modelagem utilizados é uma tarefa importante. O Esquema das Operações cumpre essa papel, além de ser uma ferramenta de modelagem para requisitos que auxilia a formulação de planos de desenvolvimento e testes de sistemas.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia de Software, Especificação de Requisitos, Análise Estruturada, Modelagem de Sistemas

1 - Introdução

A especificação de requisitos de sistemas computacionais tem sido amplamente estudada e diversos enfoques vêm sendo estabelecidos, visando definir técnicas e ferramentas que permitam sua obtenção e registro [2], [5], [8], [11], [12], [13] e [15].

A verificação da consistência entre uma dada implementação projetada e os requisitos também tem sido objeto de estudo e pesquisa, visando garantir a qualidade do desenvolvimento de sistemas computacionais e, sobretudo, do produto gerado [11], [12] e [13].

Este trabalho visa incorporar a modelagem das operações de um sistema computacional [3] e [4] técnicas e ferramentas comumente chamadas de estruturadas. Essa incorporação abrangerá três aspectos:

- Forma complementar de representação de requisitos;
- Ferramenta auxiliar para projeto de implementações testáveis;
- Ferramenta auxiliar para planejamento de uma estratégia de desenvolvimento incremental do software de um sistema computacional.

Serão especificadas, nas seções a seguir, a linguagem de representação, prioridades e meios para obtenção de esquemas que representam as operações de sistemas computacionais. Serão apresentados exemplos de aplicação desses conceitos a sistemas do tempo real e a sistemas convencionais, ditos comerciais.

2. O Esquema das Operações

2.1 Introdução

A diversidade de componentes e notações utilizadas no processo de modelagem [11], [2], [9], [10], [11], [12], [13] exige a busca da consistência entre os diversos elementos dos modelos. Isto é, devem ser procurados meios de garantir que as informações contidas nos modelos de mais alto nível, além de internamente consistentes, sejam corretamente incorporadas a todos os demais níveis de abstração.

O Esquema das Operações complementa a estrutura de modelos proposta (fig. 1), na medida em que permite estabelecer um método de construção de software contemplando a necessidade de consistência mencionada no parágrafo anterior. Nesse método, o processo de construção é segmentado em elementos funcionais

malserenciáveis, mantendo forte ligação com os requisitos e permitindo uma associação entre estes e os testes de funcionalidade do software.

O enfoque aqui descrito foi originalmente desenvolvido por Deutsch [3] e [4], a partir de estudos da Computer Science Corporation e de aprimoramentos introduzidos pelo uso na Hughes Aircraft Corporation. O conceito subjacente apresenta o efeito significativo de integrar o processo de construção e teste de sistemas, devido combinação de características técnicas dos métodos estruturados e gerenciais. O esquema é chamado de operações pois sua principal motivação é modular o sistema computacional operando no ambiente onde está inserido.

Em relação às proposições originais de Deutsch, procurou-se, neste trabalho, aperfeiçoar a posição do Esquema das Operações no contexto já uma estrutura de modelagem mais abrangente e definir os critérios de abstração mais específicos. Assim, pretende-se contribuir para a minimização dos riscos de poluição a especificação de sistemas através da incorporação prematura de aspectos associados a alternativas tecnológicas.

Portanto, está sendo proposta uma estratégia de modelagem que usa o Esquema das Operações integrado estrutura de modelos mostrada na figura 1. Isto é, os conceitos envolvidos na modelagem de eventos externos e na modelagem da essência e da implementação [8], [10] e [11] serão utilizados para a construção desse esquema.

Essa estratégia evita o método de desenvolvimento "top down" da análise estruturada convencional, reforçando a abordagem "de fora para dentro" que pressupõe o aspecto de mecanismo de estímulo-resposta de um sistema computacional. Além disso, permite mapear com mais precisão, os requisitos essenciais do sistema para a implementação, reduzindo a clássica confusão entre dependência da implementação e nível de detalhe.

Além dessa contextualização do Esquema das Operações, também está sendo proposta, neste trabalho, um ampliação do domínio de aplicação dessa ferramenta, originalmente proposta para sistemas de tempo real [3]. Para sistemas convencionais, sendo explicitado o escopo dessa utilização.

2.2 Descrição

O Esquema das Operações integra e refina várias ferramentas de modelagem de sistemas, especialmente as orientadas para sistemas de tempo real, tais como as de análise estruturada na extensão proposta por Ward e Mellor [11]. A essas ferramentas são adicionados os conceitos de canais e caminhos (usando tradução não literal do termo "thread", empregado por Deutsch [4]), tornando a estrutura de modelagem de sistemas mais completa pela incorporação de uma visão de aspectos característicos de um sistema não enfatizados nas técnicas estruturadas tradicionais [2], [5] e [11].

O Esquema das Operações é expresso em termos de uma ferramenta chamada diagrama de verificação (DV) [4]. Originalmente concebido como método de verificação de requisitos, o DV foi posteriormente estendido para representar as operações do sistema [3], sendo aqui adaptado para incorporar conceitos presentes no Modelo da Essência, principalmente no que se refere a segmentação das necessidades do ambiente externo na forma de um a lista de eventos externos.

O diagrama de verificação consiste de cenários de estímulo/resposta (figs. 2 e

3) que são associados a eventos externos e requisitos essenciais do sistema computacional. Cada cenário é mapeado diretamente para um conjunto de componentes, tanto de hardware como de software no Modelo de Implementação. A alternativa de implementação derivada desse modelo proporcionará o comportamento exigido pelos requisitos essenciais do sistema. Esse conjunto de componentes permite visualizar o caminho (thread) do fluxo de controle necessário para ativar as ações que estabelecem a funcionalidade do sistema associada ao cenário [4], [págs 17-25].

Os cenários são então conectados para formar um grafo dirigido, constituindo o Diagrama de Verificação que representará as operações do sistema (figs. 4 e 7).

Finalmente, a cada caminho ou conjunto de caminhos é associada uma construção específica no Modelo de Configuração de Módulos. Cada construção assim obtida representa um subconjunto significativo das operações do sistema computacional, permitindo que o desenvolvimento do sistema seja segmentado e o software construído incrementalmente em partes consistentes, testáveis e aderentes aos requisitos.

2.3 Cenários

A característica mais importante de um sistema computacional é que ele deve receber e reagir a estímulos externos. Esses estímulos são gerados por entidades externas, isto é, por dispositivos ou agentes humanos situados no ambiente externo ao sistema sendo modelado.

Cenários podem ser vistos como caixas pretas que modelam padrões de estímulo/resposta.

A modelagem dos cenários começa pela identificação das entidades e estímulos, que correspondem a eventos externos. A cada estímulo, entidade e condição inicial é alocado um cenário com a configuração básica mostrada na figura 2.

2.4 Diagrama de Verificação (DV)

A ferramenta empregada para representar o Esquema das Operações é o diagrama de Verificação. Esse diagrama é um grafo dirigido representando uma organização causal e/ou o estabelecimento de pré-condições para a ocorrência dos cenários (figs. 4 e 7).

Como cada cenário está associado a estado do sistema e/ou a estímulo para ao qual o sistema tem que reagir produzindo respostas, o diagrama de Verificação modela o sistema computacional, de maneira bastante expressiva, como mecanismo de estímulo-resposta, além de permitir a visualização das operações do sistema. Por possuir características razoavelmente formais, permite a verificação de consistência com os demais elementos dos outros modelos.

3 - O Esquema das Operações no Modelo da Essência

3.1 Processo de obtenção para o Modelo do Contexto

A modelagem de sistemas computacionais complexos exige que se tenha em mente, para cada fase do processo, critérios precisos de abstração a serem usados para cada modelo. Na fase de modelagem da essência, o critério mais importante é o da neutralidade tecnológica [8], que especifica a abstração de informações refe-

rentes à tecnologia que será usada para implementar o sistema computacional. Outro conceito importante a ser considerado é que o sistema a ser modelado deve estar enquadrado na categoria de sistemas de reações planejadas, isto é, mecanismos de estímulo-resposta que reagem de modo sistemático a estímulos definidos a priori.

Nessas condições, o Esquema das Operações cumpre o papel de principal instrumento para verificação de consistência entre os componentes (Modelo do Contexto e Modelo do Comportamento) do Modelo da Essência.

A construção do Modelo da Essência é um processo iterativo no qual os componentes vão sendo completados e aperfeiçoados pela adição e verificação mútua de seus conteúdos.

O Esquema das Operações pode começar a ser construído em conjunto com a definição de requisitos do sistema, como ferramenta auxiliar na determinação e validação dos eventos externos. Nesse caso, a versão inicial desse esquema seria encarada como componente do Modelo do Contexto.

Neste particular, uma definição inicial de cenários para os dispositivos ou agentes humanos presentes no ambiente externo auxilia a verificação da validade e completude da Lista de Eventos Externos. O método para definição dos cenários e validação dos eventos externos seria o questionamento dos efeitos que as ações desses dispositivos ou agentes humanos causariam no sistema (modelagem ativa de eventos externos [11]).

A completude da Lista de Eventos Externos pode ser assegurada, nesse estágio, pela verificação da existência de cenários possíveis para estímulos e/ou condições iniciais contrários aos já identificados ou quando ocorrerem falhas nos dispositivos do ambiente externo (lembrar que, no Modelo da Essência, a tecnologia só é considerada ideal internamente ao sistema).

Por exemplo, no caso de sistemas de informação convencionais, a existência de um cenário ligado a eventos externos do tipo "Usuário solicita material, livro a editora, manutenção, transporte etc.", encontrados em sistemas de gerenciamento de recursos, leva-nos a questionar se o mesmo agente poderá desistir dessa intenção, dando origem a cenários referentes a eventos "Usuário cancela solicitação de material, livro a editora, manutenção, transporte etc."

O mesmo pode acontecer a sistemas de tempo real, quando deve ser verificado se falhas no envio de fluxos contínuos ou sinais por dispositivos do ambiente externo também devem ser reconhecidas pelo sistema, proporcionando reações planejadas para esses novos eventos.

A seguinte rotina geral pode ser seguida para o desenvolvimento do Esquema das Operações:

- 1- Escolher dispositivo/ agente humano no ambiente externo;
- 2- Definir eventos externos e estímulos associados para a entidade escolhida;
- 3- Definir condição inicial associada a cada estímulo;
- 4- Identificar a resposta esperada e a condição final;
- 5- Numerar e colocar descritor do evento para cada cenário;
- 6- Montar a caixa que representa cada cenário;
- 7- Encaixar cenários e montar o diagrama de Verificação.

Uma verificação inicial do Esquema das Operações pode ser feita cotando-se cada estímulo e condição inicial dos cenários com a definição do sistema e verificando se as respostas estão representadas coerentemente com os requisitos. Também, devem ser verificados os esquemas Transaccional e Semântico contra o Esquema das Operações para assegurar que todos os estímulos e respostas associadas aos eventos externos representados no diagrama de verificação estejam coerentes e para eliminar omissões, contradições ou redundâncias inúteis existentes em cada componente do Modelo do Contexto.

A montagem do diagrama de verificação na fase de modelagem do contexto permite validação mais fácil desse modelo com o cliente pois fica mais evidentes para ele como seriam as operações do sistema e o que pode ser esperado das interações do ambiente externo com o sistema computacional.

No caso de sistemas comerciais, tipicamente de armazenamento e recuperação de informações, não existem normalmente dependências entre os eventos externos, excetuando as relativas a armazenamento de informação essencial para produção de respostas. Conseqüentemente, pode ser demonstrado que o DV do Esquema das Operações representará pré-condições e pós-condições de processamento, que poderão ser utilizadas para modelar restrições de integridade referentes ao Modelo da Informação a ser armazenada.

3.2 Esquema das Operações e o Modelo do Comportamento

O método tradicional de obtenção do esquema das atividades do Modelo do Comportamento [2], [5], [14] usa a clássica abordagem de "explosão" da função FO representada no Modelo do Contexto. Esse método "top down" pode embutir um forte viés de implementação, na medida em que obriga o modelador a decidir, utilizando critérios geralmente arbitrários, qual a melhor de um conjunto de decomposições possíveis [6].

Esse tipo de problema decorre da falta de percepção, na decomposição funcional, para a utilização explícita de todas as informações que o analista dispõe sobre os requisitos do sistema. Isto é, a estratégia de decomposição funcional falha em não focalizar sistematicamente o ambiente externo no qual o sistema tem que operar.

O Esquema das Atividades Essenciais do Modelo do Comportamento deve, então, ser obtido por mapeamento direto de elementos do ambiente externo. A forma dessa obtenção é mapear os cenários de estímulo-resposta, que foram obtidos considerando apenas a estrutura do problema, para uma estrutura de nível mais baixo, estabelecendo uma correspondência com partes identificáveis do ambiente externo. Essas partes identificáveis são as entidades externas e os eventos a elas relacionados, que estimulam o sistema a produzir respostas.

Visando limitar a complexidade da apresentação, o resultado dessa modelagem deve ser reorganizado, dando origem a um conjunto hierarquizado de esquemas de atividades. Essa forma de representação respeita a capacidade de apreensão intelectual do modelador e produz resultados com formato analógico ao que seria obtido através da decomposição funcional. Assim, o Esquema das Operações proporciona uma estrutura formal para a modelagem de fora para dentro [3].

No caso de sistemas de tempo real, nos quais mudanças de estado e atividades de controle exercem papéis preponderantes, heurísticas adicionais, ainda centradas no ambiente externo, permitem obter o Modelo do Comportamento [11].

Essas heurísticas fazem o modelador se preocupar com os objetos nos espaços de percepção/ação do sistema computacional e com sensores e acionadores, visando determinar a estrutura do Modelo do Comportamento a partir dos elementos do ambiente externo que restringem diretamente o sistema.

Para sistemas de tempo real, u

o Esquema das Atividades Essenciais também pode ser construído por mapeamento direto dos cenários. Além disso, para completar a modelagem da dinâmica, são usados diagramas de estado-transição para especificar as atividades de controle. Como o estudo de agrupamentos e interdependências de eventos externos foi realizado durante a confecção do Esquema das Operações do Modelo do Comportamento com a adição de funções de reconhecimento indireto de eventos externos e reações internas do sistema.

A consistência entre os dois modelos será representada no Esquema das Operações, adicionando-se a este aspectos do Modelo do Comportamento que completem a descrição de cada cenário.

Como os cenários estão agrupados em torno dos objetos do espaço de percepção/ação, dos sensores e dos acionadores presentes no ambiente externo, o estudo do controle e a especificação dos diagramas de estado-transição também foi apoiado pelo diagrama de verificação, devendo ser validado e completado nesta fase.

No exemplo do piloto automático descrito nas figuras 5 a 7, é necessário o desenvolvimento do Esquema das Atividades Essenciais do Modelo do Comportamento para a definição completa de alguns cenários.

Tipicamente, cenários referentes a reconhecimento do atingimento de valores específicos em fluxos contínuos, como no caso de "velocidade atinge valor de cruzeiro, abas uma frelada", podem então ter sua reação completamente modelada, pois as respostas são, em geral, habilitação e desabilitação de funções internas.

Também neste exemplo, o fato de termos cenários agrupados em torno de entidades externas e grupos de eventos externos relacionados permite definir máquinas de estado que habilitam ou desabilitam grupos de atividades em nível de abstração mais baixo. Isso permite modelar o controle diretamente a partir da observação do comportamento externo ao sistema computacional, expressão no diagrama de verificação. Um exemplo encontra-se na definição da atividade de monitoração do motor, que define a ativação de todo o conjunto das ações a serem executadas pelo sistema.

Também pode ser visto que essa atividade controla dois conjuntos de cenários mutuamente exclusivos, ou seja, medição de quilômetro e controle da velocidade. A conveniência do agrupamento de cenários por entidades externas (objetos no espaço de percepção/ação, sensores ou acionadores) permite modelar seus estados separadamente e validá-los contra o diagrama de verificação. Todo o controle e as transições entre estados estavam representados no Esquema das Operações.

O passo de validação do Modelo do Comportamento é automático pois ele foi construído a partir do Esquema das Operações.

4 - O Esquema das Operações e o Modelo da Implementação

4.1 - Mapeamento de requisitos essenciais

O desenvolvimento do Modelo da Implementação requer uma alocação criteriosa dos requisitos essenciais, expressos no Modelo da Essência, a processadores, processos e módulos. O propósito inicial de minimizar distorções sobre esse modelo nem sempre pode ser alcançado devido a imposições da tecnologia a ser empregada, requisitos de projeto decorrentes do ambiente em que o sistema irá operar, restrições impostas pelo cliente, necessidade de otimização de desempenho etc.

O mapeamento dos requisitos essenciais para o Modelo da Implementação, e sua validação, é tarefa que agrega mais complexidade face às diferenças de notação entre os diversos modelos, o que dificulta a identificação dos cenários de estímulo-resposta.

O Modelo da Implementação deve ser construído usando basicamente a heurística de minimização da distorção da essência e alocação "top-down" prescrita na estrutura de modelos mostrada na figura 1, além de práticas de projeto intrínsecas a cada fase de modelagem (definição de interfaces, análise de transformação/transferência etc. [2],[5],[9],[11] e [14]).

O uso do Esquema das Operações permite identificar o conjunto de componentes do Modelo da Implementação que implementa um padrão de estímulo-resposta específico por um cenário. Essa identificação estabelece um passo de validação adicional que permite verificar se todos os requisitos foram corretamente e integralmente mapeados para o ambiente tecnológico especificado.

4.2 Planejamento e controle da construção do sistema

A identificação do conjunto de componentes referido acima proporcione uma outra forma de se utilizar o Esquema das Operações. Esse conjunto, que implementa um padrão de estímulo-resposta (um cenário), é denominado caminho. Caminhos permissíveis [4] :

Segmentar um desenvolvimento complexo de software em elementos funcionais mais gerenciáveis;

Demonstrar capacidades operacionais do software mais cedo, durante a atividade de teste;

Mantiver uma conexão visível entre os testes e os requisitos do sistema, formalizando o processo de teste;

Formar a base de uma estratégia de planejamento e controle do projeto.

A identificação dos caminhos permite modularizar o desenvolvimento em partes testáveis individualmente e sucessivamente integráveis. O Esquema das Operações mostra a forma natural de integrar os componentes do software, que foram testados individualmente, pois mostra tanto a dependência entre estímulos e respostas (cenários) como a sua sequência (diagrama de verificação-DV).

A ordem na qual o software é construído, testado e integrado é definida basicamente pelo DV, elaborado a partir dos requisitos essenciais. Essa ordenação mostra o planejamento geral. O planejamento específico, no qual são incluídos os testes, deve, necessariamente, considerar aspectos de implementação, incluindo nos caminhos os processadores e suas interfaces.

O processo de segmentação da construção é conseguido pela associação de cenários aos respectivos componentes tecnológicos do sistema computacional (hardware e software) que deverão implementá-los. Essa associação permite dividir o sistema computacional em partes funcionalmente testáveis, com uma conexão direta com os requisitos.

Os caminhos definem conjuntos de módulos (na estrutura de programas) e outros componentes (processadores e processos) que devem ser individualmente desenvolvidos e testados, assegurando que o cenário foi implementado. O sistema computacional estará integralmente testado, do ponto de vista funcional, se cada percurso no DV for exercitado pelo menos uma vez.

O desenvolvimento e os testes se darão de forma incremental: pois cada caminho testado incluirá necessariamente a execução do caminho relativo ao cenário que o precede no DV. Assim a demonstração da funcionalidade do sistema computacional será a consequência natural da integração de todos os caminhos.

A associação de um dado cenário a um conjunto de módulos de programas permite também aferir a qualidade da estrutura dos mesmos.

Caminhos muito tortuosos, ligando elementos da hierarquia de módulos, sugerem que [3]. [pág 45-46]:

• A conexão existente entre um dado estímulo e sua resposta (componentes do cenário) esteja imprecisamente mapeada na estrutura de módulos, indicando uma inderivação na natureza do estímulo;

• A estrutura de módulos incorpore uma cadeia complexa de parâmetros de controle, não respeitando as regras de acoplamento desejáveis para uma boa modularização.

Em ambos os casos, fica evidenciada uma configuração de módulos que não implementa o cenário de modo a permitir a geração de código de programa com qualidade assegurada por construção; essa situação mostra uma programação mais vulnerável a erros e pouco flexível a manutenção.

4.3 Modelagem de interfaces humanas

O papel de uma interface humana é similar ao de uma atividade de controle de um sistema de tempo-real. A interface coordena as operações do sistema computacional, a partir das interações do usuário com o sistema.

Para projetar uma interface humana devem ser considerados aspectos de sincronismo, requisitos de operação do sistema e do usuário, além de aspectos de processamento e armazenamento de informações.

Tendo em vista essas considerações e aplicando-se recursivamente a definição de sistema (cada componente de um sistema pode ser um sistema), podemos projetar interfaces humanas considerando cada interface como um sistema num ambiente de tempo real e modelar seu contexto utilizando :

Lista de eventos externos para definir as interações do usuário com o sistema:
Esquema das Operações para definir a dinâmica da interface.

Vamos considerar um exemplo a partir de um sistema para gerenciar uma frota de veículos que atende solicitações de transporte de diversos usuários. A interface a ser projetada seria aquela em que um programador de transporte seleciona solicitações de transporte para providenciar sua programação, podendo agrupar várias solicitações para atendimento com uma única programação de transporte.

Para efeito do exemplo, vamos limitar o componente de definição do Modelo do Contexto estabelecendo que uma solicitação de transporte pode descrever vários itens a serem transportados. O usuário deverá consultar uma lista de solicitações de transporte, poderá ver os itens de cada solicitação e selecionar uma ou mais solicitações para programação.

A Lista de Eventos Externos seria:

1. Programador requer lista de solicitações de transporte não atendidas.
2. Programador retorna ao menu principal.
3. Programador deseja consultar uma solicitação.
4. Programador retorna a lista de solicitações.
5. Programador deseja obter itens de uma solicitação.
6. Programador retorna a consulta de uma solicitação.
7. Programador seleciona uma solicitação para atendimento.
8. Programador encerra seleção de solicitações.

O próximo passo é definir cenários (Fig. 3). No caso de interfaces, deve ser dada especial atenção às condições ou estados iniciais e finais, que devem ser obtidos ou determinados a partir da especificação.

A seguir, deve ser desenhado o diagrama de verificação (Fig. 4).

Todo o processo de modelagem é iterativo, dependendo principalmente a critério de validação entre os componentes, para que não sejam deixados indefinidos eventos e seus estímulos correspondentes.

Para análise do DV da figura 4, podemos concluir que uma mesma solicitação de transporte pode ser selecionada mais de uma vez para programação (cenários 7 e 8). Assim, o DV permitiu-nos identificar que uma interface mal concebida possibilitaria uma situação indesejável, caso a solicitação já estivesse gravada. Nesse caso, a interface deverá emitir uma mensagem alertando o usuário sobre o problema. Um cenário específico, cenário 8, deve ser criado considerando uma condição inicial bem definida para o mesmo estímulo.

O efeito de simulação das operações de uma interface permite que projetos de interface sejam validados diretamente com os usuários, reduzindo a necessidade de protótipos; nem sempre economicamente viáveis, ou evitando a rejeição pelo usuário após a implementação do programa que, apesar de atender aos requisitos essenciais, não atende a fatores culturais e ambientais característicos de usuários finais específicos.

5. Conclusões

A experiência tem demonstrado a importância de utilizar modelos para representar tanto o enunciado do problema como a descrição da solução em termos de um

sistema computacional.

Este trabalho ressaltou que nenhuma linguagem de representação individualmente pode descrever todos os aspectos de um sistema computacional completo. Entretanto, um conjunto de modelos com linguagens específicas, usados simultaneamente com facilidades de validação, fornecem instrumentos poderosos para a especificação e construção desses sistemas.

Para a especificação de requisitos, o Esquema das Operações permite a modelagem dos aspectos essenciais de sistemas computacionais, permitindo a introdução de visões do ponto de vista do ambiente externo, evitando a introdução de visões de implementação e mostrando diretamente a inserção do sistema no ambiente em que irá operar.

Esse esquema incorpora uma poderosa linguagem de representação que permite sua utilização tanto como ferramenta de comunicação com o usuário não técnico como, também, tanto em vista seu aspecto formal, para validar a construção dos diversos modelos que representam os diferentes graus de abstração e enfoques analíticos usados para representar o problema do mundo real e sua solução, em termos de um sistema computacional.

A possibilidade de utilização do Esquema das Operações para mapear os requisitos essenciais na implementação, através da identificação dos caminhos, confere a essa ferramenta a versatilidade adicional de permitir a transposição de barreiras de notação entre os modelos e linguagens de representação atualmente utilizados na área de métodos estruturados. Também permite gerenciar mais efetivamente o processo de construção e teste do sistema computacional.

Por ser utilizável em diversos graus de abstração e enfoques analíticos (modelagem da dinâmica de sistemas de tempo real, definição das operações de interfaces humanas e esquema de pré-condições de processamento para sistemas de informações convencionais), o Esquema das Operações abre amplas perspectivas para sua aplicação e aperfeiçoamento como ferramenta de projeto para sistemas computacionais.

Este trabalho situou o Esquema das Operações num contexto mais abrangente de modelos e ferramentas de representação para análise e projeto de sistemas computacionais, estendeu sua aplicação para sistemas convencionais e para projeto de interfaces humanas, formalizando sua linguagem de representação, ampliando as proposições originais de Deutsch.

O Esquema das Operações é, no nosso entender, uma contribuição para melhorar a eficácia do processo de desenvolvimento de sistemas computacionais, que deve visar a construção de sistemas com qualidade assegurada, a partir de custos e cronogramas compatíveis com as necessidades dos usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Dren, Peter - 'The Entity-Relational Model: Toward a Unified View of Data', ACM Transactions on Data Base Systems, vol 1, n 1, pp 9-36, 1976.
2. Demarco, Tom - 'Structured Analysis and System Specification', Prentice-Hall, N. Jersey, 1978.
3. Deutsch, Michael S. - 'Focusing Real-Time Systems Analysis on