

Comparando o Processo de Modelagem de Técnicas de Análise Orientada a Objetos

Guillermo Bustos Reinoso

Carlos A. Heuser

UFRGS/Informática - Caixa Postal 15064 - 91501-970 Porto Alegre, RS

gbustos | heuser@inf.ufrgs.br

Resumo - *Na literatura, há diversas propostas de técnicas de análise orientada a objetos. Estas técnicas diferenciam-se em vários aspectos, como, por exemplo, nos conceitos usados na modelagem e no processo de obtenção do modelo. O artigo faz uma comparação de algumas técnicas consideradas como mais representativas. São comparados o processo de análise e o resultado da aplicação deste processo para cada abordagem. Para tal, são propostos diversos critérios. Os critérios são separados por aspecto de modelagem (estrutural, dinâmico e funcional) e a integração destes aspectos. Uma avaliação quantitativa é fornecida para todos os critérios.*

Palavras-chaves: *modelagem de sistemas, análise orientada a objetos, problema da IFIP.*

1 Introdução

O paradigma de orientação a objetos vem, nos últimos anos, ganhando difusão na área de análise de sistemas, tendo sido propostas diversas técnicas de *análise orientada a objetos*, muitas delas documentadas na forma de livros (vide Referências Bibliográficas). No contexto do desenvolvimento de sistemas de software com orientação a objetos, entende-se por *Análise Orientada a Objetos* (AOO) o processo de construção de modelos do domínio do problema, identificando e especificando um conjunto de objetos semânticos que interagem e comportam-se conforme os requisitos estabelecidos para o sistema. Objetos semânticos são aqueles que possuem um significado específico no domínio do problema, segundo Monarchi & Puhr [MON92].

O presente trabalho é uma contribuição para a melhor compreensão das diferenças e potencialidades das técnicas de AOO propostas na literatura. Afim de comparar as diversas técnicas optou-se por não só estudar cada uma delas e procurar critérios de comparação, mas também por aplicá-las sobre um mesmo problema, mesmo que em escala reduzida. Como problema padrão, foi escolhido o conhecido sistema de preparação de conferências de trabalho da IFIP [OLL82]. O resultado da análise do problema da IFIP com as diferentes técnicas de AOO aparece em [BUS94a], [BUS94b], [BUS94c], [BUS94d], [BUS94e] e [BUS94f]. Os resultados da comparação encontram-se em [BUS94]. No presente artigo, o resultado desta comparação de técnicas é discutido para um dos aspectos sob os quais elas podem ser comparadas. O aspecto considerado é o da *capacidade do processo de modelagem em identificar conceitos* de um domínio considerado. Em outros termos, o artigo procura mostrar que conceitos e com que grau de correção são identificados, caso for seguido à risca o processo de análise e modelagem recomendado pelos autores das técnicas. O outro aspecto não considerado é o da representação.

O artigo está organizado como segue. Inicialmente, apresenta as dimensões da AOO, a luz das quais foram definidos os critérios de comparação. Após, são enumeradas as técnicas esco-

lhidas para a comparação com uma motivação sucinta para esta escolha. Finalmente, as técnicas são comparadas, tanto de forma qualitativa, quanto de forma quantitativa.

2 As dimensões da AOO

A presente seção resume a arquitetura geral dos modelos aqui considerados.

Conforme a definição anterior, a AOO é essencialmente baseada em modelagem. É razoável esperar, então, que a especificação resultante da aplicação de técnicas de AOO resulte em múltiplos modelos e múltiplas notações. Nesta perspectiva, o processo de construção dos modelos do domínio do problema deve considerar diferentes aspectos ou pontos de vista. Estes aspectos constituem-se nas *dimensões* da modelagem orientada a objetos.

A modelagem orientada a objetos compreende, no mínimo, dois aspectos ou dimensões ortogonais para descrever um sistema relativamente complexo: a *dimensão estrutural* dos objetos e a *dimensão dinâmica* do comportamento. Pode ser considerada também uma dimensão adicional: a *dimensão funcional* dos requisitos.

A *dimensão estrutural dos objetos* centra-se no aspecto estático ou passivo. Está relacionada à estrutura estática dos objetos que fazem parte do sistema. A estrutura inclui a *identidade* de cada objeto, sua *classificação*, seu *encapsulamento* (seus *atributos* e seus *operações*) e suas *associações* estáticas (hierarquias de generalização e especialização, agregação, composição e associações específicas derivadas do domínio do problema).

A *dimensão dinâmica do comportamento* tem a ver com o aspecto dinâmico ou ativo e descreve o comportamento dos objetos que constituem o sistema. O comportamento é refletido por meio de *estados* (representados por valores dentro dos domínios específicos dos atributos), *transições* entre estes estados (mudança dos valores), *eventos* (fatos que ocorrem e que produzem as transições) e *ações* (representados pelas operações dos objetos, podendo ocorrer durante as transições ou na permanência nos estados).

Já no caso da *dimensão funcional dos requisitos*, é considerado o aspecto relativo à função de transformação global do sistema, i.e. à conversão de entradas em saídas. Esta transformação global é refletida por *funções* (que transformam valores) e *fluxos de dados* (entradas e saídas destas funções), configurando com isto redes funcionais, através de um processo de refinamento sucessivo ou *top-down*. Esta modelagem é claramente oposta ao conceito de encapsulamento de operações nos objetos. Por isto tem surgido uma controvérsia na literatura em torno da conveniência de utilizá-la ou não. Alguns autores sugerem a modelagem de processos *end-to-end* como uma alternativa para abordar este aspecto (ver Bailin [BAI89], Fichman & Kemerer [FIC92], e Jalote [JAL89]).

A explicitação das dimensões não significa que necessariamente devam ser construídos modelos separados para cada aspecto. Pode ser modelado mais de um aspecto simultaneamente, sem prejuízo das considerações aqui mencionadas.

3 As Técnicas Avaliadas

Nesta avaliação comparativa são consideradas apenas algumas técnicas de AOO, cada uma delas escolhida por representar uma família de técnicas de análise:

1. A técnica denominada *Análise Orientada a Objetos*, descrita por Pressman [PRE87], como representativa da categoria de técnicas *textuais* [BUS93], que são aquelas que baseiam-se em descrições informais, escritas em linguagem natural para, através de uma análise sintática de nomes, adjetivos, verbos e advérbios, identificar objetos, atributos e operações tanto

do domínio do problema como do domínio da solução. Outras técnicas textuais podem ser encontradas em propostas de Booch [BOO83], da empresa *EVBS Software Engineering* [EVBS86], e de Mattoso & Blum [MAT88].

2. A técnica *Object-Oriented Analysis* ou OOA de Coad & Yourdon [COA92], como representativa do conjunto de técnicas denominadas *evolutivas orientadas a dados* [BUS93], que utilizam extensões semânticas de modelos de dados. Outras técnicas que podem ser classificadas nesta categoria são o *Modelo Entidade-Relacionamento Orientado a Objetos* (OOER), proposto por Navathe & Pillalamarri [NAV89], e a de Manfredi et al. [MAN89]. Também as propostas de Kurtz et al. [KUR89], Shlaer & Mellor [SHL90], e Jacobson [JAC92], podem ser consideradas como evolutivas orientadas a dados.
3. A técnica *Object-Oriented Requirements Specification Method* de Bailin [BAI89], como representativa da categoria de técnicas *evolutivas orientadas a funções* [BUS93], que inclui aquelas propostas que utilizam extensões de modelos funcionais com decomposição funcional. Outras técnicas de análise e projeto nesta categoria, são as de Booch [BOO86], Seidewitz [SEI89], Alabiso [ALA88], Bulman [BUL89], e Lee & Carver [LEE91].
4. A técnica de análise da metodologia OMT (*Object Modeling Technique*) de Rumbaugh et al. [RUM91], como expoente da categoria de técnicas *integracionistas* [BUS 93], que representa aquelas técnicas que integram modelos separados das diferentes dimensões, não necessariamente de todas as três. Outra técnica nesta mesma categoria é a de Shlaer & Mellor [SHL92]. Também podem ser consideradas como técnicas integracionistas as propostas de Clyde et al. em [CLY92], Embley et al. [EMB92], Kappel & Schrefl [KAP91] e Schiel & Mistrik [SCH90], mas em menor grau.
5. A técnica de análise que faz parte da proposta de *Análise & Projeto Orientados a Objeto* de Nerson [NER92], como representativa do conjunto de técnicas *reversas* [BUS93], que são aquelas originadas de necessidades de implementação, como, por exemplo, o suporte a conceitos de linguagens de programação orientadas a objetos específicas. No caso específico da proposta de Nerson, a técnica baseia-se em conceitos da linguagem *Eiffel* [MEY88]. Outra técnica que pode ser classificada nesta categoria é a proposta mais recente de Booch [BOO91], que originou-se a partir da linguagem *Ada*, e as propostas de Freitas et al. [FRE90] e Ladden [LAD88]. Uma proposta para a linguagem *Smalltalk-80* é a de Reenskaug et al. [WIR90].
6. A técnica *Análise do Comportamento de Objetos* (*Object Behavior Analysis* ou OBA) proposta por Rubin & Goldberg [RUB92], como representativa das técnicas *comportamentais* [BUS93], que reúne técnicas nas quais os objetos são identificados a partir do comportamento externo que deve exibir o sistema. Outras propostas são as de Gibson [GIB90] e uma mais voltada ao projeto do que à análise é *Responsability-Driven Design* de Wirfs-Brock et al. [WIR90] e [WIR90a].

4 Avaliação das Técnicas de AOO

A comparação foi feita de acordo com critérios divididos conforme as dimensões de modelagem (estrutural, dinâmica e funcional) e a integração das mesmas. Os critérios são os seguintes:

a) Critérios referentes a capacidade do processo de modelagem em identificar conceitos

- 1 Critérios referentes à dimensão *estrutural* do modelo
 - Capacidade da técnica em identificar os componentes estruturais de um modelo (classes, atributos, operações e associações)

- Capacidade da técnica em identificar particionamentos da complexidade estrutural do modelo (identificação de “clusters” de objetos e outros tipos de construções mais abstratas)
 - 2 Critérios referentes à dimensão *dinâmica* do modelo
 - Capacidade da técnica em identificar os componentes dinâmicos de um modelo (estados, transições, eventos e ações)
 - Capacidade da técnica em identificar particionamentos da complexidade dinâmica do modelo
 - 3 Critérios referentes à dimensão *funcional* do modelo
 - Capacidade da técnica em identificar os componentes funcionais de um modelo (funções e fluxos de dados)
 - Capacidade da técnica em identificar particionamentos da complexidade funcional do modelo
- b) *Critérios referentes a capacidade do processo de modelagem em integrar as diferentes dimensões de modelagem*
- 1 Dimensões contempladas na técnica de modelagem (que dimensões são contempladas)
 - 2 Consistência entre as dimensões
 - 3 Procedimento de análise

Os critérios foram avaliados inicialmente de forma qualitativa. Após, com base nesta avaliação, os mesmos foram quantificados como segue: aquela(s) técnica(s) que possui(m) o melhor desempenho considerando um critério determinado recebe(m) a pontuação 2, aquela(s) que possuam(m) um desempenho inferior recebe(m) a pontuação 1, e a(s) restante(s) recebe(m) 0 ponto. A seguir é apresentado o resultado da avaliação sobre o problema da IFIP

4.1 Critérios referentes à dimensão estrutural do modelo

4.1.1 Identificação de classes

A tabela 1 apresenta as classes identificadas com a aplicação de cada uma das técnicas. Tanto na técnica de Coad & Yourdon como na de Rumbaugh et al., onde o procedimento de identificação é semelhante, a lista das classes encontradas é a mesma. Apenas a classe *Participante* não é identificada como tal na aplicação da técnica de Nerson, e sim como um *cluster*. Diferenças mais significativas são as encontradas na aplicação da técnica de Pressman, onde muitas classes não foram identificadas, e em seu lugar surgiram outras de escassa relevância, tais como *Aceitação*, *Chamada* e *Convite* resultantes dos nomes utilizados no texto de definição do problema. As classes omitidas nesta técnica devem-se, em sua maioria, à carência de hierarquias de herança. Finalmente, na aplicação da técnica de Rubin & Goldberg, surgiu a classe *Especialista* que serve para ligar níveis na hierarquia de herança. As classes *Membro Grupo* e *Representante Nacional* não aparecem porque elas não interagem explicitamente com outras classes do domínio do problema.

4.1.2 Identificação de atributos

A tabela 2 apresenta os atributos identificados com a aplicação de cada uma das técnicas. Na tabela são consideradas apenas as classes identificadas por todas as técnicas. As técnicas de Coad & Yourdon, de Rumbaugh et al. e de Rubin & Goldberg identificam os mesmos atributos. Já a técnica de Nerson não identifica o atributo *Papel* nas classes *Autor* e *Moderador* porque este atributo nas outras técnicas é herdado da classe *Participante*, que na técnica de Nerson corresponde a um *cluster*. Na verdade este atributo não deveria ser herdado (opção não disponível nas técnicas de Coad & Yourdon, Rumbaugh et al. e Rubin & Goldberg) já

que serve apenas como critério de distinção para as subclasses. Diferenças maiores são encontradas na técnica de Bailin, onde os atributos *Data envio chamada*, *Data envio convite* e *Papel* (todos atributos herdados) não são identificados por não existir explicitamente hierarquias de herança. Finalmente, a técnica de Pressman difere radicalmente das restantes, identificando erroneamente os atributos mostrados. Isto ocorre porque esta técnica força a associação dos adjetivos no texto da definição do problema como atributos dos objetos.

PRESSMAN	COAD & YOURDON	BAILIN	RUMBAUGH ET AL.	NERSON	RUBIN & GOLDBERG
Aceitação					
Artigo	Artigo	Artigo	Artigo	Artigo	Artigo
	Artigo Aceito	Artigo Aceito	Artigo Aceito	Artigo Aceito	Artigo Aceito
	Artigo Rejeitado		Artigo Rejeitado	Artigo Rejeitado	
Autor	Autor	Autor	Autor	Autor	Autor
	Avaliador	Avaliador	Avaliador	Avaliador	Avaliador
Carta	Carta Intenção	Carta Intenção	Carta Intenção	Carta Intenção	Carta Intenção
Chamada					
	Convidado	Convidado	Convidado	Convidado	Convidado
	Convidado Prioritário	Convidado Prioritário	Convidado Prioritário	Convidado Prioritário	Convidado Prioritário
Convite					
					Especialista
	Membro Grupo	Membro Grupo	Membro Grupo	Membro Grupo	
Moderador	Moderador	Moderador	Moderador	Moderador	Moderador
	Participante		Participante		Participante
Pessoa	Pessoa		Pessoa	Pessoa	Pessoa
	Receptor Chamada Trabalhos	Receptor Chamada Trabalhos	Receptor Chamada Trabalhos	Receptor Chamada Trabalhos	Receptor Chamada Trabalhos
Relatório	Relatório		Relatório	Relatório	Relatório
	Representante Nacional	Representante Nacional	Representante Nacional	Representante Nacional	
	Resposta Convite	Resposta Convite	Resposta Convite	Resposta Convite	Resposta Convite
	Sessão	Sessão	Sessão	Sessão	Sessão

Tabela 1 - Classes identificadas

4.1.3 Identificação de operações

A tabela 3 apresenta as operações identificadas com a aplicação de cada uma das técnicas. Novamente, considera-se apenas as classes identificadas por todas as técnicas. As técnicas de Nerson e de Rubin & Goldberg são as que obtiveram um conjunto de operações mais completo. A técnica de Coad & Yourdon não identificou todas as operações, principalmente pela modelagem deficiente no nível de serviço que corresponde à identificação das operações. A técnica de Pressman igualmente não identificou todas as operações, devido à sua identificação ficar restrita ao texto de definição do problema. A carência de operações nas classes *Autor*, *Carta Intenção* e *Moderador* na técnica de Bailin deve-se a que, conforme a definição própria desta proposta, estas classes são *entidades passivas* e representadas como fluxos de dados de entidades e não são *compostas* de funções. Finalmente, a técnica de Rumbaugh et al. não identifica operações das classes e sim funções do sistema, isto é, funções não alocadas nas classes identificadas.

4.1.4 Identificação de associações

A tabela 4 apresenta as associações identificadas com a aplicação de cada uma das técnicas. As associações mostradas na tabela são caracterizadas por algumas propriedades. As associações podem ser *herdadas* ou *próprias*, isto é, as associações são estabelecidas em níveis superiores na hierarquia de herança no primeiro caso; ou estabelecidas no mesmo nível das classes associadas para o outro caso. Pode ser indicado explicitamente que as associações

ocorrem entre instâncias (objetos) das classes, em contraste com associações a nível de classe. Também pode ser caracterizado o fato de a associação estabelecer um contrato entre as classes. As associações podem ser específicas ou genéricas, isto é, podem possuir semântica própria e específica do domínio do problema; ou serem especificadas genericamente independente do domínio do problema. O nome das associações pode ou não ser indicado. Podem ser definidas com ou sem a cardinalidade das instâncias participantes destas associações. Finalmente, as associações podem ser dirigidas ou não, indicando explicitamente o sentido da mesma. Considerando as propriedades acima, todas as técnicas diferem na caracterização das mesmas associações. Em termos relativos, a técnica de Rumbaugh et al. parece ser a mais completa na identificação e definição das associações, seguida de perto pelas associações da técnica de Coad & Yourdon. Já as técnicas de Bailin, e particularmente de Pressman (que não identifica associações), fornecem mecanismos insuficientes para a identificação das associações.

CLASSE TÉCNICA DE AOO	ARTIGO	AUTOR	CARTA INTENÇÃO	MODERADOR
PRESSMAN	1) contribuição 2) aceito 3) rejeitado	1) artigo aceito 2) artigo rejeitado		
COAD & YOURDON	1) título 2) assunto 3) data envio artigo 4) estado	1) nome* 2) instituição* 3) endereço* 4) data envio chamada* 5) data envio convite* 6) papel*	1) data envio intenção 2) intenção	1) nome* 2) instituição* 3) endereço* 4) data envio chamada* 5) data envio convite* 6) papel* 7) assunto
BAILIN	1) título 2) assunto 3) data envio artigo 4) estado	1) nome 2) instituição 3) endereço	1) data envio intenção 2) intenção	1) nome 2) instituição 3) endereço 4) assunto
RUMBAUGH ET AL.	1) título 2) assunto 3) data envio artigo 4) estado	1) nome* 2) instituição* 3) endereço* 4) data envio chamada* 5) data envio convite* 6) papel*	1) data envio intenção 2) intenção	1) nome* 2) instituição* 3) endereço* 4) data envio chamada* 5) data envio convite* 6) papel* 7) assunto
NERSON	1) título do artigo 2) assunto do artigo 3) data envio do artigo 4) estado do artigo	1) nome da pessoa* 2) instituição da pessoa* 3) endereço da pessoa* 4) data envio da chamada de trabalhos* 5) data envio do convite*	1) data envio da intenção 2) intenção ou não de participar	1) nome da pessoa* 2) instituição da pessoa* 3) endereço da pessoa* 4) data envio da chamada de trabalhos* 5) data envio do convite* 6) assunto do moderador
RUBIN & GOLDBERG	1) título 2) assunto 3) data envio artigo 4) estado	1) nome* 2) instituição* 3) endereço* 4) data envio chamada* 5) data envio convite* 6) papel*	1) data envio intenção 2) intenção*	1) nome* 2) instituição* 3) endereço* 4) data envio chamada* 5) data envio convite* 6) papel* 7) assunto*

* atributos herdados

Tabela 2: Atributos identificados para algumas classes

4.1.5 Capacidade de particionamento na dimensão estrutural

A tabela 5 resume a capacidade de particionamento na dimensão estrutural. As técnicas que aparecem como mais desenvolvidas no tocante ao particionamento estrutural são as de Coad & Yourdon, de Nerson e de Rubin & Goldberg, que definem explicitamente passos para definir assuntos (*subjects*), *clusters* e áreas de atividade central, respectivamente. Já as técnicas de Bailin e de Rumbaugh et al. parecem estar mais preocupadas com a documentação do sistema, apenas dividindo os modelos para serem apresentados por partes. Dada a dimensão do problema da IFIP, a aplicação resultou em um único domínio, no caso da técnica de Bailin, e um único módulo para a técnica de Rumbaugh et al. Finalmente, a técnica de Pressman não apresenta nenhum tipo de critério de particionamento estrutural.

CLASSE TÉCNICA DE AOO	ARTIGO	AUTOR	CARTA INTENÇÃO	MODERADOR
-----------------------------	--------	-------	----------------	-----------

PRESSMAN	1) agrupar em sessão 2) distribuir para avaliadores 3) receber 4) cadastrar 5) selecionar	1) assegurar recibo convite 2) receber convite	cadastrar intenção	selecionar para sessão
COAD & YOURDON	1) criar 2) distribuir 3) selecionar	1) criar* 2) enviar chamada* 3) enviar convite* 4) verificar convite* 5) listar* 6) classificar*	criar	1) criar* 2) enviar chamada* 3) enviar convite* 4) verificar convite* 5) listar* 6) classificar*
BAILIN	1) receber artigo 2) distribuir artigo 3) selecionar artigo			
RUMBAUGH ET AL.				
NERSON	1) verificar artigo 2) incluir artigo novo 3) distribuir artigo entre avaliadores 4) selecionar artigo	1) verificar autor 2) incluir novo autor 3) verificar receptor* 4) incluir novo receptor* 5) enviar chamada de trabalhos ao receptor* 6) incluir nova pessoa* 7) verificar convidado* 8) enviar convite ao convidado* 9) incluir novo convidado* 10) confirmar envio convite ao convidado* 11) listar convidados confirmados*	registrar recepção de carta	1) verificar moderador 2) verificar receptor* 3) incluir novo receptor* 4) enviar chamada de trabalhos ao receptor* 5) incluir nova pessoa* 6) verificar convidado* 7) enviar convite ao convidado* 8) incluir novo convidado* 9) confirmar envio convite ao convidado* 10) listar convidados confirmados*
RUBIN & GOLDBERG	1) inclusão 2) distribuição 3) seleção 4) verificação	1) classificação 2) envio convite* 3) verificação convite* 4) lista* 5) inclusão* 6) verificação* 7) envio chamada*	recepção carta	1) verificação assunto* 2) envio convite* 3) verificação convite* 4) lista* 5) inclusão* 6) verificação* 7) envio chamada*

* operações herdadas

Tabela 3: Operações identificadas para algumas classes

4.1.6 Análise quantitativa da dimensão estrutural

Com base na análise qualitativa resumida nas tabelas acima, passou-se a avaliação quantitativa da dimensão estrutural que é mostrada no gráfico 1. Nele pode observar-se que as técnicas de Nerson e de Rubin & Goldberg são as que possuem um processo de modelagem mais completo nesta dimensão (6 pontos), porque possuem procedimentos simples para identificar os componentes, seguidas das técnicas de Coad & Yourdon (5 pontos) e de Rumbaugh et al. (4 pontos). As técnicas de Pressman e de Bailin não obtiveram pontuação por serem as mais fracas nesta dimensão.

CLASSES TÉCNICA DE AOO	AUTOR - ARTIGO	CARTA INTENÇÃO - {AUTOR, MODERADOR}
PRESSMAN		
COAD & YOURDON	Associação própria, entre instâncias, não dirigida e sem nome, com cardinalidades 1:n e 1:n, respectivamente	Associações herdadas, entre instâncias, não dirigidas e sem nome, com cardinalidades 1:1 e 0:1 para ambas, respectivamente
BAILIN	Associação própria, específica, não dirigida e sem cardinalidade <i>Autor submete Artigo</i>	
RUMBAUGH ET AL.	Associação própria, específica, não dirigida <i>Autor submete Artigo</i> , com cardinalidades 1:n e 1:n, respectivamente	Associações herdadas, específicas e não dirigidas: 1) <i>Autor envia Carta Intenção</i> 2) <i>Moderador envia Carta Intenção</i> , com cardinalidades 1:1 e 0:1 para ambas, respectivamente
NERSON	Associação própria, específica, dirigida e sem cardinalidade <i>Autor → submissão → Artigo</i>	Associações herdadas, específicas, dirigidas e sem cardinalidades: 1) <i>Autor → envio → Carta Intenção</i> 2) <i>Moderador → envio → Carta Intenção</i>
RUBIN & GOLDBERG		

Tabela 4: Associações identificadas entre algumas classes

TÉCNICA DE AOO	PARTIÇÕES/AGREGADOS
PRESSMAN	
COAD & YOURDON	ASSUNTOS (AGREGADO): 1) <i>Pessoa</i> = { <i>Carta Intenção</i> , <i>Resposta Convite</i> , <i>Pessoa</i> , <i>Receptor Chamada Trabalhos</i> , <i>Convidado</i> , <i>Participante</i> , <i>Convidado Prioritário</i> , <i>Moderador</i> , <i>Autor</i> , <i>Avaliador</i> , <i>Membro Grupo</i> , <i>Representante Nacional</i> } 2) <i>Artigo</i> = { <i>Sessão</i> , <i>Artigo</i> , <i>Relatório</i> , <i>Artigo Aceito</i> , <i>Artigo Rejeitado</i> }
BAILIN	Único domínio (agregado)
RUMBAUGH ET AL.	Único módulo (agregado)
NERSON	CLUSTERS (PARTIÇÃO/AGREGADO): 1) <i>Comunicações</i> = { <i>Pessoa</i> , <i>Carta Intenção</i> , <i>Resposta Convite</i> , <i>Receptor Chamada Trabalhos</i> , <i>Convidado</i> , subcluster <i>Convidado Prioritário</i> = { <i>Convidado Prioritário</i> , <i>Membro Grupo</i> , <i>Representante Nacional</i> } } 2) <i>Participante</i> = { <i>Moderador</i> , <i>Autor</i> , <i>Avaliador</i> } 3) <i>Programa</i> = { <i>Sessão</i> , <i>Artigo</i> , <i>Relatório</i> , <i>Artigo Aceito</i> , <i>Artigo Rejeitado</i> }
RUBIN & GOLDBERG	ÁREAS DE ATIVIDADE CENTRAL (PARTIÇÃO): 1) <i>Administração de Convidados</i> = { <i>Participante</i> , <i>Convidado</i> , <i>Resposta ao Convite</i> , <i>Convidado Prioritário</i> , <i>Receptor de Chamada de Trabalhos</i> , <i>Carta de Intenção</i> } 2) <i>Administração de Programa</i> = { <i>Artigo</i> , <i>Autor</i> , <i>Avaliador</i> , <i>Relatório</i> , <i>Sessão</i> , <i>Artigo Aceito</i> , <i>Moderador</i> }

Tabela 5: Particionamento na complexidade estrutural

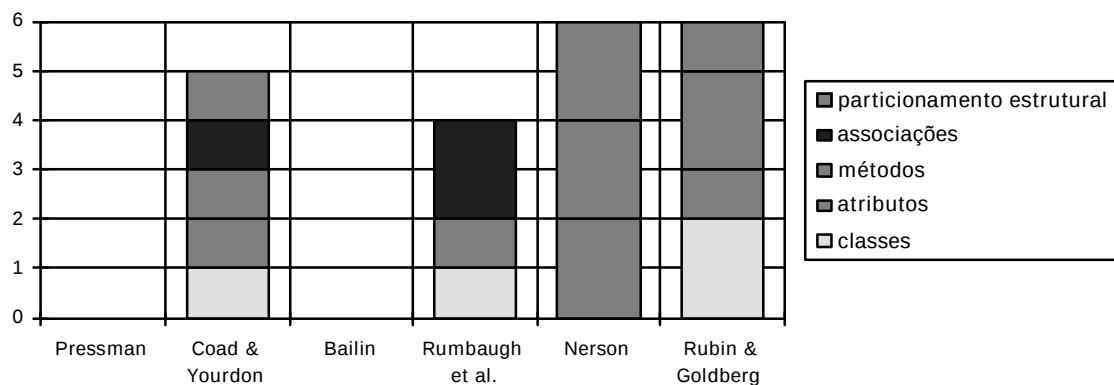


Gráfico 1: Avaliação quantitativa dos critérios da dimensão estrutural

4.2 Critérios referentes à dimensão dinâmica do modelo

4.2.1 Identificação de estados

A tabela 6 apresenta os estados identificados com a aplicação de cada uma das técnicas. Na tabela, os estados são mostrados como elementos de conjuntos. Estes estados são expressos nos termos em que são definidos por cada técnica. No caso de ocorrer herança de mais de um conjunto de estados, isto é representado pelo produto cartesiano (X) dos conjuntos de estados herdados. Em termos comparativos, as técnicas de Coad & Yourdon e de Rubin & Goldberg permitem identificar conjuntos de estados equivalentes mais completos que as outras técnicas, assim por exemplo o estado *data envio chamada* ¹ *nula* na técnica de Coad & Yourdon é equivalente ao estado *com chamada de trabalhos* da técnica de Rubin & Goldberg. Já a técnica de Rumbaugh et al. define estados para aquelas classes de “comportamento não trivial”. Neste caso fica restrito apenas à classe *Artigo*. As técnicas de Pressman, de Bailin e de Nerson não identificam estados para as classes.

CLASSE TÉCNICA DE AOO	ARTIGO	AUTOR	MODERADOR
PRESSMAN			
COAD & YOURDON	{estado = recebido, estado = em avaliação, estado = aceito, estado = rejeitado }	{data envio chamada = nula, data envio chamada ≠ nula} * X {data envio convite = nula, data envio convite ≠ nula} *	{data envio chamada = nula, data envio chamada ≠ nula} * X {data envio convite = nula, data envio convite ≠ nula} *
BAILIN			
RUMBAUGH ET AL.	{atividade verificação(<i>Artigo</i>), atividade verificação(<i>Autores</i>), recebido, atividade inclusão(<i>Autor</i>), atividade verificação(<i>Avaliadores</i>), em avaliação, aceito, rejeitado }		
NERSON			
RUBIN & GOLDBERG	{recebido, em avaliação, aceito, rejeitado }	{sem convite, com convite } * X {sem chamada de trabalhos, com chamada de trabalhos } *	{sem convite, com convite } * X {sem chamada de trabalhos, com chamada de trabalhos } *

{...} * = conjunto de estados herdados

Tabela 6: Estados identificados para algumas classes

4.2.2 Identificação de transições

A tabela 7 apresenta as transições identificadas com a aplicação de cada uma das técnicas. Na tabela, as transições são mostradas conforme a definição própria de cada técnica. Por exemplo, no caso da técnica de Rumbaugh et al., as transições têm associadas eventos com parâmetros, eventos com ações e eventos com condições lógicas, além de estados intermediários com atividades (ações que podem precisar de algum tempo para se completar). As técnicas de Rumbaugh et al. e de Rubin & Goldberg são as mais completas na identificação e localização das transições. A técnica de Rumbaugh et al. define eventos mais complexos e inclusive estados intermediários nas transições. A técnica de Coad & Yourdon identifica, porém não documenta as transições, indicando apenas o estado inicial e o final para cada transição. Dado que as técnicas de Pressman, de Bailin e de Nerson não identificam estados, também não identificam transições.

4.2.3 Capacidade de particionamento na dimensão dinâmica

A tabela 8 apresenta as partições ou agregados identificados com a aplicação de cada uma das técnicas. Na tabela, os componentes resultantes do particionamento dinâmico são do tipo superestado, composto por estados, ou do tipo cenário, composto por objetos que interagem. As técnicas de Rumbaugh et al. e de Rubin & Goldberg baseiam o particionamento dinâmico nos superestados. Já a técnica de Nerson baseia-se em cenários de interação típica entre

objetos. Ambos os mecanismos não são diretamente comparáveis porque trabalham em distintos níveis de abstração. Contudo, os superestados fornecem maior homogeneidade conceitual e portanto uma aplicação recursiva. Assim as técnicas de Rubin & Goldberg e de Rumbaugh et al. são as mais consistentes neste item. Finalmente, as técnicas de Pressman, de Coad & Yourdon e de Bailin não fornecem nenhum tipo de particionamento nesta dimensão de modelagem.

ESTADOS	Transição de estados de <i>Artigo</i> : recebido → em avaliação	Transição de estados de <i>Artigo</i> : em avaliação → [aceito ou rejeitado]	Transição de estados de <i>Autor</i> e <i>Moderador</i> : sem convite → com convite	Transição de estados de <i>Autor</i> e <i>Moderador</i> : sem chamada de trabalhos → com chamada de trabalhos
TÉCNICA DE AOO				
PRESSMAN				
COAD & YOURDON	identificada mas não documentada	identificada mas não documentada	identificada mas não documentada	identificada mas não documentada
BAILIN				
RUMBAUGH ET AL.	1) evento distribuição(<i>Artigo</i> , <i>Avaliadores</i>) 2) estado com atividade verificação(<i>Avaliadores</i>) 3) evento <i>Avaliadores</i> O.K. com ação distribuição O.K.	1) evento seleção(<i>Artigo</i> , <i>Decisão</i>) com condição <i>Decisão</i> = aceito 2) evento seleção(<i>Artigo</i> , <i>Decisão</i>) com condição <i>Decisão</i> = rejeitado		
NERSON				
RUBIN & GOLDBERG	<i>Artigo</i> .distribuição	1) <i>Artigo</i> .seleção (decisão = aceito) 2) <i>Artigo</i> .seleção (decisão = rejeitado)	<i>Convitado</i> .envio convite	2) <i>Receptor de Chamada de Trabalhos</i> . envio chamada

Tabela 7: Transições identificadas entre alguns estados

CLASSE	<i>ARTIGO</i>	<i>AUTOR</i>	<i>CARTA INTENÇÃO</i>	<i>MODERADOR</i>
TÉCNICA DE AOO				
PRESSMAN				
COAD & YOURDON				
BAILIN				
RUMBAUGH ET AL.	superestado <i>avaliado</i> = {rejeitado, aceito}			
NERSON	1) cenário <i>distribuição de artigo</i> = { <i>Artigo</i> , <i>Avaliador</i> } 2) cenário <i>inclusão de artigo</i> = { <i>Artigo</i> , <i>Autor</i> } 3) cenário <i>inclusão de relatório</i> = { <i>Relatório</i> , <i>Artigo</i> , <i>Avaliador</i> } 4) cenário <i>seleção de artigo</i> = { <i>Artigo</i> }	cenário <i>inclusão de artigo</i> = { <i>Artigo</i> , <i>Autor</i> }	cenário <i>recepção de carta intenção</i> = { <i>Carta</i> , <i>Receptor Chamada Trabalhos</i> }	cenário <i>inclusão de sessão</i> = { <i>Sessão</i> , <i>Moderador</i> , <i>Artigo Aceito</i> }
RUBIN & GOLDBERG	superestado <i>Estado</i> = {recebido, em avaliação, aceito, rejeitado}	1) superestado <i>Envio convite</i> * = {sem convite, com convite} 2) superestado <i>Envio chamada</i> * = {sem chamada de trabalhos, com chamada de trabalhos}		1) superestado <i>Envio convite</i> * = {sem convite, com convite} 2) superestado <i>Envio chamada</i> * = {sem chamada de trabalhos, com chamada de trabalhos}

* superestados herdados

Tabela 8: Particionamento na complexidade dinâmica

4.2.4 Análise quantitativa da dimensão dinâmica

O gráfico 2 mostra o resultado da avaliação quantitativa para os critérios da dimensão dinâmica. Nele pode observar-se que a técnica de Rubin & Goldberg é a melhor nesta dimensão (9

pontos), também por apresentar procedimentos relativamente simples para identificar os componentes, seguida de perto pela técnica de Rumbaugh et al. (8 pontos). Mais atrás estão as técnicas de Nerson (2 pontos) e de Coad & Yourdon (1 ponto). As técnicas de Pressman e Bailin não obtiveram pontuação por serem as mais fracas nesta dimensão.

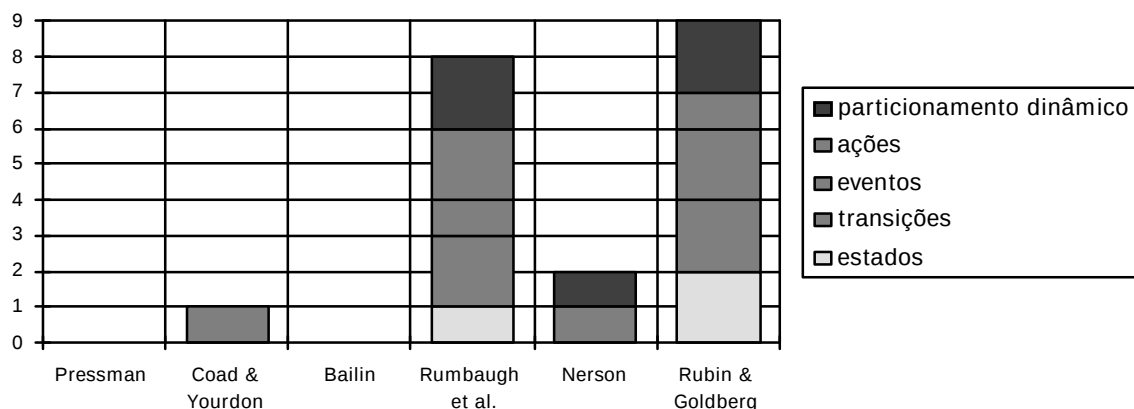


Gráfico 2: Avaliação quantitativa dos critérios da dimensão dinâmica

4.3 Critérios referentes à dimensão funcional do modelo

A dimensão funcional é considerada usualmente como a menos importante das três. Esta dimensão é resumida em termos do resultado da análise quantitativa e dos comentários das diferenças entre as técnicas. O gráfico 3 mostra o resultado desta avaliação. Nele pode observar-se que a técnica de Rumbaugh et al. é a melhor nesta dimensão (5 pontos), seguida de perto pela técnica de Bailin (4 pontos), porque ambas apresentam modelos funcionais. As técnicas de Pressman, Coad & Yourdon, Nerson e Rubin & Goldberg não obtiveram pontuação por não apresentarem modelagem nesta dimensão.

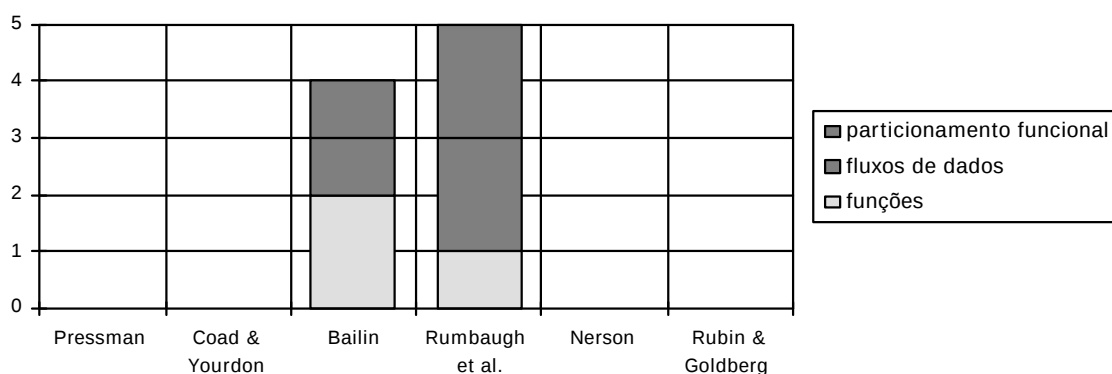


Gráfico 3: Avaliação quantitativa dos critérios da dimensão funcional

4.4 Critérios referentes à integração de dimensões

Finalmente, a integração das dimensões da modelagem é avaliada com os critérios de construção dos modelos (a forma em que são construídos os modelos das diferentes dimensões), consistência entre as dimensões (como é assegurada a consistência entre os modelos das diferentes dimensões) e procedimento de análise (passos que implicam uma ordem no sentido da construção dos modelos das diferentes dimensões).

4.4.1 Construção dos modelos nas diferentes dimensões

Na tabela 9 pode observa-se que apenas a técnica de Rumbaugh et al. constrói modelos separados de todas as dimensões. Já as restantes, com exceção da técnica de Pressman, que trabalha somente com o aspecto estrutural, constroem modelos bidimensionais.

MODELOS TÉCNICA DE AOO	DIMENSÃO ESTRUTURAL	DIMENSÃO DINÂMICA	DIMENSÃO FUNCIONAL
PRESSMAN	Lista de classes		
COAD & YOURDON	Níveis de classes-&-objetos, estruturas, assuntos e atributos (incluindo parte da especificação de classes)	Nível de serviço (incluindo diagramas de estado de objeto e parte da especificação de classes) que mostra conexões de mensagens entre os objetos	
BAILIN	Diagrama de entidade-relacionamento (incluindo dicionário de dados para as entidades)		Diagrama de fluxo de dados de entidades que mostra decomposição estrutural das entidades do diagrama entidade-relacionamento e decomposição funcional
RUMBAUGH ET AL.	Modelo de objetos (incluindo dicionário de dados)	Modelo dinâmico (incluindo diagramas de fluxo de eventos e diagramas de estado) que mostra interação e comportamento das classes do modelo de objetos	Modelo funcional (incluindo diagramas de fluxo de dados e descrição das funções) que mostra as funções do sistema que interagem com as classes do modelo de objetos e fluxos de dados que representam alguns eventos do modelo dinâmico
NERSON	Modelo estático (incluindo as cartas de classes e <i>clusters</i>)	Modelo dinâmico que mostra cenários de interação através de eventos entre as classes do modelo estático	
RUBIN & GOLDBERG	Modelos de objetos (incluindo cartões de modelagem de objetos, relacionamentos organizacionais e contratuais, e glossários de serviços e atributos)	Modelos da dinâmica do sistema (incluindo ciclos de vida dos objetos, seqüenciação de operações e glossário de estados)	

Tabela 9: Comparativo do critério de construção dos modelos

4.4.2 Consistência entre os modelos das dimensões

Já no caso da tabela 10, pode observar-se que a técnica de Rumbaugh et al. é a que requer mais verificações de consistência. Isto ocorre porque esta técnica propõe a construção de modelos separados e relativamente independentes para cada dimensão da modelagem. Em menor grau, isto também acontece com a técnica de Bailin. A técnica de Rubin & Goldberg atinge a consistência entre modelos por construção, visto que o modelo de uma dimensão é derivado dos modelos nas demais dimensões. Isto ocorre em menor grau com a técnica de Coad & Yourdon. Já as técnicas de Pressman e de Nerson não possuem verificações de consistência por diferentes razões, a primeira por não possuir diversos modelos, e a segunda por considerar os modelos das dimensões de forma independente.

TÉCNICA DE AOO	CONSISTÊNCIA ENTRE AS DIMENSÕES
-------------------	---------------------------------

PRESSMAN	
COAD & YOURDON	Nível serviço (dimensão dinâmica) derivado dos atributos (dimensão estrutural) e estados dos objetos
BAILIN	Todas as entidades do diagrama de entidade-relacionamento (dimensão estrutural) estão no diagrama de fluxo de dados de entidades (dimensão funcional) e vice-versa.
RUMBAUGH ET AL.	1) Existe um diagrama de estado (dimensão dinâmica) por classe do modelo de objetos (dimensão estrutural) 2) Ações complexas dos modelos dinâmico e funcional (dimensões dinâmica e funcional) podem ser incluídas no modelo de objetos (dimensão estrutural) 3) Fluxos de dados do modelo funcional (dimensão funcional) correspondem a parâmetros no eventos do modelo dinâmico (dimensão dinâmica) e atributos e/ou objetos do modelo de objetos (dimensão estrutural) 4) Depósitos de dados do modelo funcional (dimensão funcional) correspondem às classes do modelo de objetos (dimensão estrutural) 5) Ações e atividades do modelo dinâmico (dimensão dinâmica) correspondem a funções no modelo funcional (dimensão funcional)
NERSON	
RUBIN & GOLDBERG	1) <i>Scripts</i> iniciais (dimensão dinâmica) servem para construir glossários de partes e atributos (dimensão estrutural) 2) Glossário de estados (dimensão dinâmica) é derivado do glossário de atributos (dimensão estrutural)

Tabela 10: Comparativo do critério de consistência entre as dimensões

4.4.3 Integração das dimensões no procedimento de análise

Finalmente, a tabela 11 resume a forma de integração das dimensões da modelagem durante o processo de modelagem. Em um extremo tem-se a técnica de Rumbaugh et al. que modela cada dimensão em passos separados, e no outro extremo tem-se a técnica de Rubin & Goldberg que combina as modelagens das dimensões ao longo de todo o procedimento. Caso particular constitui a técnica de Pressman que apenas aborda o aspecto estrutural.

TÉCNICA DE AOO	PROCEDIMENTO DE ANÁLISE
PRESSMAN	Os 5 passos são centrados unicamente na modelagem da dimensão estrutural
COAD & YOURDON	1) Os 4 passos iniciais para a modelagem na dimensão estrutural 2) O último passo complementa o anterior com a modelagem na dimensão dinâmica
BAILIN	1) O passo inicial faz a modelagem da dimensão estrutural 2) Os passos intermediários realizam decomposição estrutural na dimensão estrutural e decomposição funcional na dimensão funcional 3) O último passo agrega as entidades na dimensão estrutural
RUMBAUGH ET AL.	1) Os primeiros passos constroem o modelo da dimensão estrutural 2) Os passos intermediários constroem o modelo da dimensão dinâmica 3) Os últimos passos constroem o modelo da dimensão funcional
NERSON	1) O primeiro passo inicia a modelagem na dimensão estrutural 2) O segundo passo preocupa-se do modelo da dimensão dinâmica 3) O último passo conclui o modelo da dimensão estrutural
RUBIN & GOLDBERG	1) O primeiro passo é geral porém já identifica partições para a modelagem estrutural 2) O segundo passo define os <i>scripts</i> na dimensão dinâmica e glossários para as dimensões estrutural e dinâmica 3) O terceiro passo define os objetos na dimensão estrutural 4) O quarto passo são definidos relacionamentos hierárquicos na dimensão estrutural e relacionamentos contratuais na dimensão dinâmica 5) O último passo completa a modelagem na dimensão dinâmica

Tabela 11: Comparativo do critério do procedimento de análise

4.4.4 Análise quantitativa da integração das dimensões

O gráfico 4 apresenta esta mesma avaliação em termos quantitativos para os três critérios de integração. Neste gráfico observa-se que a técnica de Coad & Yourdon possui o melhor desempenho (4 pontos) devido à construção do modelo multicamadas, seguida das técnicas de Rumbaugh et al. e de Rubin & Goldberg (3 pontos), e de Bailin (1 ponto). As técnicas de Pressman e de Nerson não obtiveram pontos por diferentes razões: a primeira não constrói modelos multidimensionais, e a segunda os constrói de forma independente.

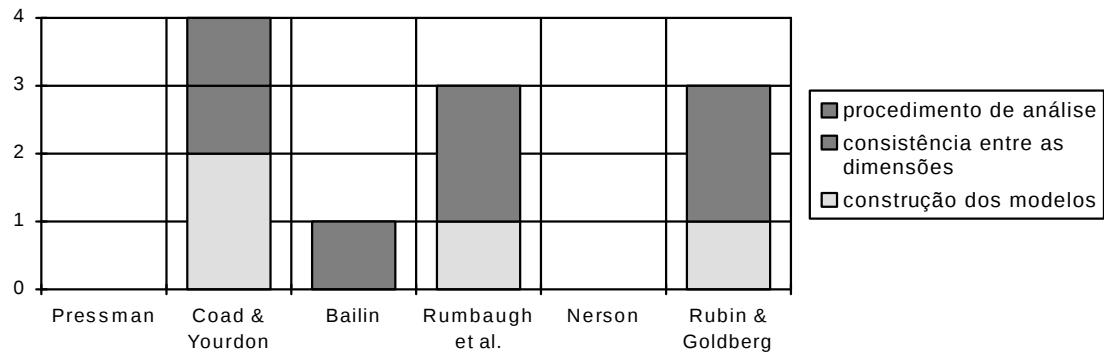


Gráfico 4: Avaliação quantitativa dos critérios de integração das dimensões

4.5 Avaliação quantitativa global

A avaliação quantitativa final para todo o processo de análise e modelagem, incluindo as três dimensões e a integração das mesmas é mostrado no gráfico 5. Para esta avaliação, foram ponderadas as dimensões e a integração da seguinte forma: peso 2 para ambas as dimensões estrutural e dinâmica, peso 1 para a dimensão funcional e peso 3 para a integração. Esta ponderação obedece ao conhecimento intuitivo de que os aspectos estrutural e dinâmico possuem maior relevância que aspecto funcional (considerando a decomposição funcional clássica), e que a integração é mais importante ainda. Neste gráfico as técnicas estão ordenadas de maior a menor e pode observar-se um virtual empate no primeiro lugar entre as técnicas de Rubin & Goldberg (39 pontos) e de Rumbaugh et al. (38 pontos), mais atrás ficam as técnicas de Coad & Yourdon (24 pontos), de Nerson (16 pontos) e de Bailin (7 pontos). A técnica de Pressman não obteve pontuação.

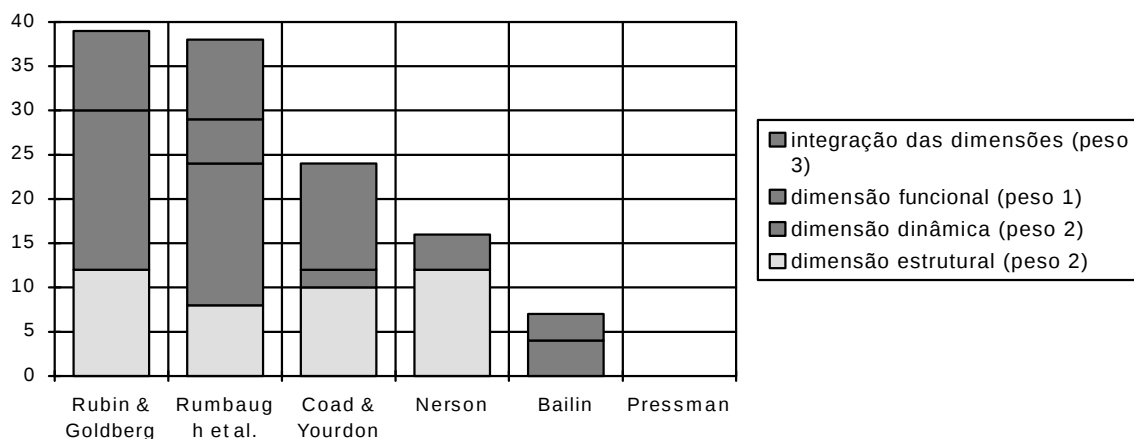


Gráfico 5: Avaliação quantitativa final do processo de análise e resultado da aplicação

A partir do gráfico podem ser feitas algumas observações:

- A superioridade mostrada pelas técnicas de Rubin & Goldberg e de Rumbaugh et al. deve-se principalmente ao equilíbrio que apresentam no processo de modelagem das diferentes dimensões. A diferença de um ponto entre ambas as técnicas não é considerada como significativa.
- Uma parte considerável da pontuação final na técnica de Rumbaugh et al. deve-se à modelagem funcional, aspecto discutível dentro da orientação a objetos.
- A técnica de Coad & Yourdon atinge um terceiro lugar, pela clara deficiência da modelagem na dimensão dinâmica. Apresenta, em compensação, uma boa integração das dimensões, ganhando vantagem sobre as técnicas restantes (Nerson, Bailin e Pressman).

- As técnicas de Nerson e de Bailin mostram-se insuficientes na modelagem das diferentes dimensões. Para o caso da proposta de Nerson, esta desenvolve melhor o aspecto estrutural. Já no caso da proposta de Bailin, o seu forte é a modelagem funcional e, em menor grau, a integração das dimensões estrutural e funcional.
- A processo de análise da técnica de Pressman é claramente superado por todas as outras técnicas em todos os critérios e não obteve pontuação.

5 Conclusões e Comentários

Foi apresentada uma avaliação comparativa do processo de modelagem de algumas técnicas representativas de AOO. A avaliação foi feita sobre a aplicação das técnicas sobre um problema padrão: a preparação de conferências de trabalho da IFIP. Espera-se que os resultados aqui obtidos sejam válidos também para outras aplicações. Assim, é necessário salientar algumas particularidades da aplicação em questão. Trata-se de uma aplicação relativamente pequena, que não exige nenhum tipo de particionamento. O domínio de problema é caracterizado por um banco de dados e um conjunto de transações. Não houve interação com usuários especialistas no domínio.

Como melhores técnicas de AOO aparecem as proposta de Rubin & Goldberg e de Rumbaugh et al. Entretanto, este resultado não indica serem estas técnicas ótimas para AOO. Apenas pode-se afirmar que estas são as melhores entre as técnicas avaliadas e que ainda resta maior desenvolvimento e maturidade nas propostas. A técnica de Rumbaugh et al., apesar de possuir como vantagem principal a redução da complexidade dos sistemas sob modelagem através de as dimensões estática, dinâmica e funcional, possui como maior defeito a integração posterior destes aspectos modelados separadamente. Por sua vez, a técnica de Rubin & Goldberg tem como principal vantagem o uso de *scripts* de atividades que especificam as interações do sistema, facilitando a identificação dos objetos, atributos e serviços. Possui como deficiência mais relevante a extensão e o detalhamento da documentação resultante, mesmo para pequenos sistemas, o que faz indispensável o uso de ferramentas automatizadas.

A técnica de Coad & Yourdon apresenta um grande potencial para tornar-se uma boa técnica de AOO, se corrigidas suas deficiências. Isto pode colocá-la em uma posição até equivalente às das técnicas de Rubin & Goldberg e de Rumbaugh et al. que parecem já estar exploradas ao máximo. A proposta de Coad & Yourdon, que apresenta como vantagem principal a representação multicamadas que permite apresentar os modelos conforme diferentes aspectos, tem o seu grande defeito no denominado nível de serviço, que é claramente deficiente para a complexidade da dimensão dinâmica dos modelos orientados a objetos.

Estas três técnicas indicadas acima (Rubin & Goldberg, Rumbaugh et al. e Coad & Yourdon) são claramente superiores às restantes, e devem ser consideradas seriamente em qualquer desenvolvimento sob o paradigma da orientação a objetos.

Quanto às outras técnicas, que seguem estratégias alternativas: análise de texto na técnica de Pressman, extensão à análise de uma linguagem de programação no caso da proposta de Nerson, e extensão de um modelo funcional na técnica de Bailin, possuem algumas características que podem ser úteis.

A técnica de Pressman, apresenta como utilidade a identificação das classes de um sistema quando está disponível uma especificação de requisitos textual. Tem como defeito essencial a clara insuficiência para uma completa modelagem e especificação orientada a objetos.

A proposta de Nerson exibe como vantagem mais relevante o uso de *clustering* desde o início da modelagem. Como principal defeito pode ser indicada a deficiência dos elementos dos modelos estático e dinâmico para uma especificação geral orientada a objetos.

A técnica de Bailin, apresenta como principal vantagem a idéia de aproveitar uma técnica bem conhecida (os diagramas de fluxo de dados) e adaptá-la para a modelagem orientada a objetos. Esta também é sua principal desvantagem, já que não resolve a incompatibilidade natural da modelagem funcional e o conceito de encapsulamento da orientação a objetos.

Alguns critérios importantes para a modelagem e para o desenvolvimento orientado a objetos não foram considerados porque as técnicas não apresentavam diferenças significativas (tanto negativa como positivamente). Entre estes critérios cabe destacar: reusabilidade na especificação, validação dos modelos pelos usuários, estimativa e dimensionamento dos sistemas. Finalmente, para complementar a avaliação aqui apresentada faz-se necessário um comparativo da representação e especificação da análise das diferentes propostas para assim considerar os dois aspectos: processo e representação (vide [BUS94]).

Referências Bibliográficas

- [ALA88] ALABISO, B. Transformation of Data Flow Analysis Models to Object-Oriented Design. *ACM SIGPLAN Notices*, New York, v.23, n.11, p.335-353, Nov. 1988, Annual Conference on Object-Oriented Programming, Systems, Languages, and Applications - OOPSLA '88, 3., 1988, San Diego.
- [BAI89] BAILIN, Sidney. An Object-Oriented Requirements Specification Method. *Communications of the ACM*, New York, v.32, n.5, p.608-623, May. 1989.
- [BOO83] BOOCH, Grady. Object-Oriented Design. In: FREEMAN, Peter; WASSERMAN, Anthony (eds.) *Tutorial on Software Design Techniques*, Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 1983, p.420-436.
- [BOO86] BOOCH, Grady. Object-Oriented Development. *IEEE Transactions on Software Engineering*, New York, v.12, n.2, p.211-221, Feb. 1986.
- [BOO91] BOOCH, Grady. *Object Oriented Design with Applications*. Redwood City: Benjamin/Cummings, 1991.
- [BUL89] BULMAN, David. An Object-Based Development Model. *Computer Language*, v.6, n.8, p.49-59, Aug. 1989.
- [BUS93] BUSTOS, Guillermo. *Estudo Comparativo de Técnicas de Análise Orientada a Objetos*. Trabalho Individual I nº 317, Porto Alegre: CPGCC-UFRGS, Mar 1993.
- [BUS94] BUSTOS, Guillermo. *Aplicação Comparativa de Técnicas de Análise Orientada a Objetos*. Trabalho Individual II nº 416, Porto Alegre: CPGCC-UFRGS, Jul 1994.
- [BUS94a] BUSTOS, Guillermo. *Aplicação de uma Técnica Textual de Análise Orientada a Objetos ao Problema da IFIP*. Relatório de Pesquisa RP - 229, Porto Alegre, CPGCC-UFRGS, Jun 1994.
- [BUS94b] BUSTOS, Guillermo. *Aplicação da Técnica Object-Oriented Analysis de Coad & Yourdon ao Problema da IFIP*. Relatório de Pesquisa RP - 230, Porto Alegre, CPGCC-UFRGS, Jun 1994.
- [BUS94c] BUSTOS, Guillermo. *Aplicação da Técnica Object-Oriented Requirements Specification Method ao Problema da IFIP*. Relatório de Pesquisa RP - 231, Porto Alegre, CPGCC-UFRGS, Jun 1994.
- [BUS94d] BUSTOS, Guillermo. *Aplicação da Técnica de Análise Object Modeling Technique (OMT) ao Problema da IFIP*. Relatório de Pesquisa RP - 232, Porto Alegre, CPGCC-UFRGS, Jun 1994.
- [BUS94e] BUSTOS, Guillermo. *Aplicação de uma Técnica Reversa de Análise Orientada a Objetos ao Problema da IFIP*. Relatório de Pesquisa RP - 233, Porto Alegre, CPGCC-UFRGS, Jun 1994.
- [BUS94f] BUSTOS, Guillermo. *Aplicação da Técnica Object Behavior Analysis (OBA) ao Problema da IFIP*. Relatório de Pesquisa RP - 234, Porto Alegre, CPGCC-UFRGS, Jun 1994.

- [CLY92] CLYDE, Stephen; EMBLEY, David; WOODFIELD, Scott. Tunable Formalism in Object-Oriented Systems Analysis: Meeting the Needs of Both Theoreticians and Practitioners. *ACM SIGPLAN Notices*, New York, v.27, n.10, p.452-465, Oct. 1992.
- [COA92] COAD, Peter; YOURDON, Edward. *Análise Baseada em Objetos*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- [EMB92] EMBLEY, David; KURTZ, Barry; WOODFIELD, Scott. *Object-Oriented System Analysis: A Model-Driven Approach*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1992.
- [EVB86] EVB SOFTWARE ENGINEERING. *Object-Oriented Design Handbook*. Rockville: EVB Software Engineering Inc., 1986.
- [FIC92] FICHMAN, Robert; KEMERER, Chris. Object-Oriented and Conventional Analysis and Design Methodologies: Comparison and Critique. *IEEE Computer*, Los Alamitos, v.25, n.10, p.22-39, Oct. 1992.
- [FRE90] FREITAS, Maria; MOREIRA, Ana; GUERREIRO, Pedro. Object-Oriented Requirements Analysis in an Ada Project. *Ada Letters*, v.10, n.6, p.97-109, Jul./Aug. 1990.
- [GIB90] GIBSON, Elizabeth. Objects - Born and Bred. *Byte*, Peterborough, v.15, n.10, p.245-254, Oct. 1990.
- [JAC92] JACOBSON, Ivar; CHRISTERSON, Magnus; JONSSON, Patrik; ÖVERGAARD, Gunnar. *Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach*. Reading: Addison-Wesley, 1992.
- [JAL89] JALOTE, Pankaj. Functional Refinement and Nested Objects for Object-Oriented Design. *IEEE Transactions on Software Engineering*, New York, v.15, n.3, p.264-270, Mar. 1989.
- [KAP91] KAPPEL, Gerti. Using an Object-Oriented Diagram Technique for the Design of Information Systems. In: SOL, H.; VAN HEE, K. (eds.). *Dynamic Modelling of Information Systems*, Amsterdam: North-Holland, 1991, p.121-164.
- [KUR89] KURTZ, Barry; HO, Donna; WALL, Teresa. An Object-Oriented Methodology for Systems Analysis and Specification. *Hewlett-Packard Journal*, Palo Alto, v.40, n.2, p.86-90, Apr. 1989.
- [LAD88] LADDEN, Richard. A Survey of Issues to be Considered in the Development of an Object-Oriented Development Methodology for Ada. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, New York, v.13, n.3, p.24-30, Jul. 1988.
- [LEE91] LEE, S.; CARVER, D. Object-Oriented Analysis and Specification: A Knowledge Base Approach. *Journal of Object-Oriented Programming*, New York, p.35-43, Jan. 1991.
- [MAN89] MANFREDI, F.; ORLANDI, G.; TORTORICI, P. An Object-Oriented Approach to the System Analysis. In: EUROPEAN SOFTWARE ENGINEERING CONFERENCE - ESEC '89, 2., 1989. *Proceedings...* Lecture Notes in Computer Science, Berlin: Springer-Verlag, v.387, 1989. p.395-410.
- [MAT88] MATTOSO, Adriana; BLUM, Hércio. Proposta de Desenvolvimento de Software com Orientação a Objetos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE, 2., 1988, Canela. *Anais...* Canela, 1988. p.7-16.
- [MEY88] MEYER, Bertrand. *Object-Oriented Software Construction*. Hertfordshire: Prentice-Hall, 1988.
- [MON92] MONARCHI, David; PUHR, Gretchen. A Research Typology for Object-Oriented Analysis and Design. *Communications of the ACM*, New York, v.35 n.9, p.35-47, Sep. 1992.
- [NAV89] NAVATHE, Shamkant; PILLALAMARRI, Mohan. OOER: Toward Making the E-R Approach Object-Oriented. In: BATINI, C. (ed.) *Entity-Relationship Approach*, Amsterdam: North-Holland, 1989, p.185-206.
- [NER92] NERSON, Jean-Marc. Applying Object-Oriented Analysis & Design. *Communications of the ACM*, New York, v.35, n.9, p.63-74, Sep. 1992.
- [NIE92] NIERSTRASZ, Oscar; GIBBS, Simon; TSICHRITZIS, Dennis. Component-Oriented Software Development. *Communications of the ACM*, New York, v.35, n.9, p.160-165, Sep. 1992.
- [OLL82] OLLE, T. William. Comparative Review of Information Systems Design Methodologies: Problem Definition. In: IFIP WG 8.1 WORKING CONFERENCE ON COMPARATIVE REVIEW OF INFORMATION SYSTEMS DESIGN METHODOLOGIES, 1982, Noordwijkerhout. *Proceedings...* Amsterdam: North-Holland, 1982. p.8-9.

- [PRE87] PRESSMAN, Roger. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. 2nd ed., New York: McGraw-Hill, 1987.
- [RUB92] RUBIN, Kenneth; GOLDBERG, Adele. Object Behavior Analysis. *Communications of the ACM*, New York, v.35, n.9, p.48-62, Sep. 1992.
- [RUM91] RUMBAUGH, James; BLAHA, Michael; PREMERLANI, William; EDDY, Frederick; LORENSEN, William. *Object-Oriented Modeling and Design*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1991.
- [SCH90] SCHIEL, Ulrich; MISTRIK, Ivan. Using Object-Oriented Analysis and Design for Integrated Systems. *Arbeitspapiere der GMD*, v.449, Jun. 1990.
- [SHL90] SHLAER, Sally; MELLOR, Stephen. *Análise de Sistemas Orientada para Objetos*. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.
- [SHL92] SHLAER, Sally; MELLOR, Stephen. *Object Life Cycles: Modeling the World in States*. Englewood Cliffs: Yourdon Press, 1992.
- [SEI89] SEIDEWITZ, Ed. General Object-Oriented Software Development: Background and Experience. *The Journal of Systems and Software*, v.9, n.2, p.95-108, Feb. 1989.
- [WIR90] WIRFS-BROCK, Rebecca; JOHNSON, Ralph. Surveying Current Research in Object-Oriented Design. *Communications of the ACM*, New York, v.33, n.9, p.104-124, Sep. 1990.
- [WIR90a] WIRFS-BROCK, Rebecca; WILKERSON, B.; WIENER, L. *Designing Object-Oriented Software*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1990.