



Modelo 3C de Colaboração para o desenvolvimento de Sistemas Colaborativos

Mariano Pimentel¹, Marco Aurélio Gerosa¹, Denise Filippo¹,
Alberto Raposo², Hugo Fuks¹, Carlos José Pereira de Lucena¹

Depto. de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) – (21) 31141500
R. Marquês de São Vicente, 225 – 22.453-900 Rio de Janeiro - RJ

¹ {mariano,gerosa,denise,hugo,lucena}@inf.puc-rio.br

² abraposo@tecgraf.puc-rio.br

RESUMO

Este artigo apresenta como o Modelo 3C de Colaboração (Comunicação, Coordenação e Cooperação) tem sido apropriado por nosso grupo de pesquisa para o desenvolvimento de sistemas colaborativos. Constata-se que este modelo é útil em diferentes etapas do processo de desenvolvimento: para auxiliar a análise do groupware a ser desenvolvido; no estabelecimento do foco para o desenvolvimento de sucessivas versões do groupware num processo iterativo e investigativo; e para o desenvolvimento de arquitetura e componentes 3C.

Palavras Chaves

Sistemas Colaborativos, Desenvolvimento de Groupware, Modelo 3C de Colaboração

1. INTRODUÇÃO

A colaboração envolve comunicação, coordenação e cooperação. Comunicação se realiza através da troca de mensagens; coordenação se realiza através do gerenciamento de pessoas, atividades e recursos; e cooperação se realiza através de operações num espaço compartilhado para a execução das tarefas. Este modelo, que nosso grupo de pesquisa denomina Modelo 3C de Colaboração, foi originalmente proposto no artigo de Ellis *et al.* [5] com algumas diferenças de nomenclatura.

O Modelo 3C de Colaboração é frequentemente usado pela literatura para classificar os sistemas colaborativos, tal como proposto por Teufel *et al.* [22] e Borghoff & Schlichter [1]. Algumas tentativas têm sido feitas para usar este modelo no desenvolvimento de groupware. Um exemplo é o modelo de projeto Clover, que define 3 classes de funcionalidades, denominadas comunicação, coordenação e produção [15]. O modelo Clover compartilha da mesma utilidade do Modelo 3C de

Colaboração – ambos lidam com as três classes de funcionalidades que uma aplicação colaborativa deve dar suporte. Um modelo similar ao Modelo 3C de Colaboração também já foi usado para guiar a detecção de problemas de usabilidade [17], levando os avaliadores a focarem a atenção nos aspectos de comunicação, coordenação e cooperação.

Nosso grupo de pesquisa investiga o uso sistemático do Modelo 3C de Colaboração no desenvolvimento de sistemas colaborativos visando à elaboração de uma “Engenharia de Groupware” [9]. Dentre as ações realizadas para alcançar este objetivo, foi elaborado um processo específico para o desenvolvimento de sistemas colaborativos denominado RUP-3C-Groupware [19]. Este processo consiste numa extensão do Rational Unified Process [14] onde foram incorporadas as boas práticas aprendidas ao longo dos nove anos de experiência com a pesquisa e o desenvolvimento do AulaNet, que é um sistema colaborativo para o ensino-aprendizagem pela web [10]. O RUP-3C-Groupware documenta como o Modelo 3C de Colaboração é sistematicamente usado nas diferentes etapas do processo de desenvolvimento de um groupware: na análise de domínio para a classificação das aplicações groupware e seus elementos (seção 2); no foco a ser dado para o desenvolvimento de uma versão do groupware (seção 3), e na construção de componentes para a montagem do groupware (seção 4). Em relação ao desenvolvimento baseado em componentes [11], foram definidos kits de componentes 3C que o desenvolvedor usa para montar uma ferramenta de colaboração. Estas ferramentas, também classificadas em função do Modelo 3C, são usadas para compor sistemas colaborativos. Alguns resultados sobre as propostas apresentadas neste artigo são discutidos na seção 5 e a conclusão é apresentada na seção 6.

2. ANÁLISE DE GROUPWARE

Para analisar as aplicações colaborativas, um dos primeiros sistemas de classificação a ficar amplamente conhecido foi a taxonomia espaço-tempo [3]. Outra proposta foi a classificação dos sistemas colaborativos ao nível da aplicação, sendo enunciadas 7 classes de aplicações colaborativas [5]. Estas classes foram analisadas em função do grau de suporte à comunicação, coordenação e cooperação, sendo posicionadas no espaço triangular apresentado na Figura 1 [1, 22].



Figura 1. Classificação 3C dos sistemas colaborativos

Dividindo o espaço triangular em três seções, como apresentado na Figura 1, obtêm-se a classificação dos sistemas colaborativos em função do Modelo 3C. Este é o sistema de classificação adotado para a organização dos serviços de colaboração do ambiente AulaNet, apresentados na Figura 2.

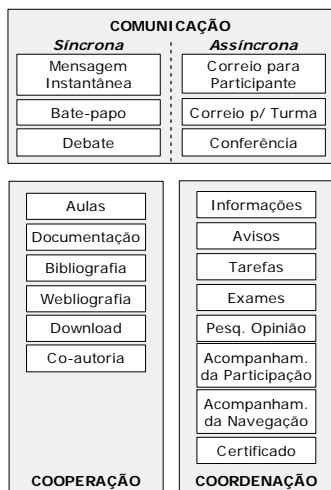


Figura 2. Serviços 3C do AulaNet 2.1

O AulaNet disponibiliza serviços que podem ser usados num curso. Os serviços são colocados à disposição do docente durante a criação e atualização de um curso, possibilitando-o selecionar quais vão se tornar serviços disponíveis aos aprendizes, configurando a área de trabalho do curso. Dessa maneira, o coordenador é levado a observar o grau de suporte que está sendo oferecido para a comunicação, coordenação e cooperação entre os aprendizes e mediadores do curso. Como exemplo, no curso TIAE [16], que objetiva promover aprendizagem colaborativa, são selecionados serviços relacionados a todos os C's, tais como: Debate e Conferência para promover discussão entre os aprendizes, Acompanhamento da Participação para coordenar a participação da turma; Tarefas para possibilitar aprendizagem baseada em projetos, e alguns serviços de cooperação para organizar os conteúdos trabalhados na turma. Por outro lado,

quando o objetivo é elaborar um curso baseado na transmissão de informação (em vez de aprendizagem colaborativa), então são selecionados serviços como Aulas para disponibilizar conteúdos (cooperação), Avisos e Exames (coordenação) para coordenar as atividades da turma e realizar a avaliação dos conteúdos assimilados por cada aluno – nenhum serviço de comunicação precisaria ser selecionado uma vez que não se objetiva estabelecer o diálogo entre os aprendizes (este é o método usado no ensino tradicional e que não promove a colaboração).

Apesar da separação com o propósito de análise, as dimensões comunicação, coordenação e cooperação não devem ser vistas de maneira isolada, pois são interdependentes. Um ambiente colaborativo, como exemplificado pelo AulaNet, deve dar suporte aos três C's. O posicionamento dos sistemas colaborativos no espaço triangular enfatiza a contigüidade entre os 3C's. Ainda que o objetivo de uma ferramenta possa voltar-se para o suporte específico de um dos C's, ainda assim contemplará aspectos dos demais C's. Por exemplo, um sistema de mensagem como o correio eletrônico, embora projetado para estabelecer a comunicação, também pode ser usado para distribuir ordens aos funcionários ou coordenar o trabalho de uma equipe, servindo assim para também dar suporte à coordenação. É por isso que, no espaço triangular, a classe Sistemas de Mensagem encontra-se perto do vértice Comunicação (principal objetivo), mas está deslocada na direção do vértice Coordenação (possibilita algum suporte, embora não seja este o seu principal objetivo).

Identifica-se que cada ferramenta contém mecanismos para dar suporte aos 3C's. Por exemplo, analisando uma ferramenta típica de bate-papo, Figura 3, são identificados três principais mecanismos: uma área para digitar a mensagem que possibilita o usuário se comunicar com os demais participantes, constituindo-se num suporte à Comunicação; uma lista de participantes indicando os que estão conectados e disponíveis para a conversação, constituindo-se num suporte à Coordenação; e uma área apresentando o registro das mensagens enviadas, constituindo-se num suporte à Cooperação. A ferramenta de bate-papo é um bom exemplo para evidenciar que as ferramentas de colaboração contêm elementos relacionados aos 3 C's. Mesmo sendo uma ferramenta de comunicação, pois seu objetivo é possibilitar a troca de mensagens entre os membros de um grupo, uma ferramenta de bate-papo também contém elementos de coordenação e cooperação que são necessários para organizar e documentar a comunicação.

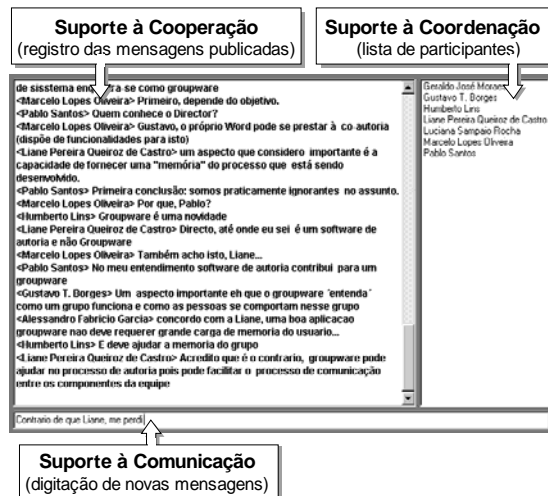


Figura 3. Elementos 3C de um sistema de bate-papo

Seguindo este tipo de análise, é possível identificar os elementos constituintes de uma família de aplicação classificando-os em função do Modelo 3C, tal como apresentado no Quadro 1 para o domínio das ferramentas de comunicação síncrona.

Quadro 1. Classificação 3C dos elementos das ferramentas de comunicação síncrona

Comunicação	Linguagem	Principais linguagens da comunicação humana: escrita (texto), falada (áudio), pictórica (imagens e animações) e gestual (vídeo e avatar).
	Transmissão	Pontual (após o emissor formular toda a mensagem) ou Contínua (transmissão contínua de vídeo e áudio, ou caracter-a-caracter enquanto a mensagem está sendo formulada)
	Tamanho e Qualidade	Tamanho: quantidade de caracteres (texto) ou a duração em segundos (vídeo e áudio). Qualidade do vídeo e do áudio é geralmente reduzida para a transmissão pela Internet
	Estruturação do discurso	Estrutura linear (uma mensagem apresentada após a outra), hierárquica (árvore, threads) ou em rede (grafo, mapas)
	Categorização	Rótulos para caracterizar as mensagens, tais como: tipo de fala (sussurra, pergunta, concorda, etc.); tipo de discurso (direto ou indireto), tipo de emoção (alegre, zangado) etc.
Coordenação	Tópico	Assunto a ser discutido
	Sessão	Espaço de tempo para a duração da conversação
	Acesso	Quem ou quantos podem participar da conversação
	Presença	Quem está participando da conversação
	Disponibilidade	Status do participante: presente, ausente, ocupado, etc.
	Papéis	Atribuição de papéis: Operador, Mediador, Moderador etc.
	Posse da palavra	Quem pode falar num dado momento
Cooperação	Freqüência	Limite da quantidade de mensagens que podem ser enviadas num intervalo de tempo
	Visibilidade	Pública (visível para todos os participantes) ou particular (restrita a dois participantes)
	Endereçamento	Indicação do destinatário da mensagem
	Indicação do turno-em-desenvolvimento	Informação de que o participante está formulando a mensagem (antes de sua transmissão pontual)
	Avaliação	Qualificação das mensagens, dos participantes ou da sessão
Cooperação	Registro	Armazenamento das mensagens publicadas
	Configuração do espaço	Visualização e Recuperação das mensagens publicadas
	Mensagens preconcebidas	Mensagens pré-elaboradas disponíveis para os participantes trocarem durante a conversação

O Modelo 3C de Colaboração é usado por nosso grupo de pesquisa como um guia para analisar um domínio de aplicação groupware. Os procedimentos para realizar esta análise foram documentados no detalhe de fluxo “Analisar Domínio” do RUP-3C-Groupware, conforme esquematizado na Figura 4 (em conformidade com a notação do RUP padrão).

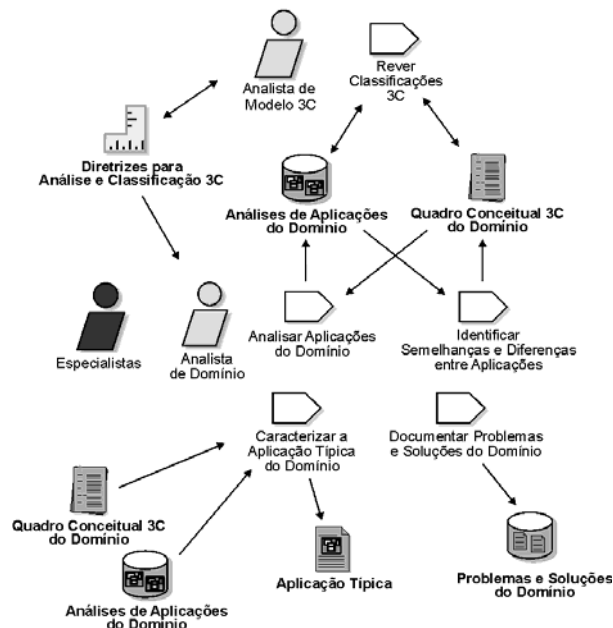


Figura 4. Detalhe de fluxo “Analisar Domínio” proposto na disciplina Modelagem de Negócio do RUP-3C-Groupware

De acordo com este detalhe de fluxo, cabe ao Analista de Domínio analisar diferentes aplicações do domínio para o qual o novo groupware está sendo desenvolvido. Este analista deve consultar diversas fontes de informação tais como especialistas do domínio, aplicações existentes, publicações e outros documentos [23]. O analista estabelece comparações entre as aplicações buscando abstrair os elementos de comunicação, coordenação e cooperação do domínio. Como resultado desta atividade, objetiva-se construir um Quadro Conceitual 3C do domínio, ou aperfeiçoar algum que já esteja em uso no projeto. Ao analisar as aplicações do domínio, deve-se documentar as principais funcionalidades classificando-as de acordo com o Quadro Conceitual 3C. O analista também deve caracterizar o que é uma aplicação típica daquele domínio, identificando seu conjunto mínimo e relevante de elementos, o que servirá como base para o desenvolvimento de sucessivas versões do groupware em busca da solução de problemas. Alguns problemas e suas soluções naquele domínio já podem ser conhecidos e devem estar documentados num repositório, tornando-se útil para auxiliar o analista na seleção ou especificação de uma variação de solução que já se saiba ser adequada ao menos em outras aplicações. Deve-se, ainda, contar com um Analista de Modelo 3C que será responsável pelo uso consistente deste modelo ao longo do processo de desenvolvimento do groupware.

3. DESENVOLVIMENTO ITERATIVO E INVESTIGATIVO FOCANDO UM PROBLEMA E UM “C” POR VERSÃO

Desenvolver software, especialmente groupware, é resolver problemas. Geralmente, um projeto de groupware inicia porque as aplicações existentes não satisfazem as necessidades de um grupo, sendo identificado um conjunto de problemas que se deseja resolver. Uma boa prática é tentar resolver um problema por vez. A cada versão, seleciona-se um problema específico para o qual se projeta uma solução a partir da qual são derivados os requisitos da versão. Quando a versão do groupware tiver sido construída, desenvolve-se um estudo de caso para avaliar em que medida a implementação da solução mostra-se adequada na resolução do problema. A partir da análise de dados coletados do estudo de caso, pode-se concluir se a versão está suficientemente adequada para ser liberada para o uso, ou então, identificar modificações que precisam ser feitas ou novos problemas que ainda precisam ser resolvidos, dando início a um novo ciclo de desenvolvimento. Esta é a prática aprendida por nosso grupo de pesquisa para o desenvolvimento de groupware: desenvolvimento iterativo focando a resolução de um problema por versão.

O Modelo 3C de Colaboração tem se mostrado útil para guiar o estabelecimento do foco a ser dado no desenvolvimento de cada versão. Cada versão da aplicação groupware é desenvolvida para resolver ora um problema de comunicação, ora de coordenação, ora de cooperação, conforme esquematizado na Figura 5. O desenvolvimento em função do Modelo 3C de Colaboração ajuda a prever que dimensão da colaboração deve ser observada em função da modificação de um determinado elemento, auxilia o projeto da aplicação e a análise dos resultados obtidos de estudos de caso.

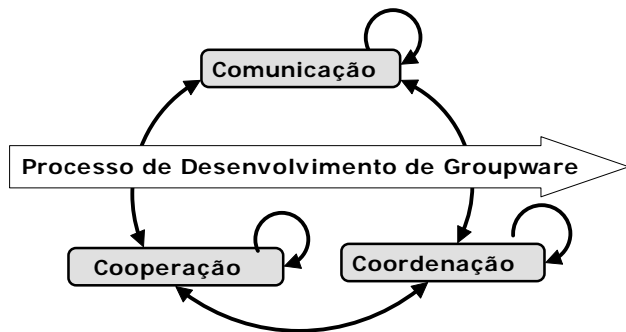


Figura 5. Processo de Desenvolvimento baseado no Modelo 3C de Colaboração

Esta prática é exemplificada com o desenvolvimento das versões do Mediated Chat [7], Figura 6. Estas versões têm sido desenvolvidas para adequar a ferramenta de bate-papo ao uso educacional. A Confusão do Bate-papo foi a principal limitação identificada sobre o uso do bate-papo na educação. A Confusão do Bate-papo é potencializada por um conjunto de problemas sobrepostos. Procurou-se focar na busca pela solução de um único problema específico no desenvolvimento de cada versão do Mediated Chat, o que possibilitou compreender melhor o problema e a solução implementada, e possibilitou identificar novos problemas que ainda precisavam ser resolvidos.

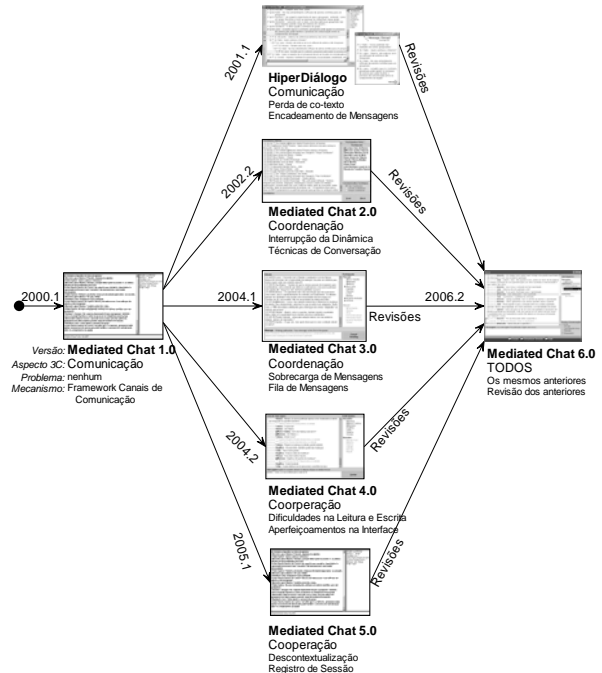


Figura 6. Desenvolvimento das versões Mediated Chat

O desenvolvimento em sucessivas versões é especialmente útil para os sistemas colaborativos uma vez que mudanças na ferramenta geram modificações por vezes imprevistas e indesejáveis na maneira do grupo trabalhar, sendo adequado rever a solução implementada numa versão seguinte. O desenvolvimento da versão Mediated Chat 2.0 exemplifica este desencadeamento de modificações e revisões. Para diminuir o problema da Confusão do Bate-papo, foi elaborada uma dinâmica mais estruturada de conversação. Ao aplicar a dinâmica, foi observada a ocorrência de um novo problema: os participantes frequentemente enviavam mensagens inadequadas à etapa de conversação em vigor, causando a Interrupção da Dinâmica. A ferramenta Mediated Chat 2.0 foi então desenvolvida com um conjunto de técnicas de conversação para definir quem pode falar a cada instante (posse da palavra). Ao realizar um novo estudo de caso, constatou-se que as técnicas implementadas não possibilitavam contornar situações excepcionais, gerando novos problemas. A implementação foi então revisada e integrada na versão Mediated Chat 6.0.

Para o desenvolvimento de groupware, deve-se focar num dos C's por versão. Esta estratégia tem guiado o desenvolvimento das versões Mediated Chat. Por exemplo, na versão Mediated Chat 1.0, o foco foi no estabelecimento da Comunicação; já na versão 3.0, o foco relaciona-se com a Coordenação. Na versão 3.0, procurou-se resolver o problema denominado “Sobrecarga de Mensagem”, que ocorre quando várias mensagens são enviadas num curto intervalo de tempo, o que inviabiliza a leitura de todas as mensagens potencializando a confusão da conversação. A solução implementada nesta versão foi a “Fila de Publicação”, onde o servidor aguarda um intervalo de tempo após publicar uma mensagem. O intervalo de tempo é proporcional à quantidade de caracteres, tendo sido empiricamente estimado como suficiente para a leitura da mensagem recém publicada. Durante este intervalo de tempo, as novas mensagens enviadas pelos participantes são enfileiradas no servidor para a posterior

publicação. Este mecanismo distribui a publicação das mensagens ao longo do tempo de tal forma que os participantes consigam ler todas as mensagens sem serem surpreendidos por rajadas de mensagens.

Nem sempre é possível alterar apenas um dos C's por versão. Ao alterar um dos aspectos da colaboração, pode ser necessário alterar também um outro aspecto. Por exemplo, ainda sobre a versão Mediated Chat 3.0, com o uso da “Fila de Mensagem”, uma mensagem com um texto muito longo faria o servidor ficar suspenso por muito tempo tornando o bate-papo moroso. Para evitar este novo problema, foi estabelecida uma quantidade máxima de caracteres por mensagem. Essa limitação relaciona-se com a Comunicação (ver Quadro 1, elemento “tamanho”). Portanto, apesar desta versão focar na resolução de um problema relacionado à Coordenação, foi necessário modificar também um elemento relacionado à Comunicação. É preciso estar ciente que os C's são interdependentes, e alterar um pode requerer a alteração de outro.

Também não é necessário resolver um único problema por versão. Ainda tendo como exemplo a versão Mediated Chat 3.0, ao projetar funcionalidades para indicar quem está na fila e quem está falando, também se projetou a indicação de quem está digitando, pois são os participantes que possivelmente entrarão na fila de publicação. Este mecanismo acabou resolvendo outro problema: Falta-de-visibilidade-do-turno-em-desenvolvimento. Nesta versão, foi possível lidar com a solução destes dois problemas, embora tenha ficado mais difícil inferir as influências dos mecanismos implementados.

A boa prática “focar um único problema e um único ‘C’ por versão” é uma diretriz para nortear o desenvolvimento, mas não deve ser seguida invariavelmente. Pode ser que a solução introduza novos problemas sendo preciso modificar outros elementos, inclusive de natureza diferente do C originalmente focado. Pode ser que numa implementação coerente sejam resolvidos dois problemas ao mesmo tempo. Idealmente, para se realizar uma pesquisa rigorosa, em cada versão deve-se projetar uma solução que modifique apenas um elemento do domínio para facilitar a análise de suas influências. Na prática, este diretriz deve ser aplicada com bom senso.

O objetivo de se focar num único C é induzir o projetista a observar os aspectos da colaboração questionando-se de que maneira o novo mecanismo implementado estará influenciando a comunicação, a coordenação e a cooperação. A organização dos elementos do domínio em função do Modelo 3C de Colaboração ajuda a prever mudanças e auxilia na análise dos resultados obtidos de estudos de caso.

Num processo de desenvolvimento de groupware, a prática “desenvolvimento iterativo e investigativo focando um problema e um C por versão” se realiza nas etapas Requisitos e Testes.

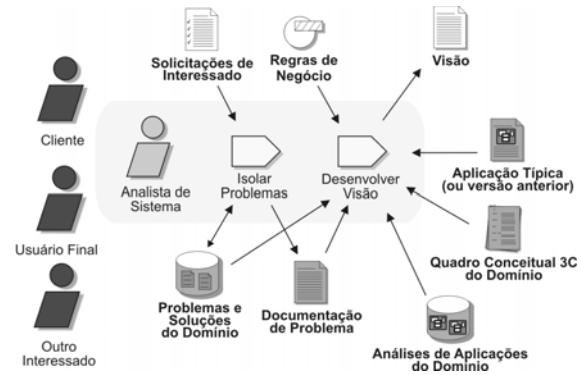


Figura 7. Principais atividades especificadas no detalhe de fluxo “Analisar Problema” da disciplina Requisitos do RUP-3C-Groupware

No RUP padrão, os requisitos do sistema são documentados no artefato Visão durante a atividade Desenvolver Visão que faz uso das Regras de Negócio e das Solicitações de Interessado. No RUP-3C-Groupware, como ilustrado na Figura 7, primeiro deve-se executar a atividade Isolar Problema para documentar os problemas relatados pelos interessados. Deve-se consultar o repositório de Problemas e Soluções do Domínio para comparar os problemas relatados com outros já conhecidos. Se for identificado um novo problema, deve-se produzir o artefato Documentação de Problema e cadastrá-lo no repositório. Formalizados os problemas relatados pelo interessado, deve-se selecionar um único problema (o de mais alta prioridade) para desenvolver uma nova versão do groupware. Na atividade Desenvolver Visão, o artefato visão a ser produzido deve ser derivado do problema selecionado. Para especificar as características da versão a ser desenvolvida, que serão usadas para definir os Requisitos, deve-se partir de uma solução já conhecida, se existir, ou propor uma variação de alguma solução relacionada. Ao estabelecer as características da versão a ser desenvolvida a partir da solução proposta, deve-se considerar as outras Aplicações do Domínio, o Quadro Conceitual 3C, e os elementos já existentes na Aplicação Típica (caso seja a primeira versão a ser desenvolvida) ou numa versão desenvolvida anteriormente.

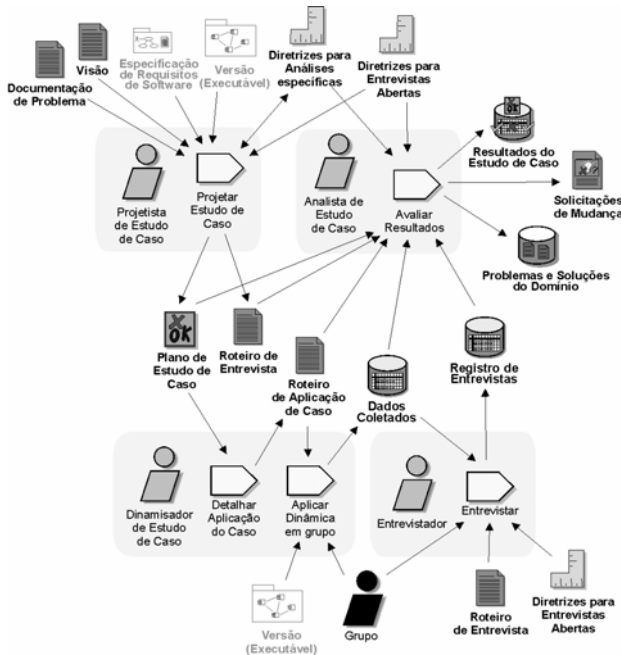


Figura 8. Detalhes do fluxo “Realizar Estudo de Caso” do RUP-3C-Groupware

Na disciplina Teste, procura-se por erros de implementação e inferir a conformidade com os requisitos. No RUP-3C-Groupware, foi especificado um teste de validação para investigar a adequação da solução proposta para o problema que originou o desenvolvimento da versão, o que é realizado através do fluxo Estudo de Caso apresentado na Figura 8. Embora a realização de estudo de caso seja uma prática mais específica para o desenvolvimento de groupware, esta etapa não é influenciada diretamente pelo Modelo 3C de Colaboração, mas sim por princípios da pesquisa etnográfica. Este é o detalhe de fluxo que possibilita o desenvolvimento investigativo de groupware.

4. COMPONENTES 3C

Um sistema colaborativo geralmente integra um conjunto de ferramentas para colaboração. O Quadro 2 lista diferentes ferramentas disponíveis em diferentes sistemas colaborativos. Alguns tipos de ferramenta são usados em diferentes sistemas colaborativos – por exemplo, a maioria dos sistemas analisados oferece fórum, bate-papo, agenda, relatórios de atividades, questionários, gerenciamento de tarefas, votação, repositório e links. Cada ferramenta pode ser vista de forma relativamente autônoma dentro do sistema colaborativo. Estas características são propícias à aplicação de técnicas de desenvolvimento baseado em componentes, onde as ferramentas são componentes do sistema colaborativo a serem instanciados e configurados.

Quadro 2. Ferramentas 3C dos ambientes Colaborativos

		Ambientes Colaborativos								
		AulaNet	TelEduc	AVA	WebCT	Moodle	GroupSystems	YahooGroups	OpenGroupwar	BSCW
Comunicação	Correio	x	x	x	x				x	
	Lista de Discussão	x		x				x		
	Fórum	x	x	x	x	x	x			x
	Mural		x	x					x	
	Brainstorming						x			
	Bate-papo (chat)	x	x	x	x	x		x		
	Mensageiro	x				x				
Coordenação	Agenda		x	x	x	x	x	x	x	x
	Relat de Atividades	x	x	x	x	x		x		x
	Acomp. da Particip.	x	x	x		x	x			
	Questionário	x	x	x	x	x	x	x		
	Tarefas	x	x	x	x	x	x		x	x
	SubGrupos	x	x			x	x			x
	Gerenc. de recursos									x
	Orientação			x						
	Votação	x			x	x	x	x		x
Coordenação	Conteúdos	x	x	x	x	x		x		x
	Quadro Branco				x					
	Busca				x	x		x		x
	Glossário			x	x	x		x		
	Links	x	x	x	x	x		x		x
	Jornal Cooperativo					x				
	Classificador						x			
	Wiki					x				
	Gerenc. de contatos								x	x
	Revisão em pares					x				
	FAQ		x	x		x				
Anotações	x	x	x	x		x				
RSS					x		x			

Além dos sistemas colaborativos possuem ferramentas similares, tais ferramentas também possuem funcionalidades similares. Por exemplo, os serviços Conferências e Correio para Turma do ambiente AulaNet compartilham o suporte ao envio, ao recebimento e à exibição de mensagens, à categorização, à avaliação da participação e ao bloqueio do canal de comunicação, entre outras funcionalidades. Encapsular as funcionalidades recorrentes em componentes propicia também o reuso do suporte computacional à colaboração, aumentando o reuso de código. Passa também a ser possível evoluir, ajustar e construir serviços variando e reconfigurando os componentes de colaboração.

Estes cenários indicam a utilidade de se adotar o desenvolvimento de groupware baseado em dois níveis de componentes. O primeiro nível contempla os componentes que provêm os serviços colaborativos, usados para oferecer suporte computacional à dinâmica da colaboração como um todo. O segundo nível contempla os componentes usados para montar ferramentas de colaboração, oferecendo suporte a determinados aspectos da colaboração dentro de uma ferramenta em particular. Nesta

abordagem proposta, como ilustrado na Figura 9, os componentes que implementam as ferramentas colaborativas são chamados de *serviços* e os componentes usados para implementar o suporte computacional à colaboração dos serviços são chamados de *componentes de colaboração*. Mesmo um serviço de comunicação, como uma ferramenta de bate-papo, além dos componentes de comunicação, também usa componentes de coordenação e de cooperação. Os componentes de colaboração de um C são reusados nos serviços dos demais C's.

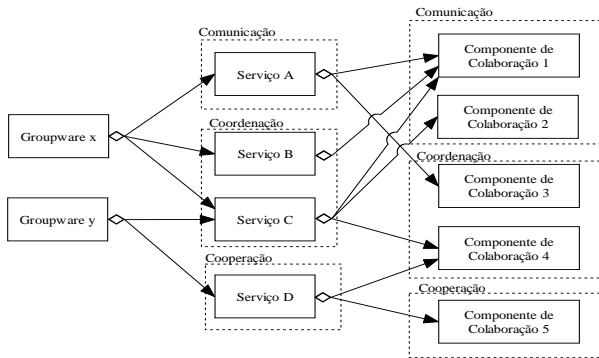


Figura 9. Sistemas colaborativos montados a partir de serviços, e serviços montados a partir de componentes de colaboração

O Modelo 3C de Colaboração é útil nesta abordagem para definir uma sistemática de classificação para os componentes. A partir de kits de componentes de colaboração, organizados em função do Modelo 3C, o desenvolvedor monta um serviço. Cada serviço, por sua vez também classificado em função do Modelo 3C, pode ser usado para montar um sistema colaborativo. Além do reuso, esta abordagem favorece também a capacidade de extensão da solução ao possibilitar a inclusão de novos componentes. As subseções a seguir detalham esta abordagem para a montagem de groupware a partir de componentes 3C.

4.1 Collaboration Component Kit

Um *component kit* é um conjunto de componentes interoperáveis aderentes a uma padronização. De um *component kit* gera-se uma família de aplicações, fazendo diferentes arranjos e eventualmente desenvolvendo alguns sob medida [24]. Para desenvolver um *component kit*, são analisadas aplicações similares e são identificados e generalizados componentes comuns [4]. Os *component kits* são extensíveis para acomodar novos componentes quando necessários. Componentes de software que sejam realmente reusáveis são refinados iterativamente até atingir a maturidade, a confiabilidade e a adaptabilidade desejadas [13].

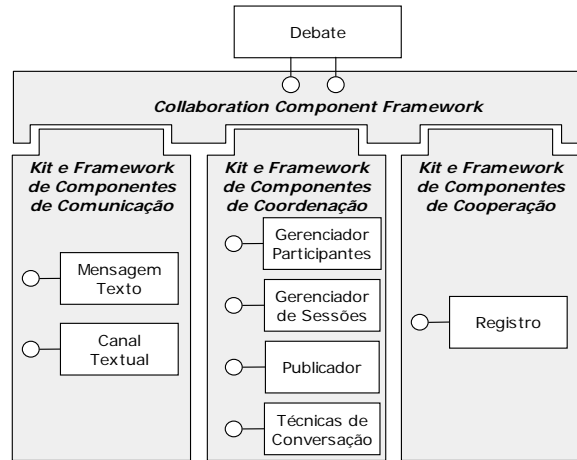


Figura 10. Montagem do serviço Debate a partir dos kits de componentes baseados no Modelo 3C de Colaboração

Os componentes do Collaboration Component Kit são usados pelo desenvolvedor de groupware na composição dos serviços colaborativos. A Figura 10 ilustra a construção do serviço Debate no AulaNet 3.0. Para a montagem deste serviço foram selecionados alguns dos componentes 3C do *Collaboration Component Kit*.

4.2 Arquitetura Componentizada

Para oferecer suporte ao gerenciamento e à execução dos componentes, são usados *component frameworks* [21]. Um *component framework* é um conjunto de interfaces e regras de interação que possibilitam a implantação de componentes aderentes a um padrão. Na arquitetura proposta, é feito uso de um *component framework* para cada tipo de componente proposto. No Service Component Framework são acoplados os serviços, oferecendo suporte à montagem do sistema colaborativo, e no Collaboration Component Framework são acoplados os componentes de colaboração, usados na montagem do serviço. A Figura 11 ilustra a implantação dos componentes nos *component frameworks* correspondentes, que estabelecem as condições ambientais para as instâncias dos componentes e oferecem serviços relativos ao ciclo de vida.

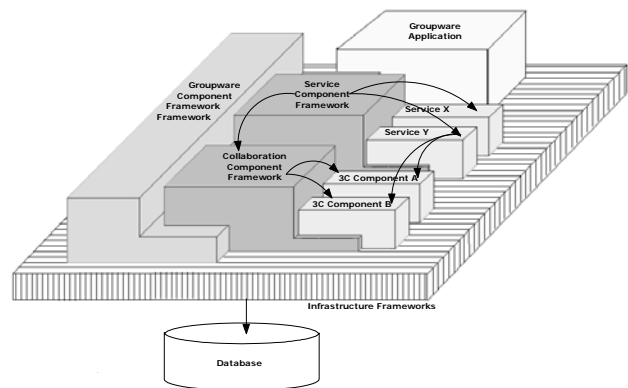


Figura 11. A arquitetura de aplicação proposta

Os *component frameworks* são responsáveis por tratar a instalação, remoção, atualização, ativação, desativação,

localização, configuração, monitoramento, importação e exportação de componentes. O Service Component Framework gerencia as instâncias dos serviços e a ligação com os componentes de colaboração correspondentes. O Collaboration Component Framework gerencia as instâncias dos componentes de colaboração, que são provenientes do Collaboration Component Kit.

Grande parte das funcionalidades dos *component frameworks* é recorrente e reusável. Um framework pode ser usado para a instanciação de uma família de sistemas. Na arquitetura proposta, é utilizado um framework para instanciar os *component frameworks*. Este tipo de framework é chamado de *component framework framework* (CFF) [21]. Um *component framework framework* é visto como um *component framework* de segunda ordem, onde seus componentes são *component frameworks*. Da mesma forma que um componente interage com outros diretamente ou mediado pelo *component framework*, o mesmo pode ser dito dos *component frameworks*, cujo suporte de mais alto nível é o *component framework framework*. A Figura 11, estendendo a notação utilizada por Szyperski [21], ilustra a arquitetura de aplicação, incluindo o Groupware Component Framework Framework, como o *component framework* de segunda ordem.

A arquitetura elaborada segue uma divisão em camadas, importante para tratar a complexidade de sistemas componentizados. A camada de apresentação (não representada na Figura 11) é responsável pela captura e apresentação de dados e pela interação com o usuário; a camada de negócio captura o modelo da lógica de negócio do domínio da aplicação; e a camada de infra-estrutura implementa os serviços técnicos de baixo nível. A mesma infra-estrutura desenvolvida para a camada de negócio pode ser usada para mais de uma apresentação, como por exemplo, PDA, desktop implementado em HTML e desktop implementado em Flash (*Rich Internet Application*). Quando os serviços da camada de negócio necessitam de acesso remoto, como por exemplo um cliente PDA, são disponibilizados web services que encapsulam a fachada da camada de negócio. Nos demais casos, a apresentação acessa diretamente a fachada do negócio.

O ferramental desenvolvido com esta pesquisa instrumenta o desenvolvimento da camada de negócio, implementando os conceitos do Modelo 3C de Colaboração. A arquitetura de aplicação expressa a estrutura dos componentes do domínio, representando um projeto lógico de alto nível independente da tecnologia de suporte [4]. Instrumentado pelo Modelo 3C de Colaboração, o desenvolvedor modela a aplicação e seus requisitos, e seleciona os serviços e seus componentes de modo a oferecer suporte às necessidades de colaboração. O desenvolvedor seleciona os componentes desejados a partir dos *component kits*, implantando-os nos *component frameworks* correspondentes.

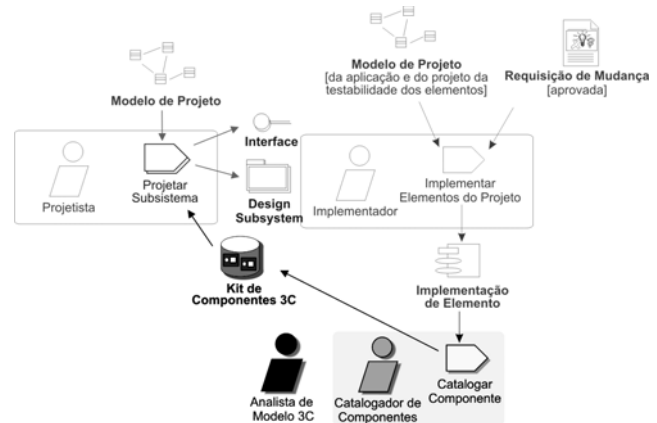


Figura 12. Uso do Kit de Componentes 3C no RUP-3C-Groupware

Num processo sistemático de desenvolvimento, a abordagem baseada em componentes influencia as disciplinas de Projeto e Implementação. Como ilustrado na Figura 12, no RUP-3C-Groupware, o projetista deve levar em consideração os componentes de colaboração já existentes ao Projetar Subistema. Quando necessário, novos componentes deverão ser projetados, implementados e catalogados no repositório Kit de Componentes 3C.

5. RESULTADOS OBTIDOS

Para obter indícios se engenheiros de software (além dos que constituem a equipe de desenvolvimento do Projeto AulaNet e do grupo de pesquisa Groupware@LES) conseguiriam usar o Modelo 3C Colaboração no desenvolvimento de groupware, foram realizados Estudos de Caso com os alunos de graduação (2 alunos) e pós-graduação (3 de mestrado e 2 de doutorado) da disciplina Engenharia de Groupware do Departamento de Informática da PUC-Rio durante o segundo semestre de 2005. Dentre os trabalhos integrantes das atividades desta disciplina, individualmente, os alunos tiveram que selecionar um sistema colaborativo e analisar suas funcionalidades, classificando-as em comunicação, coordenação ou cooperação. Numa segunda etapa do trabalho, tiveram que efetuar um estudo comparativo de aplicações colaborativas similares à escolhida, propondo aprimoramentos através de incorporação de serviços e funcionalidades que estendam e complementem os três C's analisados do sistema. Numa terceira parte do trabalho, cada aluno apresentou uma arquitetura e um protótipo da extensão do sistema usando a infra-estrutura e os componentes 3C apresentados neste artigo. Por fim, os alunos executaram algumas das atividades-chave e produziram alguns artefatos-chave do processo RUP-3C-Groupware.

Os resultados dos estudos de caso foram avaliados por observação direta dos mediadores do curso e pela aplicação de questionários individuais. Dada a inexperiência da turma em lidar com a tecnologia de componentes e com o modelo de colaboração, os 76% de acerto foi considerado satisfatório. Os alunos receberam e responderam um questionário sobre o ferramental disponibilizado. A maior parte dos alunos avaliou o grau de dificuldade da utilização do modelo 3C para a análise da aplicação escolhida como regular, em uma escala de muito difícil a muito fácil. O entendimento do modelo 3C teve a mesma avaliação. Estes

resultados foram considerados satisfatórios, visto que os alunos tiveram o primeiro contato com o modelo 3C e com a abordagem durante o curso e não são especialistas em groupware. Com relação à abrangência do modelo 3C na modelagem do sistema, 5 alunos avaliaram como suficiente e 2 como regular, indicando que a maior parte das funcionalidades identificadas foram classificadas. Com relação à utilização dos componentes 3Cs, 5 alunos identificaram a solução como complexa e 2 como normal, em uma escala de muito simples a muito complexa. Este resultado também foi considerado satisfatório, dado que, além de não serem especialistas em groupware, os alunos não são especialistas em componentes de software. Apesar de a maioria ter classificado a solução como complexa, todos avaliaram a utilização de componentes 3C na composição de groupware como bom ou muito bom. Com relação ao encapsulamento das complexidades de baixo nível, 3 alunos avaliaram como neutro, 2 como bom e 2 como muito bom. Por fim, ao avaliar o suporte computacional a groupware utilizando componentes 3C, 2 alunos avaliaram como neutro e 5 como bom.

Em relação ao uso do processo RUP-3C-Groupware, ao final do trabalho os alunos deveriam preencher um Questionário avaliando as atividades e artefatos experimentados, e cada aluno foi entrevistado durante 15 minutos de acordo com o método de entrevista de perguntas abertas [18]. Os participantes julgaram todos os artefatos como sendo muito relevantes para o processo de desenvolvimento, e que são de entendimento e execução com grau de dificuldade médio para fácil. Além do julgamento subjetivo dos participantes, foi analisada a qualidade dos artefatos produzidos, e constatou-se que os alunos conseguiram produzir adequadamente a maioria dos artefatos-chave específicos do processo elaborado. Estes resultados indicam a repetitividade do processo: Engenheiros de Software conseguem seguir o RUP-3C-Groupware.

6. CONCLUSÃO

Este artigo mostrou o uso do Modelo 3C de Colaboração em diferentes etapas do desenvolvimento de groupware: modelagem de Negócio, Requisitos, Análise, Projeto e Implementação. Nosso grupo de pesquisa tem mostrado a utilidade deste modelo no processo de desenvolvimento de groupware [19, 8], no desenvolvimento de ferramentas de colaboração [7, 12], no desenvolvimento da versão AulaNet 3.0 (Figura 13.a) [20] e na versão AulaNetM para equipamentos móveis (Figura 13.b) [6].



a) AulaNet 3.0 para Desktop



b) AulaNetM para PDA e Celular

Figura 13. Novas versões do AulaNet

O processo RUP-3C-Groupware encontra-se em sua versão inicial e, a médio prazo, novas pesquisas devem ser realizadas buscando a melhoria contínua do processo elaborado. Mesmo em sua versão inicial, este processo já é útil para auxiliar o desenvolvimento de groupware, fornecendo diretrizes para: usar o Modelo 3C de Colaboração na análise e desenvolvimento do groupware; desenvolver versões do groupware focando um problema por versão, num processo evolucionário e investigativo que inclui a realização de estudos de caso; e desenvolver groupware fazendo uso da abordagem baseada em componentes e orientada ao reuso.

7. AGRADECIMENTOS

O Projeto AulaNet é parcialmente financiado pela Fundação Padre Leonel Franca e pelo Ministério da Ciência e Tecnologia através do projeto Sistemas Multi-Agentes para a Engenharia de Software (ESSMA) bolsa nº 552068/2002-0. Também é financiado pelas bolsas individuais do CNPq: Carlos Lucena nº 30091/2003-6, Hugo Fuks nº 301917/2005-1, Marco Aurélio Gerosa nº 383719/2006-2 e Mariano Pimentel nº 383718/2006-6. Denise Filippo recebe bolsa CCPG/VRAC da PUC-Rio.

8. REFERÊNCIAS

- [1] Borghoff, U.M. & Schlichter, J.H. Computer-Supported Cooperative Work: Introduction to Distributed Applications. Springer, USA, 2000.
- [2] Calvary, G., Coutaz, J. & Nigay, L. From Single-User Architectural Design to PAC*: a Generic Software Architectural Model for CSCW. Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'97), 1997. pp 242-249.

- [3] DeSanctis, G., Gallupe, B. A foundation for the study of group decision support systems. *Management Science*, v. 33, n. 5. 1987. p. 589-609.
- [4] D'Souza, D.F., Wills, A.C. *Objects, Components and Frameworks with UML: The Catalysis Approach*. Addison Wesley, 1998.
- [5] Ellis, C.A., Gibbs, S.J. & Rein, G.L. Groupware - Some Issues and Experiences. In: *Communications of the ACM*, v. 34, n. 1. 1991, p. 38-58.
- [6] Filippo, D., Fuks, H., & Lucena, C.J.P. AulaNetM: Extensão do Serviço de Conferências do AulaNet destinada a usuários de PDAs. *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE 2005*, Juiz de Fora, MG, 9 a 11 de novembro de 2005, pp. 623-633.
- [7] Fuks, H., Pimentel, M., Lucena, C.J.P. R-U-Typing-2-Me? Evolving a chat tool to increase understanding in learning activities. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, v. 1, n. 1, ISSN 1556-1607 (Paper) 1556-1615 (Online). Springer, 21 Março 2006. p 117-142. Também disponível online: <http://dx.doi.org/10.1007/s11412-006-6845-3>
- [8] Fuks, H., Raposo, A., Gerosa, M.A. & Lucena, C.J.P. Applying the 3C Model to Groupware Development. *International Journal of Cooperative Information Systems (IJCIS)*, v.14, n.2-3, World Scientific, Jun-Sep 2005. pp. 299-328.
- [9] Fuks, H., Raposo, A. & Gerosa, M.A. Do Modelo de Colaboração 3C à Engenharia de Groupware. *WEBMIDIA 2003 - Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, Trilha especial de Trabalho Cooperativo Assistido por Computador, Novembro 2003, Salvador-BA, pp. 445-452.
- [10] Fuks, H., Gerosa, M.A., Lucena, C.J.P. The Development and Application of Distance Learning on the Internet. *Open Learning - The Journal of Open and Distance Learning*, v. 17, n. 1, 2002. p. 23-38.
- [11] Gerosa, M.A. *Desenvolvimento de Groupware Componentizado com Base no Modelo 3C de Colaboração*. Tese de Doutorado, Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 16 de março de 2006.
- [12] Gerosa, M.A., Pimentel, M., Filippo, D., Barreto, C.G., Raposo, A., Fuks, H. & Lucena, C.J.P. Componentes Baseados no Modelo 3C para o Desenvolvimento de Ferramentas Colaborativas. *Anais do 5º Workshop de Desenvolvimento Baseado em Componentes - WDBC 2005*, 7-9 de novembro de 2005, Juiz de Fora, MG, pp. 109-112.
- [13] Gimenes, I.M.S., Huzita, E.H.M (orgs.) *Desenvolvimento Baseado em Componentes: Conceitos e Técnicas*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2005.
- [14] Kruchten, P. *Introdução ao RUP – Rational Unified Process*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2003.
- [15] Laurillau, Y. & Nigay, L. Clover architecture for groupware. *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW 2002)*, 2002. pp. 236 – 245
- [16] Lucena, C.J.P., Fuks, H. *Tecnologias de Informação Aplicadas à Educação (TIAE): Manual do Aprendiz*. Monografias em Ciência da Computação, no 07/02, Departamento de Informática, PUC-Rio, 2002. Também disponível online: http://groupware.les.inf.puc-rio.br/courses/Manual_Aprendiz_TIAE.pdf
- [17] Neale, D.C., Carroll, J.M. & Rosson, M.B. Evaluating computer-supported cooperative work: models and frameworks, *Proceedings of the 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '04)*, Chicago, Illinois, USA, November 06 - 10, ACM Press, New York, 2004. pp. 112-121.
- [18] Nicolaci-da-Costa, A. M., Leitão, C. F. e Romão-Dias, D. Gerando conhecimento sobre homens, mulheres e crianças que usam computadores: algumas contribuições da psicologia clínica, *IV Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, Florianópolis, 2001.
- [19] Pimentel, M. RUP-3C-Groupware: um processo de desenvolvimento de groupware baseado no Modelo 3C de Colaboração. Tese de Doutorado, Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 22 de março de 2006.
- [20] Pimentel, M., Gerosa, M.A., Filippo, D., Barreto, C.G., Raposo, A., Fuks, H. & Lucena, C.J.P. AulaNet 3.0: desenvolvendo aplicações colaborativas baseadas em componentes 3C. *WCSCW 2005 - Workshop Brasileiro de Tecnologias para Colaboração*, 7 e 8 de Novembro 2005. Em *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, v. 2, ISBN 85-88279-48-7. Juiz de Fora - MG: UFJF, 8 a 11 de Novembro 2005. p. 761-770.
- [21] Szyperski, C. *Component Software: Beyond Object-Oriented Programming*, Addison-Wesley, 1997.
- [22] Teufel, S., Sauter, C., Mühlherr, T., Bauknecht, K. *Computerunterstützte Gruppenarbeit*. Bonn: Addison-Wesley, 1995 apud Borghoff, U.M. and Schlichter, J.H., *Computer-Supported Cooperative Work: Introduction to Distributed Applications*. Springer, USA, 2000.
- [23] Werner, C.M.L., Braga, R.M.M. *A Engenharia de Domínio e o Desenvolvimento Baseado em Componentes*. *Desenvolvimento Baseado em Componentes: Conceitos e Técnicas*. I.M.Souza Gimenes, E.H.M.Huzita (orgs.) Rio de Janeiro, Ciência Moderna, 2005. p. 57-103.
- [24] Wills, A.L. *Components and Connectors: Catalysis Techniques for Designing Component Infrastructures*, in: *Component-Based Software Engineering: Putting the Pieces Together*, Hineman, G.T. & Councill, W.T. (eds), Addison-Wesley, 2001.