

UM MODELO MULTINÍVEL DE COORDENAÇÃO BASEADO EM WORKFLOW APLICADO A UM AMBIENTE DE EMPRESA VIRTUAL

CELSON PANTOJA-LIMA

*CSTB – Centre Scientifique et Technique du Batiment
Route des Lucioles – BP 209 Sophia Antipolis – França
E-mail: celson.lima@cstb.fr*

Resumo — Em uma Empresa Virtual (EV), uma função de coordenação deve considerar que esta é uma organização única que trabalha visando alcançar um objetivo global. Todavia, a execução das tarefas atribuídas a cada membro da EV está diretamente relacionada com o desempenho global da própria EV. Assim, a função de coordenação deve também considerar as interdependências existentes entre as tarefas atribuídas a cada membro e o objetivo global da EV. Este artigo apresenta um modelo de coordenação desenvolvido para tratar as referidas interdependências, cuja abordagem inovadora considera que em uma EV a coordenação pode ser analisada em diferentes, porém interdependentes, níveis de abstração. Em cada nível, a função de coordenação é realizada através de **serviços de coordenação** criados para este fim. Estes serviços são flexíveis e configuráveis no sentido em que eles consideram as particularidades existentes em cada nível e permitem que as funcionalidades existentes no nível em questão sejam incorporadas (através de um processo de configuração) nos serviços de coordenação. Baseado em uma arquitetura genérica, o modelo de coordenação aqui apresentado suporta a aplicação de uma função de coordenação em quaisquer níveis de um ambiente de EV. Refere-se ainda que este trabalho adota o conceito de **Workflow** segundo o enquadramento de referência proposto pela **Workflow Management Coalition**.

Keywords — Coordenação, Empresa Virtual, *Workflow*.

1. Introdução

O paradigma de Empresa Virtual (EV), embora represente uma área estratégica de pesquisa para a indústria dos tempos atuais, ainda não dispõe de um enquadramento que o represente apropriadamente, a nível de conceitos, arquitetura e infra-estruturas de suporte. Uma EV, geralmente definida como um consórcio de empresas movidas por uma oportunidade comum de negócios e suportada por uma rede de computadores, tem na cooperação interempresas uma de suas características mais marcantes. O estabelecimento efetivo desta cooperação envolve necessariamente algum tipo de coordenação, como forma de gerir os processos a serem executados pelas empresas cooperantes. Assim sendo, a existência de uma função de coordenação que atue tanto ao nível das tarefas realizadas pela EV como um todo, quanto ao nível das tarefas executadas individualmente por cada uma das empresas, é um requisito obrigatório em um ambiente de Empresa Virtual.

1.1 Enquadramento do trabalho e motivações

O conceito de *Empresas Virtuais* representa uma evolução tanto ao nível da gestão quanto ao nível dos processos de produção em cadeia (Mitrovic et al. 1999). Uma EV existe para atender uma oportunidade de negócio que não pode ser tratada de modo eficiente por uma única empresa, oportunidade esta que representa ganhos para todos os participantes da EV. As competências e as especialidades encontradas na EV são complementares em relação à realização do negócio, isto é, cada participante contribui com alguma competência ou com algum serviço relevante à operação global da EV (Camarinha-Matos et al. 1997). Assim sendo, há que se considerar que o sucesso da EV depende do trabalho cooperativo de

todas as empresas participantes, e como tal, uma função de coordenação deve estar colocada neste nível com o objetivo de acompanhar a execução das várias tarefas atribuídas a cada um dos participantes da EV, ao mesmo tempo que garante o tratamento das interdependências existentes entre aquelas tarefas.

Dentro de uma EV cada empresa membro é vista como uma entidade autónoma e independente que possui suas próprias regras de condução de negócios. E aqui afiguram-se grandes dificuldades para a coordenação, pois esta deve lidar com entidades heterogêneas e independentes as quais, no entanto, devem trabalhar de forma cooperativa e integrada, a fim de garantir o sucesso da EV. Em certa medida, a função de coordenação deve ser adaptável a cada empresa, porém mantendo uma visão global da EV.

A infra-estrutura de suporte às interações entre os membros de uma EV é de relevante interesse para a coordenação, pois através dela fluirão as informações que garantem tanto a operação da EV quanto a função de coordenação. De um modo geral, os projetos internacionais de pesquisa dedicados a este tema (e.g. NIIP, VEGA, PRODNET, SCM+ e VRIDGE), apontam para o agrupamento de várias tecnologias complementares como sendo uma boa abordagem para a construção de tais infra-estruturas. Isto permite antever a possibilidade da extensão da função de coordenação até ao nível da infra-estrutura, pois há que garantir que os vários componentes atuam de modo cooperativo, suportando adequadamente as interações em um ambiente de EVs.

1.2 Estrutura do Artigo

Este artigo está organizado da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta uma visão geral sobre as áreas envolvidas neste trabalho. O capítulo 3 descreve os aspectos conceituais, a arquitetura genérica do sistema de coordenação proposto neste trabalho e uma implementação do referido sistema. E finalmente, o capítulo 4 apresenta as conclusões.

2. Áreas envolvidas na pesquisa

São três as áreas de pesquisa que definem os contornos de desenvolvimento deste trabalho: *Empresas Virtuais*, como o domínio no qual este trabalho está inserido; *Coordenação*, como o objeto a ser analisado no domínio das EVs; e finalmente *Workflow*, como a área que fornece os conceitos fundamentais para o desenvolvimento do modelo de coordenação aplicado em um ambiente de EVs.

2.1 Empresas Virtuais

2.1.1 Definição

O conceito de **Empresa Virtual** ainda não colecionou o consenso necessário para atingir uma posição indiscutível entre os pesquisadores da área (Camarinha-Matos et al. 1997). Este trabalho adota a definição cunhada no âmbito do desenvolvimento do projeto PRODNET-II¹: *uma EV é uma aliança temporária de empresas, as quais motivadas por uma oportunidade de negócio, se associam para partilhar capacidades e recursos, a fim de melhor atender aquela oportunidade. Nesta aliança, a cooperação interempresas é baseada em tecnologia de informação e suportada por redes de computadores.*

Aliança representa a idéia de que existe algum tipo de ligação – por exemplo, contratual ou baseada em confiança (Davidow e Malone 1992) – entre as várias empresas que compõem a EV. Estas empresas possuem um objetivo comum, o qual é representado por uma oportunidade de negócio. Para atendê-la, elas partilham (ou trabalham com a junção de) recursos, os quais podem incluir informações, ferramentas computacionais, horas de produção da planta fabril, etc.. Esta partilha é a base da cooperação interempresas, a qual é suportada por uma rede de computadores como meio de comunicação e utiliza tecnologia de informação para garantir a operação integrada da EV.

2.1.2 Características fundamentais

Neste trabalho, a *comunicação* eletrônica e a *cooperação* são consideradas características fundamentais do conceito de EV. Na definição de EV adotada neste trabalho refere-se que "*as cooperações são baseadas em tecnologia de informação e suportadas por redes de computadores*". Considerando que as empresas são entidades

autônomas e independentes entre si, comunicação é, mais do que uma característica, um pré-requisito essencial na operação de uma EV (Camarinha-Matos e Lima 1999). Os membros de uma EV necessariamente trocam informações relativas ao negócio sendo explorado pela EV.

A cooperação é outra característica essencial em uma EV pois considerando que as empresas são independentes porém conduzem um negócio comum, necessariamente elas devem trabalhar como uma equipe que busca alcançar um mesmo objetivo. Se cada empresa conduzir o negócio individualmente e de forma isolada, a EV terá muitas dificuldades em cumprir seu objetivo.

2.2 Coordenação

A coordenação está presente tanto em situações da vida quotidiana como em complexos sistemas que envolvem pessoas e aplicações computacionais. Diferentes classes de modelos de coordenação podem ser representados através de linguagens de coordenação adequadas, as quais, em muitos casos, são extensões feitas sobre uma linguagem de programação. Os mecanismos que compõem um sistema de coordenação são vistos como respostas diretas às características existentes no ambiente onde o referido sistema será aplicado. Todavia, alguns trabalhos de pesquisa buscam o desenvolvimento de mecanismos genéricos de coordenação, que possam ser aplicáveis em ambientes heterogêneos.

Definição

De modo geral, pode-se dizer que a coordenação tem sido pesquisada em domínios particulares. Todavia, existe um trabalho pioneiro que considera a coordenação como uma área de pesquisa *per se*, fundamentada em uma teoria própria chamada *Teoria da Coordenação* (Malone e Crowston 1994), no qual coordenação é definida como "*o processo de gerir dependências entre atividades*".

Dentre as características encontradas com mais frequência nos ambientes e processos que possuam algum tipo de coordenação, destacam-se a *interdependência* e a *cooperação*. A necessidade de coordenar está associada, fundamentalmente, com a gestão das ligações existentes entre múltiplos atores que intervêm em um certo processo, ou seja, a *interdependência* é um requisito fundamental para que exista a coordenação (Malone e Crowston 1994). As ações executadas por um certo ator afetam as (ou são afetadas pelas) ações que estão sob a responsabilidade de outros atores.

Outro aspecto caracterizador da coordenação é a *cooperação* que deve existir entre os diversos atores que estão atuando sobre um certo processo. Quando múltiplos atores trabalham cooperativamente, eles podem ser movidos por um objetivo comum. Cada ator possui seu objetivo particular, o qual, na realidade, pode representar apenas uma parte de um objetivo global. Mesmo quando existem divergências e conflitos de interesses entre os atores, uma função de coordenação pode lançar mão de

¹ PRODNET-II, *Production Planning and Management in an Extended Enterprise*, projeto do programa Esprit da União Européia (www.uninova.pt/~prodnet).

mecanismos de "negociação política" para ajudar a resolver estes problemas e promover um ambiente de trabalho cooperativo entre os intervenientes.

2.3 Workflow

Neste trabalho, *workflow* é usado como suporte na coordenação da execução de processos de negócios interempresas. Mais precisamente, o modelo proposto pela WfMC (WfMC 1994) como norma para a área, foi adotado como referência neste trabalho e adaptado de acordo com as necessidades de coordenação identificadas em um ambiente de EV. Como mote principal, este trabalho considera que o modelo WfMC cumpre um dos requisitos mais estratégicos de um modelo de coordenação, que é a *separação explícita entre a função de coordenar e a execução das tarefas que estão sendo coordenadas*. Ou seja, se um modelo de coordenação possui a parte referente à função de coordenação perfeitamente isolada das tarefas que representam a execução das tarefas que estão sendo coordenadas, mecanismos apropriados de coordenação podem ser acoplados no modelo de forma a permitir que este seja aplicável em diferentes domínios.

Neste trabalho um modelo de *workflow* pode ser visto como um *plano de coordenação*. Assim, o modelo WfMC cumpre um dos requisitos fundamentais de um sistema de coordenação, que é a *separação explícita entre o plano de coordenação e a entidade executora do plano*. Esta característica permite que este modelo de coordenação seja capaz de lidar com os requisitos de *configurabilidade*, quando da sua utilização em um ambiente de EV. A partir do momento em que um plano de coordenação é externo a entidade que o executa, os aspectos de configuração podem ser concentrados na fase de criação do plano. A entidade executora estará isenta dos aspectos de configuração, porém terá que dispor de mecanismos de coordenação que sejam capazes de lidar com quaisquer planos de coordenação "válidos", segundo regras de validação aplicadas tanto na criação como na execução dos planos. No modelo WfMC, tais regras são suportadas pela linguagem formal de representação dos modelos de *workflow* denominada *Workflow Process Definition Language (WPDL)*.

3. O modelo multinível de coordenação

3.1 Motivação

A principal motivação para o desenvolvimento deste modelo *multinível* de coordenação no contexto de uma EV é o objetivo comum a ser por ela alcançado, representado por um Processo de Negócio Distribuído (PND). O PND é decomposto em vários PNs que são atribuídos aos membros de uma EV (EV-Ms) de acordo com suas especialidades e recursos/capacidades, ou com a estratégia adotada pelo coordenador da EV (EV-C). Cada um dos PNs é decomposto em uma árvore de outros "subPNs", cujas "folhas" representam atividades executáveis em uma certa empresa. Assim, o somatório da execução das

folhas representa a execução da hierarquia de *subPNs*, ou seja, do PN que foi originalmente expandido. Analogamente, considerando o domínio completo de uma EV, o somatório da execução dos PNs distribuídos aos membros desta EV representa a execução do PND. A Figura 1 apresenta um exemplo ilustrando a decomposição de um PND no contexto de uma EV.

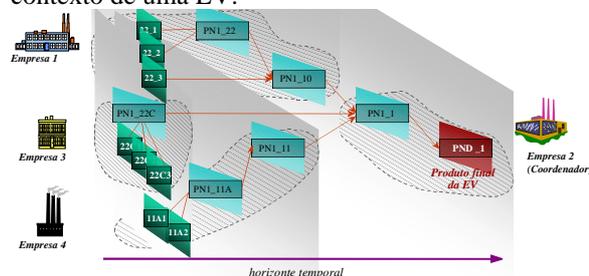


Figura 1. Decomposição de um PND no contexto de uma EV [adaptado de (Rabelo et al. 1999)].

A interdependência existente entre a execução destes PNs e o desempenho da EV que age como uma organização única visando executar um PND, sugere diferentes níveis de atuação de uma função de coordenação. A coordenação e a monitoração da execução de um PND acontece em um nível global, pois este envolve a EV como um todo. Quanto aos PNs, cada um dos membros da EV é responsável pela supervisão dos seus PNs e de suas hierarquias de *subPNs*.

O ambiente de cooperação interempresas em uma EV é sustentado por uma plataforma computacional que, geralmente, é baseada em múltiplas componentes tecnológicas. Quando esta plataforma é utilizada na execução de um PN, seus componentes devem atuar de modo coordenado a fim de garantir que os serviços oferecidos pela plataforma são executados corretamente. Assim sendo, um PND – e seus desdobramentos estruturais na forma de PNs – é uma entidade onipresente em uma EV, incluindo desde o nível mais global, representado pela EV como organização única, até ao mais específico, representado pela plataforma de suporte à cooperação em um ambiente de EV.

3.2 O modelo

3.2.1 Níveis de coordenação

Em uma análise *top down*, o primeiro nível (*Nível Superior*) está associado com a coordenação global da EV, a qual atua como uma organização única visando executar um PND. No segundo nível (*Nível Intermediário*) estão os PNs que compõem o PND. Tais PNs representam as tarefas atribuídas pelo EV-C aos EV-Ms segundo os contratos e os acordos de cooperação estabelecidos entre eles, visando garantir o êxito da operação global da EV, ou seja, a execução do PND. No terceiro nível (*Nível Básico*) estão as tarefas que suportam cada um dos PNs atribuídos aos EV-Ms cujas execuções dependem de interações com outras empresas e, para tal, recorrem a serviços de suporte à cooperação interempresas.

3.2.2 Serviços de coordenação em uma arquitetura genérica

A abordagem adotada para construir o modelo de coordenação proposto neste trabalho gira em torno do conceito de *serviços de coordenação*. A função de coordenação é realizada através de serviços criados para este fim e que estão fundamentalmente relacionados com o nível que está sendo coordenado. Considerando os níveis caracterizados anteriormente, identificam-se respectivamente os *serviços superiores de coordenação* (dedicados à coordenação global do PND), os *serviços intermediários de coordenação* (dedicados à coordenação de cada um dos PNs) e os *serviços básicos de coordenação* (dedicados à coordenação das interações básicas entre os participantes de uma EV).

Os serviços de coordenação são compostos por atividades cujas execuções estão diretamente associadas com as funcionalidades existentes no nível que está sendo coordenado. Neste contexto, dois itens são considerados: (i) as funcionalidades variam de acordo com o nível de coordenação a que pertencem e, consequentemente, variam também os serviços de coordenação existentes em cada nível. Mais ainda, diferentes níveis de coordenação podem exigir diferentes mecanismos de coordenação; e (ii) o modelo de coordenação proposto neste trabalho pretende-se, tanto quanto possível, genérico. Assim sendo, ele deve ser aplicável sobre quaisquer níveis de coordenação de um ambiente de EV.

O primeiro item está associado com o aspecto *flexível e configurável* que o modelo de coordenação apresenta. *Flexível* no sentido em que os serviços de coordenação são criados de forma a utilizar as funcionalidades presentes no nível que está sendo coordenado. *Configurável* no sentido em que os serviços de coordenação não são rigidamente definidos, mas sim configurados de acordo com as necessidades de coordenação existentes em cada nível.

Quanto ao segundo aspecto, o lado genérico do modelo de coordenação proposto neste trabalho é sustentado pela arquitetura genérica apresentada na Figura 2. A aplicação desta arquitetura suporta a criação de um sistema de coordenação que disporde mecanismos adequados, suporta a função de coordenação em cada nível de um ambiente de EV. Esta arquitetura é composta pela *unidade funcional de coordenação* e por um grupo de *unidades funcionais coordenadas*. Destas, as unidades funcionais de *configuração*, *monitoração* e *gestão da informação* são obrigatórias na arquitetura sendo, por este motivo, denominadas *unidades funcionais essenciais*. As unidades funcionais que representam as particularidades existentes em cada nível e que devem ser incluídas na função de coordenação são denominadas *unidades funcionais complementares*.

O elemento central desta arquitetura é a unidade funcional de *coordenação*, a qual representa o seu "cérebro operacional". Esta unidade age como um "maestro" que rege uma orquestra cuja atuação coordenada executa os serviços de coordenação. Esta orquestra é formada pelas *unidades funcionais essenciais* e *complementares*. As *unidades essenciais*

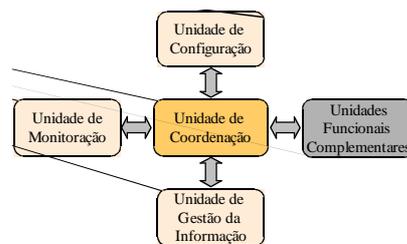


Figura 2. Arquitetura genérica do modelo de coordenação garantem os *serviços auxiliares* imprescindíveis para que a função de coordenação possa atuar em um certo nível de uma EV. As *unidades complementares* fornecem os *serviços auxiliares* que representam as particularidades existentes em cada nível sendo, portanto, utilizadas para complementar a função de coordenação para o nível em questão.

Um aspecto fundamental nesta arquitetura é que a unidade funcional de *coordenação* não executa, *de fato*, as tarefas que compõem um serviço de coordenação. Ela dispõe de mecanismos para coordenar e controlar a execução dos serviços de coordenação, porém a realização das tarefas definidas em cada serviço fica a cargo das unidades funcionais coordenadas.

A unidade funcional de *configuração* lida com os aspectos de configurabilidade da arquitetura. Esta unidade é *essencial* por dois motivos:

- os serviços de coordenação devem ser configurados de modo particular para cada sistema de coordenação instanciado a partir desta arquitetura. O processo de configuração dos serviços suporta a criação de um *plano de coordenação* onde são definidas as tarefas a serem realizadas quando da execução de cada serviço de coordenação;
- a existência de um plano de coordenação explicitamente separado da unidade funcional de coordenação garante que o sistema de coordenação instanciado é independente do meio que está sendo coordenado. Desta maneira, este sistema torna-se potencialmente aplicável em outros domínios. Nesta situação, a unidade funcional de coordenação deve dispor de mecanismos que lhe permitam interpretar um plano e executar um plano de coordenação.

A unidade funcional de *monitoração* suporta uma interface com os usuários, para permitir a supervisão da execução dos serviços de coordenação e a eventual participação dos utilizadores nas atividades que envolvam recursos humanos ou processos de tomada de decisão. Exemplos de serviços auxiliares oferecidos por esta unidade: (i) visualizar os eventos recebidos/enviados durante a execução dos serviços de coordenação; (ii) suportar a intervenção na execução de serviços de coordenação que requeiram tomada de decisão; e (iii) abortar a execução dos serviços de coordenação.

A unidade funcional de *gestão da informação* fornece suporte à unidade de coordenação fundamentalmente no que diz respeito a gestão da informação usada para auxiliar a execução

dos serviços de coordenação. Um serviço de coordenação utiliza dados que podem fluir por entre as unidades funcionais envolvidas na sua execução. A unidade de gestão suporta o armazenamento persistente destes dados a fim de garantir a boa execução deste serviço e, em caso de falhas, auxiliar no processo de recuperação de erros. É importante destacar que neste contexto, a unidade de gestão da informação também suporta o armazenamento persistente da informação que é trabalhada por diferentes unidades coordenadas, ao longo da execução de um serviço de coordenação. Esta unidade funcional pode oferecer os seguintes serviços auxiliares: (i) suporte à gestão da informação utilizada pela unidade de coordenação; (ii) suporte à gestão da informação utilizada pelas unidades coordenadas; e (iii) gestão da partilha de informação entre parceiros de uma EV.

Como não é possível determinar aprioristicamente todas as unidades funcionais que podem estar presentes em um certo nível de coordenação e cujas funcionalidades são utilizadas nos serviços de coordenação criados para o nível em questão, tais unidades são genericamente representadas pelas *unidades funcionais complementares*. Desta forma a arquitetura mantém o seu aspecto genérico, mesmo quando se considera a existência de unidades funcionais particulares a um certo nível de coordenação. Esta aproximação é sustentada por uma interface de integração entre a unidade funcional de coordenação e as unidades funcionais complementares.

Um fator estratégico na definição da interface normalizada é a visão "caixa preta" que deve existir mutuamente entre a unidade de coordenação e as outras unidades. Na perspectiva da unidade funcional de coordenação, as suas interações com as outras unidades funcionais são baseadas na ativação da execução de serviços auxiliares e no recebimento de respostas referentes a cada uma das execuções. De modo similar, as outras unidades funcionais podem ativar o serviço oferecido pela unidade de coordenação (que é o *serviço de execução* de serviços de coordenação) e receber as respostas correspondentes. Assim, a única parte "visível" de uma unidade funcional é sua interface. Esta interface é composta por dois procedimentos: um para ativar a execução de um certo serviço e outro para receber os resultados da execução de um serviço efetuado por outra unidade funcional.

3.3 Uma implementação do modelo

O modelo de coordenação descrito neste trabalho foi implementado dentro da plataforma computacional de suporte ao ambiente de EV desenvolvida no projeto PRODNET. Neste contexto, o modelo foi implementado como um sistema de coordenação composto por três módulos, a saber: um editor gráfico (LCF) que

suporta a criação de planos de coordenação particulares para cada empresa, um módulo executor (LCM) dos planos de coordenação e um módulo monitor (Monitor) que suporta a visualização dos eventos que estão a ser executados (Figura 3).

O cenário de demonstração utilizado para validar o prototipo é composto por quatro empresas (Figura 4), onde a empresa **B** desempenha o papel de coordenador e as outras três são os membros. Neste cenário, a empresa **A** é uma produtora de bicicletas que em um determinado momento detecta a necessidade de comprar pedais de um novo modelo para atender sua produção interna. A empresa **B** é selecionada por **A** como fornecedora destes pedais e **B**, por seu turno, necessita de matéria-prima (resina de PVC) e de um molde para a injeção de plástico a ser usado na fabricação do novo pedal. **B** encontra um fornecedor de PVC (**C**) e um fornecedor de moldes (**D**), formando assim a EV que deve ser coordenada. Maiores detalhes sobre a implementação e os resultados alcançados são apresentados em (Pantoja-Lima 2001).

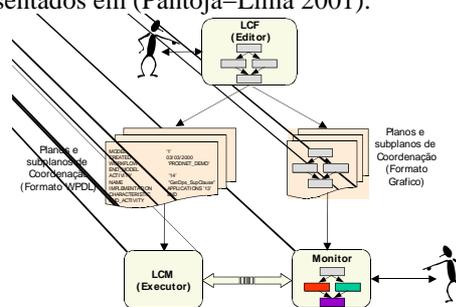


Figura 3. Arquitetura genérica do sistema de coordenação

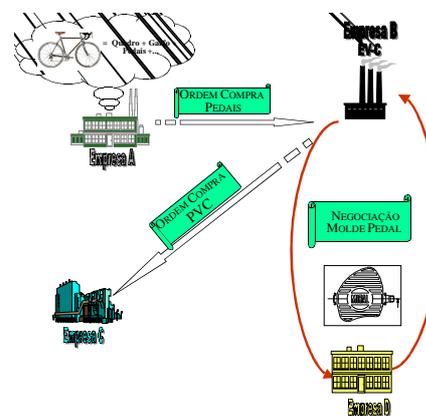


Figura 4. Cenário de demonstração do sistema

4. Conclusões

Este trabalho apresentou um modelo conceitual e uma arquitetura de sistema para suportar a função de coordenação em um ambiente de EV, adotando uma abordagem multinível fundamentada no conceito de *workflow*. A função de coordenação atua em três níveis funcionalmente distintos, porém fortemente interdependentes: *Nível Superior* – coordenação da operação global da EV; *Nível Intermediário* – coordenação da gestão interna de cada EV-M; e *Nível Básico* – coordenação dos processos básicos que suportam as interações entre os membros de

uma EV. A função de coordenação é realizada através de *serviços de coordenação* criados para este fim e que estão fundamentalmente relacionados com o nível que está sendo coordenado.

O modelo de coordenação aqui apresentado é *flexível e configurável*. *Flexível* no sentido em que os serviços de coordenação são criados de forma a utilizar as funcionalidades presentes no nível que está sendo coordenado. *Configurável* no sentido em que os serviços de coordenação não são rigidamente definidos, mas sim configurados de acordo com as necessidades de coordenação existentes em cada nível. Uma arquitetura genérica suporta a aplicabilidade deste modelo nos níveis de coordenação de um ambiente de EV. O conceito de *workflow* está fundamentado no modelo de referência proposto pela WfMC. Neste trabalho um modelo de FT é considerado um *plano de coordenação* onde são definidos os serviços de coordenação.

Uma futura linha de pesquisa envolve a aplicação deste modelo em EV no setor do turismo, a fim de avaliar sua aplicabilidade.

Agradecimentos

O autor agradece ao CNPq, ao Departamento de Engenharia Electrotécnica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, ao UNINOVA, ao "*PRODNET team*" e ao Centre Scientifique et Technique du Batiment.

Referências Bibliográficas

- Camarinha-Matos, L. e Lima, C. (1999), *Coordination and configuration Requirements in VE*, In Infrastructures for Virtual Enterprises – Networking Industrial Enterprises L. M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh (Editors), Kluwer Academic Publishers, pp. 49–63, 1999.
- Camarinha-Matos, L.M., Afsarmanesh, H., Garita, C., Lima, C. (1997), *Towards an Architecture for Virtual Enterprises*, Journal of Intelligent Manufacturing, Volume 9, Issue 2, 1997.
- Davidow, W. e Malone, M. (1992), *The Virtual Corporation: Structuring and Revitalizing the Corporation for the 21st Century*, HarperCollins Publishers, 1992, ISBN 0–88730–593–8.
- Malone, T. e Crowston, K. (1994) *The interdisciplinary study of coordination*, ACM Computing Surveys, Vol. 26 (1), 87–119, March 1994.
- Mitrovic D., Hunter I., Male, S. (1999), *Characteristics of Networked Enterprise in Global Construction*, 5th International Conference on Concurrent Enterprising, The Hague, The Netherlands, 15–17 March 1999.
- NIIP–Book 0 1998, NIIP Inc., *Introduction to NIIP Concepts*, December 1998. Disponível em <http://www.niip.org>.
- Pantoja-Lima, C. (2001) *Um Modelo Multinível de Coordenação em Ambiente de Empresa Virtual – Uma abordagem baseada no conceito de Fluxo de Trabalho*, Tese de Doutoramento apresentada ao Departamento de Engenharia Electrotécnica, Universidade Nova de Lisboa, Julho de 2001.
- Rabelo, R. J., Klen, A. P., Spinosa, L. M., Ferreira, A. C. (1999), *Agile Supply–Chain Coordination in the Virtual Enterprise Environment*, Proceedings of SBAl'99 – 4th IFAC/IFSA Brazilian Symposium on Intelligent Automation, São Paulo, Brazil, September 1999, pp. 289–294.
- WfMC, Workflow Management Coalition (1994), *The Workflow Reference Model*, WfMC TC–1003, Nov 1994.