



## MODELAGEM DE UM SISTEMA ABERTO PARA A INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS EM EDIFÍCIOS INTELIGENTES

### Gladys Bastidas

Depto. de Eng. Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Av. Prof. Mello Moraes, 2231 CEP 05508-900 São Paulo, SP, Brasil.  
E-mail: gladysbg@usp.br

### Paulo Eigi Miyagi

Depto. de Eng. Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Av. Prof. Mello Moraes, 2231 CEP 05508-900 São Paulo, SP, Brasil.  
E-mail: pemiyagi@usp.br

**Resumo.** *O crescimento na demanda de sistemas prediais mais eficientes, tem contribuído ao desenvolvimento do conceito de edifício inteligente, no qual procura-se a integração entre seus diferentes sistemas através da incorporação de novas tecnologias de modo a maximizar a produtividade dos seus ocupantes e minimizar seus custos. Assim, tendo em conta que ainda existem algumas dificuldades para atender estes objetivos e considerando que um sistema automático com características de sistema aberto é fundamental para as soluções de muitos dos problemas dos usuários relacionados a aspetos como a flexibilidade, a conectividade e a interoperabilidade com outros sistemas, este trabalho propõe uma técnica de modelagem para a integração dos sistemas prediais em um edifício inteligente, considerando-o como um sistema aberto. Em função do potencial de modelagem das redes de Petri e da orientação a objetos, o trabalho baseia-se na aplicação de técnicas derivadas destas abordagens.*

**Palavras-chave:** *Sistemas Prediais, Redes de Petri, ODP, UML.*

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de sistemas prediais tem evoluído na medida em que as facilidades tecnológicas têm procurado corresponder às exigências de maior confiabilidade, conforto e segurança dos usuários.

Neste contexto, a evolução dos serviços oferecidos em um edifício, a difusão das tecnologias mecatrônicas (incluindo tele-operação e monitoração remota) e da informação e, a necessidade de maior flexibilidade dos recursos, envolvem um novo paradigma para a concepção de edifícios. Este paradigma tem passado a incorporar até mesmo fatores comportamentais que promovem a produtividade nas tarefas que se realizam ao interior do edifício (Finley et al., 1991; Abramsom, 1995 e Fujie & Mikami, 1991). Estes edifícios devem assim, ser projetados (sua concepção deve considerar novas técnicas de planejamento, construção, manutenção, gestão e atualização) de forma que possam absorver novas tecnologias para incrementar sua funcionalidade e adaptar-se aos requerimentos que a futura sociedade exigirá, procurando se manter produtivos ao longo de todo seu ciclo de vida evitando a obsolescência prematura.

De acordo com as considerações anteriores, um edifício inteligente para alcançar suas metas deve incorporar sistemas mecatrônicos e de informação, que o capacitem para a prestação de serviços avançados com elevado grau de autonomia, permitindo além do controle automatizado, a monitoração, a gestão e a manutenção dos diferentes sistemas de serviços, considerando critérios de

otimização e integração, com operação local e/ou remota, e com flexibilidade para possibilitar de maneira simples e econômica a incorporação de novos sistemas (Roth, 1998).

No projeto de edifícios inteligentes, aspectos como acabamento, revestimento, distribuição de energia, iluminação, sistema de elevadores, condicionamento ambiental entre outros, tornam-se elementos definidores de sua eficiência. É assim fundamental que o projeto especifique um ambiente funcional, que procure a integração entre os diferentes sistemas e a incorporação de novas tecnologias de modo a maximizar a produtividade dos ocupantes, otimizando a utilização de recursos e minimizando o custo (Becker, 1995; Arkin & Paciuk, 1995).

Neste contexto, os avanços em sistemas prediais tem aumentado nas últimas três décadas com a introdução de novos e melhores sistemas de controle. Entretanto somente em alguns casos específicos nota-se avanços na integração das partes. Esta integração, segundo diversos autores (Fujie & Mikami, 1991; Arkin & Paciuk, 1995; Finley & Kamae, 1993; Clark G. et al, 1995 e Marte, 1994), é uma necessidade para a operação efetiva de um edifício inteligente, pois é da interação entre as partes que funcionalidades associadas a segurança, conforto dos ocupantes, confiabilidade e robustez do controle dos sistemas podem ser implementadas, reduzindo custos de operação. Assim é evidente que seu projeto e operação necessitam de técnicas eficientes de modelagem e análise, que selecionam as melhores alternativas.

Segundo, Azegami & Fujiyoshi (1993), a melhor integração entre os vários sistemas de um edifício inteligente é realizada através da convergência do processamento da informação e, as tecnologias mecatrônicas e de telecomunicações.

Na integração entre os sistemas prediais, quanto mais efetivo o planejamento e o projeto da integração (considerando-se aspectos de inter-operabilidade, engenharia dos sistemas e infraestrutura “inteligente”), mais tangíveis serão os benefícios obtidos com a automação nas edificações. Considera-se assim que a chave da operação efetiva em um edifício inteligente é a integração entre os serviços, os sistemas e a estrutura (Arkin & Paciuk 1995).

Nem sempre os métodos atualmente disponíveis cobrem satisfatoriamente a integração dos sistemas prediais. No entanto, estes métodos têm sido aplicados com relativo sucesso, quando enfocados para alguns requerimentos específicos de integração.

Neste contexto, evidencia-se a necessidade de desenvolver estudos mais detalhados sobre a integração nos edifícios inteligentes, em particular no que se refere à identificação, qualificação e quantificação da interoperabilidade entre os diversos sistemas do edifício. Assim, o trabalho procura explorar os sistemas abertos através de uma técnica que permita modelá-los de acordo as características de integração que se requerem em um edifício inteligente.

Neste sentido, e considerando que o padrão de processamento distribuído e aberto (Open distributed Processing – ODP), é a base de um framework para descrever e especificar sistemas abertos através da UML, e que por sua parte as redes de Petri têm-se constituído em uma ferramenta poderosa para a modelagem e análise de sistemas, este trabalho estuda uma técnica de modelagem que integra estas abordagens.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma. O item 2 introduz os sistemas abertos e os conceitos relacionados à ODP. No item 3 apresenta-se uma introdução sobre UML e redes de Petri. O item 4 apresenta os principais aspectos da abordagem proposta. O item 5 apresenta as considerações finais.

## **2. SISTEMAS ABERTOS**

Um sistema aberto é aquele que implementa uma arquitetura que suporta um conjunto consistente de padrões internacionais, que especificam interfaces, serviços e formatos, de forma a garantir interoperabilidade e portabilidade de aplicações (Digital, 1991).

## **2.1. Modelo de Referência ODP (Open Distributed Processing)**

O modelo de referência ODP (*Open Distributed Processing*), é um padrão formal, criado pela ISO (International Organization for Standardization) e a ITU (International Telecommunication Union). Esta é a maior iniciativa de padronização dirigida para o desenvolvimento de sistemas de processamento distribuído baseados em standard abertos .

O modelo ODP propõe um modelo de referência cuja arquitetura permite a interoperabilidade e portabilidade de aplicações distribuídas e o desenvolvimento de padrões abertos objetivando a estruturação de um ambiente distribuído, aberto e heterogêneo cujos serviços para o processamento da informação sejam utilizados sem restrição por todos os elementos do sistema (ISO/IEC, 1995; Gaspoz, 1996; Kandé et al, 1998 e Faroqui et al, 1995).

Os sistemas distribuídos e abertos desenvolvidos a partir do ODP visam possuir as seguintes propriedades: flexibilidade, modularidade, integração, gerenciamento, segurança, transparência e, federação, que na visão de projeto transformam-se em requisitos do sistema (Becerra, 1998).

No contexto de padronização de sistemas distribuídos e abertos, tem-se outros esforços importantes como o DCE (*Distributed Computing Environment*) do grupo OSF (*Open Software Foundation*) e o CORBA (*Computer Object Request Broker Architecture*), possuindo objetivos comuns com o ODP. Contudo, a proposta do ODP é mais abrangente, pois os objetivos das propostas CORBA e DCE se encaixam dentro do contexto do ponto de vista computação e engenharia da especificação do modelo de referência ODP.

O ODP engloba conceitos e procedimentos voltados para orientação a objetos, define abstrações, e se adapta a diversos domínios de aplicação dentro da automação.

Quanto às abstrações, o ODP as define como um mecanismo que possibilita selecionar as características mais relevantes do sistema necessárias para sua definição. Estas abstrações são denominadas de pontos de vista, a saber: “empresa”, “informação”, “computação”, “engenharia” e “tecnologia”.

### **2.1.1 Ponto de vista “empresa”**

Define os requisitos básicos do sistema considerando o contexto da empresa onde deverá funcionar e as necessidades dos usuários. O sistema é modelado em termos da funcionalidade requerida, os domínios envolvidos e os atores e seus papéis.

### **2.1.2 Ponto de vista “informação”**

Descreve de maneira consistente, uma visão comum dos recursos informação que apoiam os requerimentos de informação do ponto de vista “empresa”. Este ademais define as relações entre elementos informação e o processamento da informação.

### **2.1.3 Ponto de vista “computação”**

Este ponto de vista trata da distribuição das funções a serem realizadas dentro do sistema, mapeando os objetos empresa e informação em objetos computação que executam funções individuais e interagem através de interfaces bem definidas.

### **2.1.4 Ponto de vista “engenharia”**

A especificação do ponto de vista da engenharia complementa a visão computação definindo os mecanismos e funções necessárias para suportar a distribuição (transparências).

Este ponto de vista define as necessidades de comunicação e o desdobramento da funcionalidade.

### **2.1.5 Ponto de vista “tecnologia”**

Se refere aos detalhes dos componentes e plataformas sobre os quais o sistema será construído.

Para cada ponto de vista, têm sido definidos os correspondentes conceitos e regras, para ser usadas na especificação do sistema. No entanto, tem sido deixado em aberto qual notação usar em cada um deles. Assim, considerando que ODP tem sido baseado no paradigma de objetos e que a linguagem escolhida deve ser de fácil uso e entendimento, a linguagem UML (Unified Modeling Language) tem sido proposta para estes propósitos (Becerra, 1998 e Blanc et al, 1999).

### 3. UML E REDES DE PETRI

#### 3.1. UML (Unified Modeling Language)

Os diversos trabalhos publicados na área indicam que o Unified Modeling Language (UML) está-se tornando uma linguagem de modelagem padrão, na qual se procura definir a semântica do modelo do objeto, além de fornecer uma notação para capturar e comunicar a estrutura e o comportamento do objeto.

De uma forma geral, a UML pode ser considerada como uma linguagem que, a partir de alguns elementos básicos e dos tipos de relação entre estes, define diagramas (nove) que têm como finalidade a representação de diferentes aspectos de um mesmo sistema em diferentes níveis de precisão. Para maiores informações consultar (Booch et al, 1998).

No entanto, vários autores (Baresi & Pezzè, 1998 e Giese et al, 1999) afirmam que existem vários problemas a serem tratados na UML. Entre eles esta a representação pouco satisfatória do comportamento do sistema (visão da dinâmica do sistema) e a descrição de características como o sincronismo, o paralelismo e a concorrência.

#### 3.2 Redes de Petri (RP)

As redes de Petri são uma ferramenta matemática e gráfica que oferece um ambiente uniforme para modelagem, análise e projeto de sistemas a eventos discretos (Zurawki & Zhou, 1994). Baseado nos aspectos acima citados e, considerando que a maior parte dos sistemas dos edifícios, têm como característica um comportamento dinâmico definido através das mudanças discretas e instantâneas de estados como consequência da ocorrência de eventos discretos (sistemas denominados como Sistemas a Eventos Discretos - SED (Ramadge & Wonham 1989 e Miyagi, 1996), o trabalho baseia-se na aplicação desta técnica em conjunto com a linguagem UML, para a modelagem dos pontos de vista da empresa e da informação da ODP.

Dentre as diferentes classes de redes de Petri, optou-se por uma que permita a incorporação dos conceitos de orientação a objetos nela. Razão pela qual foi escolhido o E-MFG (Santos, 1993) cujos elementos estruturais principais são: a) *marcas individuais*: que indicam a manutenção de condições; b) *boxes*: que representam condições (pré e pós-condições) e que podem estar associadas ao modo de operação ou à disponibilidade de um recurso do sistema. Estes são chamados *boxes temporizados* quando consideram um intervalo de tempo de manutenção de marcas em seu interior e, *boxes controladores*, quando executam atribuições de valores aos atributos de uma marca; c) *transições*: correspondem a um evento que causa a mudança de estado do sistema. Quando nesta é considerado o decorrer do tempo, a transição é chamada de *transição temporizada*. Estas podem ter também, inscrições que representam regras adicionais de disparo (*regras de produção nas transições*). d) *arcos*: os quais estabelecem relações causais entre os eventos e as condições ou vice-versa e podem incluir *Filtros dos atributos*. f) *portas*: habilitam ou inibem a ocorrência dos eventos correspondentes as transições, sendo denominadas *habilitadoras ou inibidoras* segundo o caso. Um modelo usando E-MFG é apresentado na Fig. (1)

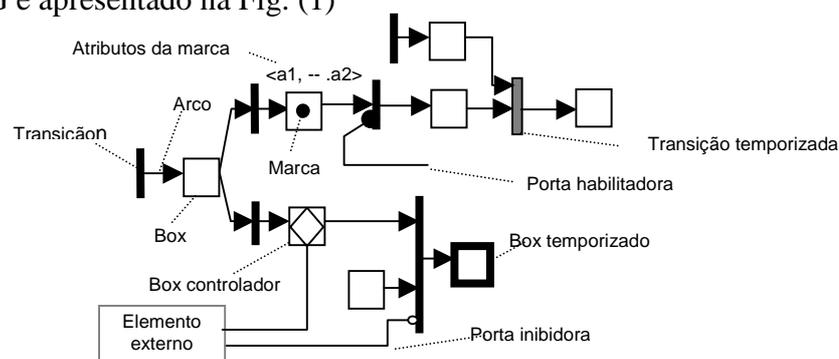


Figura 1. Exemplo de um modelo em E-MFG com a identificação de seus elementos estruturais.

## 4. ABORDAGEM PROPOSTA

A presente proposta para a integração dos sistemas prediais em edifícios inteligentes, no contexto dos sistemas abertos, baseia-se na aplicação dos pontos de vista da empresa e da informação da ODP através do uso da UML e a incorporação dos conceitos de redes de Petri, de forma a complementar-se na modelagem.

Para apresentar as principais características da abordagem proposta é utilizado como exemplo a modelagem da integração dos sistemas prediais para um edifício de escritórios que faz parte de um complexo de três prédios.

Neste exemplo, os sistemas prediais considerados para a integração são: sistema de detecção e combate a incêndio, sistema de iluminação, sistema de segurança (controle de acesso e segurança patrimonial) e sistema de ar condicionado. Além destes considera-se um sistema supervisorio que tem por função monitorar e supervisionar o funcionamento dos sistemas prediais no edifício e/ou nos edifícios (cada edifício pode ter seu próprio supervisorio, conectado em rede com os outros).

Considerando as vantagens e desvantagens das arquiteturas distribuídas e centralizadas, optou-se por adotar uma arquitetura que combina as duas abordagens. A Fig. (2) apresenta a arquitetura adotada para o sistema.

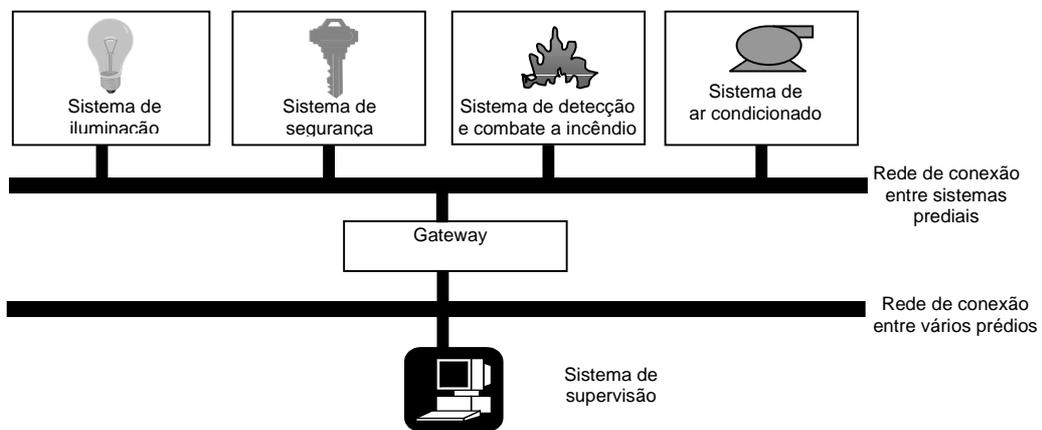


Figura 2. Configuração do sistema no edifício inteligente de escritórios.

### 4.1 Ponto de Vista “Empresa”

O ponto de vista “empresa” representa uma visão geral do sistema. Aqui é representada a funcionalidade deste no nível mais alto de abstração

O ambiente da “empresa” impõe requisitos e direcionamentos ao sistema a ser modelado, neste caso o edifício inteligente. Tais considerações são incluídas na sua especificação e na forma de objetos que representam o ambiente no qual o sistema opera. Deve-se considerar que a abordagem tem que ser abrangente de forma a incluir os diferentes serviços que podem ser implementados nos edifícios de acordo a sua função, neste caso específico, de escritórios. O conjunto de características especificadas (atributos e operações) deve ser considerado como um conjunto mínimo necessário. Dependendo da finalidade do edifício inteligente, outras características podem ser adicionadas.

Para a especificação do ponto de vista empresa observa-se que o ODP não impõe nenhuma notação específica. A seguir define-se uma abstração dos domínios e as comunidades de objetos do ambiente real, através da definição de classes, cujos atributos e operações refletem os relacionamentos entre elas e conseqüentemente entre os objetos da comunidade e os prédios de escritórios.

Os edifícios de escritórios incorporam quatro domínios (ou objetos “empresa” segundo a terminologia da ODP) estes são: administração do edifício, os sistemas prediais, os usuários, que podem ser visitantes do edifício ou empregados que trabalham nele e as empresas que fornecem os

serviços (água, energia, telefonia e gás). Estas entidades foram modeladas segundo a UML como classes dentro de um pacote, como é apresentado na Fig. (3).

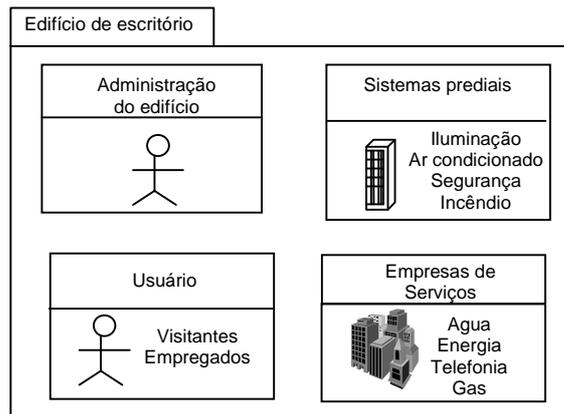


Figura 3. Visão empresa –Domínios que se inter-relacionam com os edifícios inteligentes de escritórios.

A funcionalidade do sistema é descrita através dos casos de uso da UML, onde é mostrado como os atores/entidades interagem com o sistema. Este modelo é apresentado na Fig. (4).

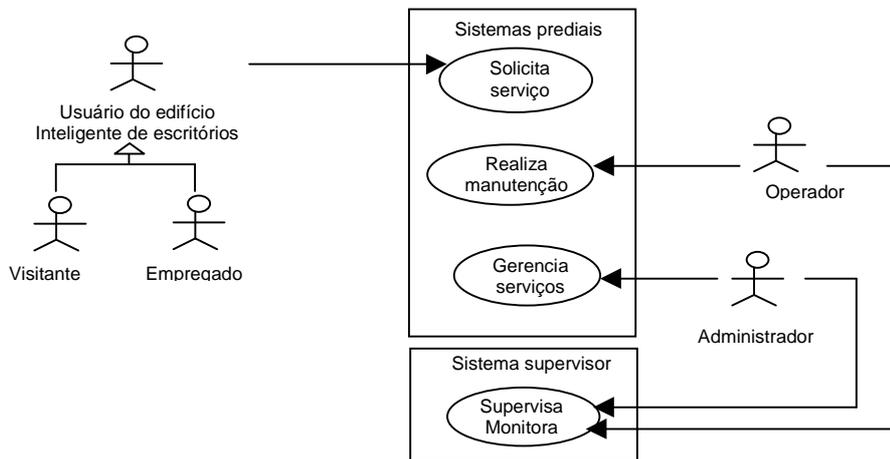


Figura 4. Visão empresa –Diagrama de casos de uso – comunidade de usuários dos edifícios inteligentes de escritórios

Um exemplo da modelagem do comportamento do sistema esperado pelos usuários (detalhamento do caso de uso “solicita serviço”) pode ser modelado através de redes de Petri como visto na Fig. (5). O nível de detalhamento deste modelo depende do nível de abstração que o projetista deseje.

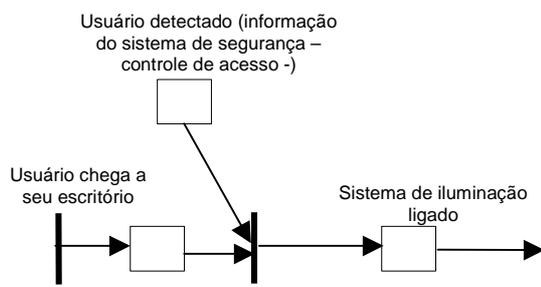


Figura 5. Modelo do comportamento do sistema ao ser detectada a presença de um usuário

## 4.2 Ponto de Vista “Informação”

Este modelo orienta a descrição das informações que são trocadas entre os objetos do edifício de escritórios. Devido à natureza dinâmica das atividades e serviços em edifícios, estes suportam uma grande variedade de funcionalidades e informações. Cada fluxo de informação no sistema contém um ou mais dados que se modificam juntamente com as ações de controle do sistema, através de transformações (processos/funções). O processo de transformação das informações de entrada em informações de saída pode requerer outras informações, já armazenadas no sistema, ou pode envolver usuários ou outros sistemas.

A especificação da informação é gerada a partir dos componentes identificados na modelagem do ponto de vista “empresa”. As informações que o sistema manipula são modeladas considerando as variações esperadas no comportamento do sistema.

A informação considerada para o caso em estudo, é fornecida por cada um dos sistemas prediais e o sistema supervisor do edifício de escritórios, como indicado no modelo de classes da Fig. (6).

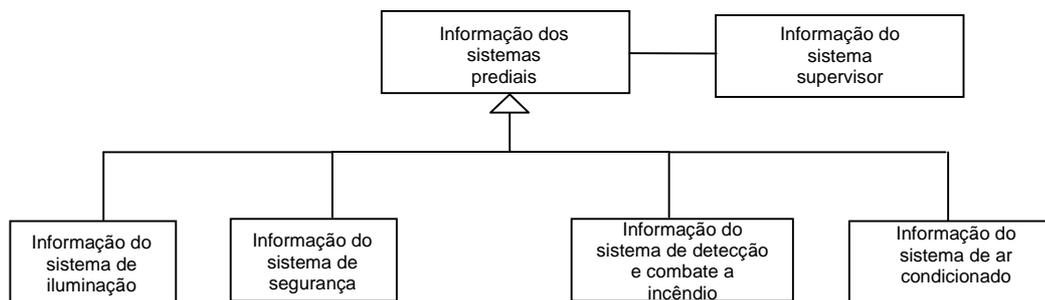


Figura 6. Modelo da informação do esquema invariante

A informação trocada pelos sistemas prediais considerados apresenta as seguintes características:

- Informação do sistema de iluminação (si): existe uma troca de mensagens com o sistema de ar condicionado informando a este quantas lâmpadas (nl) se encontram acessas em cada zona do edifício, para que este, segundo o valor da carga térmica calculada, ligue ou desligue os equipamentos (ea) que sejam convenientes (chillers, ventiladores). Por sua vez, o sistema de iluminação pode receber como informação o número de pessoas (np) em um determinado lugar do edifício e segundo este valor ligar ou desligar as lâmpadas correspondentes.

- Informação do sistema de segurança (sg): este sistema envia informação ao sistema de iluminação e ao sistema de ar condicionado para que sejam tomadas as medidas respectivas dependendo do número de pessoas (np) presentes em um local, detectadas pelo controle de acesso.

- Informação do sistema de detecção e combate a incêndio (sdci): compartilha informação com o sistema de ar condicionado caso sejam detectadas as zonas (zi) onde ocorra um incêndio.

- Informação do sistema de ar condicionado (sac): este sistema recebe informação dos sistemas de iluminação, segurança e de detecção e combate a incêndio, para ativar de maneira adequada e dependendo das condições no sistema os seus equipamentos (ea) correspondentes (“chillers”, válvulas, ventiladores).

- Informação do sistema supervisor (iss): através desta monitora-se e supervisiona-se o funcionamento dos sistemas prediais. Se necessário, em caso de falha de um dos sistemas prediais, a informação sobre seu histórico de funcionamento e a sua respectiva base de dados, será recuperada através do acesso à base de dados central do sistema supervisor.

A modelagem em redes de Petri (E-MFG) do comportamento dinâmico da informação no sistema é realizada considerando:

- No modelo cada marca representa a instanciação de um objeto das classes informação e possui atributos correspondentes aos atributos da classe que a define. Estes atributos podem ser alterados através do disparo das transições (filtros) ou em um box controlador.

- O disparo de uma transição corresponde à chamada de um método (estes métodos correspondem a as estratégias de controle específicas para cada sistema predial). O modelo em redes de Petri (E-MFG) deste comportamento é apresentado na Fig (7).

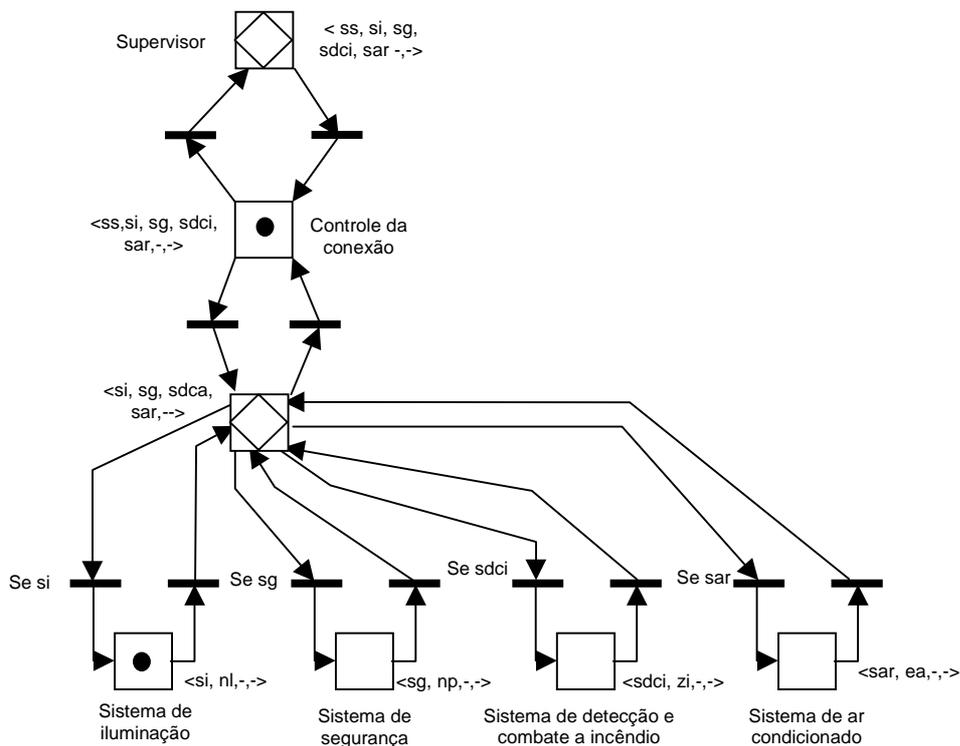


Figura 7. Modelo em redes de Petri (E-MFG) do comportamento da informação no sistema

Um exemplo do detalhamento de um processo de troca de informação através dos objetos informação do sistema de detecção e combate a incêndio e o sistema de ar condicionado é indicado na Fig. (8).

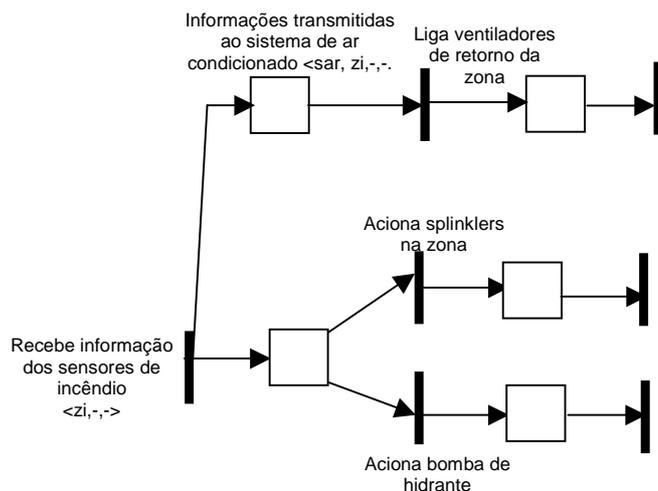


Figura 8. Detalhamento de um processo de troca de informação entre o sistema de detecção e combate a incêndio e o sistema de ar condicionado

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, apresenta-se uma técnica para a modelagem da integração de sistemas prediais em um edifício inteligente no contexto dos sistemas abertos. A abordagem proposta considerou a modelagem dos pontos de vista “empresa” e “informação” da ODP através do uso da UML e a incorporação dos conceitos de redes de Petri, de forma a se complementarem mutuamente na modelagem.

Assim, procurou-se através da UML auxiliar a representação de diversos aspectos do sistema que permitam além de garantir que os requisitos do sistema sejam atendidos, uma estruturação dos modelos. Por sua parte as redes de Petri, têm servido como ligação entre os modelos e como um meio para representar a dinâmica do sistema que é fraca na UML.

Este trabalho apresenta a fase do desenvolvimento denominada de modelos da especificação do sistema, definidos segundo os pontos de vista da ODP: “empresa” e “informação”. Estes modelos são orientados a objetos e serão utilizados na definição do pontos de vista “engenharia”, “computação” e “tecnologia” e nas outras fases do projeto do sistema aberto.

A técnica de modelagem apresentada se beneficia tanto da notação gráfica como do uso do padrão ODP, pois o uso de diferentes pontos de vista permitem um melhor controle do processo de modelagem. Ainda estão sendo desenvolvidos modelos e análises para os pontos de vista não referidos neste artigo, os quais constituem junto a abordagem apresentada, uma metodologia completa para o desenvolvimento de um sistema aberto (incluindo seu software de controle) que permita a integração dos sistemas prediais em um edifício inteligente.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as entidades que auxiliam diferentes partes desta pesquisa: CNPq, CAPES, FAPESP e RECOPE - REAUT.

## 7. REFERÊNCIAS

- Abramson, A.B., 1995, “The Intelligent Building Evolution, Proceedings of intelligent building congress, Tel-Aviv, p. 309-318.
- Azegami, M., Fujiyoshi, H., 1993, “A Systematic Approach to Intelligent Building Design”, IEEE Communications Magazine, October.
- Arkin, H. & Paciuk, M., 1995, “Service system integration in intelligent buildings”, Proceedings Intelligent Building Congress, Tel-Aviv, pp.19-30.
- Baresi, L. & Pezzè, M., 1998, “On Formalizing UML with High-Level Petri Nets”, Concurrent Object-Oriented Programming and Petri Nets - Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag.
- Becerra, J.L., 1998, “Aplicabilidade do Padrão de Processamento Distribuído e Aberto nos projetos de Sistemas Abertos de Automação”, Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998
- Becker, R., 1995, “What is an Intelligent Building?”, Proceedings intelligent buildings congress. Tel-Aviv, pp. 320.
- Blanc, X., Gervais, M., Le\_Delliou, R., 1999, “Using the UML language to Express the ODP Enterprise Concepts, Rapport de Recherche, LIP6.
- Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I., 1998, “The Unified Modeling Language User Guide”, Addison-Wesley Longman, Inc. Harlow, England.
- Clark, G., Mehta, P., Prowse, R., 1995, “Intelligent Integrated Building Management Systems”, Proceedings, intelligent building congress, Tel-Aviv, pp. 9-18.
- Digital Equipment Corporation, 1991, Open Systems Handbook: A Guide to Building Open Systems, Digital Equipment Corporation.
- Faroqui, K., Logrippo, L. Meer, J., 1995, “The ISO Reference Model for Open Distributed Processing: an introduction, Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 27, pp 1215-1229.

- Finley, M.R.; Karakura, A.; Nbogini, R., 1991, Survey of intelligent buildings concepts, IEEE Communications Magazine, vol 29, n. 4, pp. 18-23.
- Fujie, S. & Mikami, Y., 1991. "Construction Aspectos of Intelligent Buildings". IEEE Communications Magazine, April, pp. 50-57
- Gaspoz, J.P., 1996, "Methodology for the Development of Distributed Telecommunications Services", J. Systems Software, Elsevier Science.
- Giese, H., Wirtz, G., 2001, "Visual Modeling of Object-Oriented Distributed Systems. Journal of Visual Languages and Computing", pp. 183-202.
- Giese, H., Graf, J., Wirtz, G., 1999, "Closing the gap between object-oriented modeling of structure and behaviour", Proceedings of the Second International Conference on the Unified Modeling Language, Colorado, USA.
- ISO/IEC, 1995, "Open Distributed Processing - reference Model" –International Standard.
- Kandé, M.M., Mazaher, S., Prnjat, Sacks, L., Wittig, M., 1998, "Applying UML to Desing na Inter-Domain Service Management Application", UML'98 : Beyond the notation - International Workshop, Mulhouse, France.
- Marte, C., 1994, "Estudo e Análise das Unidades Funcionais Remotas no Controle Distribuído em Processo de Automação Predial" São Paulo,. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- Miyagi, P.E., 1996, Controle Programável, Editora Edgard Blücher, São Paulo.
- Ramadge, P.J. & Wonham, W.M., 1989, The control of discrete event systems, Proceedings of the IEEE, vol.77, n. 1.
- Roth, B., 1998, "Administración, Gestión, Control y Servicio de Edificios". Desarrollo Nacional. Vol.35, No.9, Noviembre.
- Santos, D., 1993, Proposta do Mark Flow Graph estendido para a modelagem e controle de sistemas integrados de manufatura. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Zuruwaski, R., and Zhou, M., 1994, "Petri nets and industrial applications: a tutorial". IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 41, n. 6, pp. 567-583.

## **MODELING A OPEN SYSTEM FOR THE BUILDINGS SYSTEMS INTEGRATION IN INTELLIGENT BUILDINGS**

### **Gladys Bastidas**

Depto. de Eng. Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Av. Prof. Mello Moraes, 2231 CEP 05508-900 São Paulo, SP, Brasil.  
E-mail: gladysbg@usp.br

### **Paulo Eigi Miyagi**

Depto. de Eng. Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Av. Prof. Mello Moraes, 2231 CEP 05508-900 São Paulo, SP, Brasil.  
E-mail: pemiya@usp.br

***Abstract.** The growth in the demand of more efficient buildings systems has contributed for development of Intelligent Building (IB) concept. In general, the purpose of these buildings is the maximization of the productivity of its occupants with an efficient management of resources and minimization of costs through the integration of its systems. In this context and considering that open systems could provide solution for many users problems related to aspects like flexibility, investment preservation, connectivity and interoperability with other systems and user portability, this paper introduce a modeling technique for the building integration in an open system. This technique is based on Petri nets and object orientation.*

***Keywords.** Buildings Systems, Petri nets, ODP, UML.*