

# 1. Introdução

## 1.1. Motivação e Justificativa

No atual contexto mundial, a utilização de recursos de forma econômica e sustentável é um requisito fundamental no projeto de novos sistemas. Em particular nos sistemas produtivos e na infra-estrutura civil envolvida, estes requisitos são decisivos para a viabilização financeira de novas instalações industriais, comerciais ou residenciais. Entre os principais pontos a serem considerados estão os custos diretos, relacionados ao consumo de água, energia elétrica, entre outros, e os custos indiretos, relacionados à manutenção e operação dos sistemas que hoje compõem a infraestrutura civil. No caso específico de edificações, além da questão econômica, outro ponto importante no projeto de sistemas prediais é a maximização do conforto e segurança, os quais contribuem significativamente para o aumento da produtividade e satisfação dos ocupantes [Villani & Miyagi, 2004].

Neste contexto, os crescentes avanços tecnológicos nas áreas de automação, abrangendo as tecnologias de comunicação, mecatrônica e processamento de informações,

permitem a consideração e o atendimento de requisitos adicionais como flexibilidade, segurança, e produtividade no projeto de edifícios modernos [Sierra et al., 2005].

Desta forma, ganha importância o conceito do chamado edifício inteligente, onde é oferecido ao usuário um ambiente produtivo e econômico através da otimização de quatro elementos básicos, que são: estrutura, sistemas, serviços e manutenção, além da inter-relação entre eles. Um edifício inteligente, também chamado edifício de alta tecnologia, deve conseguir, da melhor maneira possível, suprir as necessidades atuais e futuras de seus usuários, tornar a gestão mais racional e econômica e, integrar equipamentos e serviços nas áreas operacionais [Miyagi, 2002].

Pode-se destacar os seguintes sistemas que compõem um edifício inteligente [Bolzani, 2004]:

- Sistemas de Segurança Patrimonial;
- Sistemas de Controle de Acesso;
- Sistemas de Controle de Iluminação;
- Sistemas de Prevenção e Combate a Incêndio;
- Sistemas de Telecomunicações;
- Sistemas de Fluidos e Detritos;
- Sistemas de Ventilação, Aquecimento e Ar Condicionado;
- Sistemas de Gerenciamento e Controle de Consumo de Energia;
- Sistemas para Gerenciamento de Informações;
- Sistemas de Monitoração e Controle de Manutenção;
- Sistemas de Redes de Computadores;
- Sistemas de Elevadores;
- Sistemas de Sonorização;
- Sistemas de Utilidades (ar comprimido, gases, subestação, gerador, bombas, etc.);
- Sistema Central de Supervisão e Controle.

De forma simplificada, pode-se dizer que a operação de um edifício inteligente é baseada na monitoração e controle de processos realizados através da coleta, processamento e envio de informações utilizando sensores, atuadores e microprocessadores, a partir de programações previamente definidas pelo operador [Villani, 2000].

Dentre os sistemas que compõem um edifício inteligente, destaca-se o sistema de ar condicionado, que influencia sensivelmente tanto o aspecto econômico, por ser responsável muitas vezes por mais de 60% do consumo de energia em uma edificação, além dos custos de manutenção, quanto os aspectos de produtividade e satisfação dos usuários, por ser responsável pela manutenção do conforto térmico dos mesmos, regulando parâmetros como temperatura, umidade e grau de renovação do ar ambiente [Creder, 2004].

O conceito de edifício inteligente está estreitamente vinculado à efetiva integração dos sistemas que controlam as atividades em uma edificação. Quando não existe uma comunicação entre estes sistemas, o resultado muitas vezes é contrário ao desejado, resultando em ações incompatíveis ou indesejadas, e que inclusive aumentam os custos operacionais e de manutenção [Bolzani, 2004].

Nos edifícios convencionais, são comuns os casos de situações como o direcionamento uniforme do fluxo de ar condicionado para ambientes distintos, sem levar em consideração as diferentes taxas de ocupação ou cargas térmicas ambientes em função dos índices de insolação. O mesmo se aplica ao sistema de iluminação, com a ativação em ambientes onde seria desnecessário seu funcionamento, tanto pela taxa de ocupação quanto pela luminosidade natural existente.

Este cenário pode ser agravado em edificações onde todos os sistemas são individualmente automatizados, mas não integrados. Situações conflitantes entre estes sistemas podem levar a inter-travamentos que comprometem o conforto e até mesmo a segurança dos ocupantes.

Neste contexto, a existência de uma estrutura central de gerenciamento robusta e confiável, onde as informações possam ser compartilhadas em tempo real, é fundamental para o atendimento dos requisitos de segurança, conforto e economia em um edifício inteligente. Esta estrutura é comumente chamada de sistema de gerenciamento do edifício (BMS = *Building Management System*), conforme Figura 1.1 [Villani, 2000].

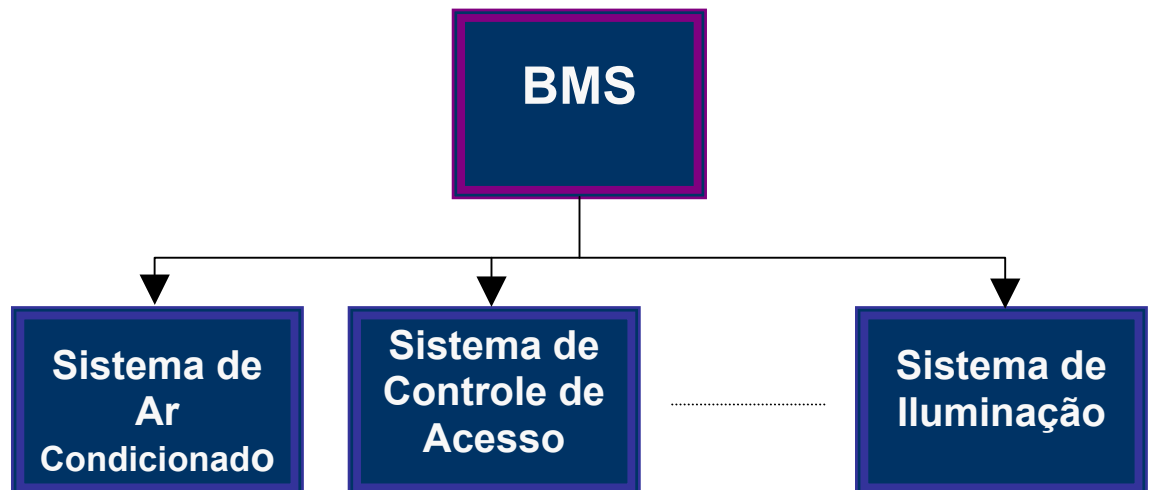


Fig. 1.1. Estrutura de um sistema de gerenciamento do edifício

Para garantir a confiabilidade deste sistema de gerenciamento, modernas técnicas de modelagem e simulação procuram a abstração adequada do comportamento dos sistemas do edifício e da integração entre estes. Desta forma, situações conflitantes são previamente detectadas, garantindo uma operação segura. A vanguarda dos avanços tecnológicos nesta área encontra-se justamente no aperfeiçoamento destas técnicas de modelagem e simulação, tornando-as cada vez mais efetivas para avaliação de situações práticas, mesmo com a crescente complexidade apresentada pelos modernos sistemas automatizados.

A integração do controle do sistema de ar condicionado aos demais sistemas automatizados, como sistema de controle de incêndio, sistema de controle de acesso,

elevadores, dentre outros, sob um sistema de gerenciamento central, é fundamental para a otimização dos sistemas e recursos envolvidos.

Dentro do contexto apresentado, destaca-se a metodologia para modelagem e simulação de sistemas de ar condicionado em edifícios inteligentes, proposta em Villani & Miyagi (2004). A referida metodologia utiliza-se de uma abordagem híbrida, onde são considerados aspectos discretos e contínuos do processo, enfatizando estratégias que envolvem interfaces com outros sistemas do edifício. Esta metodologia inicia-se com a construção de modelos em PFS (*Production Flow Schema*) [Miyagi, 1996] e, a partir destes, obtém um modelo do sistema de ar condicionado em rede de Petri Predicado/Transição Diferencial.

Contudo, a metodologia proposta por Villani & Miyagi (2004) apresenta algumas limitações/restrições, uma vez que não considera as novas tecnologias que são atualmente utilizadas nos sistemas de ar condicionado. O controle de desempenho de equipamentos como bombas e compressores, quando não existe demanda para sua capacidade máxima e, o sistema de controle de temperatura de ambientes climatizados com volume de ar variável são exemplos de tecnologias que não são abordadas. Além disso, a metodologia não considera a proteção aos equipamentos críticos, como os compressores, nas estratégias de controle, o que pode ocasionar colapso no sistema em caso de falha do sistema de proteção local. Desta forma, justifica-se a proposta de adequações e aprimoramentos na metodologia, através da inserção destas variantes.

## 1.2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é a adequação e ampliação da metodologia proposta em Villani & Miyagi (2004) para diferentes configurações de sistemas de gerenciamento e controle de sistemas de ar condicionado. Em particular, são introduzidas soluções para incorporar na metodologia as modificações necessárias para o controle de sistemas VAV

(volume de ar variável), variação de velocidade de bombas e ventiladores e, inclusão de intertravamentos de segurança no acionamento dos dispositivos.

### 1.3. Organização do trabalho

O capítulo 2 apresenta as principais características de um sistema de ar condicionado, discutindo as variações conceituais, como expansão direta e indireta, e as metodologias de controle de temperatura ambiente, como VAC (volume de ar constante) e VAV (volume de ar variável). Em seguida, é apresentado um estudo sobre sistemas a eventos discretos, sistemas de variáveis contínuas e sistemas híbridos, incluindo uma discussão sobre técnicas de modelagem de sistemas híbridos baseadas em rede de Petri e suas aplicações para sistemas de ar condicionado. Por fim, tem-se uma exposição sobre as técnicas para implementação em controladores programáveis das estratégias de controle modeladas em rede de Petri .

O capítulo 3 apresenta a metodologia proposta para modelagem e simulação do sistema de ar condicionado que envolve desde as estratégias de controle até o sistema de ar condicionado propriamente dito, incluindo o sistema de controle local dos sub-sistemas. Destacam-se neste capítulo as modificações e os aprimoramentos propostos sobre o trabalho de Villani & Miyagi (2004).

O capítulo 4 apresenta um exemplo, onde se aplica a metodologia proposta para o prédio do SENAI-CIMATEC, em Salvador – Bahia.

O capítulo 5 apresenta as principais conclusões obtidas, assim como sugestões para prosseguimento de trabalhos nesta área.