



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

APLICAÇÃO DE INSTRUMENTOS SUSTENTÁVEIS EM SISTEMAS PREDIAIS DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS: DESAFIOS E LIMITAÇÕES NO CASO DO COMPLEXO DA ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO RIO GRANDE DO SUL

**Carolina F. Mendes (1); Eliane H. Suzuki (2); Paulo J. S. Ara (3); Murilo da C.
Carvalhoes (4)**

(1) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica –
Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: carolinafmendes@usp.br

(2) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de
São Paulo, Brasil – e-mail: eliane.suzuki@poli.usp.br

(3) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de
São Paulo, Brasil – e-mail: paulo.ara@usp.br

(4) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de
São Paulo, Brasil – e-mail: murilocarvalhoes@gmail.br

RESUMO

Nos últimos anos, tem sido observada uma mudança no paradigma de desenvolvimento adotado pela sociedade brasileira, pois vem sendo deixada de lado a ótica da sociedade industrial, admitindo-se a da sociedade sustentável. Dessa forma, passou-se a explorar novas tecnologias para os sistemas prediais, que passaram a ser mais eficientes usando menos recursos energéticos. No último ano, o Complexo da Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul foi objeto de um concurso público de arquitetura que tinha como objetivos o *retrofit* dos edifícios existentes e a construção de um novo edifício. O edital demandava que fossem seguidos critérios de sustentabilidade. Nesse artigo são apresentadas as proposições feitas para o sistema de condicionamento de ar e para o sistema hidráulico predial. O sistema de condicionamento de ar representa uma parcela significativa do consumo energético dos edifícios e por isso na proposta foram observadas questões energéticas e econômicas, considerando também o conforto térmico e o espaço disponível da construção existente na escolha do equipamento de climatização. Para o sistema hidráulico predial foi proposto um programa de conservação de água que abrange aproveitamento de águas pluviais e gestão da demanda de água nos edifícios do complexo.

Palavras-chave: sistemas prediais, edifícios públicos.

1 INTRODUÇÃO

O Concurso Público Nacional de Arquitetura e Urbanismo, referente ao Plano Diretor de Ocupação e Requalificação Espacial do Complexo da Assembléia Legislativa do Rio Grande do Sul (ALERGS), tinha como objetivo selecionar a melhor proposta para o Complexo da ALERGS. O projeto proposto deveria identificar e reforçar as potencialidades existentes, e buscar a contextualização da inserção no patrimônio, a legibilidade dos percursos internos, a criação de rede conectiva entre os edifícios e a geração de acessibilidade física e cívica (IAB-RS, 2009).

Sabendo disso, a equipe de projeto, com base nas tendências atuais dos empreendimentos e em consonância com os requisitos do Termo de Referência, adotaram aspectos de sustentabilidade relacionados, principalmente, à utilização de recursos. De fato, segundo CIB (2000) tem-se observado uma crescente preocupação com o meio ambiente nas ultimas décadas. No passado, essa preocupação se restringia em reagir contra catástrofes como mortandade de peixes, entre outras questões. Atualmente, porém, a preocupação passou a ser principalmente com o uso ineficiente de recursos, sejam eles materiais, energéticos ou naturais.

Ao elaborar, portanto, a proposta de projeto para o Concurso da ALERGS, a equipe, procurou aplicar instrumentos sustentáveis como integrantes do projeto do edifício público. Dessa forma, neste artigo, procura-se apresentar essas propostas sustentáveis e descrevê-las de forma que possam ser discutidas as limitações e os desafios para o caso da ALERGS.

1.1 O concurso da Assembléia Legislativa do Rio Grande do Sul

O complexo da ALERGS é composto pelo Palácio Farroupilha, pelo edifício Anexo 1, pelo Solar dos Câmaras e por dois terrenos. De acordo com o IAB-RS (2009), os imóveis possuem alto valor imobiliário e histórico, abrigando atividades parlamentares e políticas, entre outras funções.

O concurso tinha como proposta o desenvolvimento de um plano de ocupação e requalificação espacial do complexo, em um espaço correspondente ao Palácio Farroupilha, ao Edifício Anexo 1, ao terreno da Rua Riachuelo e ao espaço aberto existente entre eles, como pode ser observado na Figura 1. Nota-se que o terreno recortado e a manutenção dos edifícios existentes representavam um desafio do projeto de intervenção.



Figura 1 - Implantação do Complexo da ALERGS (IAB-RS, 2009)

Conforme comentado anteriormente, dentre as diretrizes gerais apresentadas no Termo de Referência do concurso estavam as exigências sustentáveis, segundo as quais deveriam ser buscadas a integração entre o ambiente construído e o entorno, a acessibilidade, a proteção do ambiente natural, a redução das ilhas de calor e a integração entre sistema público e privado.

Em relação à gestão energética, o termo sugeria que a proposta deveria alcançar a eficiência no uso da energia, visando principalmente o conforto dos usuários e a redução dos gastos. Em relação à gestão dos recursos hídricos, o termo especificava que deveria ser buscada a redução do consumo de água potável, através da utilização de mecanismos que possibilitassem o seu uso eficiente. Também com relação à gestão dos recursos hídricos, o termo solicitava que fosse buscada a implantação de um plano de manejo de águas de chuva.

1.2 Retrofit

O projeto do Complexo da ALERGS incluiu a elaboração de propostas para edifícios já existentes, constituindo-se em um projeto de *retrofit*.

O conceito de *retrofit* começou a ser discutido na década de 1990, sobretudo na Europa, devido à necessidade de se revitalizar imóveis degradados, frente à escassez de terrenos disponíveis para novas construções. A norma brasileira de desempenho térmico ABNT NBR 15575 (2008), define o retrofit como “remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando a valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e eficiência operacional e energética”. Isto é, o *retrofit* representa uma ação simultânea de adequação da estética à arquitetura construída, de eficiência energética e de conforto (REY, 2004).

Em outras palavras, o *retrofit* significa a valorização de edifícios a fim de aumentar a sua vida útil por meio da introdução de tecnologias em sistemas prediais e materiais, de modo a respeitar o entorno e preservando o patrimônio histórico e arquitetônico (GASPARY; LOPES, 2010). Sendo assim, o grande desafio imposto pelo concurso em questão é aliar as exigências de um *retrofit* com as de sustentabilidade.

1.3 A problemática dos recursos energéticos e hídricos

Como já foi dito, a equipe de projeto optou por priorizar na proposta, a questão do uso dos recursos, especialmente dos recursos energéticos e hídricos, cuja problemática tem grande relevância atualmente.

De fato, segundo a Agenda 21 Brasileira (2003), na definição de medidas a serem adotadas para a proteção do meio ambiente, devem ser considerados os desequilíbrios nos padrões mundiais de consumo. Nesse aspecto, atenção especial deve ser dada à demanda de recursos naturais e, como consequência, ao uso eficiente dos recursos, especialmente daqueles que de alguma forma tendem ao esgotamento.

Uma importante diretriz apresentada na Agenda 21 Brasileira (2003) consiste no “estímulo a uma maior eficiência no uso da energia e dos recursos”. Sendo assim, a mudança dos padrões de consumo deve ser centrada na gestão da demanda e na redução do desperdício de recursos naturais, buscando a redução das quantidades consumidas de energia e de materiais para a produção dos bens e serviços.

Com relação ao uso da água, a mesma publicação recomenda que sejam implementadas estratégias e medidas que assegurem o abastecimento contínuo de água, feito a preço exequível para atendimento das necessidades presentes e futuras. Com relação ao uso de energia, é recomendado que sejam praticadas medidas de eficiência energética que reduzam a demanda, o desenvolvimento de tecnologias que elevem a eficiência de seus diversos usos e, por fim, a exploração e inserção no mercado de alternativas energéticas com enfoque nas energias renováveis.

1.3.1 Energia

Principalmente a partir da década de 70, com a crise do petróleo, começou a crescer a consciência da humanidade com relação aos recursos energéticos. De fato, a problemática energética global deve ser considerada com grande atenção atualmente, ainda mais, devido aos padrões de consumo e conforto atuais, ao crescimento acelerado do consumo de energia primária no planeta, em especial do consumo elétrico, às crescentes emissões de gases efeito estufa (AFONSO, 2006).

Toda essa problemática resulta, em outras palavras, na grande demanda de energia do planeta. Neste contexto, porém, as edificações tem um papel muito importante por representar grande parcela desse consumo energético.

Sendo assim, segundo CIB (2000), nos últimos anos têm sido desenvolvidas várias medidas de redução da demanda de energia para o setor da construção civil. No entanto, em geral, se dá prioridade ao uso racional de energia em novos edifícios, embora o potencial de conservação de energia em edifícios existentes possa ser considerado alto. De fato, a partir de simulações computacionais se demonstra que é possível reduzir 30% do consumo de energia em um edifício construído e de 50 a 75% em um projeto novo através de medidas de uso racional (Clarke, 2001).

No Brasil, o consumo de energia elétrica em edifícios de escritório está distribuído de forma que aproximadamente 24% do total é utilizado para iluminação artificial e 48 % para ar condicionado (Lima; Amorim, 2007). Isto sugere que os sistemas de climatização são um alvo importante das medidas de eficiência energética. Além da questão estritamente energética, segundo a ASHRAE (2009), a demanda de energia e o consumo de combustíveis pelo sistema de ar condicionado afetam diretamente o custo operacional do edifício e indiretamente o meio ambiente.

Em resumo, sendo as ações de redução do consumo de energia elétrica tão necessárias, tanto em projetos de edifícios novos quanto nos que já estão em operação, a proposta de projeto considerou como prioridade o uso dos recursos hídricos.

1.3.2 Água

Ao lado da preocupação com a energia, a problemática dos recursos hídricos também deve ser levada em conta. Segundo CIB (2000) é possível alcançar a redução do consumo de água em edifícios novos e em edifícios já existentes com equipamentos para economizar água. A evolução do conceito de uso racional de água para conservação de água é baseada na associação da gestão da oferta à gestão da demanda. Com essa evolução do conceito, se entende que usos menos nobres sejam supridos, sempre que possível, por água de qualidade inferior – “água menos nobre para fins menos nobres” (HESPANHOL; GONÇALVES, 2004).

Gonçalves (1997) afirma que tem sido observada uma preocupação com a qualificação e com a redução do consumo da água para usos finais em edifícios, além da preocupação com o desenvolvimento de tecnologias que promovam economia, através da utilização de produtos e processos que façam um uso mais eficiente da água. A conservação da água e seu uso racional acarretam na redução da carga poluidora dos recursos hídricos e, na maioria dos casos, na redução da necessidade de tempo para a sua renovação. Essas práticas, porém, não podem ser tomadas isoladamente, mas com o entendimento das realidades locais, de maneira que Griggs e Shouler (1994) reforçam a importância do conhecimento dos aspectos sociais e culturais do local a ser estudado, pois eles podem ser determinantes na decisão de estratégias de ação.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar e descrever propostas feitas para o *retrofit* do Complexo da ALERGS descrevendo as limitações e os desafios identificados na elaboração da proposta, bem como suas potencialidades para a tipologia de projeto em questão.

3 PROPOSTAS

Para o projeto proposto, analisando-se as tecnologias presentes no mercado e as condições do projeto aliadas aos seus objetivos pretendidos, optou-se pela prática de instrumentos sustentáveis que resultem em redução de insumos por meio de duas formas principais: o uso racional da água e a eficiência do sistema de condicionamento de ar.

3.1 Proposta para o uso de energia

O sistema de condicionamento de ar em edifícios comerciais normalmente representa uma parcela significativa do consumo energético de edifícios corporativos e, com base nas metas de eficiência energética e de sustentabilidade requisitadas em IAB-RS (2009), optou-se pela elaboração da proposta de focar a estratégia de redução da demanda energética no sistema de condicionamento de ar do empreendimento.

Na fase de concepção do projeto e com o desenvolvimento de uma análise energética paralela à análise econômica, foi discutido o uso de técnicas de ventilação natural e de sistemas passivos de resfriamento, que embora fossem soluções que garantiriam maior conservação de energia se utilizados sem intervenção de um equipamento mecânico, por outro lado, não seriam suficientes para alcançar as premissas de conforto térmico sem a intervenção de um sistema mecânico de ventilação, devido ao clima local. De acordo com Rey (2004), tais técnicas requerem uma intervenção maior do usuário e podem ser inviáveis em algumas situações no caso de retrofit, como por exemplo, quando o edifício já tinha sido projetado para abrigar um sistema de ar condicionado, ou quando a carga térmica é muito alta e oscila ao longo do dia.

Da mesma forma, os sistemas usualmente instalados em edifícios comerciais, tais como a central de água gelada (*chiller*), também não atenderiam à necessidade de aquecimento no inverno e demandariam uma área muito grande para casa de máquinas, limitando os espaços disponíveis para intervenção arquitetônica. Outra tecnologia mais recente e com uma proposta inovadora seria o ar condicionado solar, mas seria também inviável, pois apresenta altos custos e baixas eficiências.

Sendo assim, o sistema de ar condicionado proposto foi o sistema VRF (ou VRV, Volume de Refrigerante Variável) que representa uma alternativa tecnológica e economicamente viável, bastante adequada aos objetivos traçados. Além disso, sabendo-se que o complexo passaria por um *retrofit* e por isso, as premissas de aproveitamento da ventilação natural associado à ventilação mecânica e do aumento do espaço físico seriam determinantes, a opção pelo sistema VRF ganhou mais força já que favorece a diminuição da área necessária de casas de máquina em cada pavimento.

O sistema de condicionamento de ar com VRF possui controle personalizado e permite economizar energia ao trabalhar com carga parcial sem comprometimento do conforto térmico. Além disso, o sistema opera tanto para resfriamento como para aquecimento, o que é muito importante em uma cidade como Porto Alegre, que possui estações do ano bem definidas.

Adicionalmente, o sistema permite aproveitar a ventilação natural desligando algumas ou todas as máquinas do pavimento se o usuário desejar, já que o sistema tipo VRF possibilita maior flexibilidade de acionamento. As evaporadoras são instaladas do lado de fora do edifício (podendo estar, por exemplo, na cobertura), garantindo assim menor geração de ruído se comparado ao *chiller* de água gelada.

A facilitação da ventilação natural, por esse tipo de sistema, promove a redução na demanda energética sem prejuízo para o conforto térmico dos usuários. De acordo com Toftum et al. (2009), é possível garantir conforto térmico somente com ventilação natural sem prejuízo da eficiência da produtividade no trabalho, através do conforto adaptativo. Nestes ambientes, as pessoas suportam maior variação de temperatura e têm menos expectativas quanto ao ambiente térmico. No caso, como os edifícios seriam providos, também, de um sistema mecânico de ventilação e resfriamento, para promover o menor uso do sistema de climatização, poderia haver uma política de uso do equipamento somente em casos de condições climáticas extremas, sendo acionado através de resposta dos sensores instalados no ambiente, ou de acordo com a temperatura externa.

Além das justificativas acima, pode-se dizer que como se trata de um *retrofit*, o sistema para o edifício já construído (Palácio Farroupilha) que mais se adequaria seria o VRF, demandando uma intervenção menos invasiva e atenderia bem aos requisitos solicitados.

O Edifício Anexo 1, por sua vez, por ser essencialmente de serviços e possuir laje de apenas 60 m², não necessitaria de sistema de resfriamento ou aquecimento mecânico.

Para o Edifício Anexo 3, seria usado o mesmo sistema VRF. Embora este edifício tivesse mais flexibilidade para agregar tecnologias mais complexas por ser um edifício novo, outras soluções idealizadas não puderam ser empregadas devido ao formato do terreno e à presença de edifícios altos nos lotes limítrofes, diminuindo a área disponível da fachada para captação de energia solar, por exemplo. Dessa forma, a adoção de tecnologias inovadoras tais como as que aproveitam a energia solar para o condicionamento de ar foram descartadas.

Quanto à distribuição de ar, foi proposto o sistema de insuflamento de ar pelo teto por meio de dutos de ar e difusores, que é a alternativa mais usual e adequada a esse tipo de sistema.

Em síntese, o sistema de condicionamento de ar apresentará as seguintes características:

Edifício Anexo 1: ausência de sistema de ventilação, aquecimento e resfriamento mecânico.

Edifício Farroupilha: no projeto de *retrofit*, o sistema de condicionamento de ar existente seria substituído por um sistema de condicionamento de ar com unidades VRF para aquecimento e resfriamento. Os evaporadores estariam localizados na cobertura do edifício.

Edifício Anexo 3: seria adotado o sistema com unidades VRF em toda a edificação, com os evaporadores locados na cobertura.

3.2 Proposta para o uso de água

Com base na importância dada ao uso da água nas edificações e seguindo as exigências de utilização de instrumentos de sustentabilidade presentes em IAB-RS (2009), a equipe de projeto propôs para o complexo da ALERGS, com relação ao uso da água, a estratégia de aproveitamento de águas pluviais e a gestão da demanda. Para isso, foram considerados o clima da cidade, a proteção à saúde dos usuários e o adequado desempenho dos equipamentos sanitários.

3.2.1 Aproveitamento de águas pluviais

O sistema de coleta de água de chuva é um sistema de fácil manuseio, de custo de implantação baixo, dependendo da tecnologia adotada, e de retorno rápido de investimento em regiões onde a precipitação anual é relativamente elevada. A água de chuva tratada de maneira simples pode ser aplicada com vantagens quando comparada com o sistema de reutilização de águas servidas.

Porém, as desvantagens de adotar esse sistema são basicamente a necessidade de um controle sobre a qualidade da água e o perigo de ligações cruzadas com redes de água tratadas, sendo que no Brasil, por exemplo, já existem inúmeros casos dessa natureza. Por isso, no projeto em questão optou-se por utilizar a água captada na cobertura dos edifícios apenas para usos não-potáveis, recomendando-se a clara identificação dessa instalação, a orientação dos usuários e o treinamento dos funcionários. Para o tratamento da água serão utilizadas as técnicas sedimentação natural, a filtração simples e a cloração.

Na Tabelas 1 e 2 são apresentados os volumes de economia de água que seriam alcançados com a implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Tabela 1 – Volumes de economia de água 1º semestre

<i>DADOS</i>	<i>Janeiro</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Maio</i>	<i>Junho</i>
Índice pluviométrico (mm)	100,1	108,6	104,4	86,1	94,6	132,7
Área Total de captação (aprox. m ²)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Coefficiente de Runoff	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Volume mensal total (m ³) a ser economizado	171,17	185,71	178,52	147,23	161,77	226,92

Tabela 2 – Volumes de economia de água 2º semestre

<i>DADOS</i>	<i>Julho</i>	<i>Agosto</i>	<i>Setembro</i>	<i>Outubro</i>	<i>Novembro</i>	<i>Dezembro</i>
Índice pluviométrico (mm)	121,7	140	139,5	114,5	104,2	101,2
Área Total de captação (aprox. m ²)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Coefficiente de Runoff	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Volume mensal total (m ³) a ser economizado	208,11	239,40	238,55	195,80	178,18	173,05

Volume anual total 2.304,40 m³

A água de chuva coletada nas coberturas do complexo será utilizada em casos em que seja possível a utilização de água de qualidade inferior, ou não potável. Esses usos podem ser rega de jardins e lavagem de pisos e de automóveis.

3.2.2 Gestão da demanda

Ainda referente aos instrumentos sustentáveis relativos ao recurso hídrico, junto com o aproveitamento das águas pluviais, se definiu para a proposta, a estratégia de atuação na gestão da demanda de água. Essa prática baseia-se principalmente em mecanismos e incentivos que promovam a

conservação da água e a eficiência de seu uso, trabalhando com a redução do consumo e com a redução das perdas de água.

Nesse sentido, no projeto da ALERGS, seriam adotadas as ações de acompanhamento do consumo de água, de setorização da rede e telemedição, da detecção e conserto de vazamentos, do uso de equipamentos economizadores e de cuidados com operação e manutenção dos sistemas prediais na operação.

Um enfoque será dado na substituição de equipamentos convencionais por economizadores, pois trata-se de um importante instrumento para o uso eficiente de água (OLIVEIRA, 1999). Os equipamentos economizadores são fundamentais por proporcionarem uma utilização otimizada do recurso, bem como, são independentes da vontade de participação dos usuários. Ywashima (2005) afirma que a substituição de equipamentos convencionais por economizadores é uma das medidas que proporciona maior compensação em termos de economia do recurso, além de manter o conforto dos usuários do edifício. Os equipamentos economizadores mais utilizados na tipologia de uso dos edifícios do Complexo da ALERGS são bacias sanitárias de volume reduzido, torneiras de baixo consumo de água, arejadores e redutores de pressão e mictórios com acionamento hidromecânico ou por sensor infravermelho.

Programas desta natureza têm sido adotados freqüentemente pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) no decorrer dos últimos anos. A economia total obtida com a implementação dessas medidas é de difícil determinação, no entanto, para tipologias de uso semelhante ao estudado, foram obtidos resultados que variam entre 30 a 45%.

A Tabela 3 apresenta uma estimativa de economia de água média com os resultados obtidos após implementação de medidas de gestão da demanda de água, com consumo per capita indicado por Porto Alegre (1988) para edifícios de escritório.

Tabela 3 – Estimativa de economia de água

<i>Consumo per capita</i>	<i>Número de usuários</i>	<i>Consumo mensal total</i>	<i>Redução esperada</i>	<i>Economia mensal total</i>
50 l/pessoa.dia	3.500	3850 m ³	36%	1.386 m ³

Volume anual total 16.632 m³

4 LIMITAÇÕES E DESAFIOS DAS PROPOSTAS

Durante a elaboração das propostas de instrumentos sustentáveis para o Concurso da ALERGS, a equipe de projeto se deparou com alguns entraves inerentes às características do projeto em questão. Neste item, para cada linha estratégica adotada, isto é, energia e água, são apresentadas as limitações e desafios encontrados na especificação dos instrumentos sustentáveis descritos no item anterior, assim como os relacionados com a realidade do *retrofit*.

4.1 Limitações e desafios relacionados ao retrofit

4.1.1 Retrofit e a significação cultural dos edifícios

A principal limitação encontrada na proposta de implementação de instrumentos sustentáveis foi a adequação das propostas com a realidade dos edifícios já existentes, isto é, que passariam por *retrofit*.

Conforme foi abordado no item 1.2, o *retrofit* corresponde a adoção de ações em edifícios já existentes. Dentre essas ações estão a reforma das instalações, a instalação de sistemas de gerenciamento de energia, a maior utilização da iluminação natural e o maior controle da qualidade do ar, ruídos e riscos internos para a saúde.

No entanto, em se tratando de edifícios com significação cultural, como é o caso de alguns dos elementos que compõem a ALERGS, existe uma atenção especial que deve ser dada, de forma a atender às demandas do local sem prejudicar a concepção original do projeto de arquitetura.

De acordo com a Carta de Burra (ICOMOS, 1980), elaborada pelo Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, que define os conceitos de restauração, conservação, preservação e

reconstrução, os cuidados se aplicam a um “conjunto de edificações ou outras obras que possuam uma significação cultural, compreendidos, em cada caso, o conteúdo e o entorno a que pertence”. Atribui-se ao termo *significação cultural* a designação do “valor estético, histórico, científico ou social de um bem para as gerações passadas, presentes ou futuras”.

Ao elaborar a proposta, houve a necessidade de compreensão dessa realidade dos edifícios já existentes, especialmente no que se refere a sua significação cultural. Compreendida como um desafio, esta aparente limitação foi suplantada com uma proposta que respeitasse as pré-existências.

4.1.2 Retrofit e a concepção dos sistemas

A questão do *retrofit* também foi considerada uma limitação e desafio para o projeto no sentido de condicionar a concepção dos sistemas. A proposta do sistema com VRF, por exemplo, como alternativa de sistema de condicionamento de ar, foi claramente influenciado pela existência de *retrofit*.

De fato, a escolha pelo sistema VRF levou em consideração o fato desta tecnologia demandar uma intervenção menos invasiva no edifício. Em outras palavras, a realidade do *retrofit* resultou em uma limitação das alternativas a serem adotadas e ao mesmo tempo um desafio de flexibilidade no sistema, que no caso, foi atendido com a adoção do sistema VRF.

Da mesma forma que o sistema de condicionamento de ar, a proposta para o uso de água também foi limitada pela existência de *retrofit*, o que implicaria na restrita liberdade de intervenção no sistema já existente, elevando a importância de práticas de gestão que podem ser aplicadas durante a operação do edifício.

4.2 Limitações e desafios relacionados às propostas para uso de energia

4.2.1 Ventilação natural e conforto adaptativo

Ao propor o sistema de condicionamento de ar com VRF como medida para o uso de energia nos edifícios da ALERGS, foi previsto um aumento da utilização de ventilação natural nos edifícios, o que constituiu um novo desafio de projeto.

A presença de ventilação natural certamente ocasionará uma redução da demanda energética, porém ela pode gerar, de maneira implícita, preocupações no que diz respeito ao conforto térmico dos usuários que, no entanto, não é prejudicado, conforme foi exemplificado no item 3.1.

Mesmo assim, a ventilação natural proposta representa um grande desafio ao projeto da ALERGS já que seria necessário o estabelecimento de uma política de uso da climatização em casos extremos, o que poderia causar uma certa resistência por parte dos usuários do edifício. A adoção de ações como a conscientização ambiental dos funcionários e a implantação de um sistema de automação eficiente contribuiria para o sucesso desta iniciativa.

4.2.2 Demanda de aquecimento e resfriamento

Outro desafio enfrentado na proposição do projeto foi a existência de demanda para aquecimento de ambientes, além da demanda para resfriamento usual nos edifícios. Em geral, no Brasil ocorre somente demanda por resfriamento dadas as condições do clima no país, porém, em regiões de alta latitude em direção ao sul, como em Porto Alegre, também se faz necessário o aquecimento do ar no interior das edificações. Sendo assim, a opção pelo sistema VRF procurou suprir esta necessidade, sem prejuízo para os custos e a viabilidade do sistema, pois exigiu a escolha de um sistema que levasse em conta ambas as funcionalidades.

4.3 Limitações e desafios relacionados às propostas para uso de água

4.3.1 Qualidade de água e ligações cruzadas

A decisão de utilizar água não-potável em determinados pontos de consumo e em razão da necessidade de redução da demanda, trouxe a preocupação com a distribuição deste insumo em paralelo com o sistema de água potável. Os perigos associados às ligações cruzadas são:

- Vazamentos e infiltrações;

- Mau estado de conservação e manutenção dos reservatórios;
- Erros de execução e mau estado de conservação do sistema de distribuição e aparelhos sanitários.

Portanto, para proteger a saúde dos usuários, foram especificados os procedimentos de manutenção preventiva para o complexo. Também foi definido que os únicos subsistemas abastecidos por água não potável, por serem de controle facilitado, são os de rega dos jardins e lavagem de pisos externos. Com essas medidas, portanto, procurou-se superar as limitações das propostas para o uso de água.

4.3.2 *Eficácia da gestão de água*

Para que um programa de conservação de água tenha seu desempenho assegurado, é necessário que seja implantado um programa de gestão continuada do uso da água. O controle constante e a atribuição de rotinas de atuação no sistema em caso de falhas constituem uma maneira eficaz de assegurar o desempenho e a manutenção dos índices de economia obtidos no início do programa.

No sistema de gestão do uso da água, é importante que, além do acompanhamento continuado das vazões e consumos, seja também acompanhado o número de ocupantes do edifício e a possível alteração nas tipologias de uso.

No caso do projeto, esses aspectos constituíram um desafio imposto pela proposta da gestão da demanda.

5 CONCLUSÕES

Os instrumentos sustentáveis do uso dos recursos, propostos pela equipe de projeto, para o Complexo da ALERGS, foram baseados na busca de soluções adequadas para os desafios apresentados, tais como o clima, as características do entorno, a valorização da arquitetura pré-existente e o respeito às limitações construtivas e tecnológicas.

A adequação do passivo construído às novas exigências de controle de consumo e eficiência de desempenho energético é um novo desafio para a construção civil. As técnicas apresentadas procuraram sintetizar um método para a abordagem do problema. Dessa forma, as propostas apresentadas pela equipe podem ser passíveis de aplicação a outras situações.

No escopo da redução do consumo energético, o sistema proposto para condicionamento do ar interno procurou o aumento da ventilação natural, o conforto dos usuários respeitando as características climáticas de Porto Alegre, a necessidade de aquecimento no inverno e refrigeração no verão, e as pequenas áreas disponíveis para instalação dos equipamentos que compõem o sistema.

Os critérios de investimento financeiro e proteção dos usuários foram limitantes para as ações de redução da demanda de água. As atividades propostas possibilitaram considerável redução do consumo, com baixo investimento em compra de equipamentos e manutenção e sem colocar em risco a saúde da população do condomínio.

Por fim, todas as ações empregadas para a atualização tecnológica respeitaram as características culturais e arquitetônicas do complexo. Em síntese, a proposta permite a extensão do tempo de uso de um relevante edifício de Porto Alegre, a manutenção de sua história e em contrapartida, a economia de materiais que seriam empregados para a construção de um novo Complexo para a ALERGS.

6 REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 15575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2008.

AFONSO, C. F. A. **Recent advances in building air conditioning systems**. *Applied Thermal Engineering*, n°26, 2006, p. 1961-1971.

AGENDA 21 BRASILEIRA. 2003. Disponível em: <<http://www.ecolnews.com.br/agenda21>>. Acesso em: 11 mai. 2010.

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers. **ASHRAE Handbook of Fundamentals**. Atlanta, 2009.

CIB. **Agenda 21 para a construção sustentável**. Trad. Gonçalves, I.; Whitaker, T. Ed. Weinstock, G.; Winstock, D.M. São Paulo: s.n., 2000.

CLARKE, J. A. **Energy simulation in building design**. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2001.

GASPARY, F. P.; LOPES, C. E. J. **Retrofit na revitalização do patrimônio histórico no Rio Grande do Sul, Brasil – um estudo de casos**. 3º Congresso Internacional da Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios. Rio de Janeiro, 2010.

GONÇALVES, O. M. **Contribuições para a economia e qualidade dos sistemas prediais**. São Paulo, 1997. Concurso de Livre-Docência - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GRIGGS, J. C.; SHOULER, M. C. An examination of water conservation measures. **Water supply and drainage for buildings – Proceedings of 21st International Symposium**. Brighton, England, 1994.

HESPANHOL, I.; GONÇALVES, O.M. (coord.). **Conservação e reúso da água: manual de orientações para o setor industrial**. São Paulo: FIESP/CIESP, 2004. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/Conservacao%20e%20reuso%20da%20aguaparaosetorindustrial.pdf>>. Acesso em 10 jun. 2008.

ICOMOS – Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. **Carta de Burra**. Burra, 1980. Disponível em: <http://www.icomos.org.br/cartas/Carta_de_Burra_1980.pdf>. Acesso em 12 mai. 2010.

IAB-RS. **Termo de Referência do Concurso Público Nacional de Arquitetura para o Plano de Ocupação e Requalificação Espacial do Complexo da Assembléia Legislativa do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2009.

LIMA, T. B. S.; AMORIM, C. N. D. **Desempenho energético de edifício público de escritórios em Brasília – análise a partir de simulação computacional**. In: *Encontro Nacional e Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído*. Ouro Preto, 2007.

SILVA, G.S. **Programas permanentes de uso racional de água em campi universitários: o Programa de Uso Racional de Água da Universidade de São Paulo**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifícios**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo.

REY, E. **Office building retrofitting strategies: multicriteria approach of an architectural and technical issue**. *Energy and Buildings*, n°36, 2004, p. 367-372.

TAMAKI, H.O. **A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais** – estudo de caso: programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo.

TOFTUM, J.; ANDERSEN, R.V.; JENSEN, K.L. **Occupant performance and building energy consumption with different philosophies of determining acceptable thermal conditions**. *Building and Environment*, n°44, 2009, p. 2009-2016.

YWASHIMA, L. A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

7 AGRDECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a FAPESP e a CAPES pelo fornecimento de bolsas.