

EDIFÍCIO PÚBLICO SUSTENTÁVEL: PALÁCIO ITAMARATY

Cláudia Naves David Amorim, Darja Kos Braga, Thais Borges Sanches Lima, Evangelos Dimitrios Christakou, José Carlos Soares Grillo, Ítalo Augusto V. David, Valéria Morais Baldoíno, Pedro Veloso, Sued Ferreira da Silva

(1) UnB – Faculdade de arquitetura, Campus Universitário Darcy Ribeiro, ICC Norte. Brasília – DF LACAM - Tel: (61) 3307-2995

RESUMO

O Palácio Itamaraty é sede do Ministério das Relações Exteriores, em Brasília e foi projetado por Oscar Niemeyer e equipe em 1960. Localiza-se na Esplanada dos Ministérios, contando com a proteção do Governo do Distrito Federal e do Governo Federal, que tem por objetivo conservar e manter as características essenciais do conjunto urbanístico, arquitetônico e paisagístico de Brasília, considerada “Patrimônio Cultural da Humanidade” pela UNESCO, por ser a única capital projetada e construída dentro dos ideais modernistas. Hoje o Ministério possui, além do Palácio, dois Anexos, e todas as edificações do conjunto apresentam evidentes problemas de conforto ambiental. O presente artigo apresenta um estudo de projeto para o Palácio e o Anexo I, através da melhoria do conforto ambiental e eficiência energética e da otimização do uso dos recursos naturais. Devido à necessidade de preservação das edificações, no entanto, as soluções não devem interferir excessivamente nas fachadas ou no layout interno. Os principais problemas identificados nas edificações são o excesso de radiação solar direta gerando problemas de conforto térmico e visual, ausência de ventilação natural, dependência do ar condicionado e falta de privacidade. As propostas foram avaliadas através de medições in loco, entrevistas com os usuários, cálculos e simulação computacional com softwares Ecotect, Radiance e IES. O projeto final resulta em uma arquitetura mais sustentável que interfere minimamente nas características da arquitetura original.

ABSTRACT

The Itamaraty Palace is the house of Brazilian Foreign Ministry in Brasília and was designed by Oscar Niemeyer and his team in 1960. Located on the Esplanade of Ministries, it has the protection of Federal District and Federal Government, that claims to the conservation of the essential characteristics of urban and architectonic complex of Pilot Plan. The Pilot Plan is considered as well the “Patrimony of the Humankind” by the UNESCO, and Brasilia is the only capital designed and built entirely by the modernistic principles. Today the Itamaraty is composed by three buildings, the Itamaraty Palace and two supplementary buildings, all presenting evident comfort problems. The article presents the retrofit project of the Palace and the first Supplementary building. Due to the need of preservation of the main building the solutions should not interfere on the facades or internal layout. The main problems identified were excess of solar radiation, dependency of air conditioning and the lack of privacy. The interventions should improve the comfort and increase the energy efficiency, using passive systems. The proposal was evaluated through measurements, interviews, calculations and computer simulation with softwares Ecotect, Radiance and IES. The final project results in more sustainable architecture, without interfering on the original architecture.

1. INTRODUÇÃO

Desde 1987, Brasília está na lista dos bens de valor universal pelo Comitê do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural da UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Através do Artigo 38 da Lei Federal nº 3.751, de 13 de abril de 1960 (Lei Santiago Dantas), o Plano Piloto constitui-se objeto de proteção legal, no que se refere à manutenção dos princípios de projeto, desde a sua inauguração. Esta lei foi regulamentada pelo Decreto nº 10.829, de 14 de outubro de 1987, que descreve que devem ser preservadas as características essenciais nas quatro escalas da concepção da cidade: a monumental, a residencial, a gregária e a bucólica, de forma a manter o padrão de qualidade de vida para as futuras gerações. Em 14 de março de 1990, deu-se o tombamento federal com a inscrição de nº 532 no Livro do Tombo Histórico, e disciplinado por meio da Portaria nº 314, de 14 de outubro de 1992, do Instituto Brasileiro do Patrimônio Cultural - IBPC, hoje Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN (CARVALHO, 2006).

O Palácio Itamaraty (figura 1), sede do Ministério das Relações Exteriores em Brasília, foi projetado por Oscar Niemeyer e equipe e teve sua construção finalizada em 1969 (MRE, 2006). Está localizado na Esplanada dos Ministérios e difere do padrão dos outros edifícios ministeriais. Devido à questão do tombamento, qualquer proposta de modificação na edificação deve ser seguida de uma análise criteriosa da interferência das possíveis soluções propostas de modo a preservar o patrimônio histórico e ao mesmo tempo permitir a utilização adequada do imóvel.



Figura 1 – Fachada principal (norte) do Palácio Itamaraty e fachada sul do Anexo I

Para isso, as intervenções nos edifícios de valor histórico vêm se baseando no emprego de técnicas de *retrofit* imobiliário, solução esta indicada pela Carta de Burra, elaborada pelo Conselho Internacional de Monumentos e Sítios – ICOMOS, que define o significado e extensão dos termos pertinentes à preservação de edifícios que possuam significação cultural (GRILLO, 2005).

Em muitos edifícios têm se implantado técnicas de *retrofit*, principalmente as relacionadas com questões relativas ao conforto ambiental e ao uso racional de energia, de forma a melhorar sua qualidade ambiental e torná-los mais eficientes.

Desse modo, este trabalho pretende mostrar soluções de melhoria para um maior aproveitamento da iluminação e ventilação natural no Palácio e Anexo I, reduzindo os custos com energia através da retirada do uso constante de iluminação artificial e ar condicionado durante todo o dia nas áreas de escritórios.

Devido à necessidade de preservação do edifício pelo seu caráter representativo para a arquitetura de Brasília e também pelas restrições advindas com a necessidade de preservação de sua arquitetura, as soluções não deverão interferir nas fachadas do prédio principal ou na solução de zoneamento arquitetônico instalada.

Com relação ao edifício do Anexo I, as restrições são menores, havendo a possibilidade de implantação de elementos na fachada para melhoria das condições de iluminação e ventilação natural. As duas edificações estão ligadas por meio de duas passarelas suspensas com fechamentos laterais envidraçados.

2. ANÁLISE DO CLIMA DE BRASÍLIA E ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS RECOMENDADAS

O clima de Brasília pode ser classificado como Tropical de Altitude, de acordo com a classificação de Köppen, onde são identificadas duas estações nitidamente distintas: quente-úmida (outubro a abril) e seca (maio a setembro). Maciel (2002) sugere a distinção de um terceiro período, dentro do período seco, que seria classificado como quente-seco e abrangeria os meses de agosto e setembro.

A temperatura do ar média é de 21,6 °C. Setembro pode ser considerado um dos meses mais desfavoráveis do ponto de vista do conforto térmico, apresentando elevadas temperaturas e baixa umidade relativa. As amplitudes diárias podem alcançar valores consideráveis, principalmente na época seca. A umidade relativa do ar média é de 70%. O mês mais seco é o mês de agosto, com 56% de umidade relativa média. A umidade relativa mínima absoluta registrada é de 8%, no mês de setembro. A insolação anual média é em torno de 2.400 horas, com uma probabilidade de horas de sol em torno de 60%. A precipitação total média é cerca de 1435mm.

Os ventos predominantes são leste e sudeste na maior parte do ano, e noroeste nos meses mais chuvosos. Durante todo ano predominam as velocidades dos ventos de 2 a 3 m/s e de maneira secundária as velocidades de 3 a 4 m/s.

Segundo a norma brasileira NBR 15220 -3 (ABNT, 2005), Brasília está localizada na zona 4, cujas principais estratégias bioclimáticas recomendadas para frio são massa térmica e ganho solar passivo e para o calor ventilação, massa térmica para resfriamento e o resfriamento evaporativo. As aberturas devem ser de tamanho médio (de 15% a 25% da área do piso) e sombreadas.

3. O PROJETO ORIGINAL

O prédio principal – Palácio Itamaraty - é um volume com planta quadrada e fechamento em vidro sob colunas interligadas por arcos plenos em concreto, posicionadas sobre um espelho d'água. As esquadrias são de alumínio natural, com janelas do tipo guilhotina, vidros fumê de 6mm de espessura, com recuo de 6 metros em relação à cobertura. Pavimento térreo e o segundo pavimento são ocupados por escritórios e gabinetes e o terceiro abriga os salões de exposições, banquetes e uma área de terraço. A parte central do edifício é ocupada por um grande vestíbulo em dois níveis interligados por uma escada helicoidal.

Os gabinetes são voltados para as fachadas leste e oeste, sendo caracterizados por um assoalho de madeira do tipo ipê no piso; teto em gesso, pintado na cor branca; paredes opostas às janelas revestidas com madeira do tipo freijó e as laterais pintadas na cor branca. A maioria das salas possui persianas verticais, fabricadas em tecido, na cor verde, que permanecem fechadas durante todo o dia, devido não só à insolação, mas também à necessidade de privacidade do ambiente (GRILLO, 2005).

O prédio do Anexo I, construído na mesma época, tem formato retangular com duas fachadas principais, voltadas para norte e sul. Possui nove pavimentos: térreo, sobreloja, cinco andares padronizados e dois subsolos, com cerca de 13 mil m² de área útil, sendo ligado ao prédio principal por duas passarelas envidraçadas na altura do segundo andar (SAFRA, 2002). A fachada orientada para o Norte possui brise-soleil, enquanto a sul permanece totalmente envidraçada sem proteção solar.

As duas edificações apresentam problemas de conforto ambiental, principalmente o corpo principal todo envidraçado, que recebe alta insolação, além da falta de privacidade. O Anexo I tem sérios problemas de aquecimento devido à fachada envidraçada ser orientada para sul, solução que vinha sendo adotada desde o projeto do Ministério da Educação e Cultura no Rio de Janeiro e que não é adequada às condições climáticas locais.

Os edifícios funcionam de 9 às 19 hs (10 horas de expediente diário, totalizando 2500 hs por ano), sendo os escritórios totalmente condicionados com um sistema central de ar de expansão indireta por água gelada, composto por torres de resfriamento de água, refrigeradores e dutos de insuflamento de ar. O sistema se apresenta insuficiente para promover condições de conforto térmico, sendo complementado por aparelhos individuais, instalados nas janelas, comprometendo a composição das fachadas.

Sistema de iluminação artificial dos escritórios foi modificado em 2002, sendo atualmente constituído por luminárias de embutir para duas lâmpadas fluorescentes de 32W, com refletor e aletas parabólicas

em alumínio brilhante, instaladas transversalmente em relação à fachada. O sistema de acionamento é comandado por um detector de presença e sensor de luz instalados no teto. A fotocélula do sensor realiza a leitura da luz natural disponível, impedindo que a iluminação seja acionada quando o nível de iluminância for superior à 500 lux, mesmo que haja detecção de presença.

4. PROBLEMAS DO PALÁCIO ITAMARATY E ANEXO I: OPORTUNIDADES PARA UM EDIFÍCIO PÚBLICO SUSTENTÁVEL

Os principais problemas observados nos edifícios são oportunidades para intervenções na arquitetura dos mesmos, potencializando estratégias passivas, porém mantendo a arquitetura original e o layout interno. Decidiu-se intervir principalmente nos gabinetes do Palácio e escritórios do Anexo I, considerando que são as áreas onde ocorrem as atividades mais importantes, com presença de inúmeros usuários e grande potencial para melhoria do conforto ambiental e eficiência energética.

O problema mais premente é a ausência de proteção solar e pouco aproveitamento da luz natural nas fachadas leste e oeste do Palácio e sul do Anexo I. Os gabinetes recebem luz solar direta pela manhã e pela tarde, e no caso do Anexo, em todo o verão. Os usuários fecham as persianas para reduzir calor e ofuscamento, reduzindo significativamente luz natural e provocando acendimento automático das luzes, pois o nível de iluminância fica neste caso quase sempre abaixo de 500 lux. Além disso, o vidro utilizado (fumê) é inadequado para o clima local, absorvendo grande parte da radiação incidente e reemitindo-o para o interior, além de reduzir bastante a luz natural.

As principais queixas dos usuários são excesso de incidência solar direta, calor, dependência do sistema de ar condicionado e falta de privacidade, devido às fachadas totalmente envidraçadas. Isto evidencia o desejo de controle do ambiente por parte do usuário, do ponto de vista térmico e luminoso.

É importante salientar que o hall central do Palácio apresenta-se com temperatura extremamente agradável, por ser sombreado, ventilado (aberto na lateral) e pela presença de jardins internos. A criação de aberturas em outras partes do edifício facilitaria o escoamento do ar interno, propiciando a ventilação diurna controlada e o resfriamento noturno da massa. Este sistema poderia ser combinado com o ar condicionado existente, nas horas de maior calor, constituindo uma estratégia híbrida.

O edifício apresenta também grande potencial para captação de energia solar, devido à grande área de cobertura desobstruída: o Palácio possui cobertura de 7.140,00 m² e o Anexo I de 3.213,48 m²

5. PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO: ITAMARATY SUSTENTÁVEL

5.1 Estratégias bioclimáticas para o edifício

- **Ventilação natural controlada:** diurna em três modalidades nos gabinetes do Palácio e escritórios do Anexo (de conforto – na altura do usuário, estrutural e para renovação do ar);
- **Ventilação noturna da massa:** resfriamento convectivo da massa é uma técnica eficaz de resfriamento passivo, quando a amplitude térmica diária no verão não for menor de 6°C (Brasília tem amplitude térmica diária de 13,8°C em setembro e 8,8°C em dezembro). Além disso, o edifício possui bastante massa no seu interior, com paredes duplas e laje espessa;
- **Proteção solar das aberturas:** através da adoção de elementos internos e película de controle solar, que não interferem na arquitetura original; e
- **Resfriamento evaporativo:** através da adoção de sistemas de vaporização de água, formando uma cortina nas janelas dos gabinetes e escritórios.

5.2 Estratégias para eficiência energética e sistemas renováveis

Nos escritórios do Palácio, propõe-se a colocação das luminárias existentes em fileiras paralelas à fachada para poder controlar seu acendimento de forma mais racional e a redução da carga instalada, otimizando as lâmpadas e reatores.

É previsto o uso do ar condicionado combinado à ventilação natural, nos momentos em que esta não for suficiente para o conforto térmico, e também nas salas confinadas, onde não for possível a ventilação natural. O ar condicionado terá a possibilidade de controle diferenciado nas salas localizadas em diferentes fachadas e locais dos edifícios, de forma a permitir a otimização de seu uso.

Propõe-se a adoção de energia fotovoltaica para produção de energia elétrica, uma vez que o Palácio e o Anexo I possuem extensa área de cobertura completamente desobstruída, onde poderiam ser localizados as placas e painéis fotovoltaicos, sem nenhum prejuízo à estética arquitetônica.

6. O PROJETO PROPOSTO

6.1 Ventilação natural dos gabinetes do Palácio e escritórios do Anexo I.

Os projetos de ventilação natural das salas do Palácio e do Anexo I seguem um esquema idêntico;

Todas as salas do Palácio e do Anexo I serão dotadas de uma adaptação do peitoril ventilado (BITTENCOURT, 2006), para possibilitar a ventilação da parte inferior (abaixo de 1 m). Acima do peitoril, as esquadrias existentes serão adaptadas para um modelo do tipo guilhotina, permitindo a abertura de até 55 cm de altura em toda a extensão da sala. A 2.10 m de altura, acima da prateleira de luz, a esquadria também será do tipo guilhotina, permitindo uma abertura máxima de 55 cm, em toda a extensão da sala. Todas as aberturas terão a possibilidade de fechamento. As janelas receberão a persiana horizontal perfurada, com comandos independentes para permitir o controle da iluminação natural e privacidade. A janela superior (acima da prateleira) e peitoril receberão uma proteção com tela para evitar a entrada de insetos e pequenos pássaros.

Na parte superior da parede oposta às janelas haverá um duto de saída de ar com 50 cm de altura. Este liga a respectiva sala com o corredor que dá acesso as passarelas, passando por cima da sala de secretária. A entrada do duto possui lamelas móveis que permitem controle de fluxo de ar. A estratégia de dutos permite a ventilação natural evitando problemas acústicos ou de privacidade.

No edifício Anexo I, também se abrem saídas de ar para a ventilação natural nas extremidades dos corredores e na fachada norte.

A Figura 2 ilustra as três possibilidades de aberturas para ventilação:

- Opção 1: Ventilação máxima – estrutural e de conforto máximo com vazão de cca. 96 renovações por hora;
- Opção 2: Ventilação estrutural e de conforto média; e
- Opção 3: Ventilação estrutural.

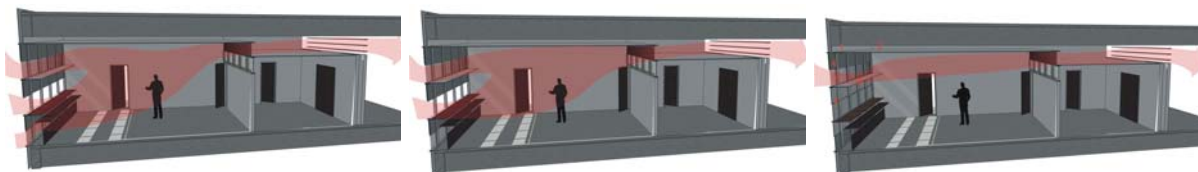


Figura 2: Abertura para ventilação – Opção 1, 2 e 3, respectivamente

Nas paredes das passarelas para o edifício Anexo I se propõem esquadrias móveis que servirão como saída para o fluxo de ar proveniente dos gabinetes. Incorporou-se também a proteção para sol e chuva em forma de cobertura com brises. (Figura 3)



Figura 3: Passarelas ventiladas e cobertura para proteção solar (veja mascaras de sol)

6.2 Para proteção solar e distribuição de luz natural

Em todas as janelas do Palácio se propõe a colocação de película de proteção solar, para minimizar a carga solar. Como a estética das fachadas deveria ser preservada, optou-se por uma película transparente tipo filme, com Coeficiente de Sombreamento de 0,53 e Fator de Ganho Solar de 0,43. Estas características melhoram o desempenho do vidro, reduzindo o ganho solar, sem alterar a aparência da fachada. Além disso, os gabinetes do Palácio receberão uma prateleira de luz colocada a 2,10 m de altura, para otimizar a distribuição da luz solar direta.

Todos os gabinetes do Palácio e escritórios do Anexo serão dotados de persianas horizontais aluminizadas com perfuração de 50%, que permitem a vista externa mesmo quando fechadas. O controle diferenciado possibilita diferentes combinações de abertura, permitindo a penetração somente da luz por cima da prateleira de luz, quando desejável, deixando o restante da persiana fechada, para garantir privacidade e proteção solar. (Figura 4)

A fachada sul do Anexo (figura 1), envidraçada sem nenhuma proteção, será dotada de brises verticais em concreto, dimensionados para proteger as salas da incidência solar direta que ocorre no verão, para os raios solares com ângulo horizontal maior que 60° em relação à normal da fachada. Para os ângulos menores há sombreamento parcial.

7. AVALIAÇÃO DAS PROPOSTAS

Para avaliar as propostas, foram efetuadas medições e testes em uma sala protótipo, questionários com os usuários, cálculos preliminares e simulações computacionais (softwares ECOTECT, IES e RADIANCE). A seguir descrevem-se os procedimentos de cada uma.

7.1 Medições e testes em salas protótipo: sistemas de iluminação natural e proteção solar

A eficiência do sistema de iluminação natural e proteção solar quanto ao conforto visual e térmico foi testada através da comparação de uma sala onde foi instalado o sistema completo (película, prateleira de luz e persiana de alumínio perfurada) com uma sala original (com persianas verticais em tecido). Realizaram-se as medições de iluminância, temperatura do ar, temperatura de globo e umidade nas duas salas simultaneamente em três dias (28/08, 03/09 e 22/10) nos horários de 9, 12 e 15 hs. (Figura 4)



Figura 4: Sala original com persianas em tecido (esquerda) e sala protótipo com modificações propostas (persianas aluminizadas perfuradas, prateleira de luz e película de controle solar).

Os resultados demonstraram uma melhoria significativa na quantidade de luz natural no ambiente (o Coeficiente de Luz Diurna passa de valores entre 0,12 e 0,80 para valores entre 0,84 e 2,21). Também a melhoria na uniformidade de distribuição da luz natural é notória, atestada pelo aumento do coeficiente U_0 de 0,30 para 0,80 em média. Desta forma, comprovou-se a eficácia do sistema, atendendo também às exigências dos usuários com relação à privacidade e vista para o exterior.

Foram realizadas também as medições com a iluminação artificial parcialmente acesa, nas horas de menor quantidade de luz natural (de 12:00 às 18:00 horas na fachada leste e de 9:00 às 12:00 horas na fachada oeste). Nessas condições observou-se que os sistemas propostos instalados permitem alcançar níveis muito próximos dos ideais (500 lux) com apenas 50% das luminárias existentes acesas.

7.2 Avaliação dos usuários referente às condições de iluminação das salas protótipo

Para avaliar os sistemas de luz natural e sistemas de controle da iluminação, foram aplicados questionários a respeito das impressões dos usuários durante o desenvolvimento de atividades típicas de escritório nas duas salas. Todos os usuários destacaram as condições favoráveis da sala de testes, o que confirmou as medições ambientais efetuadas anteriormente.

7.3 Desempenho das salas protótipo com relação ao conforto térmico: medições

Foram realizadas medições das temperaturas de bulbo seco e úmido, de globo e umidade relativa, com portas e janelas fechadas. A partir dos dados obtidos calcularam-se, por meio do programa Análises CST, os índices PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*).¹ Os resultados demonstram que houve uma redução média de 2°C na temperatura do ar e temperatura de globo, e conseqüentemente uma redução no percentual de pessoas insatisfeitas (PPD) em média de 10%.

7.4 Simulações de desempenho térmico

As simulações de desempenho térmico, realizadas com o software ECOTECT para solstícios e equinócios comprovaram melhoria térmica dos ambientes, em todos os períodos do ano, além dos que já foram evidenciados com a medição *in loco*.

As temperaturas internas são resultado de condições climáticas, arquitetônicas e de uso. As simulações mostraram que nos dias analisados as temperaturas nos gabinetes do Palácio mantêm-se dentro dos limites de conforto somente no dia 21 de junho. Nos outros dias ultrapassam este limite (29°C) durante a maior parte do horário de trabalho. Há uma elevação de temperatura nos gabinetes voltados para leste logo no início do expediente, devido aos ganhos solares diretos. Ao longo do dia as temperaturas se mantêm elevadas principalmente devido aos altos ganhos internos.

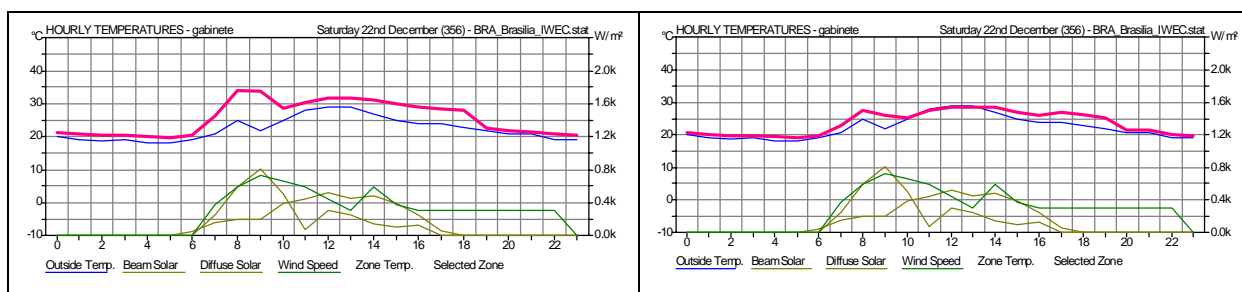


Gráfico 1: Simulação de temperaturas no gabinete leste do palácio - 22 de dezembro - situação original e proposta, respectivamente

¹ Considerou-se vestimenta correspondente a 0,85 clo, atividade física de 70W e ar parado (0m/s).

No caso dos escritórios do Anexo I (fachada sul), constatou-se que apenas nos dias quentes as temperaturas internas extrapolam os limites de conforto. Como a principal fonte de calor identificou-se a iluminação artificial e os computadores.

Comparando os gráficos de temperaturas simuladas (Gráfico 1) percebe-se uma redução das temperaturas nos gabinetes do Palácio de aproximadamente 4°C em todas as épocas do ano. O uso do ar condicionado se mostra necessário somente em determinados horários dos dias mais quentes.

No caso dos escritórios do Anexo I as temperaturas máximas caíram em média 3°C, melhorando o bem estar dos usuários e diminuindo potenciais gastos energéticos com ar condicionado. O uso do ar condicionado mostrou-se necessário somente em determinados horários dos dias mais quentes.

7.5 Simulações de iluminação natural

Com relação ao uso da iluminação natural e conforto visual, as simulações realizadas com o software RADIANCE evidenciaram os problemas já constatados anteriormente: incidência de luz solar direta com as persianas abertas, em níveis excessivos (Figura 5).

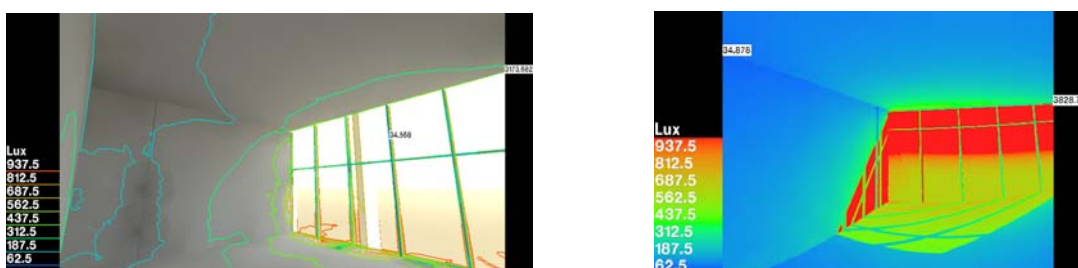


Figura 5: Simulação de iluminação natural dos gabinetes do Palácio (às 10 horas) e dos escritórios do Anexo I (às 16 horas) – situação original, respectivamente

As simulações demonstraram que as estratégias projetadas melhoram os níveis de iluminação, obtendo maior uniformidade e atenuação dos níveis de luz natural para as tarefas visuais do ambiente (Figura 6).

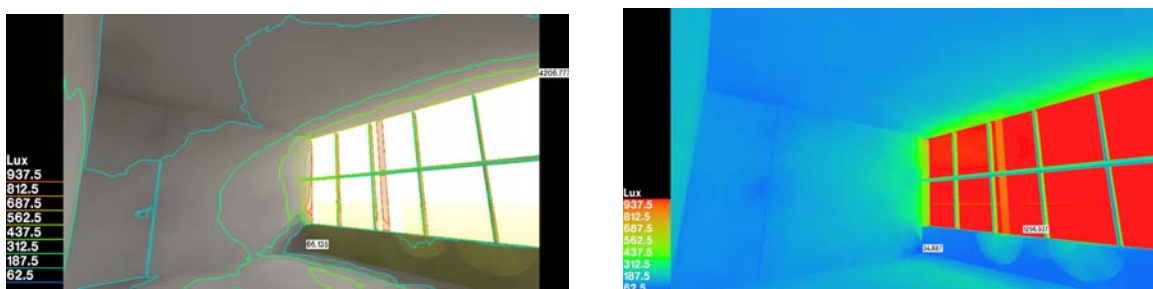


Figura 6: Simulação de iluminação natural dos gabinetes do Palácio (às 10 horas) e dos escritórios do Anexo I (às 15 horas) – situação proposta, respectivamente

7.6 Cálculos e simulações de ventilação natural (software IES)

O sistema de ventilação natural foi testado através de cálculos manuais e simulações com o software IES. Os cálculos demonstraram a possibilidade de até 96 renovações de ar por hora com vento leste nos gabinetes voltados para leste. Na fachada oposta, no verão, com vento predominante noroeste, pode-se alcançar também até 96 renovações por hora. No caso do Anexo, os cálculos comprovaram até 78 renovações por hora. Nos períodos em que o ar externo atinge temperaturas acima do nível de conforto ou em que o vento não atinge velocidade suficiente, é prevista a utilização de ar condicionado com comando diferenciado para as salas situadas nas diferentes fachadas.

Para verificar o comportamento da ventilação realizaram-se simulações computacionais com o simulador MicroFlo do software Integrated Environmental Solutions Limited – Virtual Environment (IES - VE). As simulações foram realizadas considerando rajada de vento com velocidade de 1,48 m/s.

A figura 7 representa a simulação da ventilação máxima (com todas as aberturas abertas) dos gabinetes nas duas alas do Palácio e escritórios da fachada sul do Anexo I. Os resultados dos gabinetes foram idênticos para as duas orientações e a velocidade média do ar de aproximadamente 1,0 m/s. Nas áreas próximas ao piso, teto, esquadrias fixas e parede oposta à esquadria as velocidades são mais baixas - entre 0,0 e 0,4 m/s. Já no caso do Anexo a divisória forma escritório e corredor. O escritório apresenta velocidades maiores na faixa acima de 1,00m. Nas áreas próximas ao piso, teto e a região próxima a parede oposta à esquadria as velocidades são baixas.

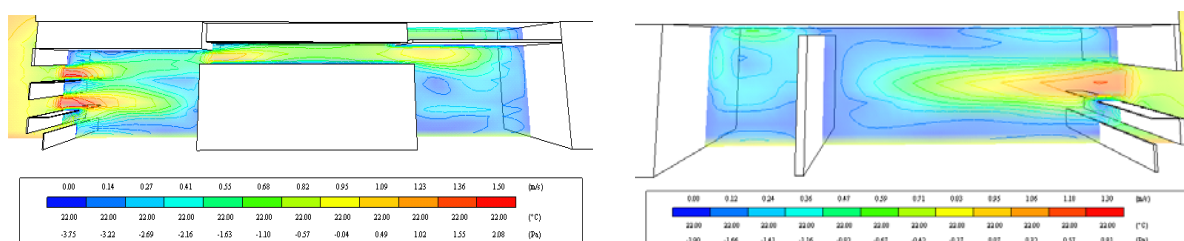


Figura 7: Simulação da ventilação natural nos gabinetes do palácio (fachadas leste e oeste) e nas salas localizadas a sul do Anexo, respectivamente

Constata-se que as estratégias propostas são eficientes, permitindo velocidades do ar agradáveis na altura do corpo com todas as aberturas abertas. Ao mesmo tempo é possível controlar a ventilação através do fechamento das aberturas para a diminuição do fluxo, quando necessário.

7.7 Uso da energia solar: sistema fotovoltaico

Optou-se pelo emprego do sistema de energia solar integrado à rede de energia elétrica pública, dispensando o uso de baterias. A energia gerada pelos painéis é convertida em energia alternada e colocada para consumo imediato. Deste modo, a rede pública é utilizada como fonte supridora de energia em períodos sem geração fotovoltaica. O sistema fotovoltaico atua como central geradora de energia em paralelo ao sistema público.

O consumo médio mensal de energia elétrica dos dois edifícios determinado a partir das contas de consumo do período 08/2005 - 07/2006 foi de 409.083,66 KWh. Na proposta, avalia-se que economia alcançaria 64,5%, ou seja, o consumo médio ficaria em 35,5% do consumo atual. Colocando-se uma margem de segurança e considerando épocas de maior consumo dimensionou-se o sistema para 40% do consumo atual. Isto equivale a 163.633 KWh/mês, correspondendo a 5.455 KWh/dia.

Para o cálculo da potência média necessária utilizou-se a fórmula apresentada por Marinovski (2004). Desta forma, para um rendimento de aproximadamente 93%, é necessária uma potência média de 801,75 KW para atender as necessidades diárias de consumo dos dois edifícios. A partir deste valor calcula-se a área total a ser ocupada pelos painéis, igual a 5.726 m², sendo, portanto necessários 6.164 painéis fotovoltaicos (da marca Kyocera, modelo KC 120-1, com eficiência de 14%).

7.8 Estimativa do potencial de economia energética

Uso otimizado da luz natural e proteção solar nos escritórios

Para estimar a economia energética através do sistema de proteção solar, distribuição de luz natural e controle da luz artificial, dividiu-se o número total de horas de trabalho (2500 hs) em intervalos de tempo representando as seguintes situações características de iluminação natural:

- alta disponibilidade de luz natural (lâmpadas apagadas) - cerca de 1250 h (50%);
- disponibilidade parcial de luz natural (lâmpadas parcialmente acesas) - cerca de 625 h (25%);
- baixa disponibilidade de luz natural (lâmpadas 100% acesas) - cerca de 625 h (25%).

Considera-se aqui que o usuário não terá a iniciativa de abrir e fechar as persianas enquanto está trabalhando, portanto a tendência natural é que as persianas fiquem quase sempre fechadas, ou abra-se somente a parte do meio para permitir a ventilação. Nesta condição, as lâmpadas aumentarão o nível de iluminação à medida que for necessário. Portanto, a economia estipulada proveniente da iluminação artificial nos escritórios do Palácio e do Anexo é de 72,5%.

Uso de ventilação natural e ventilação noturna da massa

O uso da ventilação natural durante o dia poderá ser feito nos meses com temperaturas mais amenas, isto é, março, abril, maio, junho, julho, novembro e dezembro (potencialmente 7 meses no ano). O uso da ventilação noturna da massa poderá ser feito durante todo o ano. Estima-se que com estas estratégias a redução do ar condicionado seria de 50%.

Através da análise da distribuição de consumos do Palácio, constata-se que a iluminação representa 7,6% e condicionamento artificial 49% (ar condicionado central 39% e sistemas de janela 10%) do total. A iluminação do Anexo I estima-se em torno de 30% e o ar condicionado 40% do consumo total. Portanto, somando-se estes percentuais pode-se obter a seguinte distribuição de consumos:

- **Palácio:**
Iluminação: 7,6% - potencial de economia 72,6% - representando economia parcial de 5,5%
Ar condicionado: 49% - potencial de economia 50% - economia parcial de 24,5%
- **Anexo:**
Iluminação: 30% - potencial de economia 50% - economia parcial de 15%
Ar condicionado: 40% - potencial de economia 50% - economia parcial de 20%

Resumindo, considerando as duas edificações e com todas as intervenções propostas, a economia total é estimada em 20,5% na iluminação artificial e 44,5% no ar condicionado, totalizando 64,5%.

8. CONCLUSÕES

É importante salientar que, além da economia direta, o maior conforto ambiental aumenta a satisfação e a produtividade dos usuários. O projeto representa um passo em direção a sustentabilidade e eficiência energética, mantendo a estética e as características da arquitetura original, emblemática e representativa do Movimento Moderno e de Brasília.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, Rio de Janeiro. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- AMORIM, C.N.D et all. Edifício Público Sustentável: Palácio Itamaraty. Caderno do Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia 2006. Procel/ Eletrobras, Rio de Janeiro, 2006.
- BITTENCOURT, Leonardo. Ventilação natural. Ed. UFAL, Maceió, 2006.
- CARVALHO, Luísa Helena Figueiredo Villa-Verde. Brasília - Patrimônio Cultural da Humanidade: o tombamento de Brasília. Disponível na internet: http://www.asselegis.org.br/bsb_patr.htm.
- GRILLO, José Carlos Soares. Reabilitação ambiental de edifício público moderno: O caso do Palácio Itamaraty. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, 2005.
- MACIEL, Alexandra A. Projeto bioclimático em Brasília: Estudo de caso em edifício de escritórios. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Univ. Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- MARINOSKI, Deivis L.; SALAMONI, Isabel T.; RÜTHER, R. Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico: estudo de caso do edifício sede do CREA-SC. ENTAC, São Paulo, 2004.
- MRE. Breve história da construção do palácio. Disponível na internet: www.mre.gov.br/portugues/ministerio/palacio/palacio/index.asp. Acesso em 14/08/06.
- SAFRA. Palácio Itamaraty Brasília: Brasília, Rio de Janeiro. São Paulo: Banco Safra, 2002.