

**MERCOFRIO 2000 - CONGRESSO DE AR CONDICIONADO,
REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO DO MERCOSUL**

**FUNÇÃO TERMO-REGULANTE DO ENVELOPE EM RECONVERSÃO DE
EDIFÍCIOS**

Teresa C. F. de Queiroz – e-mail: queiroz@insa-cethyl-etb.insa-lyon.fr

M.Sc., Prof. Ass. FAU/UFRJ, doutoranda/bolsista da CAPES, Brasília/Brasil

Leopoldo E. G. Bastos – e-mail: leopoldo@serv.com.ufrj.br

D.Sc., Prof. Tit. PEM/COPPE/UFRJ

Patrick Depecker – e-mail: dker@insa-cethyl-etb.insa-lyon.fr

Docteur d'Etat, Prof. Insa de Lyon / UCBL/Directeur ETB/CETHIL/INSA

***Resumo.** O tema é parte integrante de pesquisa para tese de doutoramento e se insere no âmbito de um acordo institucional (CAPES/COFECUB-284/99), entre "Institut National des Sciences Appliquées de Lyon/INSA-Lyon" e "Coordenação de Programas de Pós-graduação em Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro" (UFRJ), sendo a fase de pesquisa laboratorial desenvolvida no "Centre Thermique de Lyon" (CETHIL/INSA), "Equipe de Thermique du Bâtiment" (ETB). Este artigo apresenta os resultados de fase de pesquisa preliminar, de interesse documentário e metodológico no domínio da alta qualidade ambiental da edificação. O objeto de estudo compreende a reconversão de edifícios, a partir da readaptação a uma nova função espacial. A problemática de estudo é a aplicabilidade do conceito físico da permeabilidade solar na análise de envelopes de edifícios reconvertidos, considerando um dado contexto climático. Considerando a função termo-regulante do envelope, objetiva-se neste artigo apresentar um estudo bibliográfico sobre o conceito físico da permeabilidade solar, proposto e desenvolvido pelo Prof. Pierre Lavigne, no "Laboratoire Energétique et Confort Thermique", da "Ecole d'Architecture de Grenoble". Este trabalho contribui com uma pesquisa de fundamentos, desdobrando os fatores físicos associados ao conceito da permeabilidade solar de envelopes na análise de reconversões de edifícios e procura viabilizar as perspectivas na elaboração de um método simplificado de apoio à concepção arquitetônica.*

***Palavras-chave:** Reconversão de edifícios, Envelope, Permeabilidade solar, Permeabilidade termo-regulante*

1. A LINGUAGEM DA RECONVERSÃO DE EDIFÍCIOS

A reconversão de um edifício é um processo que imprime uma readaptação arquitetônica de uma nova função no espaço interior ou no entorno, a partir de uma concepção construtiva original que perdeu o seu valor de uso. O fenômeno da reconversão, relativamente novo na prática da arquitetura é percebido como uma conjugação de duas linguagens: uma de caráter tipológico e outra de caráter funcional, que implicam na noção de reciclagem e de readaptação. O caráter tipológico refere-se à preservação do partido estrutural e o aspecto funcional define que o uso do espaço interior será modificado para reativação da forma. O trabalho de reconversão representa então uma reinterpretação do edifício, onde é necessário preservar o caráter histórico e arquitetônico de um determinado contexto físico.

A temática da reconversão tem sido relativamente ignorada pela área de ensino em ciências da Arquitetura, sendo escassos os regulamentos urbanísticos na área de edificações e obras (Robert, 1991). Entretanto, na prática de domínio das reconversões de edifícios, destacam-se algumas realizações marcantes e recentes, principalmente a partir dos anos 80 em países da Europa, especialmente na França e, neste final de década, alguns trabalhos significativos no Brasil. A qualidade de um projeto desse gênero, além de estar voltada à noção de preservação, proporciona vantagens, sob o ponto de vista econômico, na reutilização e otimização do solo urbano e de custos civis.

1.1. Referências Arquitetônicas: reconversão de edifícios industriais

Ressaltando-se a qualidade da arquitetura industrial do final do século XIX e do início deste, pela expressividade formal, haja vista o uso da estrutura metálica, a reconversão e a reabilitação industrial têm se tornado um campo potencial, impulsionando nova atitude por parte dos arquitetos e conceptores (Robert, 1991).

Os exemplos mais significativos em matéria de reconversão são oriundos de edificações industriais desafetadas pelo perda do valor de uso ou por fatores de localização no contexto ambiental. Em grande parte destas reconversões, a mudança envolve uma reestruturação do espaço interior, a partir da preservação do partido estrutural e de uma readaptação de dispositivos construtivos. Na revalorização do edifício, atribui-se um grande significado à estrutura, conservando-se suas qualidades originais e restituindo a sua identidade através de componentes arquitetônicos (ver figura 1).

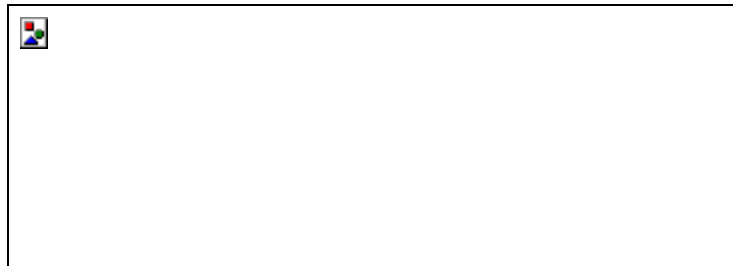


Figura 1- "La grande Halle de la Villette": reconversão de um antigo mercado de abate de animais em espaço polivalente de função cultural. Cités des Sciences, Paris, França, (1985)
Arquitetos: Bernard Reichen e Phillipe Robert. Fonte: Pélissier (1993)

1.2. A influência do envelope na reconversão de edifícios industriais

A interação entre espaço original e forma concebida frente ao potencial de uso de uma nova função, ou seja, aspecto original e nova imagem, constitui na prática uma segunda obra, onde entram em jogo novas técnicas e utilização de novos materiais. Ressalta-se então que não se trata apenas de uma justaposição de envelope original readaptado e novo uso, mas de uma síntese construtiva e arquitetônica, onde se destaca a necessidade de se analisar a permeabilidade termo-regulante dos materiais envolventes.

Os edifícios industriais históricos representam grandes volumes e por vezes superdimensionados, cujas características podem beneficiar funções variadas. Entretanto, deve-se levar em conta as características construtivas destes edifícios, constituídos de superfícies envolventes geralmente espessas, reentrâncias, porticos, e vigamentos de grande porte, ou seja, uma "macro-estrutura" a ser repensada para receber um novo uso espacial (Robert, 1991). Conseqüentemente é a natureza do edifício existente que convém analisar ou o

reencontro entre um envelope original e as necessidades da nova função, de onde se origina um objeto singular (ver figura 2).

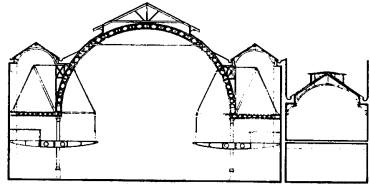


Figura 2- "Pavillon de l'Arsenal": reconversão de antigo armazém em espaço de exposições, biblioteca e escritório, Paris, França (1988). Arq.: Reichen e Robert. Fonte: Pélissier (1993)

E por vezes, é o próprio envelope o novo elemento de interação entre um contexto original significativo e o novo espaço, que salienta o contraste entre a concepção de origem e a nova função (ver figura 3).

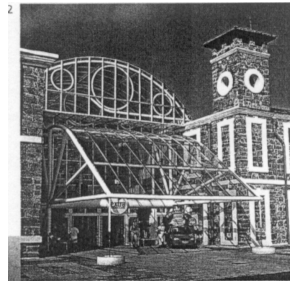


Figura 3- Hipermercado: reconversão de uma antiga fabrica de tecidos, RJ, Brasil (1999) Arquiteto: Luiz Humberto de Carvalho. Fonte: Projeto Ed. (1999)

No caso de uma intervenção significativa em superfícies envolventes de edificios industriais, levando-se em conta um dado contexto climatico, é de extrema importância analisar o grau de permeabilidade radiativa dos componentes do envelope, que interferem essencialmente na qualidade térmica, luminica e acustica do ambiente interior.

1.3. O envelope como dispositivo de controle termico

Se por um lado, o envelope é um dispositivo chave de controle de trocas térmicas, é também reconhecido sobretudo como parâmetro de interações visuais, luminicas e acusticas, podendo modificar a ação indesejavel do clima. A noção de proteção térmica do envelope, vem evoluindo, desde o fenômeno denominado de "crise energética mundial", como elemento de controle na redução dos desperdícios e dos ganhos de energia, entre ambientes interiores e exteriores, até a ser considerado como um 'elemento filtrante' integrado à concepção estrutural de um edificio, nas ultimas décadas. Sendo indissociavel da estrutura, é acrescida a função de "amortizador das solicitações climaticas ou micro-climaticas". Associado à estrutura interna, que constitui a "ossatura", o envelope atua como "pele respirante", respondendo pelo funcionamento fisiologico do edificio (Depecker, 1985).

2. A PERMEABILIDADE SOLAR COMO PARÂMETRO REGULADOR DA QUALIDADE DOS AMBIENTES INTERIORES

2.1. O conceito físico

O conceito físico da permeabilidade solar, proposto e desenvolvido pelo Prof. Pierre Lavigne (Chatellet e al., 1998), no "Laboratoire Energétique et Confort Thermique", da "Ecole d'Architecture de Grenoble", permite definir as potencialidades de captação solar de uma superfície numa latitude dada. Possibilita então de avaliar a qualidade térmica e luminica de um edifício, considerando o conjunto de superfícies que formam um envelope (fachadas e cobertura). Constitui o fenômeno físico que influencia principalmente no conforto de verão, levando em conta a energia solar recebida diariamente por uma superfície de envelope (parte de um envelope ou superfície total), com características físicas variadas, uma determinada inclinação e uma orientação solar.

2.2. Os fatores físico-energéticos associados à permeabilidade solar

Considerando o fenômeno da radiação solar recebida numa superfície de envelope, os efeitos energéticos do fluxo incidente dependerão de parâmetros angulares da superfície relativos à orientação solar.

Uma superfície referencial (opaca, transparente e/ou translúcida) de envelope de um edifício, com uma orientação solar específica, uma inclinação (ângulo formado entre a normal da superfície e a direção vertical do local) e delimitada por uma área em $[m^2]$, de forma que ela receba diariamente um fluxo de energia solar incidente em $[W.h/m^2]$, pode ser definida por parâmetros angulares (ver Figura 4).

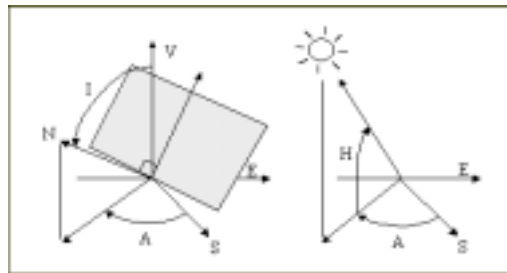


Figura 4

Representação gráfica esquemática dos parâmetros angulares de uma superfície referencial
Fonte: CODYBA (2000)

- H altura solar angular: ângulo formado pela direção do fluxo solar e a projeção desta direção sobre um plano horizontal de referência;
- A azimute solar: ângulo formado entre a direção sul (S para latitudes norte) ou a direção norte (N para latitudes sul) e a projeção do fluxo solar no plano horizontal;
- I inclinação da superfície: ângulo entre a normal à superfície e a direção vertical
- N normal à superfície

A permeabilidade solar de envelopes $[PsE]$ em função dos características físicas das superfícies de envelope. O fluxo solar médio recebido por uma superfície referencial (opaca, translúcida e/ou transparente) de envelope de um edifício é função da energia recebida $[E_i]$ numa superfície de referência $[S_i]$, considerando uma latitude de referência e é proporcional à permeabilidade $[PsE_i]$ desta mesma superfície ao fluxo solar, conforme expressa a "Eq.(1)" (Lavigne, 1998):

$$\phi_i = [PsE_i] \cdot \frac{[E_i]}{24} \quad (1)$$

Na "Eq. (1)":

ϕ_i = fluxo solar médio recebido pela superfície (opaca, translúcida e/ou transparente) de parte de um envelope, em [W] ;

$[PsE_i]$ = permeabilidade solar da superfície de parte de um envelope;

$[E_i] / 24$ = energia solar recebida diariamente pela superfície de parte de um envelope, em [W . h/m²].

Em função do fluxo solar incidente numa superfície referencial (opaca, translúcida e/ou transparente) de um envelope (parte ou total), a permeabilidade solar da superfície, que define as potencialidades de captação solar do envelope, é proporcional aos coeficientes de absorção, condução e transmissão, característicos de cada tipo de superfície.

Sejam duas superfícies opacas e translúcidas (e/ou transparentes) de parte de um envelope, definidas respectivamente pelas nomenclaturas $[S_{oi}]$ e $[S_{ti}]$ e duas superfícies de um envelope completo, definidas por $[S_o]$ e $[S_t]$, opacas e translúcidas respectivamente. A soma destas superfícies designadas por $[S_i]$ e $[S]$, em [m²], pode ser representada pelas equações "Eq. (2)" e "Eq. (3)" a seguir:

$$[S_i] = [S_{oi}] + [S_{ti}] \quad (2)$$

$$[S] = [S_o] + [S_t] \quad (3)$$

Uma expressão matemática simplificada da permeabilidade solar. A permeabilidade solar de parte do envelope de um edifício $[PsE_i]$ ou a permeabilidade da superfície total de envelope representada por $[PsE]$, é a soma da permeabilidade das superfícies opacas $[PsE_o]$ e da permeabilidade das superfícies translúcidas e/ou transparentes $[PsE_t]$, sendo expressas de forma simplificada através de "Eq. (4)" e "Eq. (5)":

$$[PsE_i] = [PsE_{oi}] + [PsE_{ti}] \quad (4)$$

$$[PsE] = [PsE_o] + [PsE_t] \quad (5)$$

Nas "Eq. (4)" e "Eq. (5)":

$[PsE_i]$ = permeabilidade solar da superfície (opaca e translúcida) de parte de um envelope;

$[PsE_{oi}]$ = permeabilidade solar da superfície opaca de parte de um envelope;

$[PsE_{ti}]$ = permeabilidade solar da superfície translúcida de parte de um envelope;

$[PsE]$ = permeabilidade solar da superfície total (opaca e translúcida) de um envelope;

$[PsE_o]$ = permeabilidade solar da superfície total opaca de um envelope;

$[PsE_t]$ = permeabilidade solar da superfície total translúcida de um envelope.

Se associarmos o conceito da permeabilidade solar da superfície de parte de um envelope aos fenômenos de absorção, condução e transmissão característicos de cada tipo de superfície, tem-se que: a permeabilidade de cada superfície é proporcional à área da superfície (plana ou inclinada), através dos coeficientes de absorção, condução e transmissão, podendo ser expressa pelas "Eq. (6)" e "Eq. (7)", a seguir:

$$[PsE_{oi}] = \Sigma [S_{oi}] \cdot f_i \cdot \alpha_i \cdot K_i / h_{ei} \quad (6)$$

$$[PsE_{ti}] = \Sigma [S_{ti}] \cdot f_i \cdot \tau_{mti} \cdot \gamma_{ti} \quad (7)$$

Nas equações "Eq. (6)" e "Eq. (7)", tem-se:

$[PsE_{oi}]$ = permeabilidade solar da superfície opaca de parte de um envelope;

$[PsE_{ti}]$ = permeabilidade solar da superfície translúcida de parte de um envelope;

α_i = fator de absorção da superfície opaca $[S_{oi}]$;

K_i = coeficiente de condutância da superfície opaca $[S_{oi}]$ em $[W/m^2 \cdot ^\circ C]$;

h_{ei} = condutância superficial exterior da superfície opaca $[S_{oi}]$ em $[W/m^2 \cdot ^\circ C]$;

f_i = fator solar da superfície;

τ_{mti} = transmissividade média da superfície translúcida de envelope $[S_{ti}]$;

γ_{ti} = fator de utilização da superfície translúcida de envelope $[S_{ti}]$.

Os fatores de permeabilidade solar. Das equações "Eq. (6)" e "Eq. (7)" deduz-se os fatores de permeabilidade solar, que permitem julgar a qualidade térmica de uma superfície referencial de envelope (parcial ou total, opaca ou translúcida e/ou transparente) à incidência do fluxo solar recebido (ver figura 4). Da mesma forma, o coeficiente de condutância da superfície K_i , permite julgar o desempenho térmico de uma superfície por $[m^2]$, em função de um diferencial de temperatura de $1^\circ C$ entre os ambientes separados pela mesma superfície (CSTB, 1977).

Deduzindo-se das equações "Eq. (6)" e "Eq. (7)", os fatores de permeabilidade solar podem ser expressos por "Eq. (8)" e "Eq. (9)":

$$[F_{oi}] = f_i \cdot \alpha_i \cdot K_i / h_{ei} \quad (8)$$

$$[F_{ti}] = f_i \cdot \tau_{mti} \cdot \gamma_{ti} \quad (9)$$

Nas equações "Eq. (8)" e "Eq. (9)":

$[F_{oi}]$ = fator de permeabilidade solar da superfície opaca;

$[F_{ti}]$ = fator de permeabilidade solar da superfície translúcida e/ou transparente;

α_i = fator de absorção da superfície opaca $[S_{oi}]$;

K_i = coeficiente de condutância da superfície opaca $[S_{oi}]$ em $[W/m^2 \cdot ^\circ C]$;

h_{ei} = condutância superficial exterior da superfície opaca $[S_{oi}]$ em $[W/m^2 \cdot ^\circ C]$;

f_i = fator solar da superfície;

τ_{mti} = transmissividade média da superfície translúcida de envelope $[S_{ti}]$;

γ_{ti} = fator de utilização de superfície translúcida de envelope $[S_{ti}]$.

Simplificando "Eq. (6)" e "Eq. (7)" tem-se as equações "Eq. (10)" e Eq. (11)":

$$[PsE_{oi}] = \Sigma [F_{oi}] \cdot [S_{oi}] \quad (10)$$

$$[PsE_{ti}] = \Sigma [F_{ti}] \cdot [S_{ti}] \quad (11)$$

$[PsE_{oi}]$ = permeabilidade solar da superfície opaca de parte de um envelope;

$[PsE_{ti}]$ = permeabilidade solar da superfície translúcida de parte de um envelope;

$[F_{oi}]$ = fator de permeabilidade solar da superfície opaca de parte de um envelope;

$[F_{ti}]$ = fator de permeabilidade solar da superfície translúcida e/ou transparente de parte de um envelope;

$[S_{oi}]$ = superfície opaca de parte de um envelope em $[m^2]$;

$[S_{ii}]$ = superfície translúcida e/ou transparente de parte de um envelope em $[m^2]$;

As equações "Eq. (10)" e "Eq. (11)" representam os fatores de permeabilidade de uma parte homogênea opaca ou translúcida de um envelope ou da superfície total de envelope de um edifício, dependendo relativamente das características do material envolvente. Mas, para que o conceito da permeabilidade contemple de forma completa e integrada o fenômeno energético e o comportamento luminoso de um envelope de edifício, é preciso integrá-lo aos fatores de orientação e à inclinação. Deve-se integrar ao conceito físico, a energia solar recebida pelo envelope de uma edificação $[E_i]$ ao longo de um dia, considerando então, a média de radiação solar incidente num plano horizontal referencial durante 24 horas $[E_H]$, e tomando-se como base o fator de orientação-inclinação da superfície analisada. Nesta abordagem pressupõe-se que o coeficiente de transferência de calor entre o envelope e o exterior (fenômenos de convecção e de radiação) seja tomado como um valor médio constante ao longo do dia, considerando uma superfície total de envelope ou uma parte do mesmo.

2.3. A permeabilidade solar situada: em função da energia solar incidente no plano horizontal referencial $[E_H]$

Fator de orientação-inclinação de uma superfície de envelope. Define-se um fator de orientação e de inclinação $[k_i]$ de uma superfície $[S_i]$ de parte de envelope de um edifício, como a relação entre a energia solar recebida por esta superfície $[E_i]$ e a energia total incidente num plano horizontal referencial ao longo de um dia $[E_H]$ em $[W \cdot h/m^2]$. Seja a expressão matemática seguinte:

$$k_i = \frac{[E_i]}{[E_H]} \quad (12)$$

k_i = fator de orientação e inclinação da superfície de parte de um envelope;

$[E_i]$ = energia solar recebida pela superfície de parte de um envelope, em $[W \cdot h/m^2]$;

$[E_H]$ = energia solar incidente sobre um plano horizontal referencial, em $[W \cdot h/m^2]$.

Tomando-se por base a equação "Eq. (1)", que define o fluxo solar recebido por uma superfície e inserindo-se o conceito do fator de orientação e inclinação $[k_i]$, tem-se uma expressão matemática que define a permeabilidade solar situada de uma parte de envelope.

$$\phi_i = [PsE_i] \cdot [k_i] \cdot \frac{[E_H]}{24} \quad (13)$$

Na equação acima, a expressão " $[PsE_i] \cdot [k_i]$ " define o conceito da permeabilidade solar situada e o fator " $[PsE_i]$ " é a permeabilidade solar "bruta" de uma parte de um envelope. Na equação "Eq. (13)" tem-se:

ϕ_i = fluxo solar médio recebido pela superfície de parte de um envelope, em $[W]$;

$[PsE_i]$ = permeabilidade solar por $[m^2]$ da superfície de envelope;

$[E_H] / 24$ = energia solar incidente diariamente sobre um plano horizontal referencial em $[W \cdot h/m^2]$.

Quando se considera o envelope total de um edifício, a equação "Eq. (13)" é expressa da seguinte forma:

$$\phi_T = \sum \phi_i = \sum [PsE_i] \cdot [k_i] \cdot \frac{[E_H]}{24} \quad (14)$$

ϕ_T = fluxo solar total recebido pela superfície em [W] ;

$\sum \phi_i$ = somatório do fluxo solar médio recebido pela superfície de parte de um envelope, em [W] ;

$[PsE_i]$ = permeabilidade solar por [m²] da superfície de parte de um envelope;

$[k_i]$ = fator de orientação e inclinação da superfície de envelope;

$[E_H] / 24$ = energia solar incidente diariamente sobre um plano horizontal referencial em [W . h/m²].

Em "Eq. (14)", a expressão " $\sum [PsE_i] \cdot [k_i]$ " representa o somatório da permeabilidade solar da superfície total de um envelope completo de um edifício e expressa a permeabilidade solar total "situada" $[PsE_T]$.

$$\phi_T = [PsE_T] \cdot \frac{[E_H]}{24} \quad (15)$$

ϕ_T = fluxo solar total recebido pela superfície em [W] ;

$[PsE_T]$ = permeabilidade solar total "situada" da superfície do envelope de um edifício;

$[E_H] / 24$ = energia solar incidente diariamente sobre um plano horizontal referencial em [W . h/m²].

Pelas especificidades do conceito físico, ha possibilidades de comparar a resistência térmica à incidência de energia solar no interior de dois edifícios de mesmo volume, face às perdas térmicas entre interior e exterior. Entretanto é preciso considerar as variações climáticas durante um período diurno, conforme a latitude e orientação dos edifícios a serem comparados. Por exemplo, nos climas tropicais quente e úmidos, pressupõe-se que haja variação da temperatura média do ar exterior e da incidência de radiação solar ao longo do dia e que haja ganhos de calor do exterior para o ambiente interior dos edifícios. E ha ainda o fenômeno da ventilação natural, que interfere no conforto térmico do ambiente interior.

3. APLICABILIDADE E POSSIBILIDADES DE EXTENSÃO DO CONCEITO FÍSICO NA ANÁLISE DE RECONVERSÕES INDUSTRIAIS

3.1. Problemas específicos dos grandes volumes de edifícios industriais

Apos uma análise em matéria de reconversão de referências arquitetônicas de edifícios industriais e pelas as especificidades desses espaços, definidos por grandes volumes e extensas superfícies translúcidas e/ou transparentes, observa-se que, em geral, os envelopes envolventes têm grande influência no comportamento térmico e luminoso destes edifícios. Os espaços de grande volume e superfícies translúcidas apresentam ao menos três particularidades arquitetônicas que influenciam no conforto térmico, incluindo a influência da ventilação (Voeltzel e al., 1998):

- (i) grande volume espacial: heterogeneidade espacial do comportamento da temperatura, do escoamento de ar interior e da concentração de poluentes no ar; preponderância do fenômeno de convecção natural interior;
- (ii) predominância de extensa superfície translúcida ou transparente na envolvente: pouca inércia térmica do envelope do edifício; grande extensão de superfícies expostas à incidência de radiação solar direta;

- (iii) zonas de ocupação do espaço interior: reduzidas em relação ao volume total do edifício.

As trocas radiativas através da transmissão da radiação solar incidente no envelope, da reflexão em direção ao exterior e pela retransmissão direta, através de envolventes translúcidas, têm grande interferência no equilíbrio térmico dos espaços interiores.

A inércia térmica dos envelopes. O problema do envelope ou parte dele com pouca inércia térmica está associado à "massa útil" das envolventes em contato direto com o exterior, sem nenhum revestimento de isolamento nem proteção à radiação solar. A massa útil é o que intervém nos fenômenos transitórios de um período de 24 horas. Segundo o valor da massa útil do envelope envolvente a inércia pode ser fraca, média ou alta (CSTB, 1988). Em teoria, os materiais mais pesados apresentam alta resistência à transmissão de calor por condução, devido à capacidade de armazenar antes de transmitir. No caso de grandes superfícies translúcidas, transparentes e opacas, em edifícios industriais que serão reconvertidos em novos usos, é importante se avaliar o grau de permeabilidade solar e o tempo de retardo de transmissão térmica desses envelopes adaptados a uma nova função espacial. Para envelopes opacos, que não têm a transparência necessária para transmitir a radiação solar diretamente, pela inércia térmica mais alta e à capacidade de absorver a energia incidente, existe uma demora na transmissão por condução. No caso de uma superfície envidraçada, a transmissão, por radiação ou condução é quase instantânea, pela fraca resistência do material envolvente (Hertz, 1998).

As superfícies translúcidas e a reconversão de uso: a questão da proteção solar e do isolamento. Nos antigos edifícios industriais a serem reconvertidos predominam paredes opacas com pouco isolamento térmico e grandes superfícies envidraçadas expostas à radiação solar direta. No caso das reconversões é necessário também integrar as características climáticas no fenômeno da inércia térmica. Por exemplo, em regiões tropicais quente e úmidas é importante prever envolventes leves com baixa inércia térmica, protegidas da radiação solar direta através de dispositivos arquitetônicos, como "brise-soleil", placas, beirais e combogos. E em climas temperados e frios, pressupõe-se o uso de materiais pesados e o uso de isolamento da envolvente, através de elementos que tenham a capacidade de reduzir drasticamente a transmissão de calor do interior ao exterior e de armazenar energia durante as estações frias.

4. CONCLUSÃO: PERSPECTIVAS DE MODELIZAÇÃO TÉRMICA DE ESPAÇOS INDUSTRIAIS EM RECONVERSÃO ARQUITETÔNICA

Pela complexidade desses grandes volumes industriais e pressupondo-se uma extensão do conceito de permeabilidade solar a uma análise radiativa dos envelopes, ou seja, relativa à qualidade térmica do espaço interior, os fundamentos deste trabalho viabilizam uma proposta de elaboração de um método de apoio à concepção arquitetônica. Esta proposta tem por base metodológica a escolha de uma família de referências arquitetônicas de edifícios industriais significativos e reconvertidos em novo uso, estabelecendo critérios de conforto térmico, adaptados a uma sequência climática própria. A partir de uma família de referências, viabiliza-se uma avaliação da influência de determinados componentes arquitetônicos e suas variações, através do auxílio de uma ferramenta computacional de análise térmica, por simulação numérica (CODYBA, 2000). Esta avaliação possibilita um estudo comparativo entre índices resultantes de conforto térmico e a aplicação do conceito físico da permeabilidade solar de envelopes às referências em análise, objetivando modelizar um método simplificado de auxílio projetual ao processo de concepção arquitetônica.

REFERÊNCIAS

- CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), 1977, Règles TH-K 77, Règles de calculs des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction, novembre, chapitre I, pp.2-4, Paris, France.
- CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), 1988, Les nouveaux règlements thermiques des bâtiments neufs, annexe II, Calcul de l'indice solaire et détermination de la classe d'inertie thermique, Paris, France.
- Chatellet, A.; Fernandez, P. et Lavigne, P., 1998, Architecture climatique, La perméabilité au soleil, Annexe, Edisud, Aix-en-Provence, France.
- CODYBA V.610, 2000, Manuel Utilisateur, INSA/CETHIL/ETB, Lyon, France.
- Depecker, Patrick, 1985, Constitution et modes de transfert d'un savoir scientifique dans le champ de l'architecture: le cas de la thermique. Thèse de Docteur d'Etat, INSA de Lyon, France.
- Hertz, J. B. 1998, Ecotécnicas em arquitetura, como projetar nos tropicos umidos do Brasil, Pioneira, pp. 99-103, São Paulo, Brasil.
- Lavigne, Pierre, 1998, La perméabilité au soleil des enveloppes d'édifices, un concept pour juger de leur qualité de confort d'été, EPIC'98, 2^{ème} Conférence Européenne Performance Energétique, Lyon, tome 2, session 4, pp. 469-472.
- Pélissier, A., 1993, Reichen et Robert, monographie d'architecture, Architectures contextuelles, Le Moniteur, Paris, France.
- Projeto Editores, 2000, N°. 241, março, pp. 93-95, S. Paulo, Brasil.
- Robert, Phillippe, 1991, Reconversions, Ed. du Moniteur, Paris, France.
- Voeltzel, A; Carrié et al., 1998, Une approche zonale pour modeliser le comportement thermo-aéraulique des grands volumes vitrés, EPIC'98, tome 1, session 3, pp. 249-254, Lyon, France.

THERMAL CONTROL FUNCTION OF THE ENVELOPE IN RETROFITTING OF BUILDINGS

Abstract. *The subject is part of research for doctor's thesis and it inserts in the scope of an institutional agreement (CAPES/COFECUB-284/99), between "Institut National des Sciences Appliquées de Lyon/INSA-Lyon" and "Coordenação de Programas de Pós-graduação em Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)", being developed the practice phase of research in "CETHIL/INSA/Lyon", in "Thermique du Bâtiment " (ETB). This article presents the results of a preliminary phase of research, with a methodological interest in the area of a high environmental quality of building. The study object understands the retrofit of buildings, from the readjustment to a new space function. The aim of study is the applicability of a physical concept of the solar permeability in analysing envelopes from reconverted buildings, considering data climate context. Considering the thermal control function of the envelope, the objective of this paper is to present a bibliographical study on the physical concept of the solar permeability, which was proposed and developed by Pierre Lavigne (Prof. of "Laboratoire Energétique et Confort Thermique", of the "Ecole d'Architecture of Grenoble"). This work contributes with a research of fundamentals, unfolding the associated physical factors to the solar permeability of envelopes, in analysing the retrofit of buildings and looking for to make possible the perspectives in the elaboration of a simplified method for an architectural conception.*

Word-key: *Retrofitting of buildings, Envelope, Solar permeability, Thermal control*