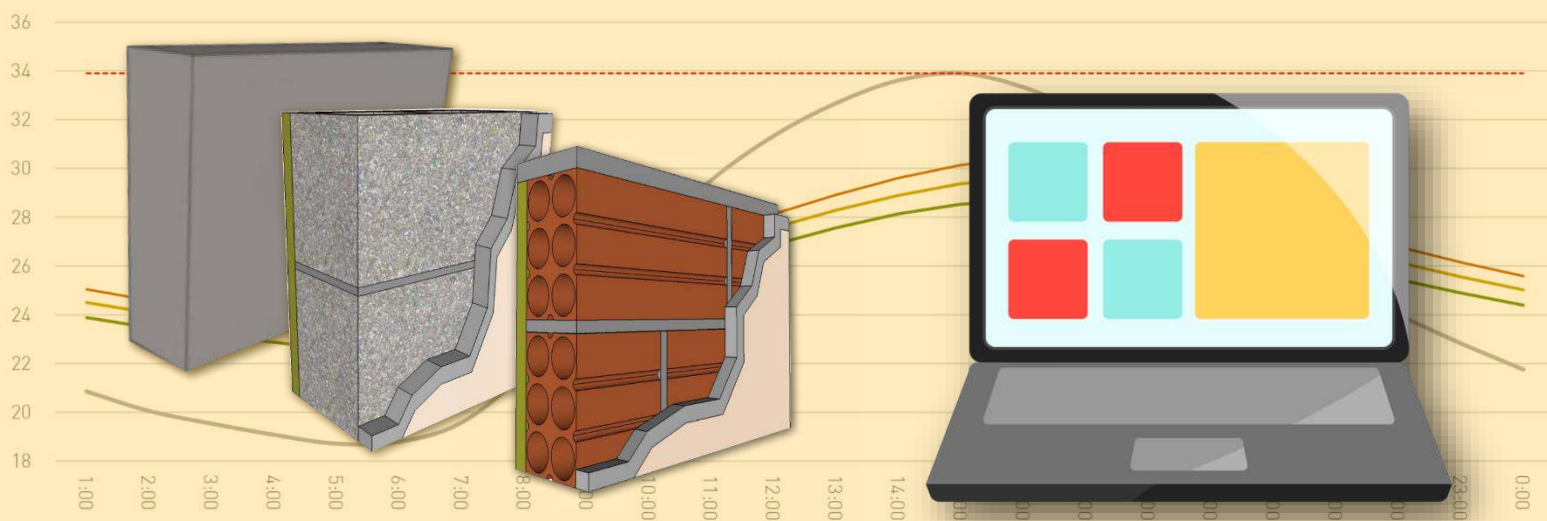




Desempenho Térmico sob a Ótica da Norma de Desempenho NBR. 15.575

GUIA PRÁTICO PARA CONTRATAÇÃO, GERENCIAMENTO E APLICAÇÃO EM PROJETOS.

Apoio:



Sobre o Autor



Marcelo Nudel

Arquiteto, fundador, diretor da Ca2 Consultores e Sócio da Construliga

Marcelo Nudel, diretor geral da Ca2 é arquiteto formado pela Universidade Mackenzie e pós graduado em Sustainable Architectural Science pela Universidade de Sydney, Austrália.

Esteve envolvido em projetos multidisciplinares de edifícios que integram estratégias térmicas passivas, luz natural e desempenho energético em países como Austrália, Espanha, Estados Unidos e Brasil.

Atuou por 8 anos como especialista em sustentabilidade da empresa global de engenharia Arup na Austrália e no Brasil, como o líder do grupo de edifícios sustentáveis antes de fundar a Ca2 em 2015.

Lecionou em cursos de graduação e pós graduação nos cursos de arquitetura e urbanismo na Escola da Cidade e Universidade Mackenzie.

Marcelo Nudel possui também acreditação como EDGE Expert e Fitwel Ambassador, qualificando-o para atuar como consultor em certificações dessa natureza.



[@marcelonudel](#)



[Consultoria com Marcelo Nudel](#)

Índice

Introdução	4
Principais Grandezas de Desempenho Térmico	7
Análise para Zonas Bioclimáticas	11
Método da Simulação Computacional	13
O Efeito das Cores Para o Desempenho Térmico	19
Estudo de Caso	21
Estratégias Inteligentes para Conforto Térmico	23
Contratação e Gerenciamento de Projetos	27
Referências	29

Introdução

A Norma de Desempenho em Edificações Habitacionais – ABNT NBR 15575: 2013 atualmente em vigor finalmente busca consolidar requisitos mínimos de qualidade, durabilidade, segurança e desempenho para as construções habitacionais brasileiras.

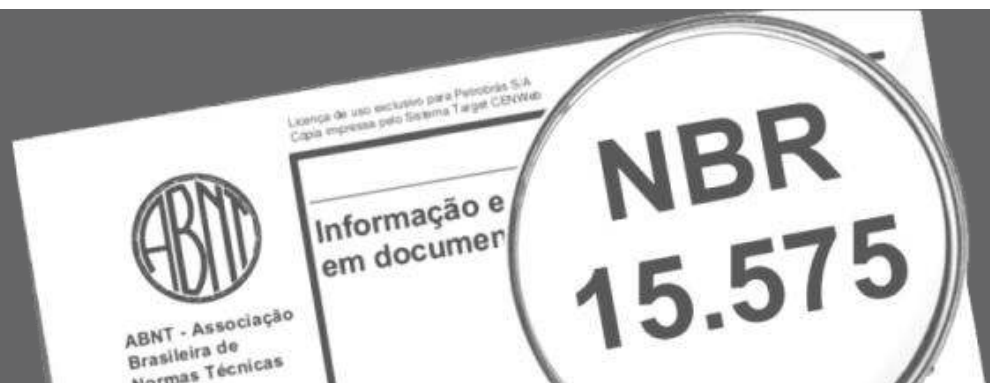
O foco de sua aplicação real no mercado tem sido nos requisitos mais tangíveis e com maior chance de litígio, como aqueles relacionados à durabilidade, segurança e em alguns casos o conforto acústico.

Mas atender aos critérios de desempenho térmico das edificações é também obrigatório. Seu atendimento é atribuição que deve ser compartilhada entre o arquiteto responsável pelo projeto, que especifica materiais, a incorporadora e construtora que executam conforme essas especificações.

No entanto, nos últimos anos, conversando com dezenas de incorporadores e arquitetos percebi que a maioria não está 100% tranquila, ou confiante de que atende a Norma de Desempenho em sua totalidade.

E o desempenho térmico está entre um dos itens mais “nebulosos”, mesmo para profissionais e empresas gabaritadas no mercado.

A elaboração de estudos e relatórios técnicos de desempenho térmico exigem cálculos especializados e simulações computacionais, ainda pouco aplicadas no nosso mercado. Sinal dos tempos! Não se faz mais projeto como há 10 anos atrás. Não são estudos que demandam investimento significativo, não afeta metodologias de trabalho nem tão pouco o cronograma de projetos.





Incorporadores e arquitetos são ambos responsáveis e podem ser acionados judicialmente em caso de não cumprimento. Imagino que por acreditarem que “ninguém olha pra isso”, ou que “o consumidor desconhece essa obrigatoriedade”, incorporadores e arquitetos estão aceitando o risco e desenvolvendo projetos sem os devidos estudos técnicos de desempenho térmico.

A palavra chave é RISCO! A concretização desse risco pode custar caro em caso de litígio no futuro. A oportunidade de se livrar do risco está no início de cada projeto. Mas vale também lembrar que, além de serem obrigatórias, as normas técnicas devem ser cumpridas pelos engenheiros e arquitetos também por dever ético-profissional.

Esse e-book, elaborado pela Ca2 Consultores, com o apoio institucional da Construliga e do Green Building Council Brasil, traz um guia prático e análise crítica para a aplicação dos requisitos de desempenho térmico em projetos residenciais e poderá beneficiar arquitetos, incorporadores e construtores no processo de atendimento.

Atender aos critérios de desempenho térmico além de trazer segurança jurídica, assegura a entrega de melhores empreendimentos à clientes finais. E cliente feliz gera mais negócios para sua empresa!

Boa leitura!

Marcelo Nudel, autor | Diretor da Ca2

“ Os projetos podem atender aos requisitos de desempenho térmico através de dois Métodos: Simplificado ou Simulação. Cuidado com o Método Simplificado...” “

A Norma de Desempenho em Edificações Habitacionais – ABNT NBR 15575: 2013, em sua Parte 1: Requisitos Gerais, estabelece os critérios para atendimento aos requisitos de desempenho térmico através de dois métodos:

1. Método Simplificado (Normativo)

2. Método da Simulação Computacional

Ao escolher o Método Simplificado, o projetista ou incorporador deve especificar sistemas de vedações (paredes externas) e coberturas que atendam de forma inequívoca valores máximos e mínimos de transmitância (ou condutância) térmica e capacidade térmica respectivamente, de acordo com os requisitos específicos da zona bioclimática em que se encontra o projeto.

(DIR) Zoneamento bioclimático Brasileiro



LAMBERTS, Roberto, et al. *Eficiência Energética na Arquitetura*. 3ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

O zoneamento bioclimático Brasileiro encontra-se descrito na Norma NBR 15.220, conforme apresentado acima. Na página 7 apresentamos em detalhes os conceitos de transmitância térmica e condutância térmica, além de métodos de cálculo e fontes de consulta para valores de sistemas e componentes típicos da construção brasileira.

A norma de desempenho pressupõe, de forma implícita que os projetos submetidos ao método simplificado possuem janelas padrão pequenas.

Principais grandezas de desempenho Térmico

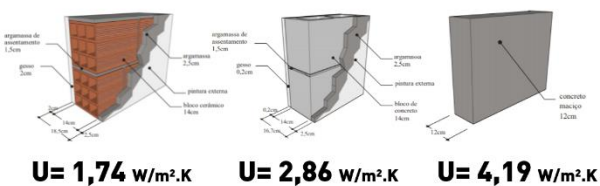
Transmitância Térmica (ou condutância térmica)

Mede o fluxo de transferência de calor da face mais quente para a face mais fria de um sistema construtivo, por metro quadrado, a cada grau de temperatura de diferença entre as partes.

Em outras palavras, mede o quanto de calor passa da face mais quente para a mais fria. Sistemas com baixa transmitância apresentam maior isolamento térmico e vice-versa.



Exemplos:



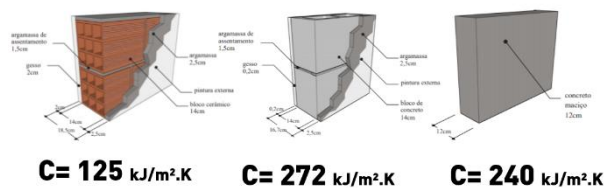
Capacidade Térmica

Quantidade de calor que deve ser absorvida ou cedida por um corpo para que ocorra variação de 1 °C.

Quanto maior a capacidade térmica de um sistema construtivo, maior é a capacidade do mesmo para “roubar” calor do ambiente e armazenar em sua estrutura, reduzindo portanto a temperatura do ar que o circunda. Sistemas em concreto aparente tendem a ter uma capacidade térmica mais alta.



Exemplos:



Principais grandezas de desempenho Térmico



Absortância Solar

Representa o quanto de calor uma superfície opaca absorve quando sujeita à radiação solar. Considerando que a absortância (α) somada à refletância (φ) - o quanto a superfície reflete - será sempre igual a 100%, essa grandeza é dada em porcentagem.

Amarelo Antigo	51,4
Amarelo Terra	64,3
Areia	44,9
Azul	73,3
Azul Imperial	66,9
Branco	15,8
Branco Gelo	37,2
Camurça	57,4
Concreto	74,5
Flamingo	49,5
Jade	52,3
Marfim	33,6
Palha	36,7
Pérola	33,0
Pêssego	42,8
Tabaco	78,1
Terracota	64,6

$$\alpha + \varphi = 1$$

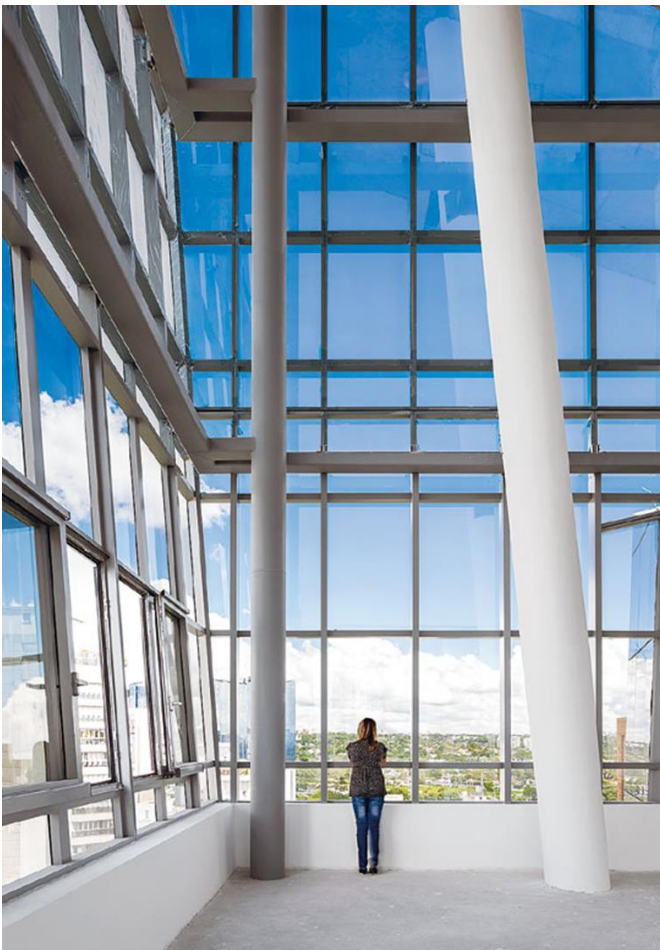
α BAIXO α ALTO

CORES CLARAS CORES ESCURAS

*(Fonte: Anexo Geral V—Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros Procel. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/anexos_rac/AnexoV.pdf)

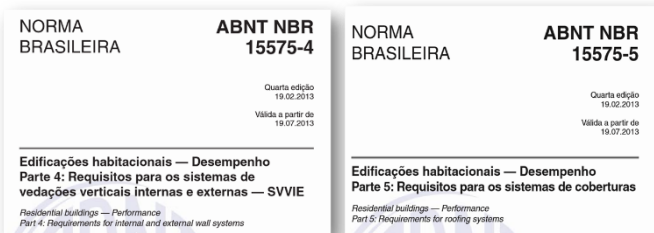
Como o Método Simplificado não considera os ganhos térmicos por janelas envidraçadas, se aplicássemos esse método no edifício residencial ao lado (Ed. Vitra, São Paulo), bastaria atender aos requisitos para paredes e coberturas.

Mas será que a exagerada área envidraçada é capaz de proporcionar boas condições de conforto térmico de forma energeticamente eficiente na prática? Certamente não, pois são os vidros os maiores responsáveis por ganhos térmicos em uma edificação.



Valores Máximos Permitidos de Transmitância Térmica

Aqui apresentamos os valores máximos permitidos de transmitância térmica para paredes externas e coberturas, e mínimos para capacidade térmica de paredes do Método Simplificado, conforme as partes 4 e 5 da NBR 15.575. Não há requisitos de capacidade térmica para coberturas.



[ACIMA] As partes 4 e 5 da NBR 15.575 apresentam os requisitos de desempenho térmico para paredes e coberturas respectivamente

Transmitância térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	α ^a ≤ 0,6	α ^a > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5
^a α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.		

[ACIMA] Requisitos de transmitância térmica para paredes externas

Transmitância térmica (U) W/m ² K				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8	
U ≤ 2,30	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FT	U ≤ 1,5 FT
α é absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura. NOTA O fator de correção da transmitância (FT) é estabelecido na ABNT NBR 15220-3.				

[ACIMA] Requisitos de transmitância térmica para coberturas

Capacidade térmica (CT) kJ/m ² .K	
Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	Zona 8
≥ 130	Sem requisito

[ACIMA] Requisitos de transmitância térmica para paredes externas

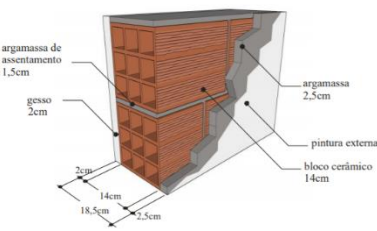
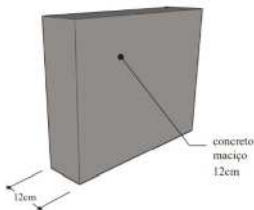
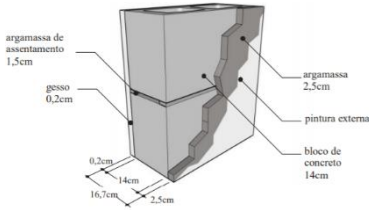
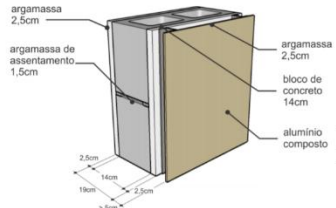
Análise para Zonas Bioclimáticas 3 a 6

São exemplos das zonas bioclimáticas 3 a 6 as cidades de: São Paulo, Nelo Horizonte, Florianópolis, Londrina, Campinas (Zona 3), Brasília, Limeira, São Carlos (Zona 4), Santos, Niterói (Zona 5), Goiânia (Zona 6)

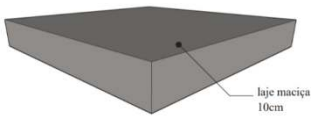


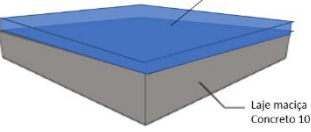


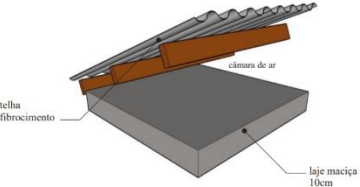


Trazemos nessa página e na próxima página exemplos de sistemas de vedações externas e coberturas típicas da construção brasileira, apontando se atendem ou não aos requisitos do Método Simplificado, considerando as exigências para as zonas bioclimáticas 3 à 6. Conforme observado na página anterior, o Método Simplificado apresenta valores máximos permitidos de transmitância térmica (U-value) para paredes externas e coberturas, e mínimos para capacidade térmica (Ct) de paredes.

Comparamos esses valores com os índices apresentados por 4 sistemas de vedação e 3 sistemas de cobertura. Percebe-se que muitos deles não cumprem com pelo menos um dos requisitos, tornando os projetos nos quais são aplicados, inelegíveis frente ao Método Simplificado.

Obviamente trazemos aqui apenas alguns exemplos, e é importante que se reconheça que algumas combinações entre alvenarias e acabamentos, ou composições de cobertura poderão cumprir com os requisitos do Método Simplificado.

SISTEMA CONSTRUTIVO*	U-value (W/m ² ·K)	Ct (kJ/m ² ·K)
 <p>argamassa de assentamento 1,5cm gesso 2cm 2cm 14cm 18,5cm 2,5cm argamassa 2,5cm pintura externa bloco cerâmico 14cm</p>	1,74	125
	Cores claras <input checked="" type="checkbox"/> Cores escuras <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
 <p>concreto maciço 12cm</p>	4,19	288
	Cores claras <input checked="" type="checkbox"/> Cores escuras <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
 <p>argamassa de assentamento 1,5cm gesso 0,2cm 0,2cm 14cm 16,7cm 2,5cm argamassa 2,5cm pintura externa bloco de concreto 14cm</p>	2,86	222
	Cores claras <input checked="" type="checkbox"/> Cores escuras <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
 <p>argamassa 2,5cm argamassa de assentamento 1,5cm 2,5cm 14cm 16cm 2,5cm argamassa 2,5cm bloco de concreto 14cm aluminio composto</p>	0,69	244
	Cores claras <input checked="" type="checkbox"/> Cores escuras <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Análise para Zonas Bioclimáticas 3 a 6

SISTEMA CONSTRUTIVO*	U-value (W/m ² ·K)	Ct (kJ/m ² ·K)
	3,73	220
	Cores claras  Cores escuras 	Não Aplicável
	0,50	>220
	Cores claras  Cores escuras 	Não Aplicável
	2,06	233
	Cores claras  Cores escuras 	Não Aplicável

Mas não podemos deixar de reforçar que, por não considerar ganhos térmicos pelos vidros, o Método Simplificado não é adequado nem recomendado para edifícios com grandes vãos envidraçados, como janelas de peitoril baixo ou janelas balcão, mesmo isso sendo permitido pela NBR 15.575.

Alternativamente, o Método da Simulação Computacional permite uma análise mais completa e (dentro de certos limites) mais realista do real comportamento térmico de uma edificação, que considera a envoltória como um todo, e uma análise que abarca as condições climáticas do local de implantação dos empreendimentos. Apresentamos esse método nas páginas seguintes.

Fontes de referência para desempenho de sistemas construtivos típicos da construção brasileira:

1. Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros Procel. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/anexos_rac/AnexoV.pdf
2. NBR 15.220—Desempenho térmico de edificações Parte 3. Disponível em: http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Termica_parte3_SET2004.pdf



Método da Simulação Computacional

“ O Método da Simulação deve ser adotado sempre que paredes ou coberturas não cumprirem com os requisitos mínimos do Método Simplificado, ou sempre que se desejar obter uma análise mais completa e realista do desempenho térmico de um projeto. ”

Simulações computacionais são como caixas pretas no mercado. Inputs e outputs são mantidos em segredo, acessíveis apenas à especialistas.

A partir de agora abriremos essa caixa preta das simulações.

As simulações computacionais da Norma de desempenho são chamadas simulações Termodinâmicas.

Essas simulações são capazes de, com razoável grau de precisão, calcular as trocas térmicas entre o exterior e o interior de uma edificação, considerando o clima local, a geometria do edifício e as características de seus materiais, fornecendo como resultado as temperaturas horárias do ar no interior dos ambientes.

A NBR 15.575 exige que o software a ser utilizado seja validado pela norma norte-americana ASHRAE 140 e que seja capaz de calcular os efeitos da inércia térmica.

O software Energy Plus, um dos mais avançados e precisos, é um dos mais utilizados no mercado nacional e internacional, e cumpre com esses requisitos. Em uma simulação computacional termodinâmica, a qualidade e precisão dos resultados será tão boa, quanto forem os inputs fornecidos pelo profissional simulador. Inputs imprecisos ou inadequados comprometem os resultados. Dessa forma, recomenda-se sempre a contratação de empresa ou profissional qualificado com histórico relevante de simulações dessa natureza.

Os seguintes dados (inputs) são inseridos nas simulações, visando a obtenção das temperaturas estimadas nos espaços, como resultado:

1. Geometria do edifício: Modelo tridimensional contendo todos os elementos sólidos opacos, vidros e demais componentes arquitetônicos, como brises, persianas ou beirais, implantados de acordo com sua orientação solar;

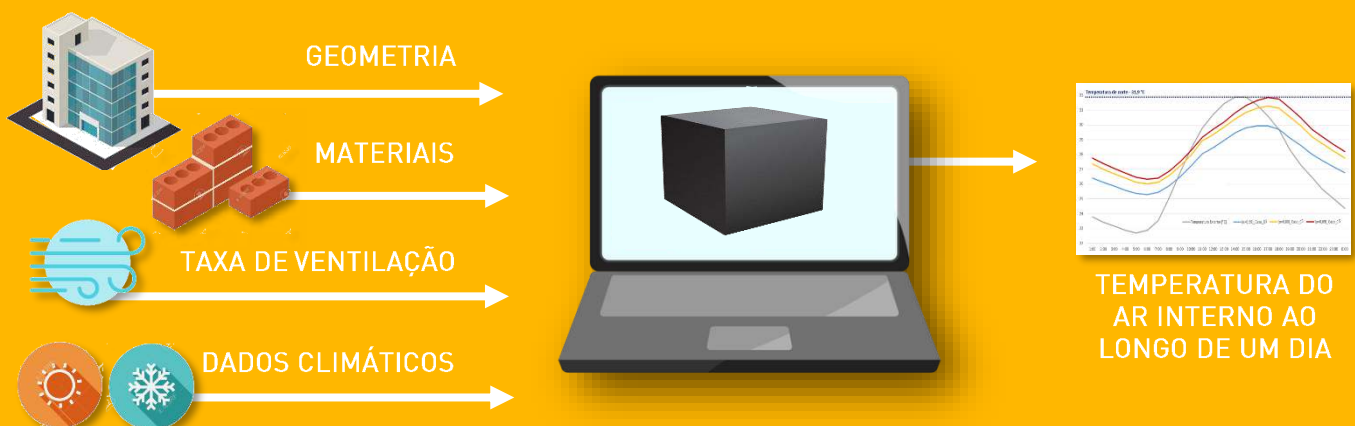
2. Materiais: dados de transmitância, capacidade térmica e absorvância de paredes internas, externas e coberturas, além, desempenho térmico de vidros;

3. Taxa de ventilação: A NBR 15.575 determina para os ambientes uma taxa fixa de renovação de ar de 1 ren/h*, a unidade habitacional que não atender aos critérios estabelecidos para verão pode ser simulada considerando uma taxa de ventilação de 5 ren/h.

4. Dados climáticos: Temperatura do ar externo, nebulosidade e radiação de dias típicos de verão e inverno para a localidade.

*ren/h = Renovações de ar por hora. Quantidade de vezes que o ar interno é substituído inteiramente pelo ar externo em uma hora

Inputs e Outputs das Simulações da NBR 15.575:



O objetivo das simulações computacionais da NBR 15.575 é demonstrar que os ambientes de permanência social (salas e dormitórios) mantêm temperaturas dentro de limites pré- estabelecidos que variam conforme a zona bioclimática.

Critérios de Atendimento de Verão



Para que projetos nas 8 zonas bioclimáticas atendam aos critérios de desempenho térmico em seu nível Mínimo

(M), as simulações computacionais devem ser capazes de demonstrar que em um dia típico de verão de sua localidade, a temperatura interna máxima dos ambientes de permanência social nunca seja superior à temperatura externa máxima desse mesmo dia.

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
<small>$T_{i,máx.}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius. $T_{e,máx.}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.</small>		

(ACIMA) Critérios de atendimento de desempenho térmico para verão

Critérios de Atendimento de Inverno



Para que projetos nas zonas bioclimáticas 1 a 5 atendam aos critérios de desempenho térmico em seu nível Mínimo

(M), as simulações computacionais devem ser capazes de demonstrar que em um dia típico de inverno de sua localidade, a temperatura interna mínima dos ambientes de permanência social seja pelo menos 3°C superior à temperatura externa mínima desse mesmo dia. Para as zonas bioclimáticas 6, 7 e 8 não há requisitos de atendimento de inverno.

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,min.} \geq (T_{e,min.} + 3 \text{ } ^\circ\text{C})$	Nestas zonas, este critério não pode ser verificado
<small>$T_{i,min.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e,min.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.</small>		

(ACIMA) Critérios de atendimento de desempenho térmico para inverno

Dados Climáticos

As simulações devem ser realizadas com dados climáticos de um dia típico de verão (para as 8 zonas bioclimáticas) e um dia típico de inverno (para as zonas 1 à 5). A Norma descreve as características desses dias típicos da seguinte forma:

Dia típico de verão: “dia definido como (...) o dia mais quente do ano, segundo a média do período dos últimos dez anos”

Dia típico de inverno: “dia definido como (...) o dia mais frio do ano, segundo a média do período dos últimos dez anos” .

A Norma também apresenta, no seu Apêndice A (Tabelas A.2 e A.3, dados de temperatura máxima, amplitude diária de temperatura, temperatura de bulbo úmido, Radiação Solar e nebulosidade dos chamados “dias típicos”.

Nota-se pelo descritivo acima, e pela análise dos dados climáticos dos dias “típicos”, que na realidade tratam-se de dias críticos, o que denota um falha, em nossa opinião, na abordagem metodológica da Norma.

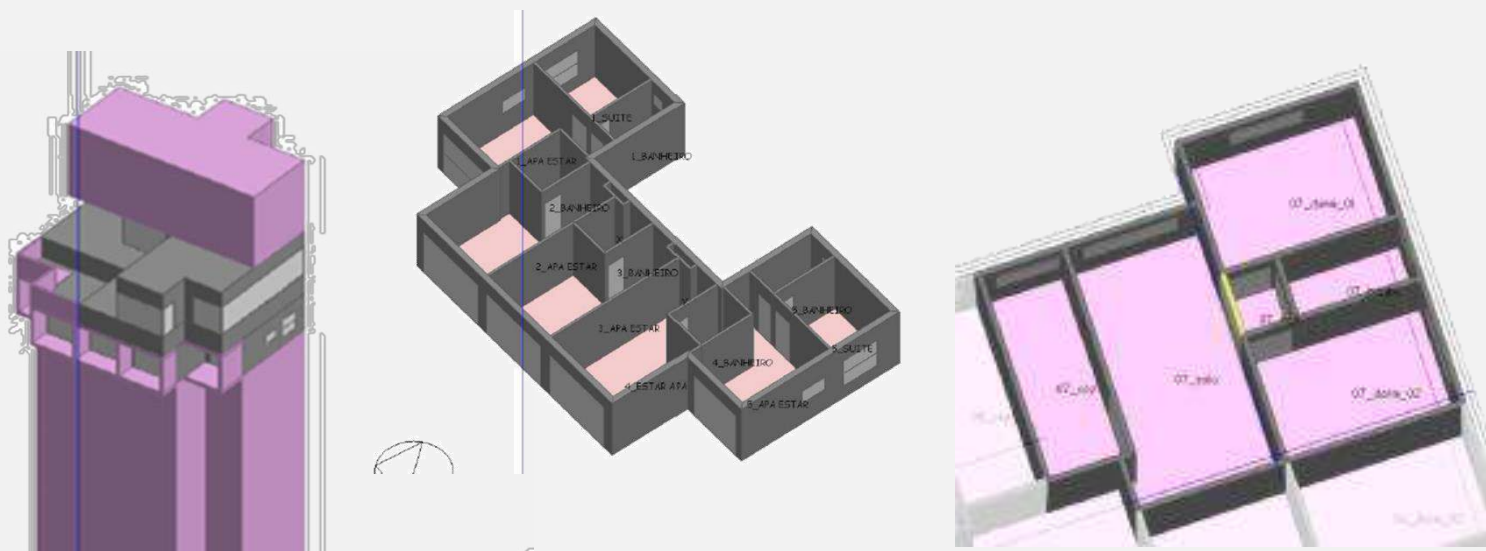
Para São Paulo, por exemplo, cidade que apresenta clima ameno pela maior parte do ano, a tabela A.2 apresenta temperatura externa máxima de 31,9°C no verão e mínima de 6,2°C no inverno.

Essas temperaturas não são típicas da localidade, e o mesmo se repete para outras cidades listadas nessa tabela.

A norma também menciona que, caso a cidade não esteja listada no Apêndice A, que dados provenientes de um arquivo climático de uma cidade próxima e na mesma zona bioclimática pode ser utilizado

Cidade	Temperatura máxima diária °C	Amplitude diária de temperatura °C	Temperatura de bulbo úmido °C	Radiação solar Wh/m ²	Nebulosidade décimos
Aracaju	30,9	5,4	24,9	6 277	6
Belém	33,4	10,5	26,1	4 368	6
Belo Horizonte	32	10,3	21,7	4 641	6
Boa Vista	35,3	9,8	25,8		6
Brasília	31,2	12,5	20,9	4 625	4
Campo Grande	33,6	10	23,6	5 481	6
Cuiabá	37,8	12,4	24,8	4 972	6
Curitiba	31,4	10,2	21,3	2 774	8
Florianópolis	32,7	6,6	24,4		7
Fortaleza	32	6,5	25,1	5 611	5
Goânia	34,6	13,4	21	4 455	4
João Pessoa	30,9	6,1	24,6	5 542	6
Macapá	33,5	9	25,8		7
Maceió	32,2	8,2	24,6	5 138	6
Manaus	34,9	9,1	26,4	5 177	7
Natal	32,1	8	24,8	6 274	6
Porto Alegre	35,9	9,6	23,9	5 476	5
Porto Velho	34,8	12,5	26	6 666	7
Recife	31,4	7,4	24,7	5 105	6
Rio Branco	35,6	12,7	25,4	6 496	7
Rio de Janeiro	35,1	6,4	25,6	5 722	5
Salvador	31,6	6,1	25	5 643	5
São Luís	32,5	7,4	25,4	5 124	5
São Paulo	31,9	9,2	21,3	5 180	6

(ACIMA) Dados climáticos para dias “típicos” de verão para algumas cidades. NBR 15.575—1, Apêndice A, Tabela A.2



Unidades Simuladas

Nem todos os apartamentos precisam ser simulados. A Norma exige que sejam simulados os apartamentos que representam as piores situações climáticas para verão e inverno. São Considerados os piores cenários, as unidades com coberturas expostas, geralmente, porém não se limitando ao último pavimento.

Unidades com cobertura exposta irão sempre apresentar maior quantidade de ganhos térmicos no verão e maiores perdas de calor no inverno. Das unidades com cobertura exposta, as seguintes devem ser simuladas:

Unidades simuladas para verão: Deve possuir janela de dormitório ou sala voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para oeste;

Unidades simuladas para inverno: Deve possuir janela de dormitório ou sala voltada para sul e a outra parede exposta voltada para leste. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para sul;



Existe uma problemática nessa definição de piores cenários : a Norma não especifica quais unidades devem ser simuladas para edifícios com orientações intermediárias, com fachadas Sudeste, Sudoeste, Nordeste ou Noroeste. Nesses caso, deixa aberta à interpretação do responsável pela simulação, o que pode representar inconsistência de resultados no mercado.

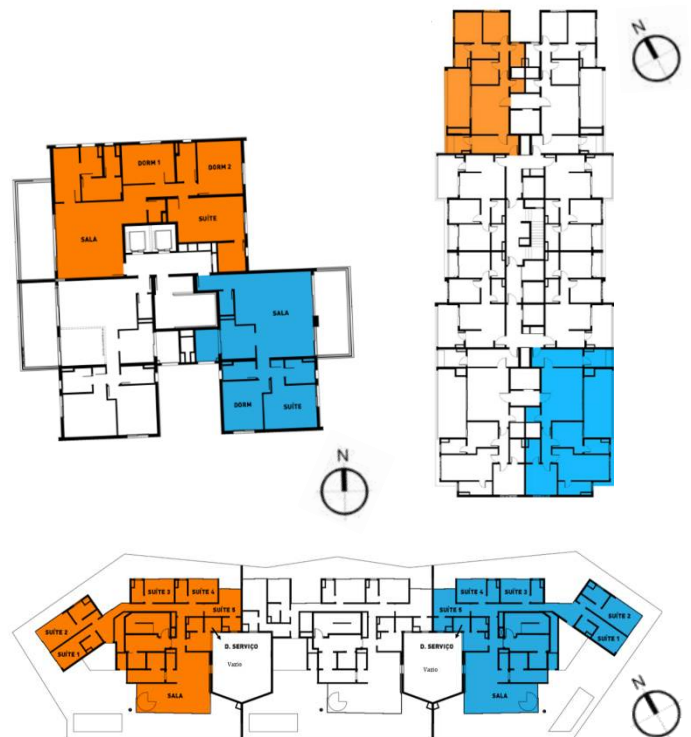
Características do Entorno

As simulações devem considerar que as paredes expostas e as janelas estão desobstruídas, ou seja, sem a presença de edificações ou vegetação nas proximidades que modifiquem a incidência de sol e/ou vento.

Edificações em um mesmo complexo, por exemplo, um condomínio, podem ser consideradas, desde que previstas para habitação no mesmo período.

EXEMPLOS

-  SIMULADOS PARA VERÃO
-  SIMULADOS PARA INVERNO



(IMAGEM ACIMA) Exemplos de seleção de apartamentos considerados piores cenários nos últimos pavimentos (Ca2 Consultores)



Efeito das Cores para o Desempenho Térmico

“A escolha de cores de fachada não é mais apenas uma decisão estética arbitrária, mas deve ser feita em função também do desempenho.”

Anteriormente apresentamos o conceito de absorvância solar. Essa grandeza é dada em porcentagem. Portanto se dizemos que a absorvância de uma superfície é de 70% (ou 0,7), isso significa que de toda a radiação solar incidente, 70% será absorvida para posteriormente ser conduzida para o interior da edificação, enquanto 30% será refletida. Dessa forma, cores claras apresentam menor absorvância, e cores escuras apresentam maior absorvância. Não é correto afirmar que projetos com fachadas escuras irão necessariamente falhar na análise por simulação. Isso porque a cor externa é apenas um dos fatores que afeta a complexa dinâmica de trocas de calor que ocorre em um edifício.

Se o edifício for adequadamente orientado em relação ao Sol, se possuir beirais ou elementos sombreadores e evitar exageradas áreas de vidro, é possível que obtenha atendimento mesmo com fachadas de cores escuras, apesar de não ser prática recomendada em nosso clima.

O oposto também é verdadeiro: projetos com grandes vãos envidraçados, ambientes com face predominantemente oeste e sem sombreamento nos vidros, podem falhar no atendimento à Norma mesmo com cores claras em suas fachadas.

Cores demasiadamente claras podem inclusive ser prejudicial à apartamentos com face sul e leste simulados para inverno em algumas zonas bioclimáticas, pois ao absorver menos calor no inverno, reduzem o potencial de aquecimento passivo. O equilíbrio é sempre necessário.

A seleção das cores de fachadas, apesar de ser um recurso valioso para o atendimento aos critérios de desempenho térmico pela Método da Simulação, deve ser visto como o último desses recursos, quando orientação solar, área de vidros e a ausência de sombreamento não forem capazes de controlar a carga térmica de maneira eficaz.



Depender exclusivamente de cores claras em projetos com ganhos excessivos de calor pela envoltória pode não ser suficiente para que se atinja atendimento.

Dessa forma, afirmamos que a seleção de cores de fachadas, sob a ótica da norma de desempenho, deve ser realizada em conjunto com outras estratégias de controle térmico, incluindo boa orientação solar, áreas de vidro adequadamente dimensionadas e sombreamento através de persianas ou venezianas externas, brises-soleil ou terraços.

É justamente essa análise combinada que o método da simulação computacional permite, e por isso é tão valiosa no processo de concepção de empreendimentos residenciais.

Sempre que possível, obtenha junto aos fabricantes de tintas e acabamentos os laudos de ensaios de absorvência desses produtos e teste opções de cores nas simulações computacionais para compreender os limites de absorvência que seu projeto, com suas características específicas irá admitir.

Tipo	Número	Cor	Nome	α	Tipo	Número	Cor	Nome	α
Látex PVA Fosca	40		Branco Gelo	34,0	Acrílica Fosca	01		Amarelo Antigo	51,4
	41		Erva doce	21,9		02		Amarelo Terra	64,3
	42		Flamingo	46,8		03		Areia	44,9
	43		Laranja	39,9		04		Azul	73,3
	44		Marfim	29,7		05		Azul Imperial	66,9
	45		Palha	28,5		06		Branco	15,8
	46		Pérola	25,7		07		Branco Gelo	37,2
47		Pêssego	39,5	08		Camurça	57,4		
Acrílica Fosca	48		Alecrim	64,0	09		Concreto	74,5	
	49		Azul bali	48,9	10		Flamingo	49,5	
	50		Branco Neve	10,2	11		Jade	52,3	
	51		Branco Gelo	29,7	12		Marfim	33,6	
	52		Camurça	55,8	13		Palha	36,7	
	53		Concreto	71,5	14		Pérola	33,0	
	54		Marfim	26,7	15		Pêssego	42,8	
	55		Marrocos	54,7	16		Tabaco	78,1	
	56		Mel	41,8	17		Terracota	64,6	
	57		Palha	27,2	18		Amarelo Antigo	49,7	
	58		Pérola	22,1	19		Amarelo Terra	68,6	
	59		Pêssego	35,0	20		Azul	79,9	
	60		Telha	70,8	21		Branco Gelo	36,2	
	61		Vanila	23,9	22		Cinza	86,4	
Látex PVA Fosca	62		Amarelo Canário	25,2	23		Cinza BR	61,1	
	63		Areia	35,7	24		Crepúsculo	66,0	
	64		Azul Profundo	76,0	25		Flamingo	47,3	
	65		Branco Neve	16,2	26		Marfim	33,9	
	66		Branco Gelo	28,1	27		Palha	39,6	
	67		Camurça	53,2	28		Pérola	33,9	
	68		Cerâmica	65,3	29		Preto	97,1	
	69		Concreto	71,6	30		Telha	69,6	
	70		Flamingo	44,4	31		Terracota	68,4	
	71		Marfim	24,5	32		Verde Quadra	75,5	
	72		Palha	26,4	33		Vermelho	64,2	
	73		Pérola	22,9	34		Amarelo Canário	29,3	
	74		Pêssego	29,8	35		Amarelo Terra	61,4	
	75		Preto	97,4	36		Areia	39,0	
	76		Vanila	27,7	37		Azul angra	32,3	
	77		Verde Musgo	79,8	38		Bianco Sereno	26,6	
	78		Vermelho Cardinal	63,3	39		Branco	11,1	

(FONTE): DORNELLES, Kelen Almeida. Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. 2008. 160p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. * As imagens das cores aqui apresentadas podem não representar com exatidão a cor da tinta quando aplicada sobre as superfícies construtivas

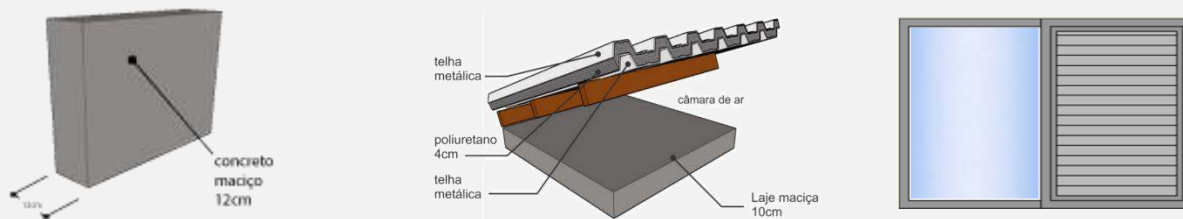
Estudo de Caso

Apresentamos aqui um estudo de caso de consultoria e simulações pela Ca2. Trata-se de um projeto de habitação de interesse social em São Paulo, cuja planta e materiais são apresentados ao lado. O projeto foi submetido à análise através do Método da Simulação de forma a verificar a gama de cores de fachada poderiam ser aplicadas, considerando que o projeto não poderia sofrer alterações em sua planta, orientação, sistema construtivo ou em tamanho de janelas. Nesse caso, as cores seriam o último recurso para buscar atendimento à NBR 15.575.

O incorporador indicou a cor mais clara que desejava aplicar (abs=39%).

À partir daí, testamos para o apartamento de verão absorvências superiores (cores mais escuras), até chegarmos no limite máximo que ainda permitia atendimento para verão (abs = 69%).

No apartamento para o inverno, também elevamos a absorvência até chegarmos na cor limite para atendimento (47%).



(ACIMA) Materiais e elementos especificados para o projeto simulado: paredes em concreto, cobertura com telha de poliuretano + laje de concreto e veneziana de alumínio.

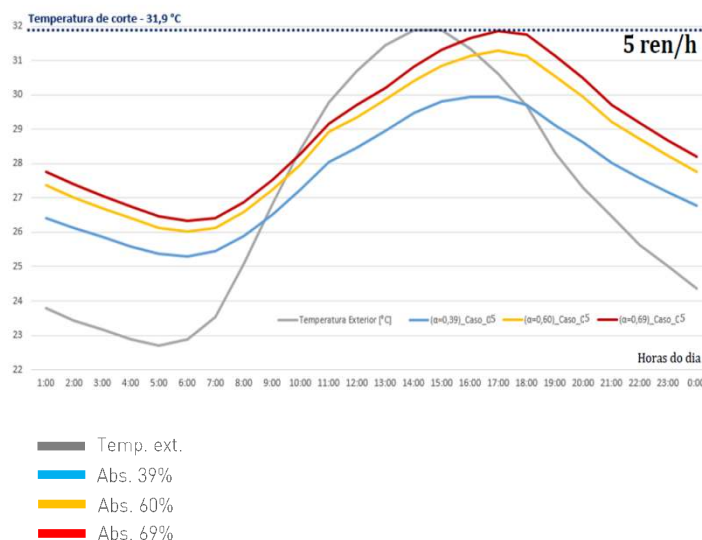
Dessa forma, pudemos fornecer a gama de cores que o projeto, com suas características específicas poderia admitir.

Os gráficos ao lado mostram os resultados para verão e inverno para o dormitório destacado na planta. Percebemos no gráfico do verão que a curva das temperaturas do ar interno para abs=69% atinge o limite para a localidade (31,9°C).

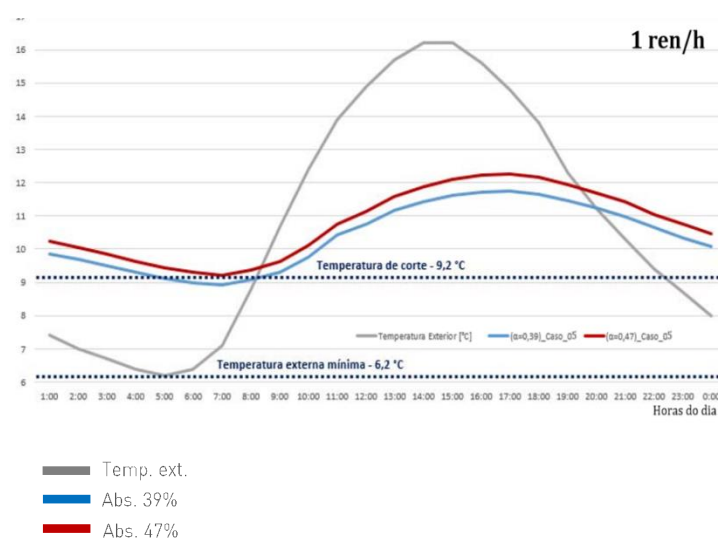
Isso significa a absorvância máxima é 69% para as fachadas norte e oeste. Percebe-se também o potencial de redução de temperatura do espaço quando se opta por cores mais claras. A diferença entre abs=69% e 39% é de 2°C.

No gráfico de inverno, percebemos que a absorvância mínima é 47% para as fachadas sul e leste e que se a absorvância dessas fachadas fosse 39%, o projeto não atenderia ao desempenho mínimo.

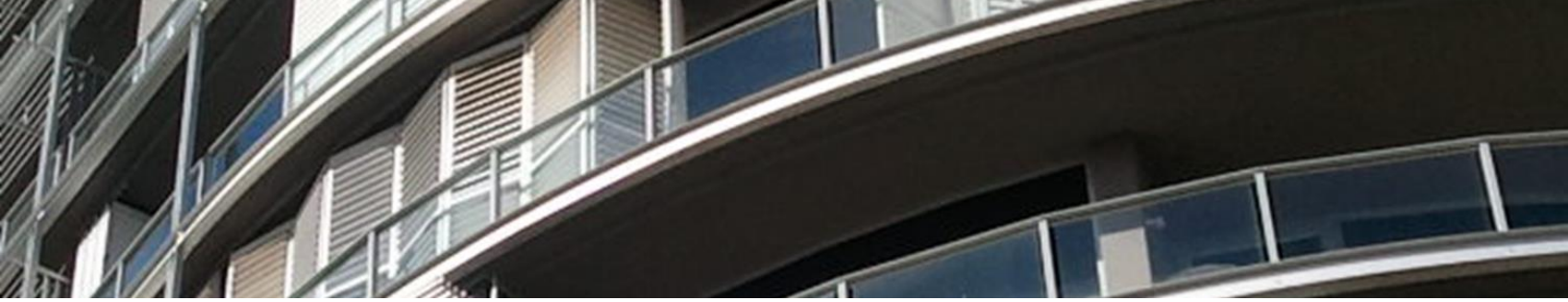
Se o incorporador nesse caso desejasse usar a mesma cor em todas as fachadas, deveria limitar a absorvância entre 47% (que atende o inverno) e 69%. Sempre que possível, simule opções antes de se comprometer com as cores.



(ACIMA) Resultados das simulações para a unidade de verão, dormitório em destaque.



(ACIMA) Resultados das simulações para a unidade de inverno, dormitório em destaque.



Estratégias Inteligentes para o Conforto Térmico

“Algumas empresas e profissionais, cientes de sua responsabilidade em fornecer espaços com boas condições de conforto térmico, procuram ir além do atendimento à NBR 15.575. Afinal, atender à Norma de Desempenho não assegura de fato conforto térmico..”

Enquanto uma parcela do mercado se esforça para atender aos requisitos mínimos de desempenho térmico da NBR 15.575, algumas empresas e profissionais, cientes de sua responsabilidade em fornecer espaços com boas condições de conforto térmico, procuram ir além.

Afinal, atender à Norma de Desempenho não assegura de fato conforto térmico. Reparemos o caso de São Paulo, por exemplo.

Anteriormente apresentamos os requisitos de atendimento pelo método da simulação. Em um dia “típico” de verão, a temperatura interna máxima dos ambientes de permanência social nunca deve ser superior à temperatura externa máxima desse mesmo dia.

Para São Paulo, a Norma estabelece como temperatura externa máxima 31,9°C. Isso significa que, se um projeto mantém sua temperatura interna em 31,9°C, ele atende ao critério mínimo.

Considerando que em um dia de verão, a banda de temperatura considerada confortável pela maioria das pessoas nessa localidade varia entre cerca de 23°C à 27°C em ambientes naturalmente ventilados*, a temperatura limítrofe para os espaços permitido pela norma de desempenho excede significativamente aquilo o que percebemos como confortável.

Esse problema é ainda exacerbado quando a umidade relativa do ar é alta, o que eleva nossa sensação térmica em dias quentes.



Enquanto uma parcela do mercado se esforça para atender aos requisitos mínimos de desempenho térmico da NBR 15.575, algumas empresas e profissionais, cientes de sua responsabilidade em fornecer espaços com boas condições de conforto térmico, procuram ir além.

A umidade relativa do ar, inclusive é uma das principais variáveis que afeta nossa sensação térmica, juntamente com a velocidade do ar, temperatura radiante e a própria temperatura do ar.

Isso denota que, além de permitir temperaturas do ar muito além da banda aceitável de conforto, a Norma de Desempenho é simplista ao desconsiderar as demais variáveis que afetam o conforto térmico.

No caso do inverno, ainda usando São Paulo como exemplo, as simulações computacionais devem ser capazes de demonstrar que em um dia “típico” de inverno, a temperatura interna mínima dos ambientes de permanência social deve ser pelo menos 3°C superior à temperatura externa mínima desse mesmo dia.

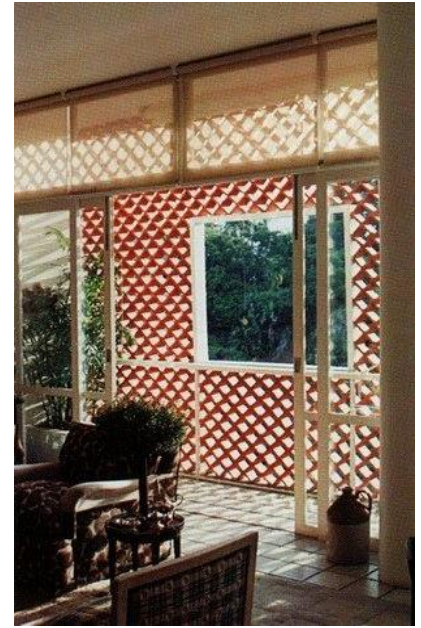
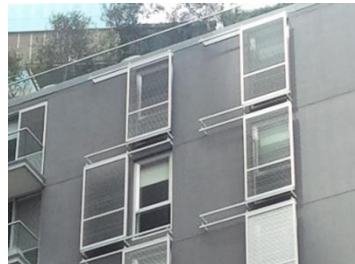
Para São Paulo, a Norma estabelece como temperatura externa mínima de inverno 6,2°C. Isso significa que, se um projeto mantém sua temperatura interna em 9,2°C, ele atende ao critério mínimo, mesmo sendo a temperatura mínima considerada confortável pela maioria das pessoas nessa localidade cerca de 20°C*,

Posto isso, podemos concluir que atender à Norma de desempenho não é garantia de conforto térmico

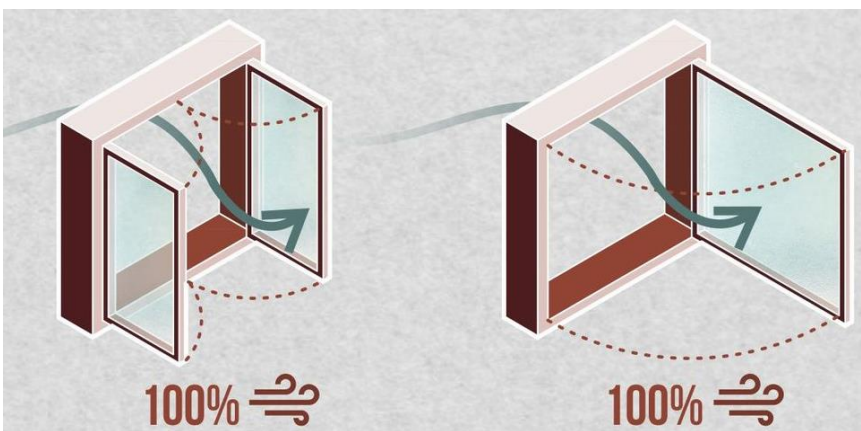
Como podemos, então, criar espaços habitáveis, com boa arquitetura, adequadas ao clima local e que de fato sejam capazes de proporcionar conforto térmico com baixo consumo de energia?

A chave está na envoltória, que deve ser capaz de reduzir ao máximo os ganhos térmicos de verão em todo o território nacional, enquanto que, em regiões de temperaturas mais baixas no inverno, sejam capazes de ganhar e manter calor de forma passiva.

Nas próximas páginas apresentamos algumas estratégias inteligentes para conforto térmico em edifícios residenciais.

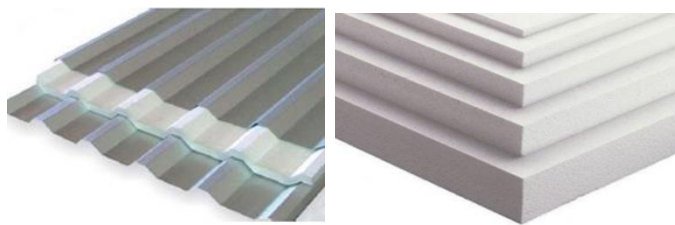


[ACIMA] Elementos sombreadores móveis externos em terraços e janelas auxiliam significativamente no controle de cargas térmicas. O sombreamento é estratégia fundamental em qualquer parte do território brasileiro. Cobogós [à direita] também são elementos que proporcionam sombreamento, além de oferecer inércia térmica [capacidade térmica], reduzindo a temperatura dos espaços.



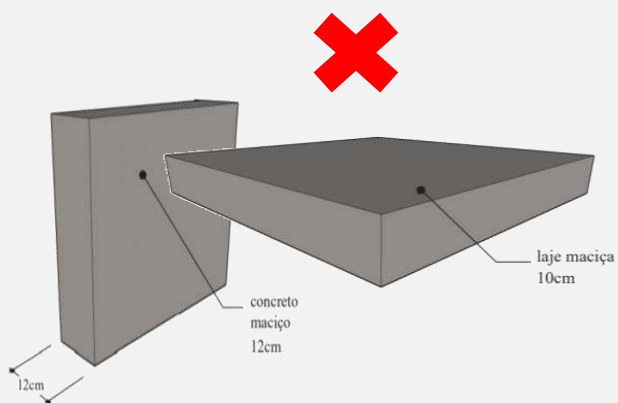
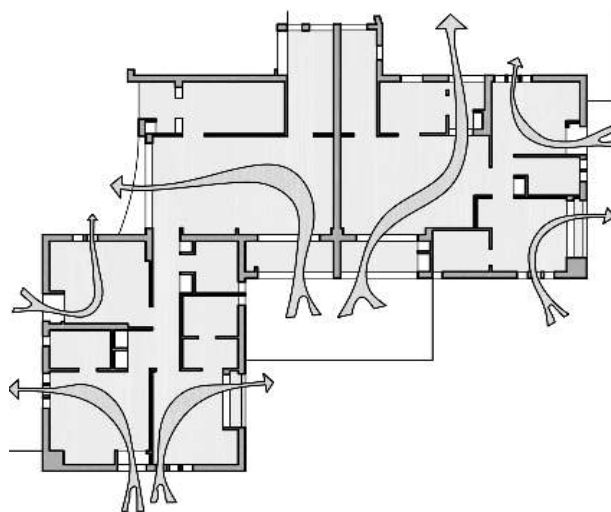
[ACIMA] Priorize janelas que permitam o máximo de ventilação. A ventilação natural, aliada ao sombreamento dos vidros são as principais estratégias que projetos adaptados ao clima do Brasil devem prever. Evite janelas que permitem apenas 50% do vão de ventilação, sempre que possível.

[ACIMA] Persianas de enrolar como essa são ideais para combinar proteção solar dinâmica com excelente área de ventilação natural simultaneamente.



(ACIMA) Telhas térmicas sanduiche de poliuretano e EPS sobre laje são excelentes elementos para proporcionar isolamento térmico em coberturas.

(DIR) A ventilação natural cruzada é significativamente mais eficiente do que aquela com apenas uma abertura. Sempre que possível, permita abertura em pelo menos duas faces de um apartamento.



Evite paredes e coberturas de concreto sem elementos que melhorem seu isolamento térmico, como gesso, EPS ou telhas. O concreto é um péssimo isolante térmico e se deixado exposto irá significar enormes ganhos e perdas indesejáveis de calor.



Contratação e Gerenciamento De Projetos

“ Simulações computacionais são ferramentas de projeto que devem ser utilizadas para informar as decisões durante a concepção. Deve-se evitar utilizá-las apenas para verificar o desempenho após a consolidação do produto, pois o risco de não conformidades é enorme. ”

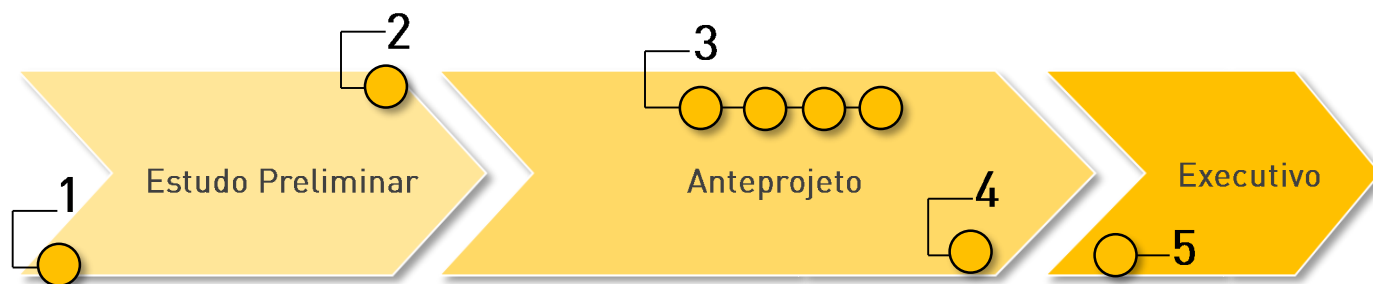
Cada incorporador ou gerenciador tem seu método e fluxo de trabalho próprio com diferenças pontuais. Mas de maneira geral, encontramos no mercado o fluxo linear que vai de Estudo Preliminar, passando pelo Anteprojeto até a compatibilização final no projeto Executivo antes de ir à obra.

Cada etapa do processo apresenta oportunidades para mitigação de riscos de não conformidade.

A inserção de análises qualitativas por profissionais qualificados na etapa de concepção, a realização de simulações preliminares durante o Estudo preliminar, e a subsequente realização de simulações paramétricas (que comparam opções de projeto) ao longo do Anteprojeto até a consolidação do produto podem reduzir riscos e trazer assertividade nas decisões muito antes do lançamento.

O esquema abaixo apresenta nossa visão sobre um processo de projeto que incorpora o desempenho térmico de forma intrínseca ao fluxo tradicional de trabalho de incorporadores e gerenciadores.

- 1. Concepção Inicial-** Oportunidade para análise inicial qualitativa, ainda sem simulações para identificação de riscos. Deve considerar orientação solar, fachadas críticas, áreas de vidro e sistemas construtivos. Esse é o momento ideal para a contratação de consultores, que devem orientar a concepção desde antes das primeiras simulações.
- 2. Planta e Volume Definidos-** Uma simulação computacional preliminar nessa etapa é capaz de mensurar quantitativamente os riscos de não conformidade, possibilitando eventuais necessidades de otimização do produto .
- 3. Consolidação do Produto-** Nesse momento devem ser realizadas simulações mais detalhadas que irão auxiliar na consolidação do produto. Aqui definem-se os limites de cores de fachadas, áreas de vidro sistema de vedações. Ao longo do processo de consolidação do produto podem ser feitas diversas simulações para testar opções. Por fim, simula-se a opção final para registro e emissão de relatório técnico.



- 4. Lançamento-** No período que antecede o lançamento, as simulações já devem ter sido finalizadas, as cores de fachada e elementos construtivos definidos em função dos resultados, pois nenhuma alteração de produto ou imagens será possível a partir daqui. Não se deve nunca lançar um empreendimento sem as simulações finalizadas e o relatório técnico emitido.
- 5. Compatibilização-** Não se deve alterar nenhuma diretriz previamente simulada. Qualquer alteração que se fizer necessária deve ser submetida à novas simulações, sujeitando o projeto à não conformidades.

Somos consultores multidisciplinares. Auxiliamos arquitetos, incorporadores e construtores na concepção de edifícios com altos níveis de desempenho ambiental através de avançados métodos de análise e de nossa experiência global em projetos.

Utilizamos técnicas e cálculos computacionais aplicados por importantes escritórios de engenharia e consultoria do mundo para reduzir riscos e trazer assertividade nos resultados.

Atuamos nas seguintes disciplinas técnicas: Consultoria em Conforto Térmico; Consultoria em Conforto Lumínico; Consultoria e Projeto de Acústica; Consultoria e Projeto de Luminotécnica; Consultoria em certificações (LEED, AQUA, Procel, GBC Casa e Condomínio, EDGE, Fitwel); Consultoria e simulações para Norma de Desempenho;



O Green Building Council é uma organização sem fins lucrativos, presente em 80 países e com certificações em 167 países, com a missão de transformar a indústria da construção civil e a cultura da sociedade em direção à sustentabilidade.

O GBC Brasil atua para desenvolver a indústria da construção sustentável no país, utilizando as forças de mercado para conduzir a adoção de práticas de green building em um processo integrado de concepção, implantação, construção e operação de edificações e espaços construídos, contribuindo para garantir o equilíbrio entre desenvolvimento econômico, impactos socioambientais e uso de recursos naturais, visando a melhoria da qualidade de vida e bem-estar da atual e das futuras gerações

Suas atividades são focadas em capacitação profissional, disseminação de informações, relações governamentais e promoção das certificações LEED, GBC Casa & Condomínio e GBC Zero Energy.

A Construliga é uma plataforma que conecta profissionais, empresas e organizações da cadeia produtiva da construção em um ecossistema interativo, capaz de oferecer soluções de conteúdo, relacionamento e negócios.

A plataforma é composta por diferentes negócios e iniciativas que procuram responder às diferentes necessidades e “dores” das empresas e profissionais da construção civil e arquitetura. Algumas são marcas proprietárias da Construliga. Outras são startups e empresas parceiras que decidiram fazer parte do ecossistema. Nosso esforço é coletivo. Isso faz parte do DNA da Construliga desde a criação da empresa, que contou com a adesão e investimento de dezenas de sócios – todos profissionais com forte e reconhecida atuação no setor.

www.construliga.com.br

Ca2 Consultores

R. Cardeal Arcoverde, 2811 – cj 305
Pinheiros - São Paulo, SP - Brasil 05407-004
Tel. +55 (11) 2309 6720 / projetos@ca-2.com

www.ca-2.com