

Novo!

série
SIMULAÇÃO DE
PERSIANAS
AUTOMATIZADAS
EM EnergyPlus

Relatório
Redução de Consumo Energético com o uso
de Persianas Automatizadas | ETAPA 2

vol. 03

Uma comparação
entre tipos de
controles de
persianas
automatizadas e
arquivos climáticos

maio | 2021

Melissa Cacciatori
Javier Díaz Valdivia

Resumo

A dinâmica do mercado da construção civil impõe fortes restrições de prazos e recursos para o desenvolvimento de projetos e consultorias. Em consultorias para avaliação de desempenho energético de edifícios, que utilizam simulações computacionais, estas restrições tornam imperativa a simplificação de processos de modelagem, simulação e análise, de modo que o uso de ferramentas já integradas ao software utilizado, são preferenciais.

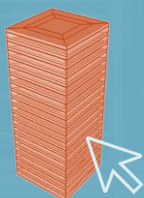
O volume 1 desta série de estudos apresentou um controle gradual customizado de persianas desenvolvido com base em um produto disponível no mercado, para um edifício de escritórios referencial. Este edifício referencial possui 4 fachadas e 20 pavimentos tipo iguais, sendo 1 localizado na cobertura. Atualmente, observa-se uma tendência estética e programática em projetos de edifícios de escritórios de alto padrão, em que o desenho das fachadas varia entre pavimentos, assim como o lay-out e distribuição dos pavimentos tipo. Para estes projetos, a aplicação do controle gradual customizado torna-se mais complexa, demandando recursos de prazo e habilidades do simulador raramente disponíveis.

Para responder a esta situação, este Volume apresenta um estudo comparativo entre o controle customizado e um controle padrão disponível no EnergyPlus. Adicionalmente, este estudo foi aplicado a dois arquivos climáticos da cidade de São Paulo, sendo um mais recente, compilando dados climáticos que revelam maiores intensidades de radiação solar e consequentemente maiores temperaturas do ar.

O estudo conta com 6 análises com diferentes modelos referenciais comparativos, nas quais são variados os tipos de vidros, material de persiana, tipos de controle e arquivos climáticos.

Os resultados reforçam as evidências sobre o impacto de materiais de persianas na performance de fachadas e seus reflexos no consumo energético, já apontados no Volume 2 da série. Em especial, a análise 6 permite aprofundar o conhecimento sobre as relações entre propriedades do sistema vidro-persiana e redução ou aumento relativo de consumo de energia total e por usos finais. Conclui-se:

- Que a avaliação de performance de fachada deve incluir um processo criterioso de seleção dos materiais do sistema vidro-persiana, em uma abordagem que permita isolar o desempenho da fachada em termos de impacto em consumo energético, comparando o modelo proposto – com persianas automatizadas – com o mesmo modelo, excluindo-se apenas a modelagem da estratégia de controle solar – persianas;
- Para o modelo do estudo, as diferenças entre os tipos de controle em termos de variação de consumo total não são significativas, mas o consumo de iluminação artificial pode aumentar em até 6,63%, com arquivo climático TRYx 2004-2018, e 3,97% com arquivo climático INMET.





Clique na imagem para acessar o site da BEM+arch e baixar os Volumes 1 e 2 da Série **Simulação de Persianas Automatizadas em EnergyPlus**. Você encontrará na seção de publicações, o material que contém todos os detalhes e características do edifício simulado.

SIMULAÇÃO DE PERSIANAS AUTOMATIZADAS EM EnergyPlus

Volume 3

Relatório:
Redução de Consumo Energético com o uso de Persianas Automatizadas – ETAPA 2: Comparação entre tipos de controles de persianas

Neste volume você vai encontrar:

- 1 Estudo Paramétrico com 24 combinações vidro-persianas, Análises da influência do sistema vidro-persiana performance de fachadas e Verificação de Potencial de Pontuação LEED CS V4
- 2 Comparativo entre o Controle Gradual Customizado (ETAPA 1) e um Controle Padrão do EnergyPlus: *HighSolarOnWindow*
- 3 Comparativo entre dois arquivos climáticos para a cidade de São Paulo:
[BRA_SP_Sao.Paulo.837810_INMET](#) 
e
[BRA_SP_Sao.Paulo-Congonhas.AP.837800_TMYx.2004-2018](#) 

SIMULAÇÃO DE PERSIANAS AUTOMATIZADAS EM EnergyPlus

Volume 3

Relatório:
Redução de Consumo Energético com o uso de Persianas Automatizadas – ETAPA 2: Comparação entre tipos de controles de persianas

Agradecimentos

Agradecemos às empresas Somfy e Uniflex, pelo apoio e pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho, que representa uma importante iniciativa de unir esforços do mercado e da academia, para a construção de meios que tenham o potencial de ampliar a qualidade dos ambientes construídos e o conhecimento de toda a cadeia produtiva de edifícios comerciais.

Créditos

Este trabalho foi desenvolvido pela BEM + arch | Building Energy Modeling and Environmental Comfort, uma marca registrada da TEKTON BRASIL | Gerenciamento e Desenvolvimento de Projetos, com autoria de Melissa Cacciatori e colaboração de Javier Díaz Valdivia.

Arq. Melissa Cacciatori, Msc.

Coordenação e integração
Plano de desenvolvimento
Planejamento de análises
Sistematização de Resultados, Geração de Gráficos e Análises
Elaboração de Relatório

Eng. Javier Díaz Valdivia, Msc.

Simulações para Análises
Suporte e Revisão de Análises
Suporte e Revisão de Manual
Suporte e Revisão de Relatório

Aviso Legal

O example-file 4FacadeGradualShading, adotado para realizar as análises apresentadas neste relatório, foi desenvolvido com base em um modelo com arquitetura referencial para edifícios de escritório da cidade de São Paulo, Brasil. Os resultados apresentados neste relatório, são relativos a este modelo referencial e não devem ser diretamente transferidos ou adotados para outros modelos.

A disponibilização deste example-file para uso pelo mercado, é realizada com o intuito de auxiliar profissionais com experiência em EnergyPlus, na simulação de um controle customizado de persianas, baseado em um sistema existente no mercado.

Este example-file foi desenvolvido com o único intuito de disponibilizar um controle customizado de persianas, que permita a simulação do comportamento termo-energético de um edifício que adote esta estratégia, com maior aproximação de um controle referencial existente no mercado.

A aplicação do controle customizado em simulações, não implica em garantia de performance de edifícios reais. Cabe ao profissional usuário deste recurso, o example-file 4FacadeGradualShading, a responsabilidade pela adoção do mesmo, bem como por seus resultados.

A responsabilidade pelos dados adotados para a elaboração do data-set BR-WindowShadeMaterial é do fabricante de persianas, fornecedor dos dados e a responsabilidade pela adoção do data-set, bem como pelos resultados obtidos em simulações, cabe ao profissional usuário dos dados.

As empresas apoiadoras, a empresa desenvolvedora e seus colaboradores não assumem nenhuma garantia, expressa ou implícita, ou assumem qualquer responsabilidade legal ou pela acurácia, completude ou adequação por qualquer circunstância particular de uso deste example-file e data-set, ou adequação de qualquer informação, equipamento, instrumento ou processo apresentados, ou asseguram que seu uso não infringirá direitos de propriedade ou intelectuais de qualquer parte. A empresa - desenvolvedora e apoiadora e seus colaboradores, não assumem a responsabilidade por qualquer prejuízo ou outras reponsabilidades por resultados decorrentes do uso deste documento, ou pelo uso de informações, equipamentos, instrumentos ou processos apresentados neste documento. Referências a marcas, nomes comerciais ou fabricantes de qualquer produto, processo ou serviço, existentes neste documento, não necessariamente constituem ou implicam em validação, aprovação, recomendação ou favorecimento pela empresa desenvolvedora e seus colaboradores. Eventuais opiniões e pontos de vista dos autores, expressos neste documento, não necessariamente refletem as das empresas apoiadoras.

SUMÁRIO | navegue



Apresentação



Introdução

Objetivo

Descrição do

Estudo





Apresentação

eu quero sombra

...

São inúmeros os dispositivos que desenvolvemos e utilizamos no nosso dia-a-dia para nos proteger do sol e da luz excessiva: utilizamos óculos de sol, chapéus, ombrelones, sombrinhas; nossas janelas possuem venezianas e persianas externas; cortinas e persianas internas. No carro temos o “quebra-sol”; pais e mães zelosos, chegam a prender uma fralda no vidro para evitar que o sol atinja diretamente seu bebê, que ainda não está apto à buscar sozinho uma posição mais protegida no banco de trás. Assim como nós, cachorros, gatos e passarinhos também repousam à sombra. Estas são ações e comportamentos observáveis em cenas do cotidiano. Todos já experimentamos o desejo de repousar à sombra em um dia quente, ou a urgência de proteger os olhos quando os raios nos atingem diretamente ou quando estamos diante de uma superfície muito refletora.

eu quero sombra...

Pois então, eis que quando se realizam estudos de eficiência energética de edifícios, ao não identificar resultados significativos para elementos de proteção solar internos tais como persianas, algum especialista pode concluir: persianas não impactam o consumo, conseqüentemente, não são relevantes como estratégia de eficiência energética. É preciso que se lembrem de suas experiências, nas quais sentiram a necessidade da sombra e da proteção da luz em excesso. É preciso questionar tais resultados com base nessa experiência. É preciso revisitar criticamente a metodologia de avaliação para que cada estratégia seja analisada da forma mais adequada.

Espero motivar, provocar construtivamente, simuladores, pesquisadores e consultores de eficiência energética a acompanharem nossa pesquisa e se permitirem um novo olhar.

Normas técnicas internacionais aplicadas ao estudo de conforto ambiental, já reconhecem a importância da estratégia de controle solar. A norma de conforto térmico [ASHRAE 55-2017](#), estabelece a correção da temperatura média radiante devido à incidência de radiação solar direta, situação que demanda controle. A norma [IES LM-83-12](#) que apresenta métricas e metodologia para avaliação de iluminação natural, determina que o nível de aproveitamento deste recurso só pode ser definido com o uso de elementos de controle solar, tais como persianas, para não ser contabilizado o aproveitamento de níveis excessivos de iluminância, que potencialmente causam desconforto por ofuscamento.

Seria um avanço metodológico termos este conceito estendido à medida de redução de consumo de energia por dimerização com base no aproveitamento de iluminação natural, uma vez que contabilizar o

benefício com base em iluminância excessiva é o mesmo que aceitar o desconforto por ofuscamento. A metodologia definida no Apêndice G da [ASHRAE 90.1-2010](#), aplicada para avaliação de eficiência energética global do edifício, ainda não estabelece controle solar e de iluminância excessiva para contabilizar a redução de consumo de iluminação. Esta metodologia, tem o objetivo de avaliar o nível de eficiência energética global do edifício. A envoltória, que inclui a fachada, tem participação importante nos níveis de consumo. Mas a participação de estratégias de controle solar internos tendem a não ter representatividade suficiente nesta metodologia, em muito projetos. Reconhecendo integralmente o processo de evolução de normas técnicas, metodologias e métricas de avaliação de desempenho energético, como pesquisadora busco trabalhar em uma das lacunas que o estado da arte ainda apresenta.

Um novo paradigma de avaliação integral de desempenho de fachadas deve ser estabelecido, ou minimamente reconhecido por especialistas e projetistas. Mais uma vez, convido a todos a nos acompanharem nesta jornada, por uma abordagem integrada de projeto e avaliação de fachadas, que reconheça a importância e influência de cada estratégia em desempenho e conforto.

Quando estamos trabalhando em um escritório, em meio a tantas demandas para nossa atenção, também queremos sombra. Mas às vezes, não nos damos conta disso e seguimos trabalhando, com um desconforto que podemos nem saber de onde vem, a competir pela nossa energia. Uma ajudinha, até que cai bem.

Arq. Melissa Cacciatori, Msc.
Abril-2021



Voltar

Introdução

A dinâmica do mercado da construção civil impõe fortes restrições de prazos e recursos para o desenvolvimento de projetos e consultorias. Em consultorias para avaliação de desempenho energético de edifícios, que utilizam simulações computacionais, estas restrições tornam imperativa a simplificação de processos de modelagem, simulação e análise, de modo que o uso de ferramentas já integradas ao software utilizado, são preferenciais. O volume 1 desta série de estudos apresentou um controle gradual customizado de persianas- EMS- Gradual_Sh - desenvolvido com base em um produto disponível no mercado, para um edifício de escritórios referencial. Este edifício referencial possui 4 fachadas, 20 pavimentos tipo iguais, sendo 1 localizado na cobertura. Observa-se atualmente uma tendência estética e programática em projetos de edifícios de escritórios de alto padrão, em que o desenho das fachadas varia entre pavimentos, assim como o lay-out e distribuição dos pavimentos tipo. Para estes projetos, a aplicação do controle gradual customizado torna-se mais complexa, demandando recursos de prazo e habilidades do simulador raramente disponíveis.



Voltar

Objetivo

Verificar a efetividade de aplicação de um controle de persianas padrão do EnergyPlus, com base na comparação entre os resultados de consumo energético do modelo referencial do estudo - *Example-file 4FacadeGradualShading*, com dois controles automatizados de persianas:

1. Controle Gradual Customizado - EMS- Gradual_Sh - que aciona as persianas com base em sensores de nível de iluminação na fachada e as posiciona gradualmente conforme posição solar, de modo a garantir uma profundidade limite de incidência de radiação solar definida pelo usuário. Neste estudo, este controle será denominado simplesmente EMS;
1. Controle Padrão do EnergyPlus, que aciona as persianas com base em um sensor do nível de intensidade de radiação solar nas fachadas – *HighSolarOnWindow*, permitindo duas posições: 0 - recolhida, 1 – 100% aberta. Neste estudo, este controle será denominado simplesmente RAD.

Adicionalmente, este estudo foi aplicado à dois arquivos climáticos da cidade de São Paulo, sendo um mais recente, compilando dados climáticos que revelam maiores intensidades de radiação solar e conseqüentemente maiores temperaturas do ar.

Descrição do Estudo

O estudo conta com 6 análises com diferentes modelos referenciais comparativos, nas quais são variados os tipos de vidros, material de persiana, tipos de controle e arquivos climáticos.

A análise 1 compara Modelo Proposto (com dimerização e controle automatizado de persianas) com um modelo igualmente caracterizado, porém sem persianas;

A análise 2, compara o Modelo Proposto, com um modelo igual, porém sem dimerização e sem persianas;

A análise 3, compara o Modelo Proposto sem dimerização, sendo um com persianas automatizadas em um sem persianas;

A análise 4 compara o Modelo proposto com o Modelo Baseline ASHRAE 90.1 e análise 5 verifica o potencial de pontuação LEED;

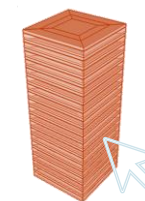
A análise 6, verifica as variações de consumo total e por usos finais – ar-condicionado e iluminação entre os dois tipos de controle, identificando os padrões de comportamento em relação às propriedades de transmissão e reflexão solar e luminosa dos materiais e do sistema vidro-persiana.

Uma descrição detalhada dos cenários, modelos e materiais é apresentada a seguir.

SIMULAÇÃO DE PERSIANAS AUTOMATIZADAS EM EnergyPlus

Volume 3

Relatório:
Redução de Consumo Energético com o uso de Persianas Automatizadas – ETAPA 2



Clique na imagem para acessar o site da BEM+arch e baixar os Volumes 1 e 2 da Série **Simulação de Persianas Automatizadas em EnergyPlus**. Você encontrará na seção de publicações, o material que contém todos os detalhes e características do edifício simulado.

24

Modelos

Dando continuidade aos estudos apresentados nos volumes 1 e 2 desta série, o presente estudo mantém o mesmo modelo o desenvolvimento do Example-file 4FacadeGradualShading, que passará a ser denominado Modelo Proposto. Conforme apresentado no volume 1, este modelo foi desenvolvido com base na arquitetura referencial de edifício de escritórios de alto padrão para pavimento tipo com área aproximada de 1000 m², definido e caracterizado por (CACCIATORI, 2016).

Esta arquitetura caracteriza edifícios de escritórios de alto padrão do mercado imobiliário recente, e considera as características de tipologia de fachada, sistemas construtivos e materiais mais frequentemente utilizadas em lançamentos imobiliários de edifícios comerciais de alto padrão, a partir de 2015, na cidade de São Paulo, Brasil.

São analisadas 24 composições vidro-persiana, formadas pelos vidros 60004, 60005, 60006, 60009, 60010 e 60011, combinados com os tecidos T1, T2, T3 e T4

A seguir são apresentadas as principais características do modelo.

No Anexo I, as tabelas 1, 2 e 3 apresentam resumidamente as características e parâmetros do edifício adotado. Informações detalhadas estão disponíveis nas fichas de dados de entrada do modelo, no Apêndice I – Volumes 1 e 2.

Um estudo paramétrico, com 6 variações de vidros e 4 variações de tecidos



Clique sobre a imagem para ampliar – Resumo das características do Modelo



Clique sobre a imagem para ir para Anexo I – detalhes das características dos modelos do estudo

Modelo Proposto

Principais características – Resumo

Arquitetura

MODELO BASEADO NO REFERENCIAL ARQUITETÔNICO PARA EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO (CACCIATORI, 2016)

PAVIMENTO TIPO
QUADRADO: 1024m²
CORE CENTRAL: 204,5m²
WWR 40%

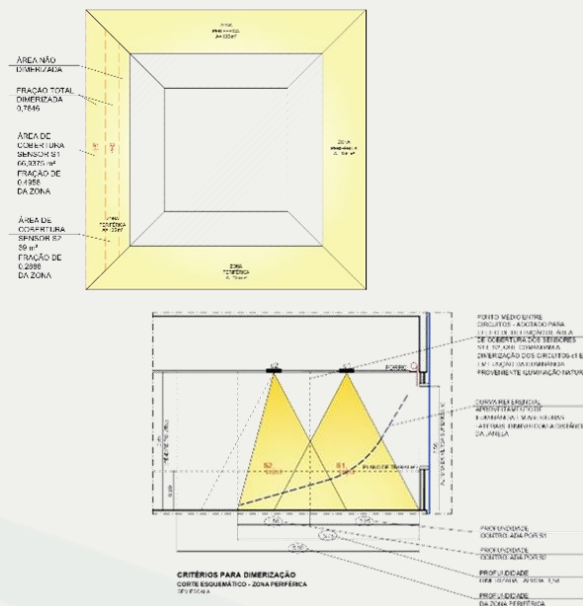
CORTINA DE VIDRO
VIGA DE BORDA – CONCRETO
PEITORIL INTERNO – DRY-WALL



Cargas Internas

OCUPAÇÃO: 7 m² / pessoa (NBR 16401)
EQUIPAMENTOS: 16,2 W/m² (NBR 16401)
ILUMINAÇÃO GERAL: 5,5 W/m²
(SISTEMA DIMERIZADO – setpoint 300 lux)
ILUMINAÇÃO TAREFA: 1,5 W/ m²
(SISTEMA NÃO DIMERIZADO)

ILD TOTAL: 40,3 W/m²



Ar-Condicionado

CAG
CHILLER PARAFUSO
CONDENSAÇÃO: ÁGUA
(ASHRAE 90.1-2010)

COP: 5,175
IPLV: 6,064
SETPOINT RESFRIAMENTO: 24°C
RENOVAÇÃO DE AR: 27 m³/hora/pessoa
(ANVISA)



Clique sobre a imagem para ir para Anexo I



Voltar

Cenários

Este estudo foi iniciado com o objetivo de comparar um controle padrão do EnergyPlus, com o controle gradual customizado, desenvolvido com base no algoritmo da SOMFY.

Durante a fase de divulgação dos estudos iniciais - ETAPA 1, Volumes 1 e 2 - surgiu o questionamento quanto arquivo climático adotado no estudo. Um arquivo climático mais atual estava disponível e seria importante considerá-lo.

Assim, foram analisados 4 cenários formados por 2 tipos de controle de persiana e 2 arquivos climáticos:

- Controle Gradual Customizado de Persianas (EMS)
- Controle Padrão do EnergyPlus com base na intensidade de radiação solar na fachada (Rad)
- Arquivo climático BRA_SP_Sao.Paulo.837810_INMET
- Arquivo climático BRA_SP_Sao.Paulo-Congonhas.AP.837800_TMYx.2004-2018

Ao longo deste estudo, os controles passarão a ser denominados EMS e Rad, e os arquivos climáticos INMET e TMYx.2004-2018.

Arquivos Climáticos disponíveis em:
<http://climate.onebuilding.org/WMO/Region_3_South_America/BRA_Brazil/index.html>. Acesso em: 19.01.2021.

Cada cenário é identificado por uma sigla que identifica a Etapa – E1 e E2, e a revisão do modelo.

Conforme quadro resumo ao lado, a Etapa 1 (E1), Revisão 0 (R0), forma o cenário E1R0, no qual é adotado o controle EMS e o arquivo climático INMET. E1R0 é o cenário referencial, estudado no Volume 2.

E1R1, é o cenário E1R0 com variação do tipo de controle de persiana para o controle padrão do EnergyPlus, RAD.

E1R2, é o cenário E1R0 com variação do arquivo climático.

E2R0, é o cenário E1R2, com variação do tipo de controle.

Um estudo aplicado a 2 tipos de controle de persiana e 2 arquivos climáticos da cidade de São Paulo.

Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO-RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1 R0				
E1 R1				
E1 R2				
E2 R0				

Este quadro será mantido junto das análises para auxiliar a leitura dos gráficos.



veja Anexo II para detalhes sobre o controle RAD

A seguir, veja algumas análises comparativas sobre os arquivos climáticos e tipos de controle do estudo.

Arquivo Climático

BRA_SP_Sao.Paulo.
837810_INMET [1]

comparado com

BRA_SP_Sao.Paulo-
Congonhas.AP.837800_
TMYx.2004-2018 [1]

O reconhecimento inicial das diferenças entre os arquivos climáticos é fundamental para o processo de análise de impactos em consumo de energia ocasionados pela alteração destes arquivos.

Foram comparados entre arquivos:

- Graus-hora de resfriamento total anual, para temperaturas acima de 24°C (GHR24)
- Graus-hora de resfriamento em horas ocupadas, para temperaturas acima de 24°C (GHR24)

[1] Disponível em:

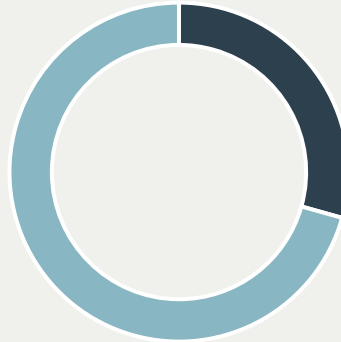
<http://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/BRA_Brazil/index.html>.

Acesso em: 19.01.2021.



operação

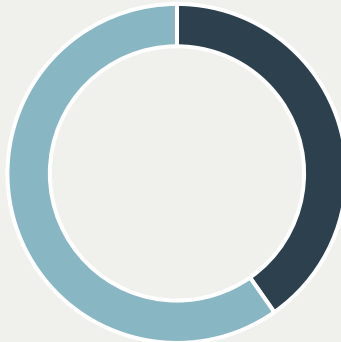
8760
total de
horas anuais



3640
horas ocupadas - em
dias úteis, das 8h às
21h – representam
42% do total anual

arquivo
INMET

3520
total de graus-hora de
resfriamento do
arquivo climático, para
temperaturas (T)
acima de 24°C
(GHR24)



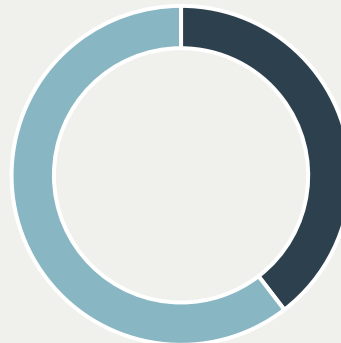
2372
graus-hora de
resfriamento em horas
ocupadas – representam
67% do total anual do
arquivo, para T > 24°C

Para o modelo do estudo, temos que as horas ocupadas representam 42% das horas do ano, sendo esta ocupação delimitada pelo período de 8h às 21h.

O arquivo climático INMET apresenta um total de 3520 graus-hora de resfriamento (GRH24), com 67% deste total durante horas ocupadas.

arquivo
TMYx.2004-2018

4342
total de graus-hora de
resfriamento do
arquivo climático, para
temperaturas (T) acima
de 24°C (GHR24)



+ 23%
em relação ao
arquivo INMET

2843
graus-hora de
resfriamento em horas
ocupadas – representam
65% do total anual do
arquivo, para T > 24°C
+ 20%
em relação ao
arquivo INMET

O arquivo climático TMYx.2004-2018 apresenta um total de 4320 graus-hora de resfriamento (GRH24) – 23% acima do arquivo INMET, com 65% deste total durante horas ocupadas. O total de graus-hora de resfriamento em horas ocupadas, é 20% para este arquivo climático em relação ao arquivo INMET.

Este comparativo permite concluir que arquivo climático mais recente possui registros de temperaturas mais elevadas em relação ao arquivo INMET. Com base nesta constatação, espera-se que o consumo com ar-condicionado seja impactado, havendo uma demanda mais elevada de consumo energético para este uso.

Padrões de Controle

Controle Gradual Customizado | EMS comparado com

Controle Padrão On/Off | RAD

Foi realizada uma comparação entre horas de operação de persianas com controle EMS e controle RAD, para cada um dos arquivos climáticos.

O set-point de acionamento das persianas com controle RAD foi calculado com base na relação entre a média anual de intensidade de radiação solar e o limite superior de iluminância (15.000 lux) definido para o controle gradual (EMS) que aciona a persiana.

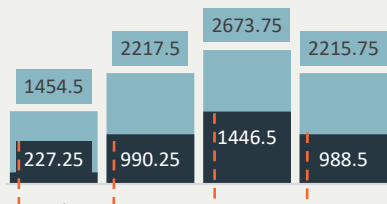
Os set-points de acionamento de persianas com controle RAD para cada arquivo climático é de:

- 141 W/m² (TMYx.2004-2018)
- 132 W/m² (INMET)

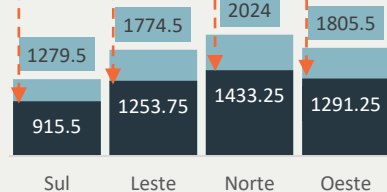
Ver anexo II para detalhes do cálculo de set-point



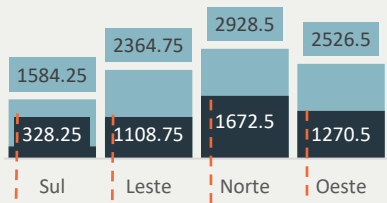
controle customizado (EMS) arquivo INMET



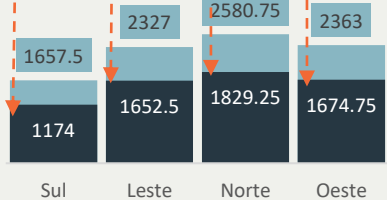
controle padrão E+ (RAD) arquivo INMET



controle customizado (EMS) arquivo TMYx.2004-2018

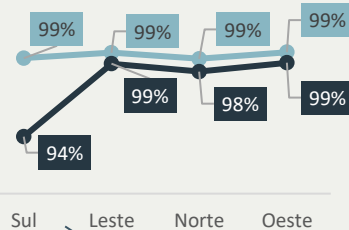


controle padrão E+ (RAD) arquivo TMYx. 2004-2018

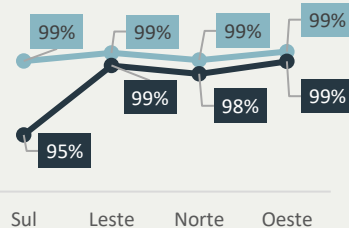


Legenda

- Persiana Acionada – Horas operação
- Persiana Acionada – Horas anuais



Fração acionada: percentual de área transparente protegida durante horas em que a persiana está ativa



O controle EMS foi definido de tal forma que a persiana permanece acionada durante finais de semana para reduzir o acúmulo de carga térmica nos períodos sem ocupação. Assim, a persiana permanece acionada em uma quantidade de horas anuais maior do que no período de ocupação.

Os gráficos da esquerda comparam as horas anuais e horas de operação nas quais as persianas são acionadas.

Para o caso do controle gradual, as persianas a fração de acionamento é de 99% para orientações Leste, Norte e Oeste, e em torno de 95% para orientação Sul - Gráficos da direita. Para o caso do controle RAD, a fração de acionamento sempre é de 100%.

Observa-se que entre diferentes controles para o arquivo INMET, as horas acionadas anuais são menores com controle RAD, pois durante o final de semana é mantido o controle por radiação enquanto que no controle EMS, elas permanecem fechadas em 100% do tempo.

Entre as horas ocupadas, o controle RAD aumenta o tempo de acionamento na fachada sul em 4 vezes, nas fachadas Leste e Oeste em torno de 30% e na fachada Norte não há alteração significativa.

Para o arquivo climático TMYx.2004-2018, as horas totais de acionamento aumentam, assim como durante as horas ocupadas. De modo similar ao observado no arquivo INMET, aumenta o tempo de acionamento na fachada sul em 3,6 vezes, na fachada Leste - 50%, Oeste - 30% e na fachada Norte - 10%.



Análises

Para este estudo foram desenhadas **6 análises**, cada uma com o objetivo de responder a diferentes perguntas sobre o papel da estratégia de persianas automatizadas, dimerização de iluminação artificial, bem como das propriedades térmicas e ópticas de vidros e tecidos, em relação ao **objetivo de redução de consumo energético** de edifícios de escritórios.

Basicamente, são análises comparativas entre o modelo proposto, que possui controle automatizado de persianas e dimerização da iluminação artificial, e variações dos modelos sem controle e modelo Baseline, adotado como referencial para certificação LEED.

Em linhas gerais, observa-se que com a variação dos referenciais comparativos pode-se apontar diferentes níveis de impacto em consumo das estratégias analisadas.

Este comportamento reforça o entendimento de que é necessário adotar o **referencial comparativo adequado** para cada objetivo.


Se o **objetivo é otimizar a fachada**, o modelo referencial comparativo deve ser igual ao proposto, sem as estratégias de controle – **Análise 2**.

Já para o **objetivo de pontuação em certificação LEED**, deve ser adotada a **Análise 5**, conforme metodologia estabelecida pelo sistema de certificação.

*Estas análises evidenciam que o **benefício de estratégias de otimização de fachada** devem ser demonstrados por meio de **análises específicas**, com esta finalidade, tal como a **Análise 2** por exemplo.*

Cada análise é realizada para 4 cenários, que combinam **2 tipos de controle de persianas** e **2 arquivos climáticos**:

- Controle Gradual de Persianas (EMS)
- Controle Padrão do EnergyPlus com base na intensidade de radiação solar na fachada (Rad)
- Arquivo climático INMET
- Arquivo climático TMYx 2004-2018

Ver detalhes dos cenários 



Clique sobre as imagens do menu ao lado para ir para as análises.

Análise 1

M06_DimAd-EMS

comparado com

M05_DimAd-EMSOff

▶ Porque se deve controlar a radiação solar direta e/ou iluminância nas áreas adjacentes à fachada e qual sua relação com a dimerização de iluminação artificial, adotada como estratégia de redução de consumo energético?

Para responder a esta questão, análise compara o modelo proposto – com persiana automatizada e dimerização, com o mesmo modelo, sem persiana. Verifica-se o efeito isolado das persianas automatizadas, em consumo relativo de energia total, de ar-condicionado e de iluminação artificial.

São analisadas 24 composições vidro-persiana, formadas pelos vidros 60004, 60005, 60006, 60009, 60010 e 60011, combinados com os tecidos T1, T2, T3 e T4 aplicadas ao Modelo Proposto (M06_DimAd-EMS), comparados com o Modelo M05_DimAd-EMSOff, que difere do proposto apenas por não ter controle solar por persianas.

▶ Clique sobre as imagens do menu ao lado para ir para as análises, realizadas por tipo de vidro.

A Análise 01 evidencia como a adoção de estratégia de dimerização sem controle solar por persianas, pode levar a um resultado de eficiência energética que não considera o potencial de ofuscamento da iluminância excessiva – não útil.

VIDRO 60004



VIDRO 60009



VIDRO 60005



VIDRO 60010



VIDRO 60006



VIDRO 60011



Análise 1

M06_DimAd-EMS comparado com

M05_DimAd-EMSoft

Vidro 60004

O vidro laminado 60004, com fator solar (SHGC) de 43,6% e transmissão luminosa (TL) de 36,9%, é o vidro com maiores SHGC e TL da amostra de vidros estudados.

Isso significa que é o vidro com menor proteção térmica, porém com maior potencial de aproveitamento de iluminação natural.

Observa-se que as persianas automatizadas reduzem o consumo com ar-condicionado (HVAC) e aumentam o consumo com iluminação artificial, em relação a um modelo sem persiana. Este comportamento decorre do aproveitamento exclusivo da iluminação útil, com o uso de persianas, evitando-se assim, potencial desconforto por ofuscamento.

Como o consumo absoluto de ar condicionado é mais expressivo do que o consumo com iluminação artificial, o saldo final é de redução do consumo total.

Cenário referencial (E1R0), com controle gradual EMS e Arquivo climático INMET: tecido T2, com face externa aluminizada e menor emissividade, possui maior potencial de redução de consumo de HVAC e portanto, maior impacto na redução de consumo total. Este padrão é mantido para os demais cenários.

Com o controle por radiação (E1R1), observa-se o aumento do consumo com iluminação artificial em relação ao controle EMS, e aumento da redução de consumo de HVAC, resultando ainda em aumento da redução de consumo total. Este comportamento é devido ao maior tempo de permanência da persiana fechada com o controle por radiação. Destaca-se uma exceção com a combinação com tecido T3 (branco), que apresenta redução do consumo relativo com iluminação: ver análise 6 para detalhes sobre os impactos das propriedades de transmissão luminosa do sistema vidro+persiana e da reflexão interna do vidro, que justificam este comportamento.

Em relação à variação de arquivo climático – E1R2 Vs. E1R0, observa-se um impacto mais expressivo do uso de persianas para proteção solar, uma vez que o arquivo climático TRY-2004-2018, apresenta aumento significativo e radiação solar. O padrão de comportamento relativo entre diferentes controles, se mantém com a alteração do arquivo climático – E2R0 Vs. E1R2.



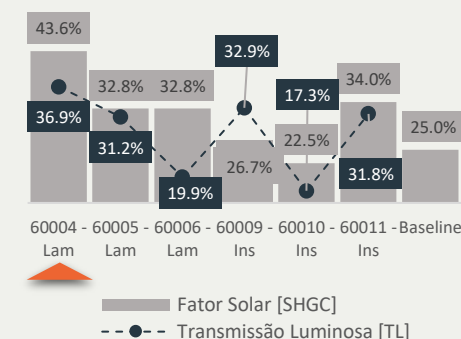
Legenda

- Consumo Total
- Consumo HVAC
- Consumo Iluminação

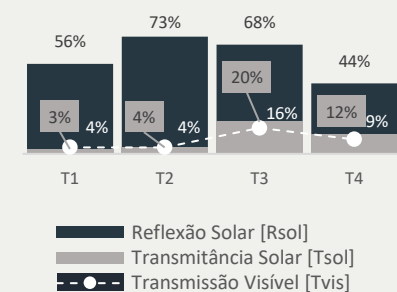
Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1 R0				
E1 R1				
E1 R2				
E2 R0				

Vidros - Propriedades



Persianas - Propriedades



Análise 1

M06_DimAd-EMS comparado com

M05_DimAd-EMSoft

Vidro 60005

O vidro laminado 60005, com fator solar (SHGC) de 32,8% e transmissão luminosa (TL) de 31,2%, é o vidro intermediário entre 3 vidros laminados, diferenciado pela transmissão luminosa, e por ser um vidro Low-e.

É um vidro com maior proteção térmica em relação ao 60004, e transmissão luminosa um pouco menor.

Observa-se que as persianas automatizadas reduzem o consumo com ar-condicionado (HVAC) e aumentam o consumo com iluminação artificial, **em relação a um modelo sem persiana**, do mesmo modo que com o vidro 60004. No entanto, o fato do vidro ter maior proteção solar, reduz o impacto da persiana. Ou seja, quanto menor a proteção solar do vidro, maior o benefício do uso de elementos de proteção solar complementares, tais como persianas.

Entre as variações de tecidos e os diferentes cenários analisados, observa-se o mesmo padrão de comportamento entre este vidro e o anterior.

Mantem-se o destaque para a exceção, referente à combinação com tecido T3 (branco), que apresenta redução do consumo relativo com iluminação entre variações de controle: ver análise 6 para detalhes sobre os impactos das propriedades de transmissão luminosa do sistema vidro+persiana e da reflexão interna do vidro, que justificam este comportamento.

Também neste caso, a variação de arquivo climático – E1R2 Vs. E1R0, apresenta um impacto mais expressivo do uso de persianas para proteção solar, uma vez que o arquivo climático TRY-2004-2018, apresenta aumento significativo e radiação solar. O padrão de comportamento relativo entre diferentes controles, se mantém com a alteração do arquivo climático – E2R0 Vs. E1R2.



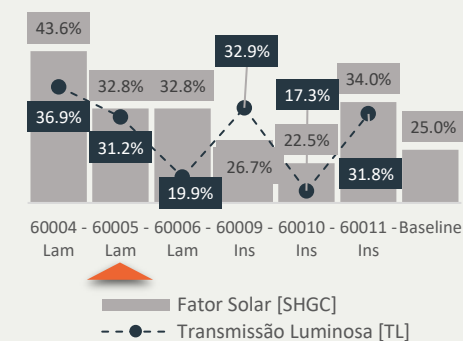
Legenda

- Consumo Total
- Consumo HVAC
- Consumo Iluminação

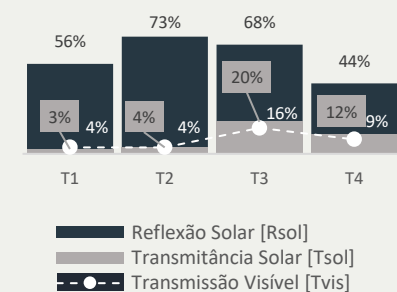
Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1 R0				
E1 R1				
E1 R2				
E2 R0				

Vidros - Propriedades



Persianas - Propriedades



Análise 1

M06_DimAd-EMS comparado com

M05_DimAd-EMSoft

Vidro 60006

O vidro laminado 60006, com fator solar (SHGC) de 32,8% e transmissão luminosa (TL) de 19,9%, é o vidro com menor índice de seletividade – menor relação entre TL e SHGC - entre os 3 vidros laminados.

Apresenta o mesmo fator solar que o vidro 60005, porém, com menor desempenho térmico nas demais propriedades e menor potencial de aproveitamento de iluminação natural, devido à TL significativamente menor.

Observa-se que as persianas automatizadas reduzem o consumo com ar-condicionado (HVAC) e aumentam o consumo com iluminação artificial, em relação a um modelo sem persiana, do mesmo modo que com os vidros anteriores. Neste caso, o menor desempenho térmico e luminoso deste vidro em relação ao 60005, reduz o impacto em redução de consumo total e de ar condicionado e aumenta o consumo com iluminação.



BEM+arch

Entre as variações de tecidos e os diferentes cenários analisados, observa-se o mesmo padrão de comportamento entre este vidro e o anterior, com exceção do tecido T4, que chega a apresentar aumento do consumo total, ainda que não significativo – 0,46%.

Para os cenários com arquivo climático INMET – E1R0 e E1R1, os impactos de redução de consumo total não são significativos, mas destacam-se:

- a manutenção do desempenho do tecido T2, com o impacto mais positivo dentre os demais;
- O aumento expressivo da redução do consumo de HVAC, relacionado ao controle por radiação que mantém a persiana fechada por mais tempo, reduzindo e/ou atrasando as trocas de calor por convecção e radiação internas entre o vidro e a zona térmica.

Observa-se que para os cenários com arquivo climático TRYx-2004-2018 – E1R2 e E2R0 - que apresenta maiores intensidades de radiação solar, a redução de consumo total se torna mais significativa, chegando a 4,27% para T2, no cenário E2R0. No entanto, evidencia-se que com condições climáticas menos favoráveis – neste caso mais quentes – o impacto relativo entre controles em redução de consumo de HVAC, possui menor amplitude.



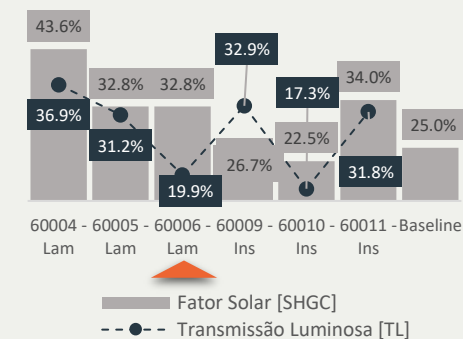
Legenda

- Consumo Total
- Consumo HVAC
- Consumo Iluminação

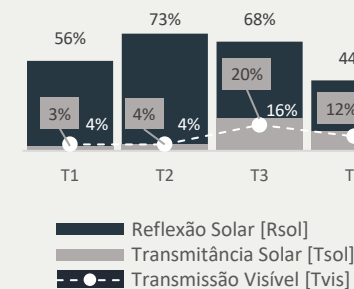
Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1 R0				
E1 R1				
E1 R2				
E2 R0				

Vidros - Propriedades



Persianas - Propriedades



Análise 1

M06_DimAd-EMS comparado com

M05_DimAd-EMSoft

Vidro 60009

O vidro insulado Low-e 60009, com fator solar (SHGC) de 26,7% e transmissão luminosa (TL) de 32,9%, é o vidro com maior índice de seletividade – maior relação entre TL e SHGC - entre os 3 vidros insulados.

Suas propriedades conferem elevado nível de proteção térmica e de aproveitamento de iluminação natural, em relação aos outros vidros insulados de controle solar do estudo.

Observa-se que as persianas automatizadas reduzem o consumo com ar-condicionado (HVAC) e aumentam o consumo com iluminação artificial, **em relação a um modelo sem persiana**, do mesmo modo que com os vidros anteriores. No entanto, o **elevado** desempenho térmico deste vidro, reduz o impacto relativo de elementos de proteção solar em redução de consumo total e de ar condicionado.

Entre as variações de tecidos e os diferentes cenários analisados, observa-se o mesmo padrão de comportamento entre este vidro e o anterior, incluindo o do tecido T4 e adicionalmente de T1, que chega a apresentar aumento do consumo total, ainda que não significativo – 0,36%.

Para os cenários com arquivo climático INMET – E1R0 e E1R1, os impactos de redução de consumo total não são significativos, destacando-se o melhor desempenho do tecido T3 - branco, com o impacto mais positivo dentre os demais. Deve-se considerar, que este resultado é devido ao melhor desempenho em aproveitamento de iluminação natural e elevada refletância solar (Rsol), enquanto o melhor desempenho em redução e consumo de HVAC, ainda é o T2. É preciso salientar, que o desempenho de T3 em termos de conforto luminoso pode não ser efetivo no controle de desconforto por ofuscamento, devido sua elevada transmissão difusa.

Observa-se que para os cenários com arquivo climático TRYx-2004-2018 – E1R2 e E2R0, a redução de consumo total se torna mais significativa, chegando a 3,13% para T2, no cenário E2R0.

As propriedades deste vidro, atenuam as diferenças entre controles, assim como os impactos devido a variação de arquivo climático.



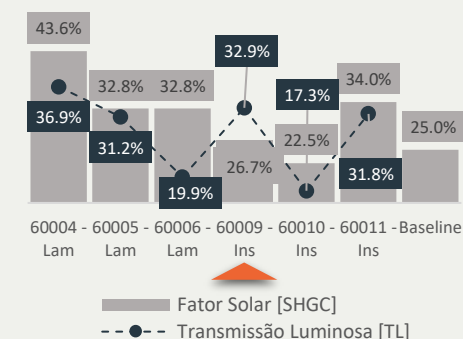
Legenda

- Consumo Total
- Consumo HVAC
- Consumo Iluminação

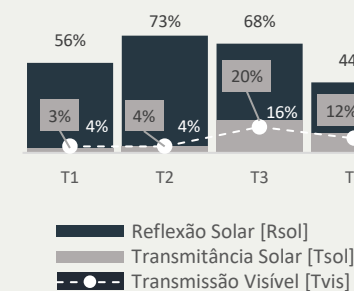
Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1 R0				
E1 R1				
E1 R2				
E2 R0				

Vidros - Propriedades



Persianas - Propriedades



Análise 1

M06_DimAd-EMS comparado com

M05_DimAd-EMSoft

Vidro 60010

O vidro insulado 60010, com fator solar (SHGC) de 22,5% e transmissão luminosa (TL) de 17,3%, é o vidro com menor índice de seletividade – menor relação entre TL e SHGC - entre os 3 vidros insulados.

Suas propriedades conferem elevado nível de proteção térmica, com reduzido aproveitamento de iluminação natural, em relação aos outros vidros insulados de controle solar do estudo.

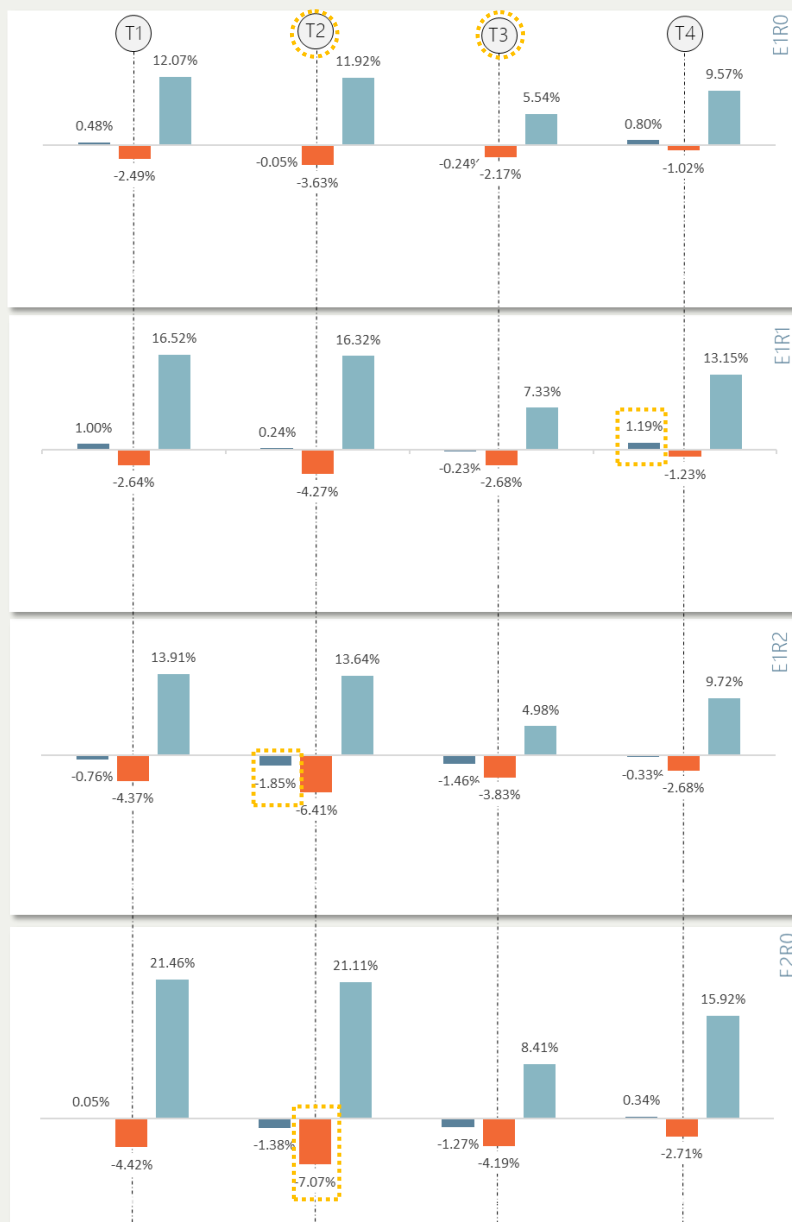
Observa-se que as persianas automatizadas reduzem o consumo com ar-condicionado (HVAC) e aumentam o consumo com iluminação artificial, **em relação a um modelo sem persiana**, do mesmo modo que com os vidros anteriores. No entanto, o **elevado** desempenho térmico deste vidro – com fator solar baixo e alta resistência -, reduz o impacto relativo de elementos de proteção solar em redução de consumo total e de ar condicionado.

Entre as variações de tecidos e os diferentes cenários analisados, observa-se o mesmo padrão de comportamento entre este vidro e o anterior, incluindo o do tecido T4, T1 e adicionalmente de T2, apresentando aumento do consumo total, um pouco mais expressivo neste caso, de até 1,19% para T4 – E1R1.

Para os cenários com arquivo climático INMET – E1R0 e E1R1, os impactos de redução de consumo total não são significativos, destacando-se o melhor desempenho do tecido T3 - branco, com o impacto mais positivo dentre os demais. Deve-se considerar, que este resultado é devido ao melhor desempenho em aproveitamento de iluminação natural e elevada refletância solar (Rsol), enquanto o melhor desempenho em redução e consumo de HVAC, ainda é o T2. É preciso salientar, que o desempenho de T3 em termos de conforto luminoso pode não ser efetivo no controle de desconforto por ofuscamento, devido sua elevada transmissão difusa.

Observa-se que para os cenários com arquivo climático TRYx-2004-2018 – E1R2 e E2R0, a redução de consumo total se torna mais significativa, chegando a 1,85% para T2, no cenário E2R0.

As propriedades deste vidro, atenuam significativamente as diferenças entre controles, assim como os impactos devido a variação de arquivo climático.



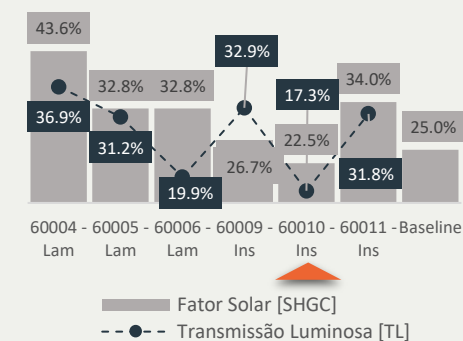
Legenda

- Consumo Total
- Consumo HVAC
- Consumo Iluminação

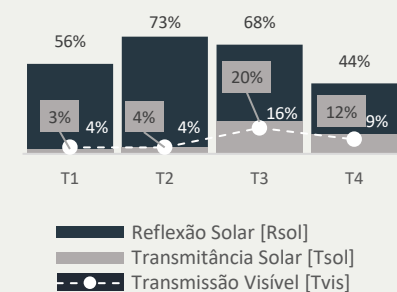
Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1 R0				
E1 R1				
E1 R2				
E2 R0				

Vidros - Propriedades



Persianas - Propriedades



Análise 1

M06_DimAd-EMS comparado com

M05_DimAd-EMSoft

Vidro 60011

O vidro insulado 60011, com fator solar (SHGC) de 34% e transmissão luminosa (TL) de 31,8%, é o vidro com maior SHGC entre os 3 vidros insulados.

Suas propriedades conferem são equiparadas ao vidros laminados, com o diferencial de elevada resistência térmica e baixa absorção da lâmina interna, características próprias de vidros insulados.

Observa-se que as persianas automatizadas reduzem o consumo com ar-condicionado (HVAC) e aumentam o consumo com iluminação artificial, **em relação a um modelo sem persiana**, do mesmo modo que com os vidros anteriores. No entanto, o fator solar equiparado ao dos vidros laminados do estudo, aproximam o comportamento destes vidros. A elevada resistência, assim como os demais vidros insulados, favorece a combinação com tecido T3 – branco, pela sua elevada refletância.



BEM+arch

Entre as variações de tecidos e os diferentes cenários analisados, observa-se um comportamento semelhante ao vidro 60005.

Para os cenários com arquivo climático INMET – E1R0 e E1R1, destaca-se o melhor desempenho dos tecidos T2 e T3. Para o tecido T3, observa-se que apresenta redução do consumo relativo com iluminação entre variações de controle: ver análise 6 para detalhes sobre os impactos das propriedades de transmissão luminosa do sistema vidro+persiana e da reflexão interna do vidro, que justificam este comportamento.

Para os cenários com arquivo climático TRYx-2004-2018 – E1R2 e E2R0, a redução de consumo total se torna mais significativa, chegando a 4,37% para T2, no cenário E1R2.

Não são observadas diferenças significativas em redução de consumo total entre controles para este vidro, sendo mais importantes as variações de aumento de consumo de iluminação natural.



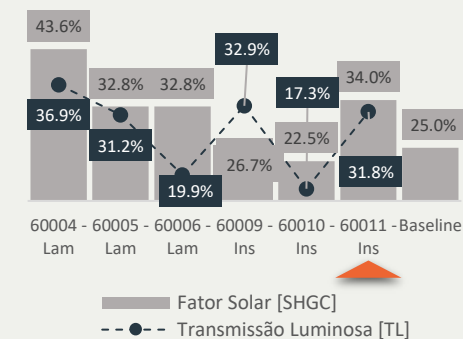
Legenda

- Consumo Total
- Consumo HVAC
- Consumo Iluminação

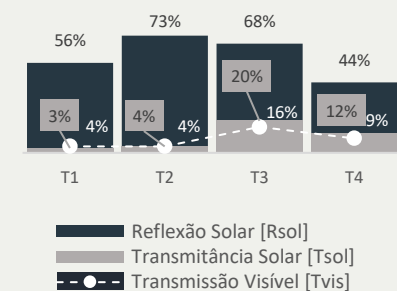
Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1 R0				
E1 R1				
E1 R2				
E2 R0				

Vidros - Propriedades



Persianas - Propriedades



Análise 2

M06_DimAd-EMS

comparado com

M03b_NoDim-EMSOff

Qual é o benefício de se instalar um sistema de controle de iluminação artificial (dimerização) integrado ao sistema de controle de persianas?

A comparação entre o modelo M06 - com dimerização (DimAd) e com controle de persianas (EMS) – com o modelo M03b – sem controles, esclarece esta questão.

Esta análise é desenvolvida sobre os mesmos cenários, com variações de controles – EMS / RAD e arquivos climáticos, aplicados neste caso, apenas ao vidro 60005, com variações de tecidos T1, T2, T3 e T4.

O vidro 60005 foi selecionado como vidro base para a Análise 2 e também para as Análises 3 e 4 por duas razões:

- Por se tratar de um vidro laminado, mas comumente selecionado para projetos de edifícios de escritórios em São Paulo;
- Por ser o vidro de performance intermediária entre os laminados da amostra do estudo.

Clique sobre a imagem lado para ir para a análise.

Evidencia-se que a variação de referenciais comparativos, alteram os resultados para as mesmas combinações de vidro-persianas e seu potencial valor agregado no processo de projeto, que objetiva aumentar o desempenho e eficiência da fachada.

VIDRO 60005



Exemplo prático para aplicação deste tipo de análise:

Retrofit de fachada, com restrições para substituições de vidros e ou de sistema de ar-condicionado. Nestes casos, pode ser evidenciado o impacto de diferentes tipos de tecido no desempenho da fachada.

Análise 2

M06_DimAd-EMS comparado com M03b_NoDim-EMSOff

Vidro 60005

O vidro laminado 60005, com fator solar (SHGC) de 32,8% e transmissão luminosa (TL) de 31,2%, é o vidro intermediário entre 3 vidros laminados, diferenciado pela transmissão luminosa, e por ser um vidro Low-e.

Comparando-se um modelo com dimerização e com persianas automatizadas, com um modelo referencial sem estes controles, observa-se uma inversão no sentido do impacto no consumo de iluminação, em relação aos gráficos da Análise 1.

Nesta Análise 2 evidencia-se como a dimerização associada ao uso de persianas automatizadas – Modelo M06 - promove uma redução muito expressiva no consumo de iluminação artificial, impactando em reduções significativas de consumo de ar condicionado e consumo total.

A redução de carga térmica do sistema de iluminação e da janela, se refletem no consumo do ar condicionado. O consumo total também apresenta reduções consideráveis.

Para os cenários com arquivo climático INMET – E1R0 e E1R1, com **diferenças pouco significativas**, destaca-se o melhor desempenho dos tecidos T2 e T3. O tecido T3, apresenta neste caso, a maior redução de consumo de iluminação, mas é preciso avaliar o potencial de desconforto por ofuscamento devido à transmissão luminosa difusa, como pontuado anteriormente. O tecido T2, apresenta maior redução de consumo de HVAC. A alteração do tipo de controle – RAD Vs. EMS, implica no aumento da redução de consumo de HVAC, e menor redução de consumo de iluminação, uma vez que a persiana permanece mais tempo fechada. Uma variação do padrão é observada para T3, devido à elevada transmissão luminosa deste material.

Para os cenários com arquivo climático TRYx-2004-2018 – E1R2 e E2R0, a redução de consumo total se torna mais significativa, chegando a 11,04% para T2, no cenário E2R0. Evidencia-se como o uso de persianas para controle de radiação solar direta tem impacto ainda mais relevante com [arquivos climáticos](#) com maior número de graus-hora de resfriamento.



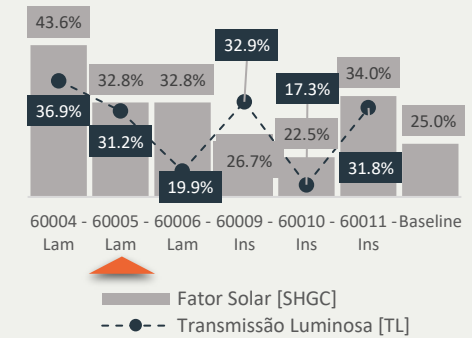
Legenda

- Consumo Total
- Consumo HVAC

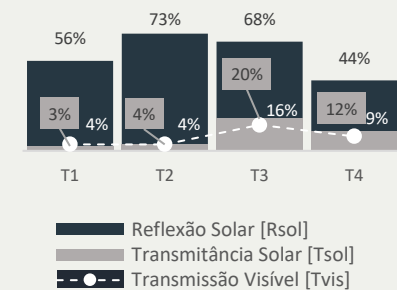
Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1 R0				
E1 R1				
E1 R2				
E2 R0				

Vidros - Propriedades



Persianas - Propriedades



Análise 3

M04b_NoDim-EMS

comparado com

M03b_NoDim-EMSoft

▶ E se não houver controle de iluminação artificial por dimerização?

A Análise 3 responde a esta pergunta, comparando os modelos **com** e **sem controle de persianas**, mas **sem dimerização**.

Com esta comparação, é possível isolar o impacto do controle de persianas no consumo de ar-condicionado.

Esta análise é desenvolvida sobre os mesmos cenários, com variações de controles e arquivos climáticos, aplicados neste caso, apenas ao vidro 60005, com variações de tecidos T1, T2, T3 e T4.

▶ Clique sobre a imagem lado para ir para a análise.

Evidencia-se que a variação de referenciais comparativos, alteram os resultados para as mesmas combinações de vidro-persianas e seu potencial valor agregado no processo de projeto, que objetiva aumentar o desempenho e eficiência da fachada.

VIDRO 60005



Análise 3

M04b_NoDim-EMS
comparado com
M03b_NoDim-EMSOff

Vidro 60005

O vidro laminado 60005, com fator solar (SHGC) de 32,8% e transmissão luminosa (TL) de 31,2%, é o vidro intermediário entre 3 vidros laminados, diferenciado pela transmissão luminosa, e por ser um vidro Low-e.

Comparando-se modelos sem dimerização e com persianas automatizadas, observam-se reduções de consumo de ar condicionado e em consumo total. Neste caso, não há impactos em redução e consumo de iluminação artificial, pois este sistema não está sendo controlado, permanecendo ativo durante todo o período de ocupação definido para o modelo.

Em relação à análise 2, observa-se uma menor redução de consumo de ar condicionado - entre 2 e 3 pontos percentuais - e uma redução significativa na redução de consumo total. Isto é devido ao aumento de carga térmica de iluminação artificial e à ausência da redução de consumo com iluminação artificial.

Esta comparação inicial entre as análises 2 e 3, expressa o importante benefício em desempenho da associação de controles de iluminação e persianas.

Entre cenários, observa-se a manutenção do mesmo padrão de reduções de consumo entre tecidos, com variações mais significativas entre tipos de controle para o arquivo climático TRYx-2004-2018 - E1R2 e E2R0.



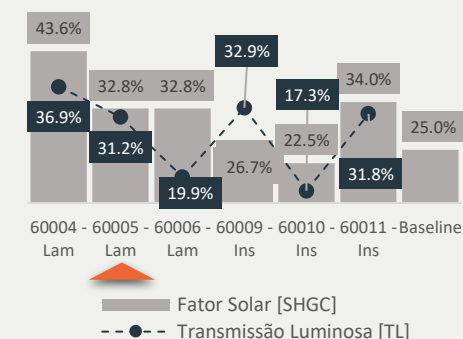
Legenda

- Consumo Total
- Consumo HVAC

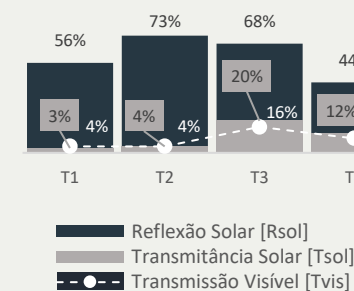
Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1 R0				
E1 R1				
E1 R2				
E2 R0				

Vidros - Propriedades



Persianas - Propriedades



Análise 4

M06_DimAd-EMS

comparado com

M01_Baseline

Qual seria a redução de consumo se compararmos o modelo proposto deste estudo – M06_DimAd-EMS – com o modelo baseline definido conforme Apêndice G da ASHRAE 90.1?

A mudança do referencial de comparação, altera a percepção de benefício da estratégia de dimerização e persianas automatizadas, conforme pode ser observado na comparação entre Análises 1, 2 e 3.

A análise com o referencial comparativo definido para o sistema de certificação LEED é importante para a compreensão

do potencial de pontuação da estratégia, apresentada na Análise 5.

Esta análise é desenvolvida sobre os mesmos cenários, com variações de controles e arquivos climáticos, aplicados neste caso, apenas ao vidro 60005, com variações de tecidos T1, T2, T3 e T4.

Clique sobre a imagem lado para ir para a análise.

VIDRO 60005



Análise 4

M06_DimAd-EMS
comparado com
M01_Baseline

Vidro 60005

Para o modelo proposto - M06 - foi adotado o mesmo sistema de ar condicionado de M01. Para o modelo baseline, são definidas propriedades de materiais de fachada e cobertura mais resistentes termicamente. Devido a esta característica, será observado nos gráficos desta análise que o consumo de ar-condicionado do modelo proposto é maior do que o baseline.

Em uma situação real de projeto, o sistema de ar condicionado será otimizado e reduções de consumo com ar condicionado deverão ser observadas. Para este estudo, adotou-se o mesmo sistema de ar condicionado, sem otimizações, pois o intuito é identificar impactos da estratégia de dimerização e controle solar por meio de persianas automatizadas.

A dimerização do Modelo Proposto associada à uma baixa DPI (7 W/m²) possui um impacto muito expressivo em termos de redução de consumo de iluminação em relação ao Baseline. Assim, mesmo com um aumento no consumo relativo de ar condicionado, as reduções de consumo total são significativas para os cenários com arquivo climático INMET – E1R0 e E1R1 – chegando a 4,5% para os tecidos T2 e T3.

Em relação ao consumo de ar condicionado, quanto maior transmissão solar do tecido, maior o aumento relativo. Uma exceção a este padrão é o tecido T2, devido à sua menor emissividade.

O controle de persianas tipo RAD – cenários E1R1 e E2R0 – promove menor aumento de consumo com ar condicionado e menor redução de consumo de iluminação, pois mantém a persiana fechada por mais tempo. O arquivo climático mais quente – cenários E1R2 e E2R0 – resulta em maior aumento de consumo com ar condicionado e menor redução de consumo de iluminação.

Destaque para o padrão de comportamento de T3 entre E1R0 e E1R1, que apresenta aumento de redução de consumo de iluminação devido ao maior Tvis (16%).



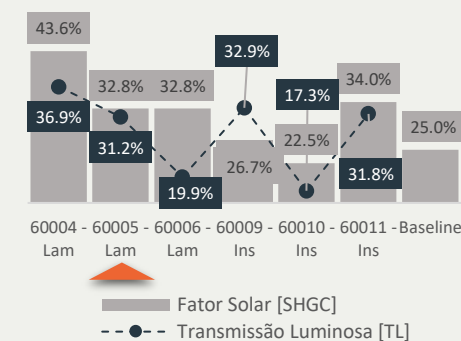
Legenda

- Consumo Total
- Consumo HVAC
- Consumo Iluminação

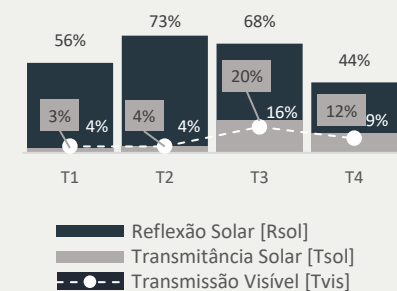
Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1 R0				
E1 R1				
E1 R2				
E2 R0				

Vidros - Propriedades



Persianas - Propriedades



Análise 5

M06_DimAd-EMS/Rad

comparado com

M01_Baseline

Qual é o potencial de pontuação LEED?

Esta análise apresenta a redução de consumo total do Modelo Proposto em relação ao Baseline, e relaciona esta redução ao sistema de certificação LEED Core and Shell (CS) v.4 para verificação do potencial de pontuação no crédito de energia.

É considerado apenas o consumo do edifício, incluindo 15% de consumo relacionado à cargas condominiais.

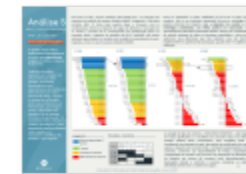
Para os 4 cenários do estudo, são analisadas 24 composições vidro-persiana, formadas pelos vidros 60004, 60005, 60006, 60009, 60010 e 60011, combinados com os tecidos T1, T2, T3 e T4 aplicadas ao Modelo Proposto (M06_DimAd-EMS), comparados com o Modelo Baseline, definido conforme Apêndice G da Ashrae 90.1-2010.

Clique sobre as imagens lado para ir para as análises.

24 COMPOSIÇÕES - E1R0, E1R1



24 COMPOSIÇÕES - E1R0, E1R1, E1R2, R2R0



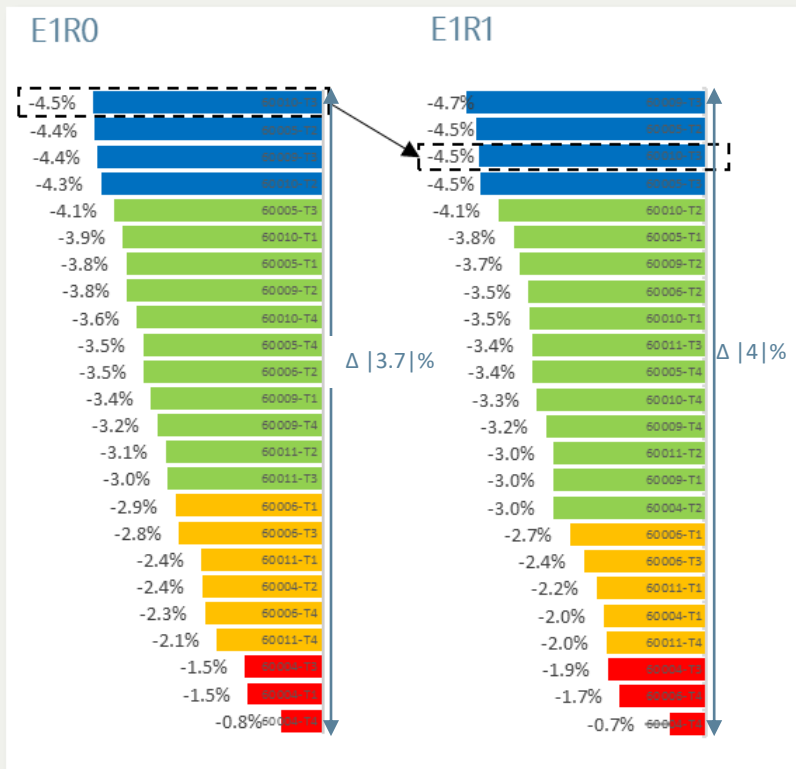
Análise 5

M06_DimAd-EMS/Rod
comparado com
M01_Baseline

24 composições

Os gráficos desta análise demonstram a importância de se buscar uma **especificação conjunta** de vidros e materiais de persianas.

Cada barra do gráfico representa um modelo, com uma combinação vidro-persiana. Os modelos classificados em azul representam as alternativas de vidro-persiana com maior potencial de atingir 2 pontos no sistema de certificação LEED Core and Shell (CS) v.4. Potencial pois, para atingir 2 pontos, é necessária uma redução e 5% do consumo total para esta pontuação. Os marcadores verdes, indicam os modelos que atingem 1 ponto, marcadores amarelos atendem o pré-requisito e os marcadores vermelhos, não atendem o pré-requisito.



Destaca-se que para o arquivo climático INMET, a densidade de potência de iluminação (DPI) reduzida em relação ao baseline - de 5,5 W/m² (dimerizável) + 1,5 W/m² (iluminação de tarefa) - permitiu que a maioria dos modelos atendessem ao pré-requisito.

Observa-se a alteração do **potencial de pontuação** e da **posição relativa** entre os modelos. Para os cenários E1R0 e E1R1 – arquivo climático INMET – o impacto da estratégia combinada de persianas automatizadas e dimerização apresenta reduções de 4,5% e 4,7%, com uma amplitude (Δ) de 3,7% a 4%. Deve ser considerada nesta análise, o destaque inicial, sobre o impacto da DPI reduzida.

Legenda

- Potencial para atingir 2 pontos
- 1 ponto
- Atende pré-requisito
- Não atende pré-requisito

Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1_R0				
E1_R1				
E1_R2				
E2_R0				



Análise 5

M06_DimAd-EMS/Rod
comparado com
M01_Baseline

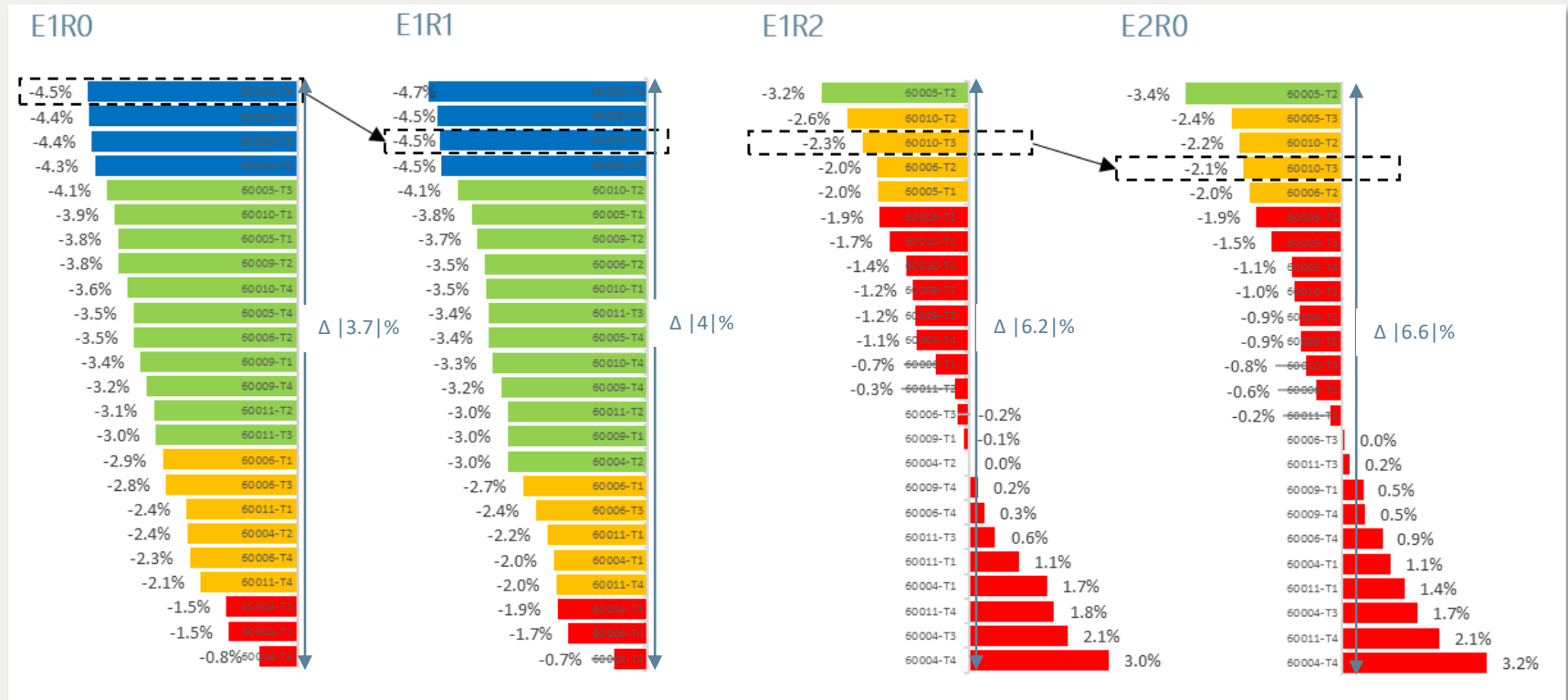
24 composições

Os gráficos desta análise demonstram a importância de se buscar uma **especificação conjunta** de vidros e materiais de persianas.

Cada barra do gráfico representa um modelo, com uma combinação vidro-persiana. Os modelos classificados em azul representam as alternativas de vidro-persiana com maior potencial de atingir 2 pontos no sistema de certificação LEED Core and Shell (CS) v.4. Potencial pois, para atingir 2 pontos, é necessária uma redução e 5% do consumo total para esta pontuação. Os marcadores verdes, indicam os modelos que atingem 1 ponto, marcadores amarelos atendem o pré-requisito e os marcadores vermelhos, não atendem o pré-requisito.

Para E1R2 e E2R0 – arquivo climático TRYx.2004-2018 – as reduções são menores em relação ao arquivo climático INMET, chegando a 3,4% para controle RAD. O clima mais quente eleva o consumo com ar condicionado, devido ao impacto de cargas de fachada e renovação de ar. Tendo o consumo de ar condicionado uma participação maior no consumo total, o impacto da redução de DPI é reduzido, não sendo suficiente para manter os modelos em condição de atendimento do pré-requisito, como no caso do arquivo climático INMET.

Deve ser destacado a maior amplitude (Δ) de 6,2% a 6,6%, entre modelos. Este é um indicador importante de que a estratégia tem grande potencial de impacto, **mas a depender do modelo e das estratégias combinadas, seu efeito poderá ser mascarado**, não apresentando potencial de pontuação efetivo. Reforça-se a importância da seleção conjunta de vidros e persianas, apontando o risco de se selecionar uma alternativa que não colabore, mas sim interfira negativamente no potencial de pontuação, quando este é o objetivo da avaliação.



Legenda

- Potencial para atingir 2 pontos
- 1 ponto
- Atende pré-requisito
- Não atende pré-requisito

Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1_R0	■	■	■	■
E1_R1	■	■	■	■
E1_R2	■	■	■	■
E2_R0	■	■	■	■

A variação do tipo de controle – E1R1/E1R0; E2R0/E1R2 – não impacta de modo significativo os resultados de consumo total, mas altera a posição relativa entre composições. Este resultado pode ser considerado um indicador de que para efeito de certificação, que avalia apenas o impacto em consumo total, o simulador poderá optar entre os controles, conforme sua disponibilidade de tempo, capacitação e complexidade do modelo. Em processos de otimização do desempenho da fachada, em termos de consumo total, aproveitamento de iluminação natural e conforto, é preciso considerar as análises detalhadas anteriores e a análise 6 a seguir.



Análise 6

Relação entre controles de persiana por Intensidade de Radiação Solar na Fachada (RAD) / Controle Customizado Gradual (EMS)

Qual controle devo adotar nas minhas simulações?

Chegar a resposta para esta questão foi a principal motivação para a elaboração deste estudo.

A seleção do tipo de controle de persianas deverá considerar diversos aspectos, incluindo o nível de refinamento pretendido para a modelagem, considerando o objetivo da avaliação, a etapa de projeto, prazos, custos e habilidades do simulador.

A modelagem deve ser a melhor aproximação possível do edifício real, considerando os limites das ferramentas. No entanto, é esperado que os resultados de simulações de eficiência energética de edifícios apresentem desvios em relação à operação.

Assim, a principal contribuição desta análise é a de demonstrar que o uso de um controle padrão do EnergyPlus, permite identificar as relação entre composições vidro persiana para uma melhor seleção, tanto quanto o controle customizado Gradual EMS.

Clique sobre as imagens do menu ao lado para ir para as análises.

O desenvolvimento e a aplicação do controle customizado Gradual permitiu esta análise comparativa. Seus resultados trazem importante contribuição em processos de seleção de sistemas vidro-persiana, possibilitando à um simulador orientar projetistas e tomadores de decisão de modo mais consciente acerca das relações entre controles e das influências das propriedades dos materiais no consumo de energia.



24 COMPOSIÇÕES
Variação de Consumo Total e por Usos Finais - HVAC e Iluminação



VIDROS LAMINADOS
Variação de Consumo HVAC



VIDROS INSULADOS
Variação de Consumo HVAC



24 COMPOSIÇÕES
Variação de Consumo Iluminação

Análise 6

Relação entre controle de persiana por intensidade de Radiação Solar na Fachada (RAD) / Controle Customizado Gradual (EMS):

Variação de Consumo Total e por Usos Finais – HVAC e Iluminação

24 composições

O controle RAD mantém as persianas acionadas por mais tempo. Para os modelos deste estudo, esta condição de operação promove um consumo menor de HVAC e maior de iluminação na maioria dos casos. O consumo total vai depender da participação que estes sistemas possuem em cada modelo.

Conforme demonstrado anteriormente, as persianas ficam abertas mais tempo com controle gradual (EMS), permitindo maior aproveitamento de iluminação natural. Em contrapartida, o controle por radiação (RAD) oferece maior proteção térmica. Observa-se a variação de consumo de iluminação, que pode chegar a 6,63%, com arquivo climático TRYx 2004-2018, e 3,97% com arquivo climático INMET.

Entre todas as composições estudadas, não se observa um padrão constante na relação entre controles, para os diferentes arquivos climáticos. No entanto, é possível identificar algum padrão associado aos grupos de composição, o que sugere um comportamento orientado pelas propriedades dos vidros e tecidos. Este padrão foi investigado e foram identificadas as seguintes relações:

- Variação de consumo de HVAC orientado pela Transmissão Solar do Conjunto Vidro + Persiana
- Variação de consumo de Iluminação orientado pela Transmissão Luminosa do Conjunto Vidro + Persiana

A variação no consumo total, é orientada pela variação no consumo de HVAC uma vez que este uso final tem a maior participação no consumo, com influência do consumo de iluminação mais evidente em alguns casos.



Variação no CONSUMO TOTAL entre os diferentes controles:

- E1R1/E1R0: de -0,78% a 0,72%, média 0,03%, desvio padrão de 0,30%
- E2R0/E1R2: -1,06% a 0,81%, média 0,07%, desvio padrão de 0,39%

Variação no CONSUMO de HVAC entre os diferentes controles:

- E1R1/E1R0: de -2,72% a 0,67%, média 0,68%, desvio padrão de 0,52%
- E2R0/E1R2: -3,33% a 0,07%, média 0,90%, desvio padrão de 0,63%

Variação no CONSUMO de ILUMINAÇÃO entre os diferentes controles:

- E1R1/E1R0: de -0,94% a 3,97%, média 2,39%, desvio padrão de 1,31%
- E2R0/E1R2: -0,29% a 6,63%, média 4,42%, desvio padrão de 1,90%

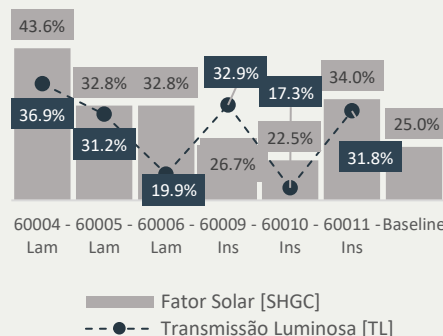
Valores negativos indicam que o consumo com Controle Rad é menor do que com Controle EMS;

Valores positivos indicam o contrário: que o consumo com Controle Rad é maior do que com Controle EMS.

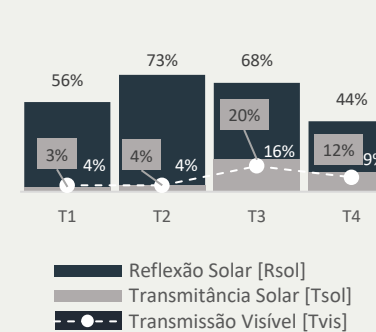
Vidros - Propriedades



Valores referentes à variação de cada composição, para os dois arquivos climáticos do estudo



Persianas - Propriedades



Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1_R0	█	█	█	█
E1_R1	█	█	█	█
E1_R2	█	█	█	█
E2_R0	█	█	█	█

Análise 6

Relação entre controle de persiana por intensidade de Radiação Solar na Fachada (RAD) / Controle Customizado Gradual (EMS):

Variação de Consumo Total e por Usos Finais – HVAC e Iluminação

24 composições

As tabelas ao lado apresentam os valores relativos às variações de consumo desta análise. Uma classificação cromática – azul valores menores e laranja valores maiores – está aplicada aos resultados.

Esta visualização de dados é complementar à análise apresentada junto aos gráficos anteriores.

Rad/EMS - E1R1/E1R0 (INMET)

máximo	0.72%	0.67%	3.97%
mínimo	-0.78%	-2.72%	-0.94%
mediana	0.11%	-0.65%	3.26%
desvio padrão médio	0.003	0.005	0.013

Composições	Variação		Variação Consumo Iluminação -
	Consumo Total -	Consumo HVAC -	
60004-T1	-0.66%	-2.42%	3.29%
60005-T1	0.06%	-0.99%	3.47%
60006-T1	0.24%	-0.71%	3.87%
60009-T1	0.42%	-0.16%	3.50%
60010-T1	0.52%	-0.15%	3.97%
60011-T1	0.26%	-0.49%	3.45%
60004-T2	-0.78%	-2.72%	3.25%
60005-T2	-0.09%	-1.33%	3.43%
60006-T2	0.01%	-1.24%	3.84%
60009-T2	0.21%	-0.64%	3.46%
60010-T2	0.30%	-0.66%	3.93%
60011-T2	0.06%	-0.92%	3.39%
60004-T3	-0.50%	-0.82%	-0.94%
60005-T3	-0.46%	-0.88%	-0.48%
60006-T3	0.47%	0.66%	1.29%
60009-T3	-0.41%	-0.81%	-0.40%
60010-T3	0.01%	-0.52%	1.70%
60011-T3	-0.47%	-0.86%	-0.61%
60004-T4	0.14%	-0.12%	1.51%
60005-T4	0.13%	-0.33%	2.01%
60006-T4	0.72%	0.67%	3.01%
60009-T4	0.10%	-0.41%	2.07%
60010-T4	0.38%	-0.20%	3.27%
60011-T4	0.12%	-0.31%	2.01%

Rad/EMS - E2R0/E1R2 (TRYx2004-2018)

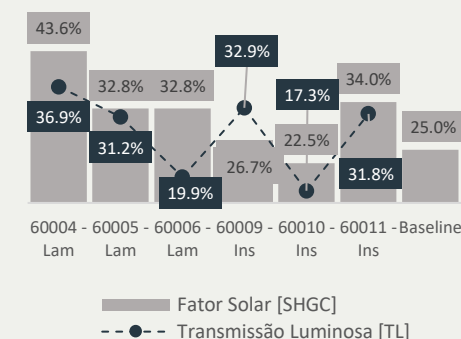
máximo	0.81%	0.07%	6.63%
mínimo	-1.06%	-3.33%	-0.29%
mediana	0.18%	-0.80%	5.68%
desvio padrão médio	0.004	0.006	0.019

Composições	Variação		Variação Consumo Iluminação -
	Consumo Total -	Consumo HVAC -	
60004-T1	-0.73%	-2.64%	5.78%
60005-T1	0.13%	-1.20%	6.04%
60006-T1	0.18%	-1.22%	6.53%
60009-T1	0.65%	-0.15%	6.07%
60010-T1	0.81%	-0.06%	6.63%
60011-T1	0.34%	-0.70%	6.01%
60004-T2	-1.06%	-3.33%	5.72%
60005-T2	-0.28%	-2.03%	5.98%
60006-T2	-0.06%	-1.73%	6.48%
60009-T2	0.30%	-0.84%	6.01%
60010-T2	0.48%	-0.71%	6.57%
60011-T2	0.06%	-1.24%	5.92%
60004-T3	-0.55%	-0.95%	-0.29%
60005-T3	-0.59%	-1.22%	0.32%
60006-T3	0.34%	0.07%	2.72%
60009-T3	-0.39%	-0.84%	0.42%
60010-T3	0.19%	-0.37%	3.26%
60011-T3	-0.46%	-0.90%	0.13%
60004-T4	0.17%	-0.32%	3.15%
60005-T4	0.06%	-0.76%	3.88%
60006-T4	0.65%	0.05%	5.32%
60009-T4	0.36%	-0.18%	3.97%
60010-T4	0.67%	-0.03%	5.64%
60011-T4	0.32%	-0.21%	3.88%

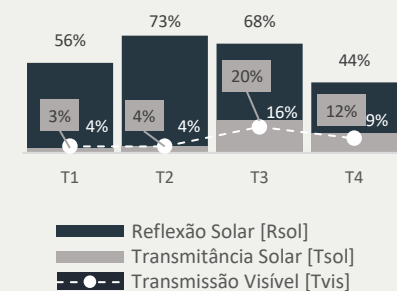
Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1 R0				
E1 R1				
E1 R2				
E2 R0				

Vidros - Propriedades



Persianas - Propriedades



Análise 6

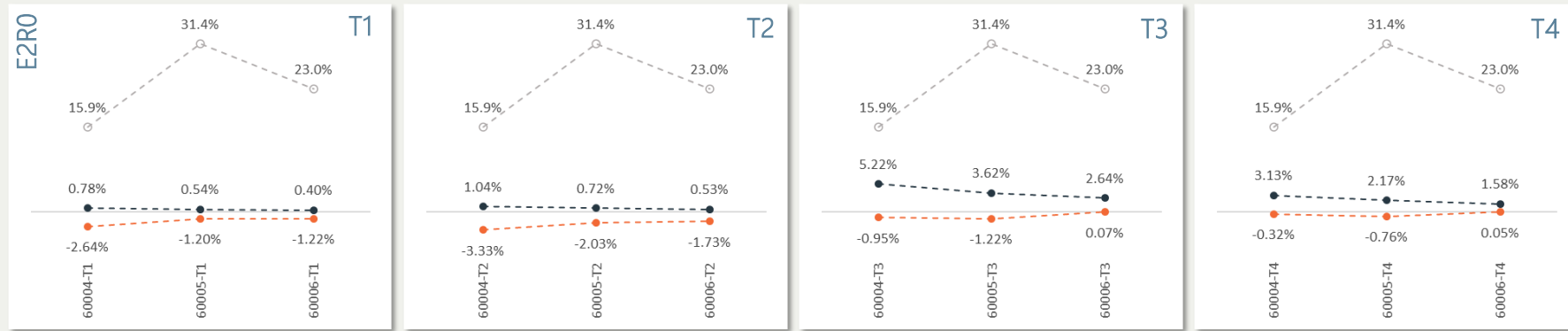
Relação entre controle de persiana por intensidade de Radiação Solar na Fachada (RAD) / Controle Customizado Gradual (EMS):

Padrão de comportamento da **Varição de consumo de HVAC**

Vidros Laminados

O consumo de HVAC tem uma relação direta com as cargas térmicas do edifício, incluindo os ganhos de calor pela fachada. A variação de consumo de HVAC – entre os dois tipos de controle de persiana - tem esta relação reforçada pela análise de padrão de comportamento apresentada por meio dos gráficos ao lado.

Estes gráficos **evidenciam** – para o caso dos vidros laminados do estudo - a **relação** entre a transmissão de energia solar (TSol) do sistema vidro+persiana e da reflexão externa de energia (RE ext) do vidro, com a variação de consumo de HVAC, entre o controle RAD e o Controle EMS.



- - - Variación Consumo HVAC – Rad/EMS
- ● - Tzol sistema – Vidro*Tecido
- ○ - Reflexão Externa Energia

Os tecidos T1 e T2 possuem os menores percentuais de Tzol e direcionam a transmissão total estimada do sistema vidro+persiana (Tzol Sistema). Nestes casos, observa-se um padrão de comportamento no qual quanto maior a Tzol Sistema, maior a redução relativa de consumo de HVAC com controle por intensidade de radiação solar na fachada [W/m²] (RAD). Este padrão evidencia que conforme o sistema oferece maior proteção solar quanto à transmissão direta, o controle de radiação tem menor impacto na redução de carga térmica.

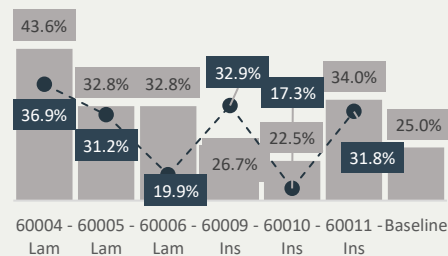
Os tecidos T3 e T4, com os maiores percentuais de Tzol dentro os tecidos do estudo, abrem espaço para a influência da reflexão externa de energia (RE ext) do vidro no direcionamento do padrão de comportamento da redução relativa de consumo de HVAC, além da transmissão total estimada do sistema vidro+persiana (Tzol Sistema).

Observa-se pelo comportamento da composição 60005-T3, que possui o vidro com maior RE ext (31,4%), que esta propriedade aumenta a redução relativa de consumo de HVAC em relação ao vidro 60004, que possui Tzol sistema maior.

Esta análise destaca a importância da seleção dos materiais componentes do sistema vidro + persiana, antes do tipo de controle.

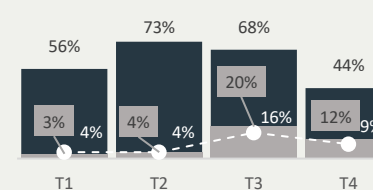
Adicionalmente, salienta-se que embora tenha sido demonstrado o alinhamento do padrão de comportamento de redução de consumo de HVAC com Tzol do sistema e RE ext do vidro, não devem ser desprezados os efeitos associados às demais propriedades dos materiais, especialmente reflexão solar do tecido.

Vidros - Propriedades



- Fator Solar [SHGC]
- - ● - Transmissão Luminosa [TL]

Persianas - Propriedades



- Reflexão Solar [Rsol]
- Transmitância Solar [Tsol]
- - ● - Transmissão Visível [Tvis]

Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1_R0	■	■	■	■
E1_R1	■	■	■	■
E1_R2	■	■	■	■
E2_R0	■	■	■	■



Análise 6

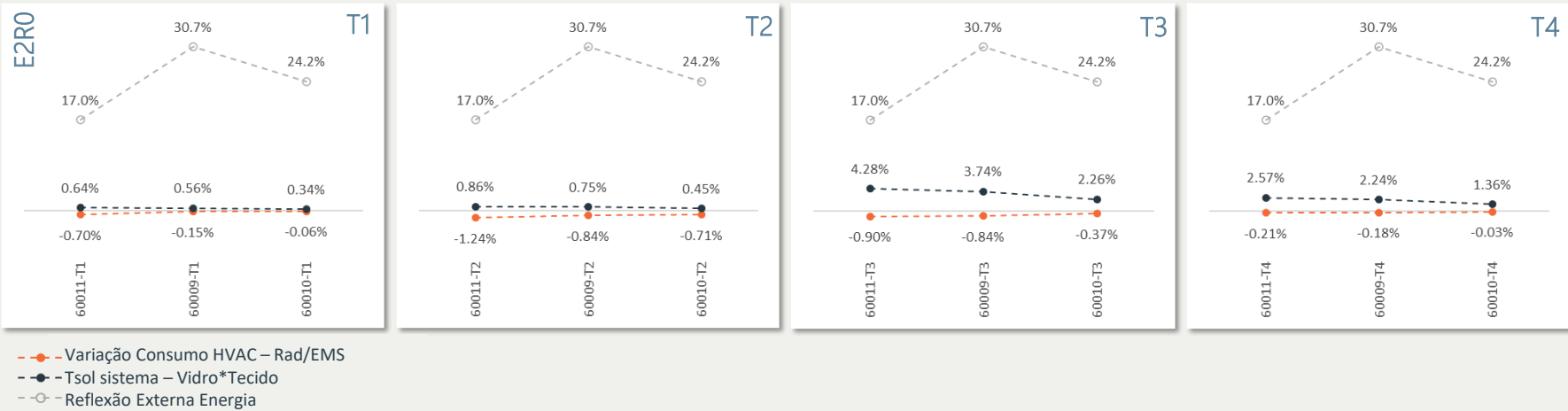
Relação entre controle de persiana por intensidade de Radiação Solar na Fachada (RAD) / Controle Customizado Gradual (EMS):

Padrão de comportamento da Variação de consumo de HVAC

Vidros Insulados

O consumo de HVAC tem uma relação direta com as cargas térmicas do edifício, incluindo os ganhos de calor pela fachada. A variação de consumo de HVAC – entre os dois tipos de controle de persiana - tem esta relação reforçada pela análise de padrão de comportamento apresentada por meio dos gráficos ao lado.

Estes gráficos **evidenciam** – para o caso dos vidros insulados do estudo - a **relação** entre a transmissão de energia solar (TSol) do sistema vidro+persiana com a variação de consumo de HVAC, entre o controle RAD e o Controle CUSTOM.



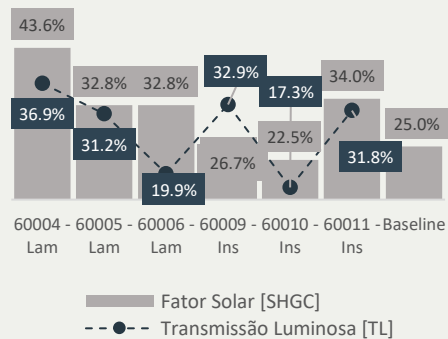
Para todas as composições com vidros insulados observa-se um padrão de comportamento no qual quanto maior a TSol Sistema, maior a redução relativa de consumo de HVAC com controle por intensidade de radiação solar na fachada [W/m²] (RAD). Este padrão evidencia que conforme o sistema oferece maior proteção solar quanto à transmissão direta, o controle de radiação tem menor impacto na redução de carga térmica.

Embora esteja representada nos gráficos, a Reflexão externa de energia do vidro não teve influência no comportamento dos vidros insulados. Atribui-se este comportamento, com menor amplitude de valores de variação de consumo, à propriedade de maior resistência térmica do vidro insulado. Esta propriedade torna o desempenho do sistema vidro+persiana, sob o aspecto de consumo energético de ar condicionado especificamente, menos dependente do tipo de controle.

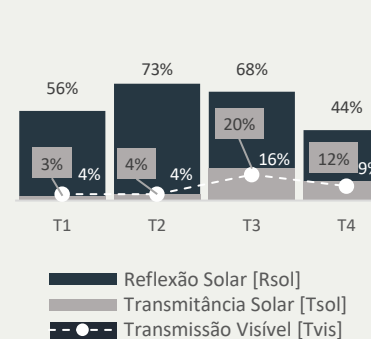
Assim, reforça-se a importância de um processo informado de seleção de materiais componentes do sistema vidro –persiana.

Também neste caso, salienta-se que embora tenha sido demonstrado o alinhamento do padrão de comportamento de redução de consumo de HVAC com TSol do sistema, não devem ser desprezados os efeitos associados às demais propriedades dos materiais, especialmente reflexão solar do tecido.

Vidros - Propriedades



Persianas - Propriedades



Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1_RO				
E1_R1				
E1_R2				
E2_RO				



Análise 6

Relação entre controle de persiana por intensidade de Radiação Solar na Fachada (RAD) / Controle Customizado Gradual (EMS):

Padrão de comportamento da Variação de consumo de ILUMINAÇÃO

24 composições

A variação de consumo de iluminação relaciona-se especialmente com as propriedades de transmissão e reflexão luminosas dos materiais componentes do sistema vidro-persiana. O modelo do estudo possui dimerização da iluminação da zona periférica, junto à fachada. Assim, quanto maior o aproveitamento de iluminação natural, maior a redução de consumo com iluminação artificial.

Nesta análise, ao comparar duas composições distintas, com base na redução de consumo de iluminação, aquela que tiver menor transmissão (Tvis) e reflexão luminosa interna (Rvis int vidro), terá um aumento relativo do consumo com iluminação em relação à outra.



- Variação Consumo Iluminação – Rad/EMS
- Tvis sistema – Vidro*Tecido
- △- Rvis int vidro

O gráficos acima, demonstram a relação entre a Tvis do Sistema Vidro-Persiana, Rvis int vidro e variação de consumo de iluminação entre controle RAD / EMS. Destaca-se primeiramente, o impacto do tipo de controle (RAD) sobre o consumo de iluminação dos modelos deste estudo. O controle por intensidade de radiação aumenta o tempo no qual a persiana permanece acionada, podendo triplicar o tempo na fachada sul ou aumentar em até 50% nas demais orientações ([ver página 12](#)).

A iluminação é o uso final que sofre o maior impacto devido à variação de controles, chegando a apresentar aumento no consumo de iluminação de 6,63% entre as diferentes composições vidro-persiana do estudo.

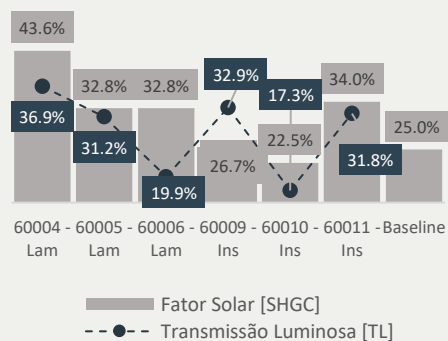
O padrão de comportamento da variação de consumo de iluminação é também influenciado pela Transmissão visível estimada do sistema

vidro-persiana (Tvis do sistema), como pode ser observado para todas as composições com Tecido T1, nos gráficos acima: quanto maior a Tvis sistema, menor o menor o impacto do tipo de controle no aumento de consumo.

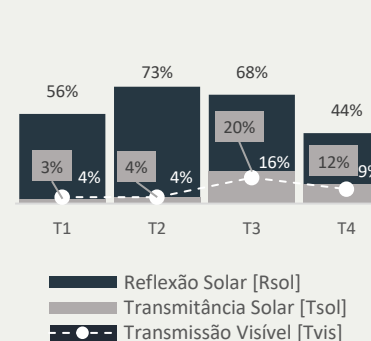
Para os demais tecidos é observada uma alteração deste padrão quando a Tvis do sistema é muito próxima entre diferentes composições. Nestes casos – 60011-T2 / 60005-T2 / 60009-T3 / 60011-T3 / 60005-T3 / 60009-T4 - quanto maior a reflexão visível do vidro, maior o potencial de aproveitamento de iluminação natural quando a persiana está recolhida.

Embora as propriedades dos materiais neste caso orientem a relação padrão entre diferentes composições, o controle por radiação é a principal influência para a amplitude das variações de consumo de iluminação.

Vidros - Propriedades



Persianas - Propriedades



Revisões - Cenários

Revisão	CONTROLE GRADUAL CUSTOMIZADO (EMS)	ARQUIVO CLIMÁTICO INMET	CONTROLE PADRÃO - RAD	ARQUIVO CLIMÁTICO TRY 2004-2018
E1_RO				
E1_R1				
E1_R2				
E2_RO				



Conclusões

Qual tipo de controle devo adotar nas minhas simulações?

A seleção do tipo de controle de persianas deverá considerar diversos aspectos, incluindo o nível de refinamento pretendido para a modelagem, considerando o objetivo da avaliação, a etapa de projeto, prazos, custos e habilidades do simulador.

A Análise 1 revela que entre tipos de controle, o controle por intensidade de radiação solar na fachada (Rad) promove maior redução de consumo de ar-condicionado e consequentemente, maior redução de consumo total, uma vez que o consumo de ar-condicionado tem a maior participação absoluta no consumo total.

Permite também observar a influência das propriedades de transmissão e reflexão solar e luminosa das composições vidro-persianas, que são posteriormente explicadas na Análise 6, evidenciando padrões de comportamento de consumo de energia relacionados a estas propriedades.

Ainda na análise 1, verifica-se que entre os dois arquivos climáticos do estudo, o arquivo mais recente – TMYx.2004-2018, mais quente – reduz a amplitude relativa de impacto em desempenho energético entre os dois tipos de controle estudados.

As análises 2 e 3 esclarecem que ao avaliar o consumo isolado nas áreas efetivamente influenciadas pela fachada e adotando-se modelos referenciais diferentes do modelo proposto apenas pela ausência das estratégias em análise, é obtém-se medidas significativas de redução de consumo, podendo chegar a 14% de redução de consumo de ar condicionado e 7% de consumo total, para composição 60005-T2 na Análise 4, para controle RAD e arquivo climático TMYx.2004-2018.

As análises 4 e 5, que comparam o modelo proposto com modelo baseline definido com base na norma ASHRAE 90.1, permite identificar para este estudo, a variação do tipo de controle não é significativa. Reforça-se o entendimento assimilado no estudo anterior – Volume 2, que uma seleção criteriosa do sistema vidro-persiana deve ser empenhada para ampliar o potencial de desempenho energético do edifício.

Conclusões

Qual tipo de controle devo adotar nas minhas simulações?

Conclui-se:

1. Que a avaliação de performance de fachada deve incluir um processo criterioso de seleção dos materiais do sistema vidro-persiana, em uma abordagem que permita isolar o desempenho da fachada em termos de impacto em consumo energético, comparando o modelo proposto – com persianas automatizadas – com ele mesmo, excluindo-se a modelagem da estratégia de controle solar – persianas;

2. Que para a seleção do tipo de controle, um simulador deve ponderar os impactos em aproveitamento de iluminação natural, verificado indiretamente pela redução do consumo de iluminação artificial por meio da dimerização. Para o modelo do estudo, as diferenças entre os tipos de controle em termos de variação de consumo total podem não ser significativos, mas o consumo de iluminação artificial pode aumentar em até **6,63%**, com arquivo climático TRYx 2004-2018, e **3,97%** com arquivo climático INMET (Análise 6).

3. Uma vez que o padrão de comportamento de consumo é orientado pelas propriedades do sistema vidro-persiana, e que os resultados entre os diferentes tipos de controle mantém certo alinhamento, conclui-se que a adoção do controle de persianas padrão do EnergyPlus, embora apresente resultados diferentes em relação ao controle gradual customizado, permite uma seleção criteriosa do conjunto vidro-persiana.

Uma abordagem integrada e direcionada de avaliação de desempenho de fachada é indispensável para aumentar o desempenho deste sistema.

Adicionalmente, deve ser considerado que ainda que não objetivamente analisados neste estudo, a redução de carga térmica e proteção solar para evitar-se a radiação solar direta, é requisito para buscar um equilíbrio em termos de conforto térmico na região periférica do pavimento, junto às fachadas. A metodologia de avaliação de desempenho energético global do edifício, para verificação de redução de custos operacionais e classificação em sistemas de certificação, nem sempre é sensível aos benefícios da proteção solar e diferenças de performance entre variações de sistemas vidro-persiana.



Voltar

Autores

Arq. Melissa Marina Freitas Cacciatori, Msc.

<https://www.linkedin.com/in/melissa-cacciatori>

<http://lattes.cnpq.br/0033957387592216>

Doutoranda na Área de Tecnologia da Arquitetura pela Faculdade de arquitetura da Universidade de São Paulo – FAU-USP (2018 a 2022), Mestre em Tecnologia da Habitação pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT (2016), Especialista em Conforto Ambiental e Conservação de Energia de Edifícios – CECACE pela Fundação para Pesquisa Ambiental – FUPAM/FAUUSP (2007) e Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual Paulista – UNESP (2001). Focada na atuação em Consultorias Integradas em Conforto Ambiental e Eficiência Energética de edifícios de escritórios e Treinamentos nesta área, desenvolve pesquisa com o uso de Simulações termo-energéticas em EnergyPlus, Estudos de Viabilidade Econômica e Avaliação Pós-Ocupação. Possui experiência profissional nesta área, em consultorias para projetos da Petrobrás, Natura, Riachuelo e Vale do Rio Doce. Experiência em Desenvolvimento de Projetos de Arquitetura para diversos segmentos, incluindo escolas e franquias, restaurantes, residências, escritórios, consultórios e lojas de varejo, em Gerenciamento de Projetos para construtoras e indústrias de grande porte e instituições públicas. Atuação como Professora de Ensino Superior na Fatec Tatuapé – Centro Paula Souza (2014-2017) nos cursos de Tecnologia em Construção de Edifícios e Controle de Obras. Sócia-proprietária da Tekton Brasil Gerenciamento e Desenvolvimento de Projetos Ltda (2010-atual). Pesquisadora Líder em Eficiência Energética e Conforto Ambiental na BEM+arch – Building Energy Modeling and Environmental Comfort (2019-atual).



Eng. Mecânico Msc. Javier Díaz Valdivia, Msc.

<https://www.linkedin.com/in/javier-diaz-valdivia>

Mestre em Engenharia Mecânica pela Faculdade de Engenharia da Universidade de São Paulo – POLI-USP (2018), com ênfase na automação do sistema de climatização, Engenheiro Mecânico pela POLI-USP (2011). Experiência de 9 anos como Consultor de Eficiência Energética, com foco em certificações ambientais (LEED, AQUA, Procel) e em estratégias ativas e passivas para redução de consumo energético em edificações comerciais. Simulador em softwares como EnergyPlus, eQuest e IES-VE. Consultor e Pesquisador Líder em Eficiência Energética/HVAC na BEM+arch – Building Energy Modeling and Environmental Comfort (2019-atual).



Voltar

Anexo I

Dados de entrada dos modelos do estudo

Tabela 1 – Resumo de dados de entrada do modelo: Clima, Orientação, Geometria, Cargas Internas, Sistema de Ar-Condicionado

Tabela 2 – Caracterização simplificada dos vidros adotados no estudo paramétrico – Dados Calculados pelo Fabricante

Tabela 3 - Caracterização simplificada de tecidos adotados no estudo paramétrico

Tabela 4 – Dados de entrada: Modelo Baseline ASHRAE 90.1 – 2010 Vs. Modelo Proposto

Tabela 5 – Códigos e Caracterização simplificada dos vidros adotados no estudo paramétrico - Dados Calculados pelo EnergyPlus

Tabela 6 – Códigos e Caracterização simplificada de tecidos adotados no estudo paramétrico

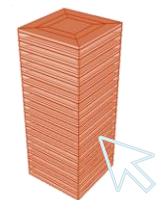
Figura 1 – Zona de eficiência de iluminação natural para aberturas laterais

Figura 2 – Perspectiva do modelo – saída do Sketchup (esquerda), Corte esquemático da fachada - pavimento tipo (centro). Planta com indicação de medidas, zonas térmicas e orientação (direita)

Figura 3 – Dimerização de Zonas Periféricas – Planta e Corte Esquemáticos



Voltar



Clique na imagem para acessar o site da BEM+arch e baixar os Volumes 1 e 2 da Série **Simulação de Persianas Automatizadas em EnergyPlus**. Você encontrará na seção de publicações, o material que contém todos os detalhes e características do edifício simulado.

Anexo I

Dados de entrada dos modelos do estudo

Tabela 1 – Resumo de dados de entrada do modelo: Clima, Orientação, Geometria, Cargas Internas, Sistema de Ar-Condicionado

Condição	Características / Parâmetros do modelo	Unidade	Valor / Descrição
FIXO	Paredes externas	-	Vidro + peitoril interno em dry-wall e vigas de borda em concreto
FIXO	Paredes internas	-	Dry-wall
FIXO	Lajes entre pisos	-	Concreto
FIXO	Forro	-	Gesso
FIXO	Cobertura	-	Laje de concreto impermeabilizada, com isolamento térmico
FIXO	Revestimento da Fachada	-	Cortina de vidro
VARIÁVEL	Vidros	-	ver tabela 2
FIXO	Ar Condicionado - Tipologia	-	Sistema Central de Ar-condicionado - Chiller parafuso com condensação a água - Sistema de bombeamento: circuito primário constante com secundário variável (ASHRAE 90.1-2010)
FIXO	Ar Condicionado - Setpoint de temperatura para Aquecimento	(°C)	20
FIXO	Ar Condicionado - Setpoint de temperatura para Resfriamento	(°C)	24
FIXO	Ar Condicionado - COP (W/W)	(W/W)	5,172
FIXO	Ar Condicionado - Capacidade do sistema	TR	618
FIXO	Ar Condicionado - Renovação de Ar	(m³/hora/pessoa)	27
VARIÁVEL	Persianas	-	ver tabela 3
FIXO	Controle de Iluminação	-	Dimerização da iluminação Geral das zonas periféricas (fração de dimerização: 0.78) - DPI 5.5 W/m2, set-point 300 lux. Iluminação complementar de tarefa (1.5 W/m2) não dimerizada

Condição	Características / Parâmetros do modelo	Unidade	Valor / Descrição
FIXO	Clima	-	São Paulo
FIXO	Edifício / Tipologia de Referência	-	Edifício Comercial
FIXO	Área Pavimento tipo	(m²)	1.024
FIXO	Área Climatizada Pavimento tipo	(m²)	819,51
FIXO	Área Total	(m²)	20.480
FIXO	Área Climatizada Total	(m²)	16.390,20
FIXO	Área Total de Fachada	(m²)	10.624
FIXO	Volume de Pavimento Tipo	(m³)	4.249,60
FIXO	Altura de laje a laje	(m)	4,15
FIXO	Pé-direito útil	(m)	2,85
FIXO	WWR	(%)	40
FIXO	Número de pavimentos	un	20
FIXO	Orientação	-	Norte
FIXO	Densidade de Ocupação	(m²/pessoas)	7
FIXO	Densidade de potência de iluminação	(W/m²)	7
FIXO	Densidade de potência de equipamentos	(W/m²)	16,2
FIXO	Densidade de potência interna total	(W/m²)	40,3
FIXO	Cargas condominiais	(W/m²)	15% do consumo do baseline, adicionado ao consumo total nos modelos propostos para estudos LEED. Não é uma entrada do modelo, apenas adotado para análises.

As condições: fixo ou variável, foram atribuídas aos parâmetros para identificar quando estes foram variados no estudo paramétrico.

Fonte: Ficha de Dados Resumido de Modelos para Comparação entre Estudos Paramétricos (CACCIATORI, 2016)

Anexo I

Dados de entrada dos modelos do estudo

Tabela 2 – Caracterização simplificada dos vidros adotados no estudo paramétrico

Tipo de Vidro	Composição	Fator - U (W/m ² K)	Fator Solar (SHGC)	Transmissão Luminosa (TL)
Laminado - 60004	6mm#2 + Incolor 8mm	5,484	0,436	0,369
Laminado - 60005	6mm#2 + Incolor 8mm	5,484	0,328	0,312
Laminado - 60006	6mm#2 + Incolor 8mm	5,484	0,328	0,199
Insulado - 60009	6mm#2 + 12mm Ar + Incolor 5mm + Incolor 5mm	1,758	0,267	0,329
Insulado - 60010	6mm#2 + 12mm Ar + Incolor 5mm + Incolor 5mm	2,48	0,225	0,173
Insulado - 60011	6mm#2 + 12mm Ar + Incolor 5mm + Incolor 5mm	2,582	0,340	0,318

Fonte: Adaptado de (BEM + ARCH, 2019)

Nota: Valores de Fator-U, SHGC e TL **conforme dados do fabricante**. A Tabela 6 apresenta dados calculados pelo EnergyPlus.

Tabela revisada (2021) – valores dos vidros 60010 e 60011.

Tabela 3 - Caracterização simplificada de tecidos adotados no estudo paramétrico

Nome	Transmitância Solar (Tsol)	Reflexão Solar (Rsol)	Transmissão Visível (Tvis)	Reflexão Visível (Rvis)	Emissividade (E)
(T1) UNIFLEX-STYLE-4901-V03- FACE-OF1	0,03	0,56	0,04	0,56	0,89
(T2) UNIFLEX-663-PLTSC-OF3	0,04	0,73	0,04	0,72	0,19
(T3) UNIFLEX-3031-THSCR- WHITE-OF3	0,2	0,68	0,161	0,79	0,83
(T4) UNIFLEX-3053-THSCR- WHITE-GREY-OF5	0,12	0,44	0,09	0,44	0,85

Fonte: Adaptado de (BEM + ARCH, 2019)

Notas

- Os valores da tabela 3 foram arredondados em alguns casos.
- Para acesso aos dados completos dos tecidos, consulte o Apêndice I – Volumes 1 e 2
- Tabela revisada (2021) – Tvis Tecidos T3 e T4

Anexo I

Dados de entrada dos modelos do estudo

O modelo de base com o qual o Modelo Proposto será comparado para verificação de desempenho energético foi definido conforme Apêndice G da AHSRAE 90.1-2010, e passará a ser denominado como Modelo Baseline neste relatório. Os dados do Modelo Baseline seguem descritos na **Tabela 4**.

Tabela 4 – Dados de entrada: Modelo Baseline ASHRAE 90.1 – 2010 Vs. Modelo Proposto

	Parâmetro / Unidade		Baseline	Proposto
Materiais	Parede-Peitoril Interno	Fator-U [W/m ² K]	0.705	2.036
	Parede-Viga de Borda	Fator-U [W/m ² K]	0.705	4.248
	Cobertura	Fator-U [W/m ² K]	0.273	0.568
	Vidro	Fator-U [W/m ² K]	3.9	5.626 [1]
SHGC		0.25	0.34 [1]	
Cargas internas	Pessoas	m ² /pessoa	7	7
	Iluminação	W/m ²	10.5	7
	Equipamentos	W/m ²	16.2	16.2
	Cargas Condominiais	%	15% do consumo do Baseline	15% do consumo do Baseline
HVAC	Sistema		CAG	CAG
	Tipo de Chiller		parafuso	parafuso
	Tipo de condensação		água	água
	Circuito primário		constante	constante
	Circuito secundário		variável	variável
	Circuito condensação		constante	constante
	Capacidade térmica Total		501 TR	618 TR [2]
Persianas	Tecido		sem sombreamento	com persiana automatizada - Tecido T1 [3]
Controle de Iluminação	Dimerização		Dimerização Obrigatória - ASHRAE 90.1 (fração 0.49), set-point 500 lux - apenas sistema geral.	Dimerização Adicional - (fração 0.78), set-point 300 lux - sistema geral; sistema complementar não dimerizado

Notas:

- [1] O vidro adotado no Modelo Proposto nas análises 2, 3 e 4 é o Vidro Laminado 60005 (**Tabela 5**). Nesta tabela, são apresentados dados calculados pelo EnergyPlus. Na ficha de entrada de dados e na **Tabela 2**, são apresentados dados calculados pelo fabricante (NFRC);
- [2] Capacidade Térmica total baseada no Modelo M03_NoDim-EMSoFF (Ver **Quadro 01 – Volume 2**)
- [3] O tecido adotado como base das análises 2, 3 e 4 - **T1: UNIFLEX-STYLE-4901-V03-FACE-OF1** - Ver dados completos na Ficha de entrada de Dados - Apêndice I – Volumes 1 e 2, ou dados resumidos **Tabela 6**

Anexo I

Dados de entrada dos modelos do estudo

As Tabelas 5 e 6 abaixo, apresentam os códigos de vidros e tecidos adotados para identificação das combinações nos gráficos analisados. Os dados dos vidros apresentados na Tabela 5, são saídas da simulação em EnergyPlus: dados calculados pelo programa a partir dos dados detalhados inseridos. Estes dados apresentam diferenças em relação aos dados calculados pelo fabricante, apresentados na Tabela 2.

Tabela 5 – Códigos e Caracterização simplificada dos vidros adotados no estudo paramétrico

Código	Tipo de Vidro	Fator - U (W/m ² K)	Fator Solar (SHGC)	Transmissão Luminosa (TL)
60004	Laminado	5,597	0,446	0,37
60005	Laminado	5,626	0,34	0,313
60006	Laminado	5,626	0,336	0,2
60009	Insulado	1,756	0,268	0,33
60010	Insulado	2,566	0,227	0,174
60011	Insulado	2,692	0,342	0,319

Fonte: Adaptado de (BEM + ARCH, 2019)

Nota: Valores de Fator-U, SHGC e TL **calculados pelo EnergyPlus**.

Tabela 6 – Códigos e Caracterização simplificada de tecidos adotados no estudo paramétrico

Código	Nome	Transmitância Solar (Tsol)	Reflexão Solar (Rsol)	Transmissão Visível (Tvis)	Reflexão Visível (Rvis)	Emissividade (E)
T1	UNIFLEX-STYLE-4901-V03-FACE-OF1	0,03	0,56	0,04	0,56	0,89
T2	UNIFLEX-663-PLTSC-OF3	0,04	0,73	0,04	0,72	0,19
T3	UNIFLEX-3031-THSCR-WHITE-OF3	0,2	0,68	0,161	0,79	0,83
T4	UNIFLEX-3053-THSCR-WHITE-GREY-OF5	0,12	0,44	0,09	0,44	0,85

Fonte: Adaptado de (BEM + ARCH, 2019)

Notas

- Os valores da tabela 6 foram arredondados em alguns casos.
- Para acesso aos dados completos dos tecidos, consulte o **Apêndice I** – Volumes 1 e 2.
- Tabela revisada (2021) – Tvis Tecidos T3 e T4

Anexo I

Dados de entrada dos modelos do estudo

A **Figura 2** apresenta as principais características da arquitetura do modelo:

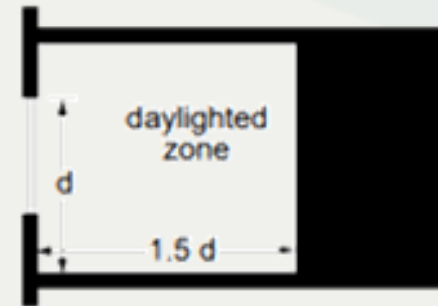
- Pavimento tipo quadrado, com *core* central e área de 1024 m² - neste trabalho, adotou-se a designação de 1000 m²;
- 9 Zonas Térmicas: 8 zonas climatizadas: 4 zonas periféricas e 4 zonas mais centrais; 1 zona central, sem climatização, referente ao *core*;
- Fachada tipo cortina de vidro, com viga de borda em concreto e peitoril interno em *dry-wall*;
- WWR de 40%.

A **Figura 3**, apresenta a parcela das zonas periféricas que contam com dimerização do sistema de iluminação. A profundidade da zona com maior potencial para aproveitamento de iluminação natural, foi definida com base na “regra de ouro” que aponta como a zona de maior eficiência da iluminação lateral, aquela com profundidade correspondente à 1,5 vezes a altura da verga superior da janela “d” (**Figura 1**).

Conforme indicado no corte esquemático da **Figura 3**, a profundidade total da zona periférica é de 5m e a altura da verga superior da janela, é de 2,56m. A profundidade da zona de eficiência seria de $1,5 \times 2,56 = 3,84\text{m}$. Foi adotada uma profundidade de 3,75m. O sistema de dimerização definido conta com dois sensores – S1 e S2, e a fração total de área dimerizada é de 0,78 da área da zona, o que seria equivalente à dimerização das duas primeiras fileiras de luminárias próximas às janelas.

O sistema dimerizado tem uma Densidade de Potência de Iluminação (DPI) de 5,5 W/m², para atender à uma iluminância média no plano de trabalho, fixado em uma altura (h) de 0,80m, de 300 lux. O *setpoint* da dimerização foi então fixado em 300 lux: enquanto a iluminação natural suprir a iluminância definida pelo *setpoint*, o sistema permanece desligado. Um sistema complementar (200 lux) de iluminação foi modelado, para suprir a iluminância de tarefa de 500 lux (ABNT, 2013a), com uma DPI de 1,5 W/m², que equivale uma potência por posto de trabalho entre 10 e 14 W, a depender do lay-out. O sistema complementar não foi dimerizado.

Figura 1 – Zona de eficiência de iluminação natural para aberturas laterais



Fonte: (O'CONNOR, 1997)

Figura 2

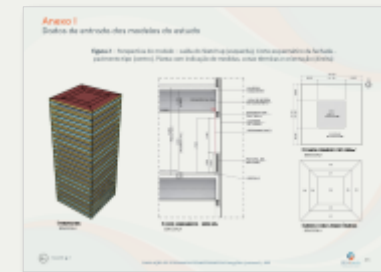
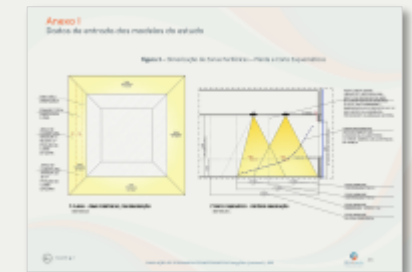


Figura 3



 clique nas imagens para ampliar

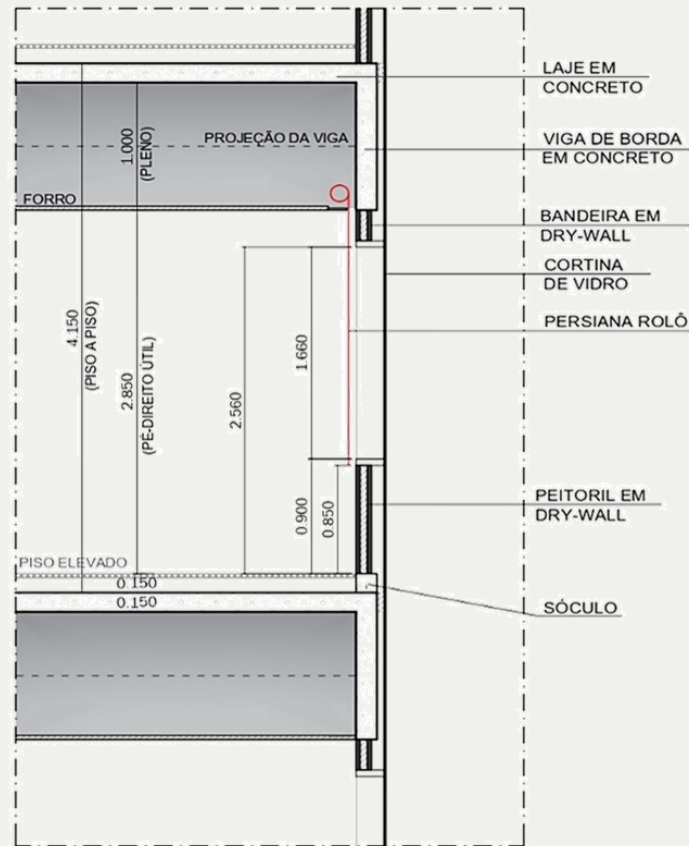
Anexo I

Dados de entrada dos modelos do estudo

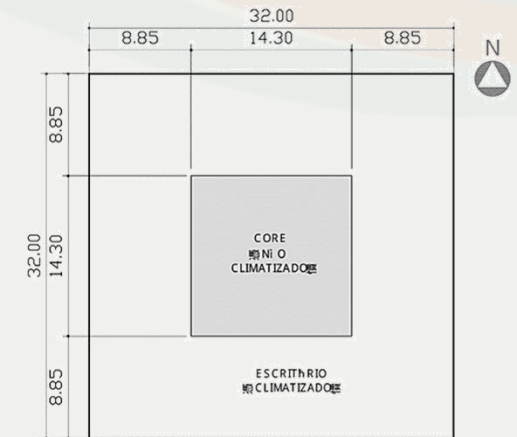
Figura 2 – Perspectiva do modelo – saída do Sketchup (esquerda), Corte esquemático da fachada - pavimento tipo (centro). Planta com indicação de medidas, zonas térmicas e orientação (direita)



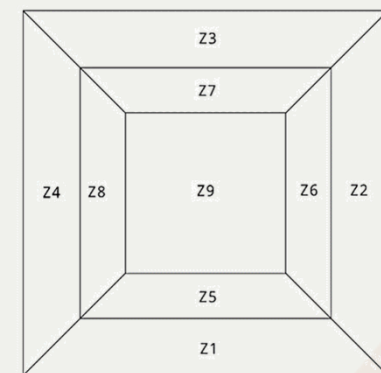
1 PERSPECTIVA
SEM ESCALA



2 CORTE ESQUEMÁTICO – WWR 40%
SEM ESCALA



3 PLANTA PAVIMENTO TIPO 1000m²
SEM ESCALA

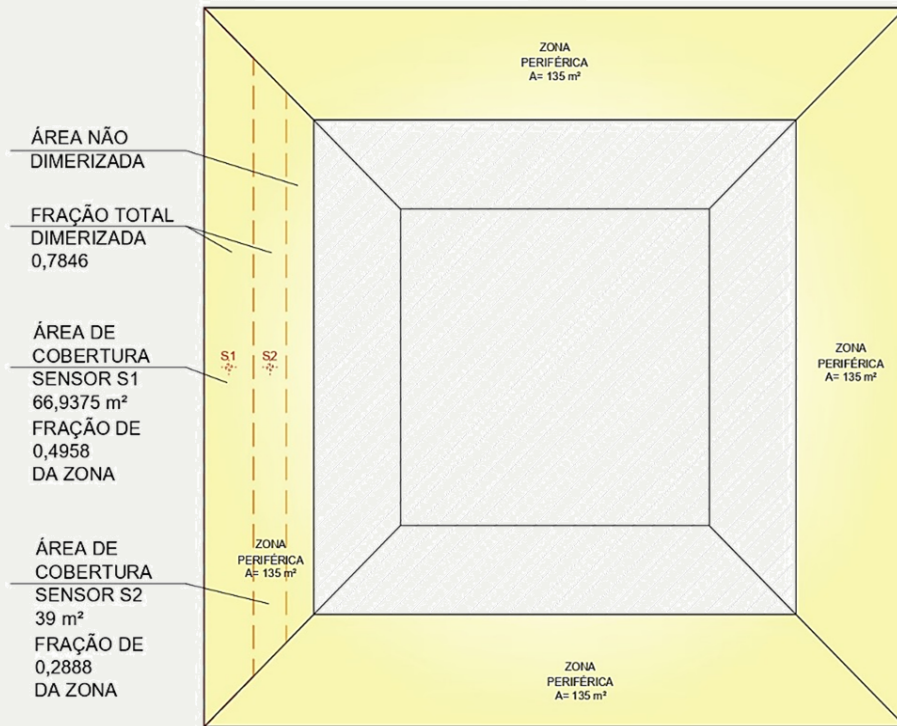


4 MODELO COM 9 ZONAS TÉRMICAS
SEM ESCALA

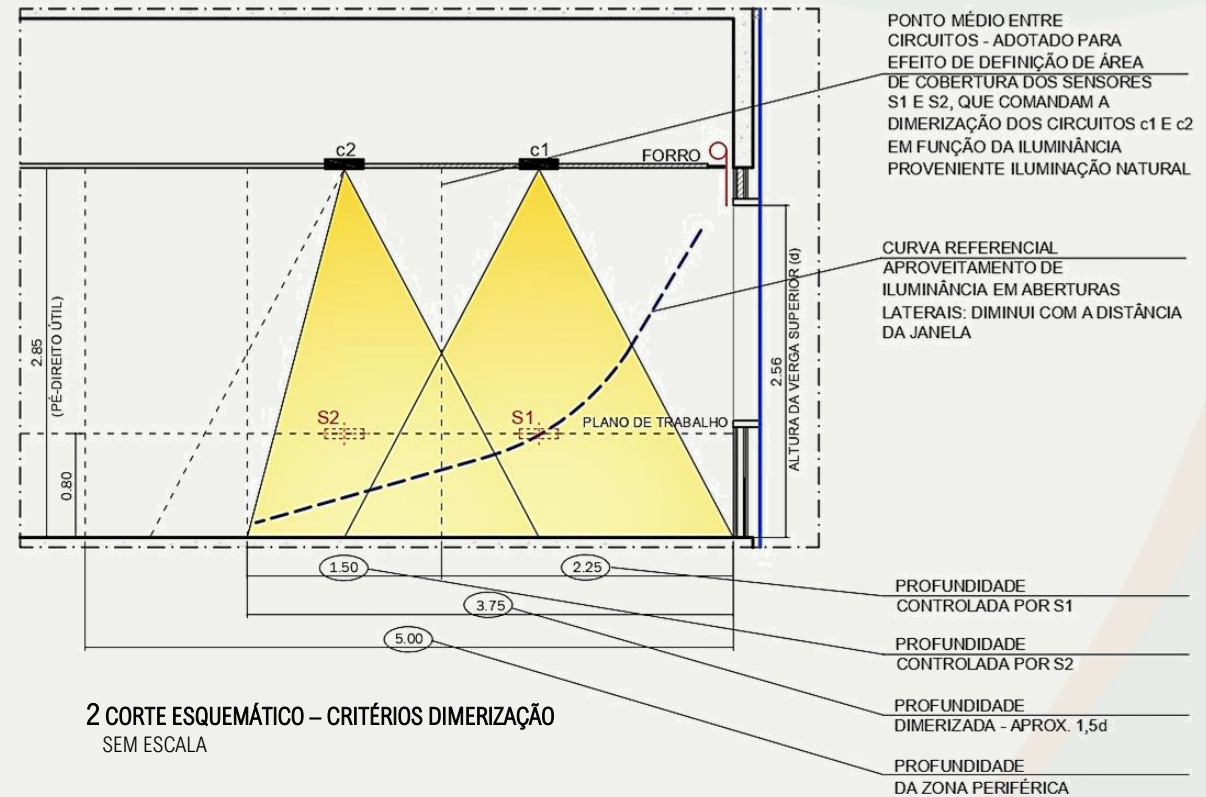
Anexo I

Dados de entrada dos modelos do estudo

Figura 3 – Dimerização de Zonas Periféricas – Planta e Corte Esquemáticos



1 PLANTA – ZONAS PERIFÉRICAS, COM DIMERIZAÇÃO SEM ESCALA



2 CORTE ESQUEMÁTICO – CRITÉRIOS DIMERIZAÇÃO SEM ESCALA

Anexo II

Controle de Persianas Padrão EnergyPlus

[Voltar](#)



Tipos de controles do EnergyPlus



Como obter o parâmetro do setpoint de acionamento das persianas utilizando o controle OnIfHighSolarOnWindow

Anexo II

Controle de Persianas Padrão EnergyPlus

Neste estudo foi adotado o controle padrão do EnergyPlus “OnIfHighSolarOnWindow”, uma vez que este é o único controle que utiliza dados de cada fachada do edifício. Adicionalmente, é possível criar uma relação entre iluminância e radiação, relação que não pode ser feita com as variáveis de acionamento dos demais tipos de controle: temperatura ou índice de claridade – glare.

Tipos de controles do EnergyPlus

AlwaysOff: Mantem as persianas sempre sem acionar, ou seja, sempre recolhidas.

AlwaysOn: Mantem as persianas sempre acionadas, ou seja, sempre abaixadas e sobrepostas ao vidro.

OnIfScheduleAllows: Mantem as persianas acionadas sempre que a programação horaria permitir.

OnIfHighSolarOnWindow: Aciona as persianas apenas quando a radiação solar direta mais difusa na fachada é superior ao setpoint(W/m²) definido pelo usuário.

OnIfHighHorizontalSolar: Aciona as persianas apenas quando a radiação solar direta mais difusa horizontal é superior ao setpoint(W/m²) definido pelo usuário. Por ser no num plano horizontal todas as fachadas são acionadas ao mesmo tempo.

OnIfHighOutdoorAirTemperature: Aciona as persianas apenas quando a temperatura externa é superior a temperatura de setpoint(°C) definida pelo usuário.

OnIfHighZoneAirTemperature: Aciona as persianas apenas quando a temperatura interna da zona é superior a temperatura de setpoint(°C) definida pelo usuário.

OnIfHighZoneCooling: Aciona as persianas apenas quando potência de resfriamento da zona no timestep anterior é superior a potência de setpoint(W) definida pelo usuário.

OnIfHighGlare: Aciona as persianas apenas quando o índice de claridade no 1°sensor de daylighting da zona é superior ao índice de claridade do setpoint(-) definida pelo usuário. Aplicável apenas em zonas que possuem controle de Daylighting.

Demais controles não podem ser aplicados ao modelo em questão ou são a sobreposição de duas ou mais variáveis de acionamento.

MeetDaylightIlluminanceSetpoint: Aplicável apenas em vidros que alteram as suas propriedades (Vidros Termocrômicos). Este tipo ajusta a propriedade do vidro para que a luminosidade do sensor de luz natural interno seja mantida fixa no setpoint definido pelo usuário.

OnNightIfLowOutdoorTempAndOffDay,

OnNightIfLowInsideTempAndOffDay

OnNightIfHeatingAndOffDay: Os três controles buscam reduzir o consumo de aquecimento ao acionarem as persianas a noite, buscando reduzir as perdas de calor pelo vidros no período noturno.

OnNightIfLowOutdoorTempAndOnDayIfCooling e **OnNightIfHeatingAndOnDayIfCooling:** Os dois controles buscam reduzir as demandas de aquecimento ou de resfriamento. Acionam as persianas durante a noite se houver aquecimento e acionam as persianas durante o dia se houver resfriamento.

OffNightAndOnDayIfCoolingAndHighSolarOnWindow: Desaciona as persianas durante a noite e durante o dia aciona as persianas se o sistema de resfriamento estiver operando e também se a radiação solar incidente na fachada for superior ao valor definido pelo usuário. Sobreposição do controle **OnIfHighSolarOnWindow** com a condição de resfriamento ativa e/ou operando.

OnNightAndOnDayIfCoolingAndHighSolarOnWindow: Igual ao controle anterior, mas aciona as persianas à noite.

OnIfHighOutdoorAirTempAndHighSolarOnWindow: Sobreposição de **OnIfHighOutdoorAirTemperature** e **OnIfHighSolarOnWindow**.

OnIfHighOutdoorAirTempAndHighHorizontalSolar: Sobreposição de **OnIfHighOutdoorAirTemperature** e **OnIfHighHorizontalSolar**.

Fonte: Traduzido de EnergyPlus Version 9.1.0 Documentation, 2019b

Anexo II

Controle de Persianas Padrão EnergyPlus

Visto que o controle padrão selecionado para o estudo opera com um sensor de intensidade de radiação solar e, o algoritmo da Somfy adotado no desenvolvimento do EMS-Gradual_Sh opera com um sensor de iluminância, há a necessidade de ajustar o parâmetro de setpoint de intensidade de radiação solar ao limite de iluminância que adotado como setpoint de acionamento da persiana no controle EMS-Gradual_Sh.

Como obter o parâmetro do setpoint de acionamento das persianas utilizando o controle OnIfHighSolarOnWindow

Neste projeto o ajuste foi feito com base na relação entre os níveis de iluminância e intensidade de radiação solar contidos no arquivo climático. Estas variáveis são saídas do EnergyPlus selecionadas em Output:Variable.

Para obter o nível de iluminância devem ser selecionadas duas variáveis de saída: o nível de iluminância direta e indireta, que são disponibilizadas em “lux”:

- iluminância direta: **Site Exterior Beam Normal Illuminance**
- iluminância indireta: **Site Exterior Horizontal Sky Illuminance**

Para obter o nível de intensidade de radiação solar relativo, devem ser selecionadas duas variáveis de saída: o nível de intensidade de radiação solar direta e indireta, que são disponibilizados em “W/m²”:

- Radiação solar direta: **Site Direct Solar Radiation Rate per Area**
- Radiação solar indireta: **Site Diffuse Solar Radiation Rate per Area**

Identifica-se a relação entre as duas variáveis ($R_{\text{horário}}$) através da divisão da radiação solar total pela iluminância total, utilizando a seguinte equação:

$$R_{\text{horário}} = \frac{\text{Radiação solar direta} + \text{Radiação solar indireta}}{\text{Iluminosidade direta} + \text{Iluminosidade indireta}}$$

Esta relação foi calculada para cada saída horária e posteriormente calcula-se a média anual (R):

$$R = \text{Media}(R_{\text{horário}})$$

O parâmetro a ser utilizado no controle do **OnIfHighSolarOnWindow - Setpoint_{acionamento}** – será o limite de acionamento superior das persianas – Setpoint_{lux} - em lux, multiplicado pela relação (R).

$$\text{Setpoint}_{\text{acionamento}} = \text{Setpoint}_{\text{lux}} * R$$

No presente estudo, o limite de acionamento superior das persianas foi de 15000 lux. Assim, o setpoint de acionamento das persianas no controle do **OnIfHighSolarOnWindow** será dado por:

$$\text{Setpoint}_{\text{acionamento}} = 15000 * R$$

Este valor será o valor utilizado no EnergyPlus.

Os set-points de acionamento de persianas calculado para cada arquivo climático deste estudo são:

- 141 W/m² (TMYx.2004-2018)
- 132 W/m² (INMET)

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16401-1**: Instalações de ar condicionado. Sistemas Centrais e Unitários - Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT: [s.n.], 2008.

_____. **NBR 16401-3**: 2008 - Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários - Parte 3: Qualidade do Ar Interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2008c.

_____. **ABNT NBR ISO-CIE 8995-1**: 2013 - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016** – **Ventilação para qualidade do Ar Aceitável**. Atlanta: ASHRAE: [s.n.], 2016a.

_____. **ANSI/ASHRAE Standard 55 - 2017 - Condições Térmicas Ambientais para Ocupação Humana**. Atlanta: ASHRAE: [s.n.], 2017.

_____. **ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2010**: Norma de energia para construções com exceção dos edifícios residenciais de baixa altura. Atlanta: Ashrae, 2010.

BEM + ARCH. Manual para utilização: Example-File – 4FacadeGradualShading_v.1 e Data-Set – BR-WindowShadeMaterial_v.1. **Série Simulação de Persianas Automatizadas em EnergyPlus**, São Paulo, vol. 1, 2019.

BEM + ARCH. Redução de Consumo Energético através de Persianas Automatizadas. **Série Simulação de Persianas Automatizadas em EnergyPlus**, São Paulo, vol. 2, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RESOLUÇÃO-RE Nº 09, DE 16 DE JANEIRO DE 2003. **Diário Oficial da União (DOU nº14)**, 20 de janeiro de 2003.

CACCIATORI, M. M. F. **Diretrizes dinâmicas para projeto de fachadas de edifícios de escritórios de alto padrão, na cidade de São Paulo, com base no potencial de eficiência energética e viabilidade econômica**. 2016. 2v.: Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, São Paulo, 2016.

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY (IES). **IES LM-83-12 Approved Method**: IES spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2012.

O'CONNOR, J. E. A. **Tips for Daylighting With Windows**: The Integrated Approach. [S.l.]: University of California, 1997. 107 p.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Application Guide for EMS. **EnergyPlus Version 9.1.0 Documentation**, 2019a.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Input Output Reference. **EnergyPlus Version 9.1.0 Documentation**, 2019b.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Engineering Reference. **Energy Plus Version 9.1.0 Documentation**, 2019c.



BEM+arch

BUILDING ENERGY MODELING
ENVIRONMENTAL COMFORT