

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

Trabalho de Conclusão de Curso

Graduando: João Victor da Silva Costa Souza

Orientação: Camila Furukava

Natal/RN

Novembro, 2025



CONFORTO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES EXISTENTES

Guia formativo e Estratégias bioclimáticas de condicionamento térmico passivo para requalificação térmica em edificações escolares construídas em clima quente e úmido

***Este material é um convite para observar,
compreender e transformar.***

Compreender os processos reguladores, reconhecer os problemas e aplicar soluções adequadas permite transformar a relação entre clima, arquitetura e bem-estar nas escolas, criando ambientes mais equilibrados e favoráveis ao ensino e à aprendizagem.

APRESENTAÇÃO

Esta cartilha apresenta orientações práticas e acessíveis para melhorar o conforto térmico em edificações escolares de clima quente e úmido. Baseada nas condições de Macaíba (RN), explica de forma didática como o calor se comporta nos edifícios e aborda os principais processos que influenciam a sensação térmica – radiação, condução e evaporação.

A partir desses conceitos, o material reúne estratégias de condicionamento térmico passivo que podem ser aplicadas sem grandes intervenções em escolas já existentes. Entre elas, sombreamento, redução do ganho térmico em paredes e coberturas, otimização da ventilação natural e uso de elementos vazados e vegetação. As recomendações são apresentadas de forma objetiva, facilitando sua aplicação por profissionais e pela comunidade escolar.

ÍNDICE

1. **APRESENTAÇÃO** - Página 02
2. **PARA QUEM?** - Página 04
3. **ONDE APLICAR?** - Página 05
4. **O QUE É O CONFORTO TÉRMICO?** - Página 06
5. **OBJETIVOS DA CARTILHA** - Página 08
6. **GUIA DE LEITURA** - Página 09
7. **GLOSSÁRIO** - Página 10
8. **PROCESSOS REGULADORES** - Página 14
9. **Radiação** - Página 16
10. **Condução** - Página 22
11. **Convecção** - Página 26
12. **Evaporação** - Página 32
13. **ESTRATÉGIAS** - Página 35
14. **Estratégias de Sombreamento** - Página 37
15. **Reduzindo o ganho térmico em coberturas** - Página 44
16. **Reduzindo o ganho térmico das paredes** - Página 51
17. **Usando o Cobogó** - Página 57
18. **REFERÊNCIAS** - Página 62

PARA QUEM?

Esta cartilha foi elaborada para orientar profissionais e usuários que atuam no planejamento, uso e manutenção de edificações escolares. O conteúdo apresenta soluções práticas e acessíveis, permitindo que a comunidade escolar participe de forma ativa das decisões que influenciam o conforto térmico.



Arquitetos e Engenheiros

Transforme escolas: Use este guia para um retrofit bioclimático eficiente.

Gestores de Escola

Decisão estratégica: Planeje intervenções inteligentes e melhore o conforto ambiental da sua escola.

Equipes de Manutenção

Otimize sem quebrar: Encontre soluções práticas e de baixo custo para o desempenho térmico da edificação.

Professores, Estudantes e Comunidade Escolar

Conhecimento para o bem-estar: Entenda a relação entre o clima e conforto térmico na sua sala de aula.

Estudantes de Arquitetura

Simplifique a teoria: Compreenda os conceitos de desempenho térmico e a relação clima-arquitetura.

ONDE APLICAR?

O conteúdo desta cartilha foi desenvolvido com base nas condições climáticas de Macaíba (RN), localizada na Zona Bioclimática 5A, de clima quente e úmido (ABNT NBR 15220-3, 2024). As recomendações também são adequadas para municípios vizinhos (como Natal e Parnamirim) e para outras regiões que apresentem características semelhantes dos fatores e elementos climáticos, como por exemplo, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e direção e velocidade dos ventos.



Brasil



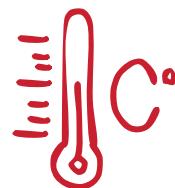
Rio Grande do Norte



Macaíba

Clima Quente e Úmido

A Zona Bioclimática 5A possui clima quente e úmido, com altas temperaturas do ar e forte insolação, exigindo estratégias de ventilação e sombreamento para garantir conforto térmico nas edificações.



Altas
temperaturas do ar



Forte
Irradiação solar



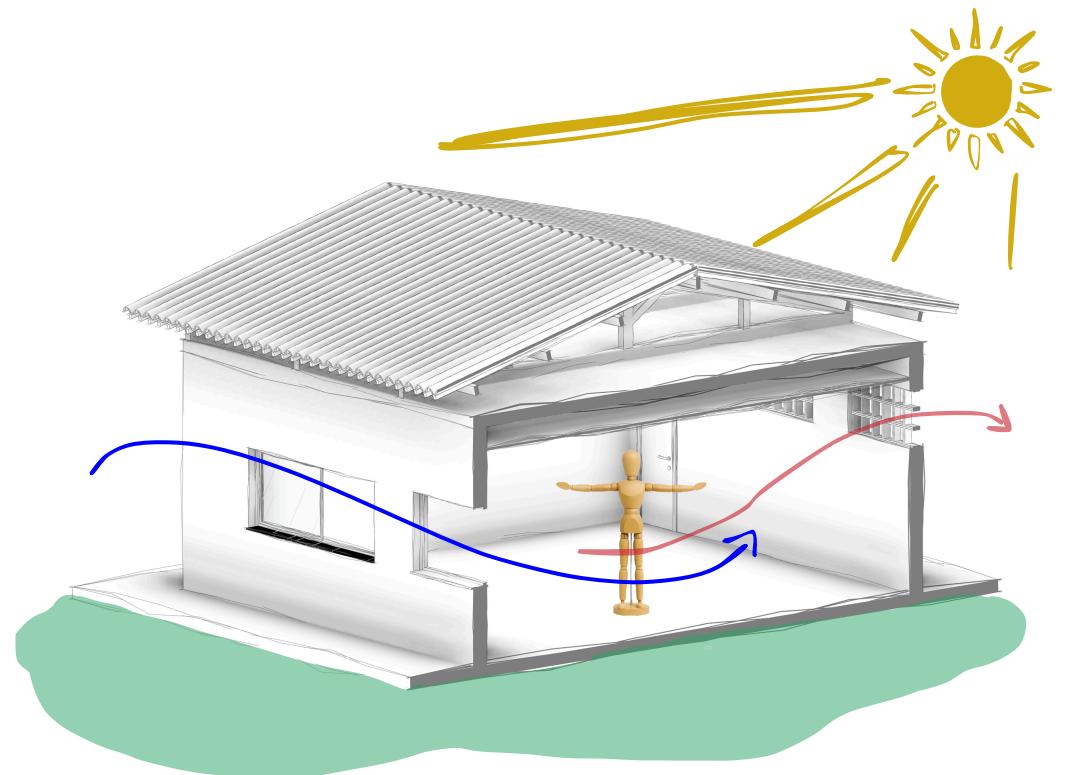
Alta umidade
relativa do ar



IMPORTANTE: As diretrizes apresentadas nesse material são voltadas para edificações escolares existentes.

O QUE É O CONFORTO TÉRMICO?

Simplificadamente, o conforto térmico é a sensação de bem-estar experimentada quando o corpo não percebe excesso de calor ou de frio. Nas edificações, essa condição depende de fatores como temperatura do ar, umidade relativa do ar, ventilação, radiação solar e das características dos materiais, que influenciam diretamente quão confortável o ambiente interno se mantém ao longo do dia.



Por Que o Conforto Térmico é Essencial nas Escolas?

No clima quente e úmido, a alta temperatura, a forte insolação, a umidade elevada e a baixa circulação de ar tornam mais difícil o resfriamento natural do corpo. Isso intensifica o cansaço, reduz a concentração e compromete a experiência de ensino-aprendizagem.



Efeito no Corpo e na Mente

O calor deixa as pessoas cansadas, irritadas e com dificuldade de prestar atenção. Também aumenta a sensação de mal-estar, podendo causar dor de cabeça e sonolência.



Efeito no Processo Pedagógico

Salas muito quentes atrapalham a concentração dos alunos e o desempenho dos professores, reduzindo o ritmo das atividades e o dinamismo da aula.

Ambientes de ensino-aprendizagem com bom desempenho térmico proporcionam:

Maior concentração.

01

Ambientes mais frescos ajudam os estudantes a manter o foco por mais tempo.

Menor fadiga e irritabilidade.

02

Menos calor reduz o cansaço e o desconforto emocional.

Mais participação e disposição.

03

O bem-estar térmico incentiva o envolvimento nas atividades.

Melhor desempenho cognitivo.

04

Temperaturas adequadas favorecem memória, atenção e raciocínio.

Permanência mais saudável e produtiva.

05

Condições térmicas adequadas tornam a rotina escolar mais confortável e eficaz.

OBJETIVOS DA CARTILHA

01

Melhorar o conforto térmico

Apresentar estratégias bioclimáticas passivas para requalificação térmica de edificações escolares existentes.

02

Usar melhor os recursos naturais

Aproveitar ventilação, sombra e vegetação para diminuir a dependência de climatização artificial.

03

Capacitar a comunidade escolar

Oferecer orientação acessível para gestores, professores e profissionais de projeto e manutenção predial.

04

Contribuir para o ensino-aprendizagem

Ambientes confortáveis favorecem concentração, bem-estar e melhor desempenho escolar.

Conexão com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Ao incentivar o uso de estratégias passivas, a cartilha contribui para o desenvolvimento sustentável (ODS 04 e 13).

Otimizar o desempenho térmico de escolas existentes reduz a necessidade de condicionamento ativo, diminuindo o consumo de energia. O melhor desempenho da edificação aumenta o conforto dos usuários e cria condições superiores nos ambientes de ensino.



GUIA DE LEITURA

Esta é uma sugestão de leitura, organizada para acompanhar o processo de aprendizagem e aplicação das estratégias apresentadas na cartilha.

01 *Processos Reguladores*

Compreenda como o calor se comporta na edificação e como os processos de radiação, condução, convecção e evaporação influenciam o conforto térmico. Esta etapa oferece a base necessária para interpretar corretamente as estratégias.

02 *Estratégias*

Aplique soluções práticas para melhorar o desempenho térmico das salas de aula, como sombreamento, redução do ganho térmico em paredes e coberturas, ventilação natural e uso de elementos vazados e vegetação. As recomendações mostram onde aplicar cada solução e qual processo regulador está envolvido.

Por que entender os processos reguladores?

Antes de aplicar as estratégias de conforto térmico, é importante compreender como o calor entra, circula e se acumula na edificação. Esses processos ajudam a explicar por que alguns ambientes ficam mais quentes, como os materiais influenciam a temperatura e de que forma a ventilação natural e o sombreamento podem melhorar rapidamente a sensação térmica.

GLOSSÁRIO

Este glossário foi elaborado para facilitar a compreensão dos conceitos técnicos utilizados ao longo desta cartilha. Ele apresenta explicações simples e diretas sobre temas relacionados ao **conforto térmico, desempenho térmico** das edificações e **estratégias bioclimáticas**.



Dica: Sempre que surgir alguma dúvida durante a leitura, volte ao glossário para revisar os conceitos. Isso tornará o conteúdo mais claro e contribuirá para uma melhor compreensão das soluções propostas.

Introdução aos conceitos / **GLOSSÁRIO**

Absorção Térmica

Capacidade de um material de absorver o calor que recebe do sol ou do ambiente.

Albedo

Proporção de radiação solar refletida por uma superfície. Superfícies claras têm maior albedo e aquecem menos.

Brise / Brise-Soleil

Elemento de sombreamento que reduz a entrada de sol direto sem bloquear a ventilação.

Capacidade Térmica

Habilidade de um material de armazenar calor. Materiais com alta capacidade térmica demoram mais para esquentar e esfriar.

Cobogó

Elemento vazado que permite a passagem de ar e entrada de luz difusa, contribuindo para ventilação e sombreamento.

Condicionamento Térmico Passivo

Técnicas que não usam energia elétrica para refrescar o ambiente, como ventilação natural, sombreamento e vegetação.

Condicionamento Térmico Ativo

Uso de equipamentos que consomem energia, como ar-condicionado e ventiladores.

Condução Térmica

Passagem do calor através de materiais sólidos, como paredes e coberturas.

Condutividade Térmica

Capacidade de um material de permitir a passagem de calor. Materiais com alta condutividade deixam o calor atravessar com mais facilidade.

Conforto Térmico

Sensação de bem-estar quando o corpo humano não sente calor excessivo nem frio.

Convecção

Movimento do ar causado por diferenças de temperatura ou pressão, impulsionando o transporte de calor.

Desempenho Térmico

Capacidade da edificação de manter temperaturas internas mais agradáveis, reduzindo ganhos e perdas excessivas de calor.

Diferença de Pressão

Variação entre áreas com pressões diferentes (positiva e negativa), fazendo o ar circular naturalmente.

Diferença de Temperatura

Variação entre regiões mais quentes e mais frias, fazendo o calor se mover da área quente para a fria.

Eficiência Energética

Uso inteligente da energia para manter o conforto, com menos desperdício.

Eficiência Térmica

Capacidade da edificação de reduzir seu aquecimento interno por meio da arquitetura e dos materiais.

Sucção do Vento

Aceleração do vento ao passar por aberturas estreitas, aumentando a ventilação interna.

Envoltória

Partes externas da edificação (paredes, janelas, portas e coberturas) que influenciam diretamente o comportamento térmico.

Estratégias Bioclimáticas

Soluções arquitetônicas que utilizam as condições climáticas locais para melhorar o conforto e reduzir o consumo de energia.

Evaporação

Processo de resfriamento pelo qual a água se transforma em vapor.

Evapotranspiração

Perda de água do solo e das plantas, contribuindo para o resfriamento natural do entorno.

Ganho Térmico

Calor que entra na edificação por radiação solar, superfícies aquecidas ou ar quente.

Ilhas de Calor

Aquecimento excessivo em áreas urbanas causado pelo excesso de pavimentação, pouca vegetação e materiais que acumulam calor.

Inércia Térmica

Capacidade da edificação de manter temperaturas estáveis ao longo do dia, evitando variações bruscas.

Isolamento Térmico

Uso de materiais que reduzem a passagem de calor, tornando os ambientes mais confortáveis.

Massa Térmica

Quantidade de material capaz de armazenar calor. Quanto maior a massa térmica, mais lenta é a variação de temperatura.

Materiais Opacos

Materiais que não permitem a passagem de luz, como concreto, cerâmica e madeira.

Materiais Translúcidos

Materiais que deixam a radiação solar passar, mas não permitem visão nítida, como vidro fosco ou policarbonato.

Materiais Transparentes

Materiais que deixam a radiação solar passar como vidro ou policarbonato.

Microclima

Condições ambientais específicas de um pequeno espaço, influenciadas por sombreamento, materiais e vegetação.

Porosidade

Presença de pequenos espaços vazios em um material, que geralmente melhora o isolamento térmico.

Pressão Negativa

Situação em que o ar é puxado para fora do ambiente, favorecendo a saída de ar quente.

Pressão Positiva

Situação em que o ar é empurrado para dentro do ambiente, facilitando a entrada de ar fresco.

Processos Reguladores (Processos Termorreguladores)

Mecanismos naturais que explicam como o calor entra, sai e circula no edifício: radiação, condução, convecção e evaporação.

Radiação Solar

Energia térmica do sol que aquece superfícies expostas.

Refletância Térmica

Capacidade de uma superfície de refletir calor e luz, reduzindo seu aquecimento.

Resistência Térmica

Medida da dificuldade que um material oferece para a passagem de calor.

Retrofit

Processo de modernização ou requalificação de uma edificação já existente para melhorar seu desempenho.

Sombreamento

Elementos naturais ou construídos que bloqueiam ou reduzem a radiação solar direta.

Sombreamento Vegetal

Sombra produzida por árvores e vegetação, ajudando a reduzir o calor e melhorar o microclima.

Superfícies

Paredes, pisos, tetos e coberturas que recebem, absorvem ou refletem calor.

Trajetória Solar

Caminho percorrido pelo sol no céu ao longo do dia e das estações.

Transmitância Térmica

Quantidade de calor que atravessa uma superfície. Quanto maior, mais calor entra.

Trocas Térmicas

Transferência de calor entre superfícies, ar e corpo humano.

Umidade Relativa do Ar

Quantidade de vapor de água presente no ar, que interfere na sensação de calor e no funcionamento da evaporação.

Vazios de Ventilação / Ventilação Unilateral

Ventilação que ocorre por aberturas de um único lado, menos eficiente que a ventilação cruzada.

Vedações

Elementos como paredes, portas e janelas que fecham e protegem os ambientes internos.

Ventilação Cruzada

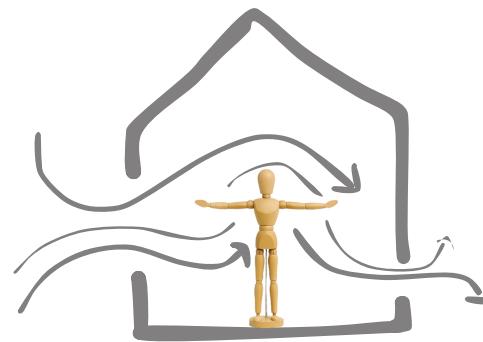
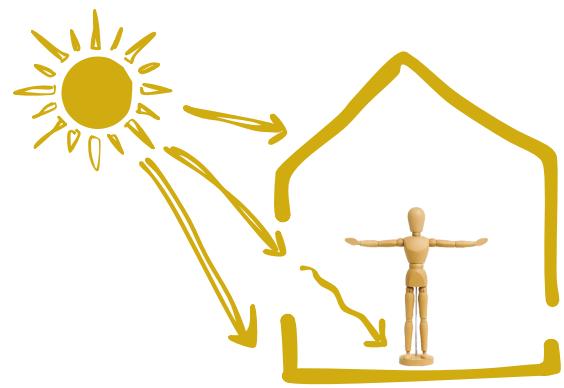
Entrada de ar por uma abertura e saída por outra em lado oposto, promovendo ventilação eficiente.

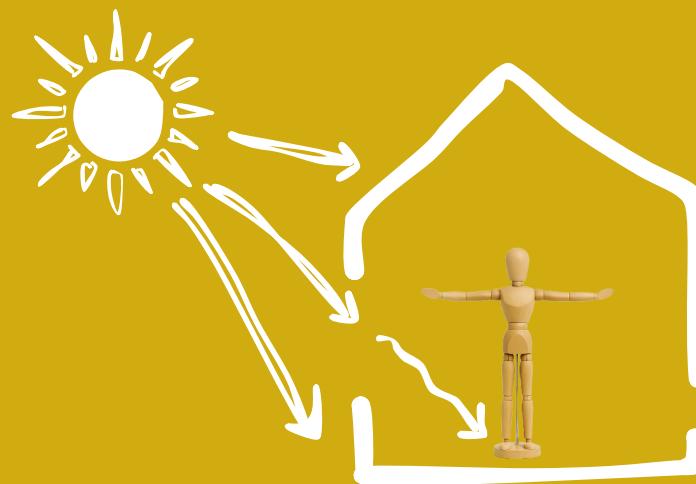
Ventilação Predominante

Direção dos ventos mais frequente na região, usada como referência para posicionar aberturas.

PROCESSOS REGULADORES

O que define o desempenho térmico das edificações? A resposta está nos "Processos Reguladores"



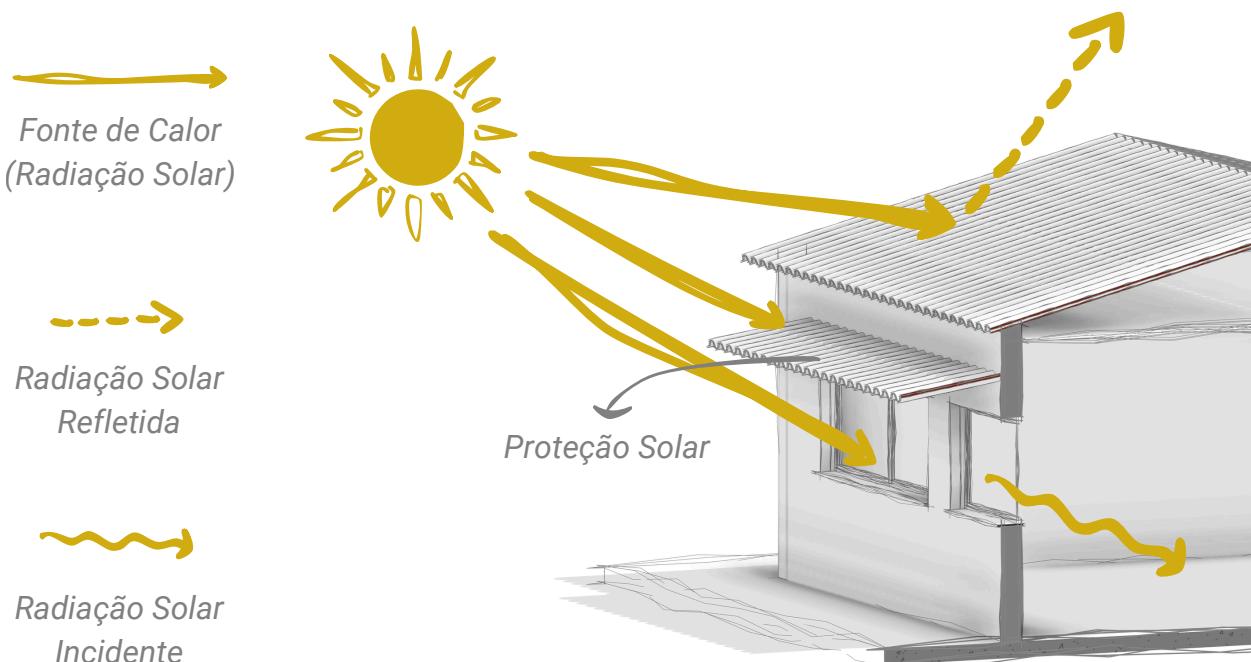


RADIAÇÃO

Energia térmica (Calor) enviada pelo sol que aquece as superfícies expostas.

COMO FUNCIONA?

Quando a radiação solar incide nas superfícies externas de uma edificação (paredes, coberturas e pisos), parte dessa energia é **absorvida**, aquecendo esses elementos. Em superfícies translúcidas, como o vidro, uma parcela significativa da energia solar **atravessa** diretamente para o interior, aquecendo os ambientes. A parcela da radiação que não é absorvida pode ser transmitida ou **refletida**. Quanto maior a capacidade de refletir a radiação, menor será a absorção de calor e, consequentemente, o ganho térmico da edificação.





Para entender melhor...

Assim como usamos boné, guarda-sol ou procuramos sombra de uma árvore em dias quentes para nos proteger da radiação solar, as edificações também precisam de elementos que favoreçam seu desempenho térmico. Recursos arquitetônicos (como beirais e brises) e elementos externos de paisagismo que funcionam como barreiras solares, ajudam a evitar que a radiação incida diretamente sobre as superfícies.

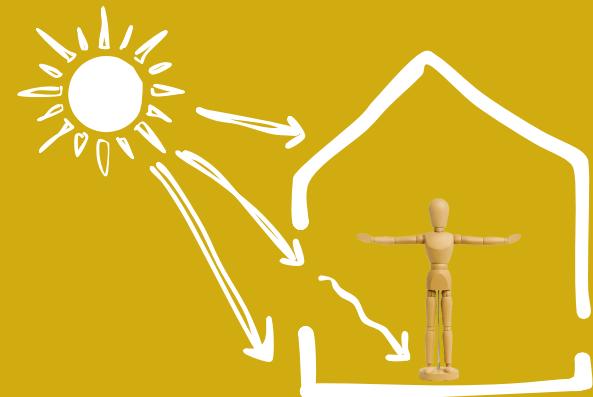
Você Sabia?

A Irradiação Solar Global Diária em meses quentes pode atingir picos de mais de 5.800wh/h² (watt-hora por metro quadrado). Essa energia é uma carga térmica significativa que incide sobre a envoltória da edificação.



X 102

Para ilustrar, essa energia equivale ao calor emitido por cerca de 102 lâmpadas incandescentes de 60W acesas durante uma hora, concentrada em 1m².



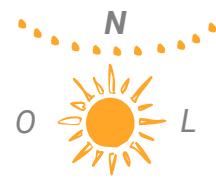
Bloquear e refletir a Radiação solar ajuda a alcançar o conforto térmico.

Trajetória Solar

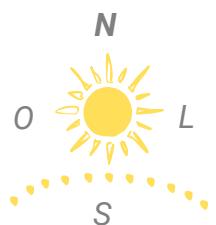
A posição do Sol no céu muda ao longo do ano, alterando a forma como a **radiação solar** incide nas edificações. **Compreender esses caminhos é essencial para planejar estratégias de sombreamento e proteção solar.**

No Universo de aplicação desta cartilha

No Nordeste brasileiro, o Sol percorre trajetórias mais altas e diretas ao longo do ano, fazendo com que a radiação chegue com maior intensidade.



Entre os meses de Abril e Agosto, o Sol faz um percurso mais ao **Norte** da edificação.



Entre Outubro e Fevereiro, o Sol faz um percurso mais ao **Sul** da edificação.

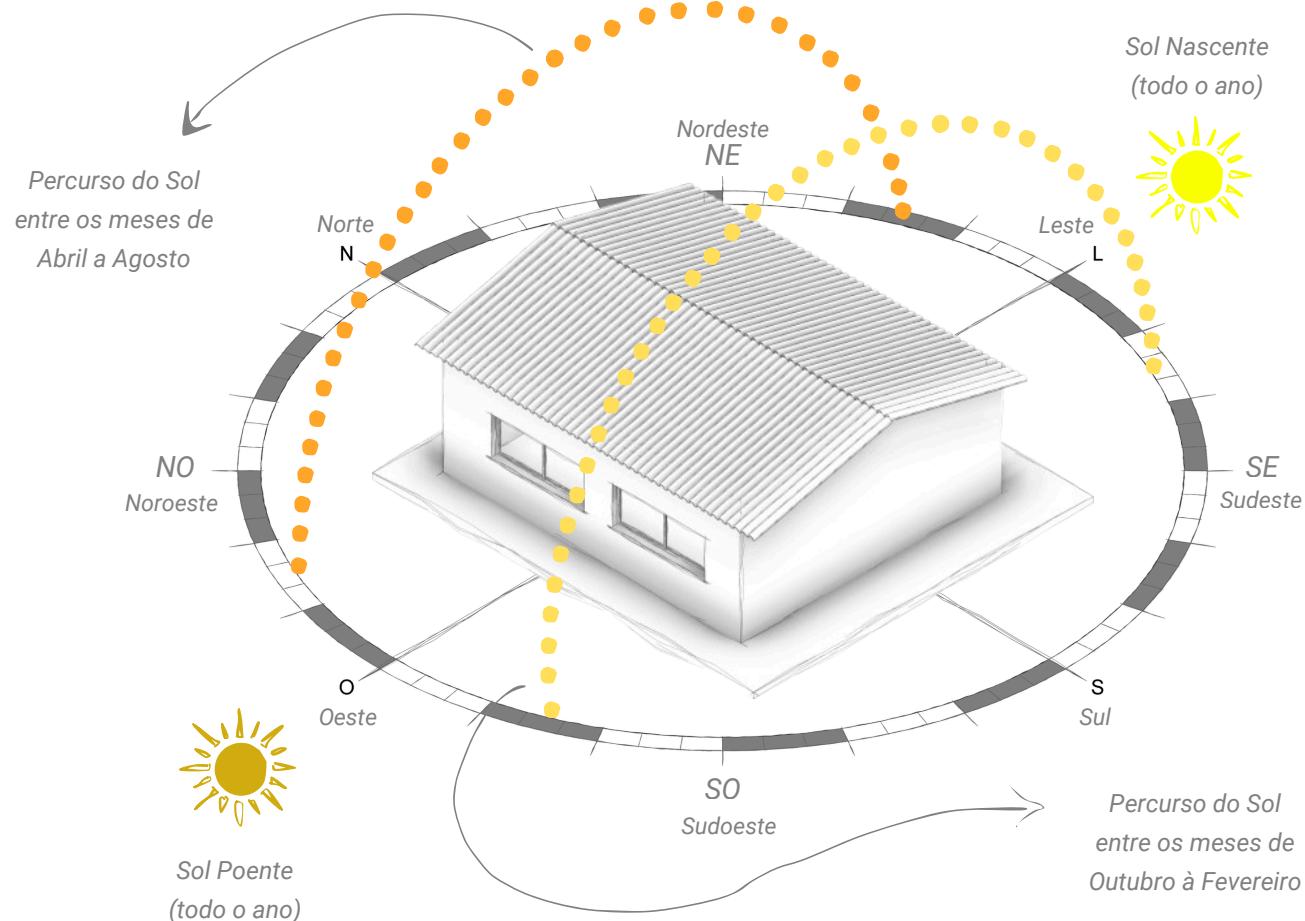
Sol mais alto nos meses de Março e Setembro

Nos meses de Março e Setembro o Sol faz um percurso em ângulo mais alto, sendo no mês de Março com uma leve inclinação para Sul e no mês de Setembro com uma leve inclinação para Norte.

Percorso do Sol durante o período de 1 ano

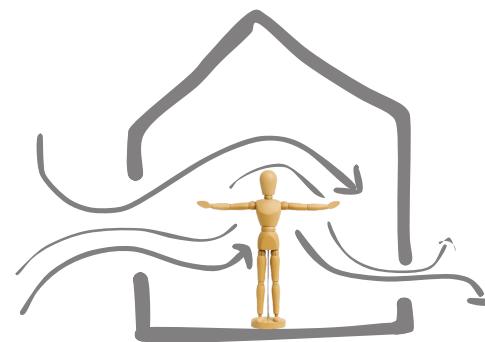
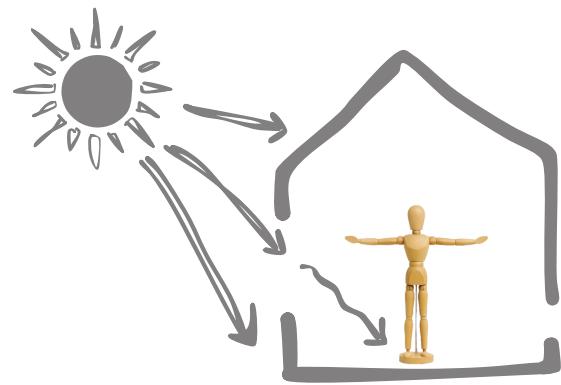


Esquema prático do percurso solar no universo de aplicação da cartilha



Sobre a trajetória solar é importante saber que:

- 1 - O Sol sempre irá nascer na direção Leste e se por na direção Oeste.
- 2 - Entre os meses de Abril à Agosto o Sol atingirá às fachadas mais ao Norte: Leste e Nordeste pela manhã e Oeste e Noroeste pela tarde.
- 3 - Nos dias de Março e de Setembro, o Sol estará mais alto, atingindo principalmente às fachadas Leste e Oeste.
- 4 - Entre os meses de Outubro à Fevereiro o Sol atingirá às fachadas mais ao Sul: Leste e Sudeste pela manhã e Oeste e Noroeste pela tarde.



CONDUÇÃO



CONDUÇÃO

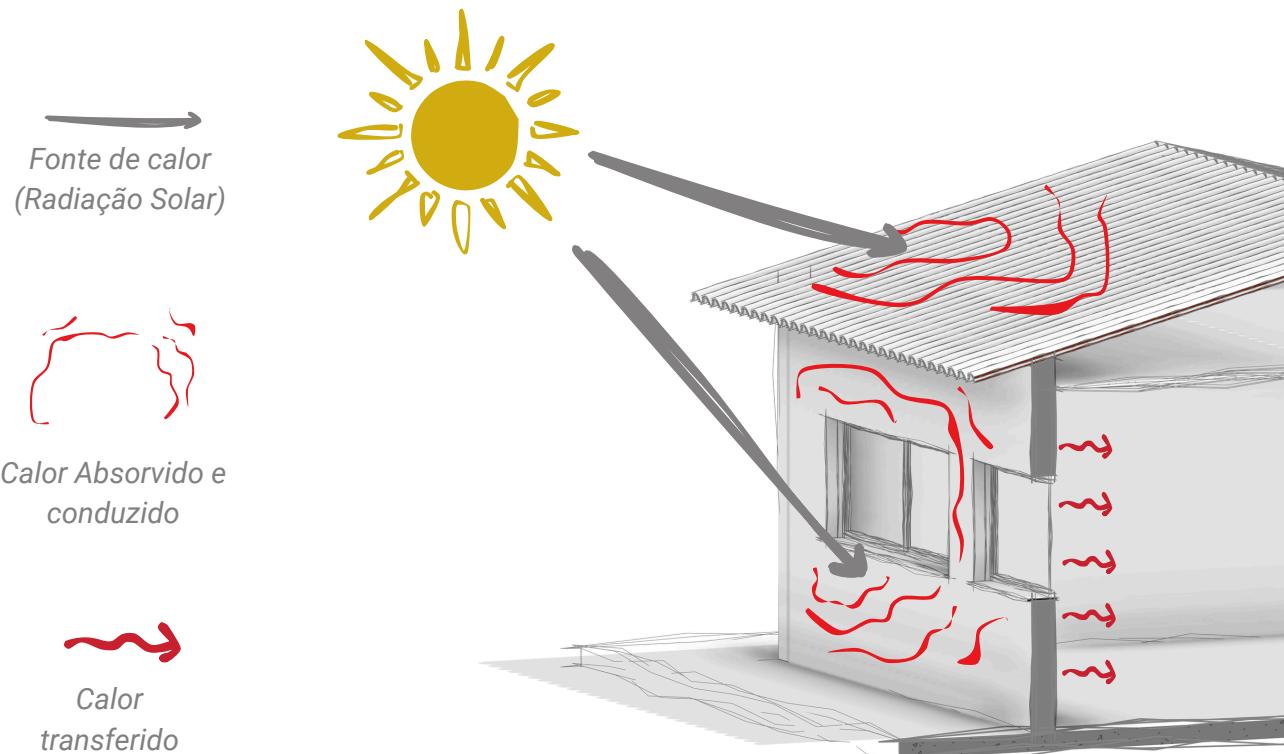
Passagem do calor através dos materiais sólidos, como paredes e coberturas.

COMO FUNCIONA?

O processo de condução térmica ocorre através da troca de calor por meio do contato entre superfícies ou partes de um mesmo material.

Os materiais da envoltória recebem o calor da radiação solar, onde ele é **absorvido**, **conduzido** e **transmitido** para o ambiente interno da edificação.

O ganho térmico por condução depende, portanto, da capacidade dos materiais da envoltória da edificação de conduzir ou resistir à passagem de calor.





Para entender melhor...

O processo de condução pode ser comparado a uma garrafa térmica: o isolamento térmico presente no material da garrafa impede a troca rápida de calor entre o interior e o exterior. Da mesma forma, uma parede com baixa condutividade e alta resistência térmica reduz a passagem de calor, mantendo o ambiente interno mais confortável.

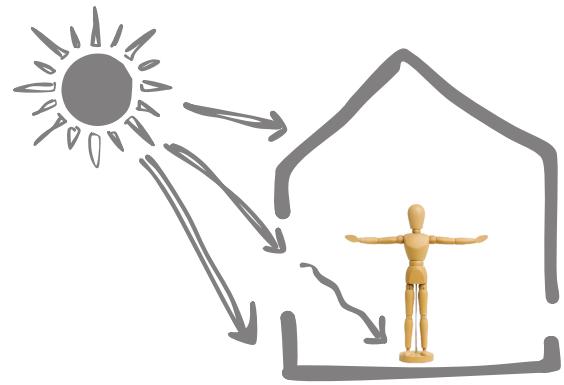
No contexto de aplicação desta cartilha:

No universo de aplicação desta cartilha, as edificações escolares, em geral, possuem paredes em blocos de concreto ou tijolo cerâmico, e telhado de fibrocimento ou telha cerâmica. Construções que usam o material cerâmico costumam ser melhores para manter a temperatura agradável dentro da sala, se comparadas às que usam o bloco de concreto com telhado de fibrocimento.

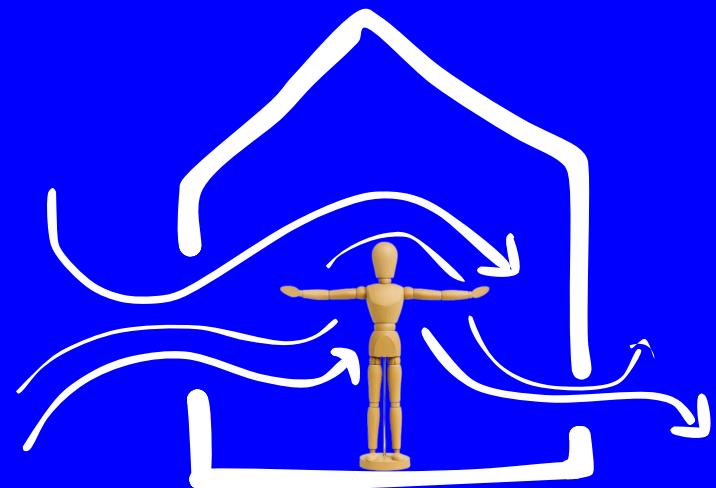
Embora haja outros sistemas para melhorar o conforto térmico, esta cartilha foca nos mais comuns nas escolas, oferecendo orientações práticas aplicáveis a partir das condições existentes.



O conforto térmico começa na escolha dos materiais!



CONVEÇÃO



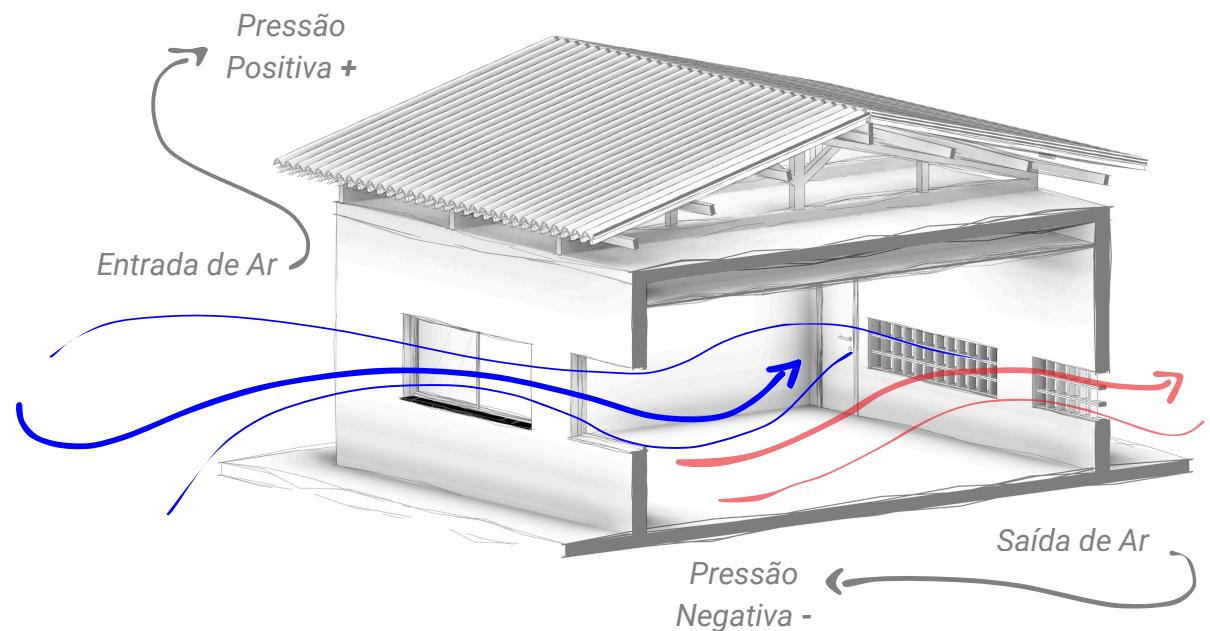
CONVEÇÃO

Movimento do calor pelo ar em circulação, criando correntes que espalham o calor nos ambientes.

COMO FUNCIONA?

A convecção é o processo de transferência de calor que ocorre pelo movimento do ar (ou de outros fluidos). O ar quente, por ser menos denso, tende a subir, enquanto o ar frio, mais denso, desce, formando correntes de circulação do ar.

Nas edificações, esse movimento do ar pode gerar ganhos ou perdas de calor e contribuir para redistribuição térmica nos ambientes internos. O controle da convecção está diretamente relacionado à **ventilação**, essencial para remover o ar quente acumulado e permitir a entrada de ar mais fresco, promovendo conforto térmico no ambiente interno.



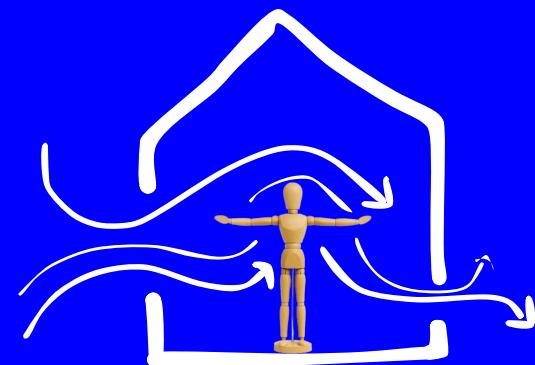
Para entender melhor...



Quando sentimos calor, intuitivamente e culturalmente, procuramos locais ventilados ou nos abanamos com objetos como leques que provocam o movimento do ar, esse gesto ajuda o corpo a se resfriar. O mesmo princípio vale para as edificações, ao abrirmos as janelas para ventilar o ambiente.

Aprofundando o tema:

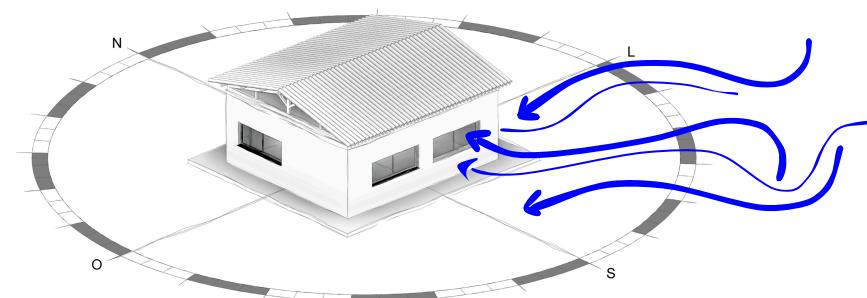
Em climas quentes e úmidos, a **convecção** é essencial para regular a temperatura, tanto para o edifício quanto para o conforto do usuário. Como a alta umidade dificulta a evaporação do suor (Principal mecanismo de perda de calor do corpo humano), é necessário intensificar a circulação de ar para favorecer o resfriamento do corpo e manter o conforto térmico.



Quanto maior a circulação do ar, maior a troca de calor com o ambiente, melhorando o conforto térmico.

No contexto de aplicação desta cartilha:

A ventilação predomina no quadrante Leste - Sul, com maiores concentrações e velocidade na direção Sudeste.



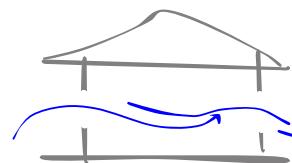
Entre os processos de regulação térmica, as estratégias por convecção são mais difíceis de aplicar em edificações existentes, pois alterar ou criar aberturas pode ser caro e ineficiente se feito sem critério. Por isso, é essencial compreender os princípios que garantem a eficiência da ventilação cruzada.



Princípios de eficiência da ventilação cruzada

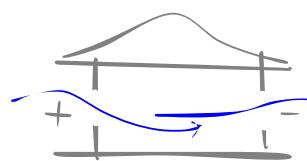
1 - Aberturas em lados opostos

A ventilação cruzada é favorecida pela presença de aberturas opostas ou adjacentes, alinhadas aos ventos predominantes, permitindo que o ar atravesse pelo ambiente.



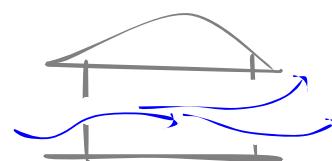
2 - Diferença de pressão

Superfícies voltadas para entrada do ar exercem pressão positiva (+), enquanto superfícies opostas apresentam pressão negativa (-), promovendo a circulação do ar.



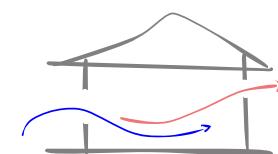
3 - Entrada menor que a saída

O desempenho da ventilação melhora quando a área de saída do ar é igual ou maior que a de entrada, favorecendo a aceleração do fluxo e a renovação contínua.



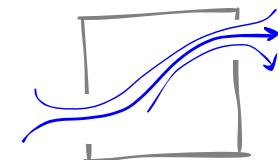
4 - Ar quente sobe, ar frio desce

O ar quente tem menos densidade que o ar frio, fazendo com que ele se acumule na parte superior do ambiente.

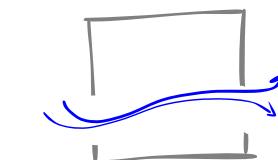


5 - Direção das Aberturas e Fluxo do Vento

A forma como o ar se move dentro de um ambiente é significativamente influenciada pela direção das aberturas em relação aos ventos e entre si.



Quando as aberturas estão em lados opostos e o fluxo é paralelo a elas, o vento tende a atravessar o ambiente de forma mais direta, proporcionando uma ventilação linear.





EVAPORAÇÃO



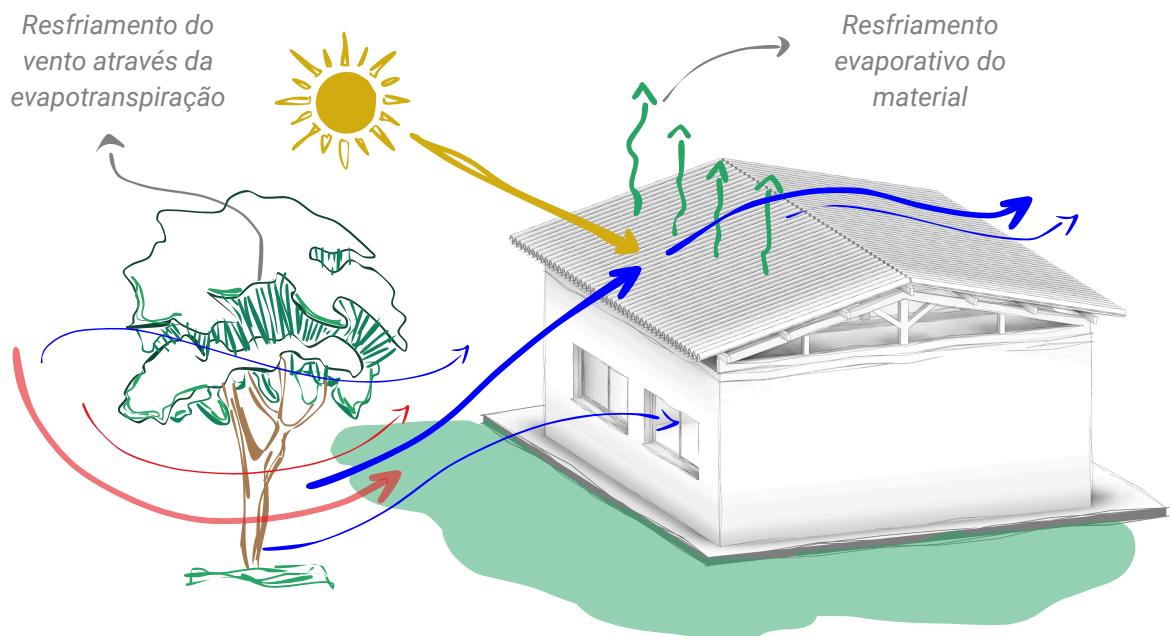
EVAPORAÇÃO

Processo de resfriamento através da transformação da água em vapor.

COMO FUNCIONA?

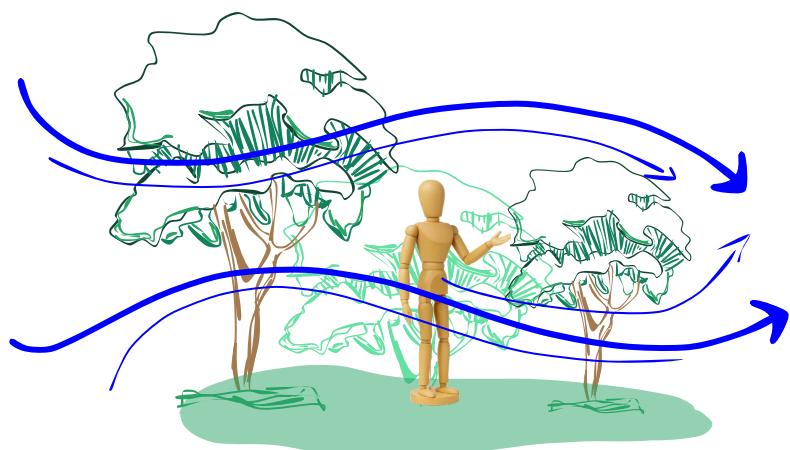
A evaporação é um processo de transferência de calor que ocorre quando a água passa do estado líquido para o gasoso. Durante essa mudança de fase, a superfície úmida perde calor e fica mais fria. Nas edificações, isso pode acontecer em superfícies expostas ao sol ou ao aquecimento do ar, ajudando no resfriamento natural da envoltória.

A vegetação também contribui para esse resfriamento. Por meio da evapotranspiração, as plantas liberam vapor d'água e reduzem a temperatura do ar ao redor, criando microclimas mais frescos e agradáveis.



Para entender melhor...

Em áreas com muita vegetação, o ambiente costuma ser mais fresco e úmido. Isso ocorre porque as plantas liberam vapor d'água, resfriando o ar. Da mesma forma, espelhos d'água, jardins e superfícies umedecidas nas edificações ajudam a diminuir a temperatura do ar próximo às superfícies, aumentando o conforto térmico.

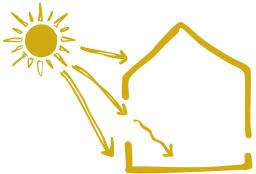


Quanto maior a presença de superfícies úmidas e vegetação, maior o processo de evaporação, reduzindo o calor acumulado e deixando o ambiente mais fresco.

ESTRATÉGIAS

Agora que compreendemos os princípios do desempenho térmico nas edificações, serão apresentadas as estratégias de condicionamento térmico passivo aplicáveis à edificações escolares existentes em clima quente e úmido. Cada estratégia será acompanhada de uma legenda que indica a qual (ou quais) processos reguladores ela se relaciona, permitindo visualizar como a radiação, condução, convecção e evaporação contribuem para seu funcionamento.

LEGENDA DE RELAÇÃO



Este símbolo indica as estratégias relacionadas ao processo regulador de **radiação**



Este símbolo indica as estratégias relacionadas ao processo regulador de **Condução**



Este símbolo indica as estratégias relacionadas ao processo regulador de **Convecção**



Este símbolo indica as estratégias relacionadas ao processo regulador de **Evaporação**

ÍNDICE DE ESTRATÉGIAS

I - Controle da Radiação Solar

01 - Estratégias de Sombreamento

A - Sombreamento Horizontal.

B - Sombreamento Vertical.

C - Sobreindo com a Vegetação.

II - Controle do Ganho Térmico em Superfícies

02 - Reduzindo o ganho térmico em coberturas

A - Em coberturas com telha fibrocimento.

B - Em coberturas com telha cerâmica.

C - Reduzindo o Ganho Térmico em Coberturas pelo processo de Convecção.

D - Reduzindo o Ganho Térmico em Coberturas pelo processo de Evaporação.

03 - Reduzindo o ganho térmico em Paredes

A - Sistema ETICS.

B - Mudando a cor das fachadas.

III- Uso otimizado de elementos vazado

04 - Usando cobogós

A - Sistema de Segunda pele

B - Ventilação permanente

C - Peitoril Ventilado

01 - ESTRATÉGIAS DE SOMBREAMENTO

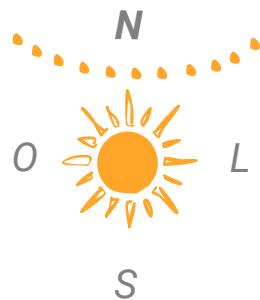
O sombreamento é uma das estratégias mais eficientes para reduzir o ganho de calor nas edificações, protegendo tanto as superfícies externas (paredes) quanto as aberturas (janelas e portas). Esses dispositivos devem ser dimensionados de acordo com o percurso solar e a incidência da radiação solar em cada fachada.



Esquema prático de dimensionamento das proteções solares para cada fachada:

Fachadas Norte

Ângulo alto no Meio Dia (12h) e
Variação entre Noroeste e Noroeste
durante o dia



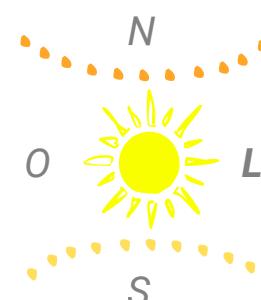
Fachadas Sul

Ângulo alto no Meio Dia (12h) e
Variação entre Sudeste e Sudoeste
durante o dia



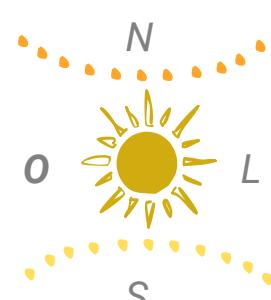
Fachadas Leste

Ângulo baixo, variando entre
Noroeste e Sudeste durante
o ano.



Fachadas Oeste

Ângulo baixo, variando
entre Noroeste e Sudoeste
durante o ano.



Dimensionamento Prático:
Proteção Vertical e Horizontal

Dimensionamento Prático:
Proteção Vertical e Horizontal

Dimensionamento Prático:
Vertical (regulável)

Dimensionamento Prático:
Vertical (regulável)

A

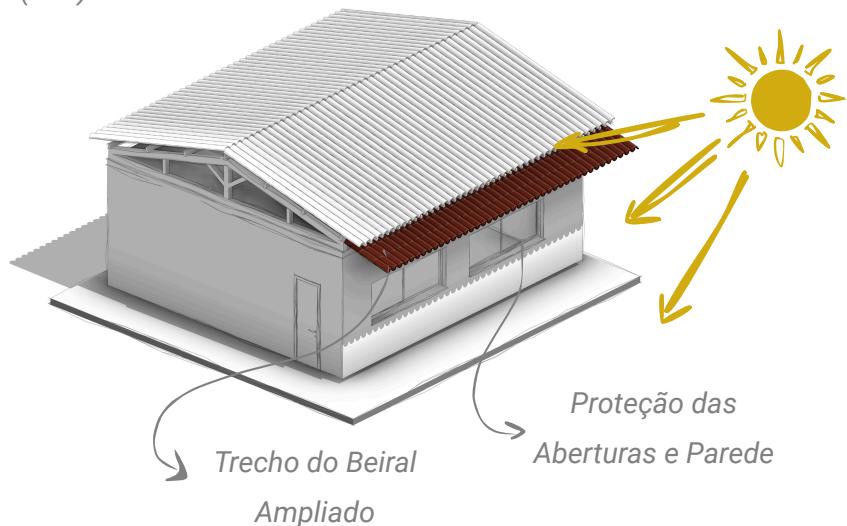
Sombreamento Horizontal

Onde instalar: Fachadas Norte e Sul (preferencialmente), podendo ser aplicadas também nas fachadas Leste e Oeste para proteger do sol a pino (por volta das 12h).

Principais Estratégias:

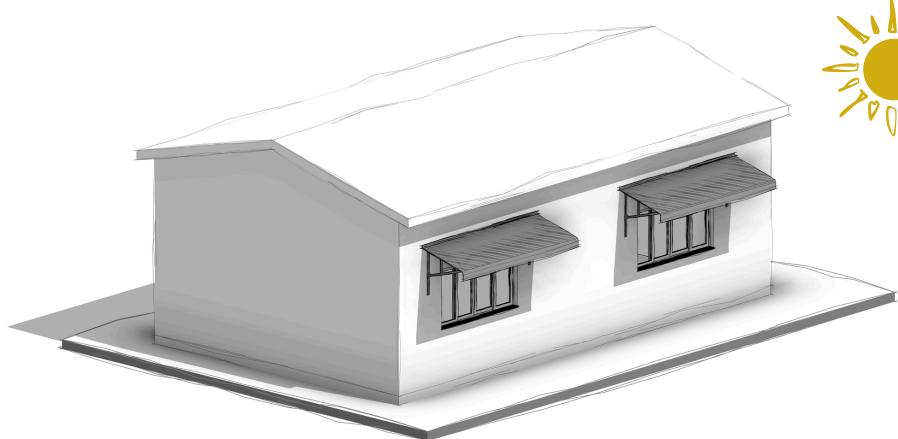
A1 - Ampliar os Beirais (Fachadas N/S/L/O)

Ampliar beirais é uma solução simples e eficiente. Eles reduzem a incidência direta do sol sobre as paredes e aberturas. Beirais amplos são ótimos para sombrear quando o sol está alto (12h).



A2 - Instalar Toldos (Fachadas N/S/L/O)

Os toldos são excelentes para bloquear a radiação solar direta nas aberturas. Podem ser fixos (para proteção permanente) ou retráteis (para maior flexibilidade).



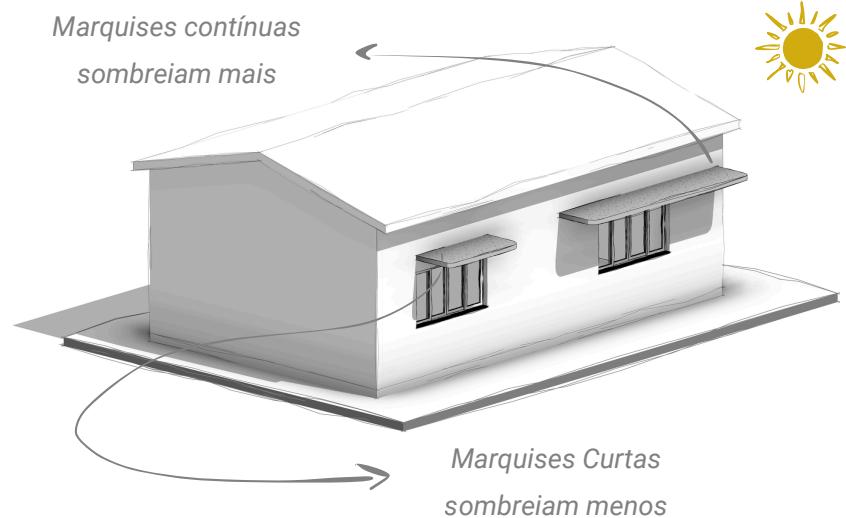
Toldo Instalado sobre Janela, permitindo o Bloqueio solar em horários de pico



Dica: Prefira materiais claros e refletivos, com proteção UV, como lonas de policarbonato ou tela solar. Evite materiais escuros, pois absorvem calor e podem aquecer.

A3 - Marquises (Fachadas N/S)

São elementos horizontais com saliência, capazes de proteger tanto aberturas quanto parte da fachada. Podem ser contínuas (protetendo grandes áreas) ou interrompidas (protetendo apenas a abertura).



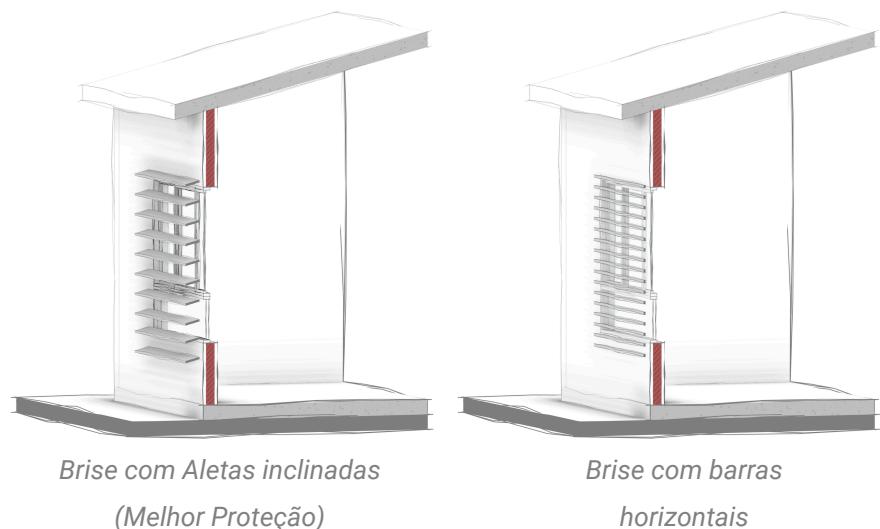
IMPORTANTE: para devido sombreamento, a profundidade da marquise deve profundidade com dimensão aproximada da metade da altura da abertura. Portanto, janelas com 1,10m de altura devem ser sombreadas com marquises com no mínimo 60cm.

Para as Marquises, materiais como metal, concreto ou madeira são comuns, mas é possível utilizar opções leves, como placas de EPS revestidas com argamassa e tela de fibra de vidro, combinação que garante a durabilidade e isolamento térmico.



A4 - Brises Horizontais (Fachadas N/S)

Compostos por aletas dispostas horizontalmente, são instalados sobre janelas para bloquear o sol mais alto, típico das fachadas Norte e Sul. Os brises podem ser configurados com barras horizontais ou aletas inclinadas, conferindo melhor bloqueio solar.



A5 - Caramanchões e Pergolados (Fachadas N/S/L/O)

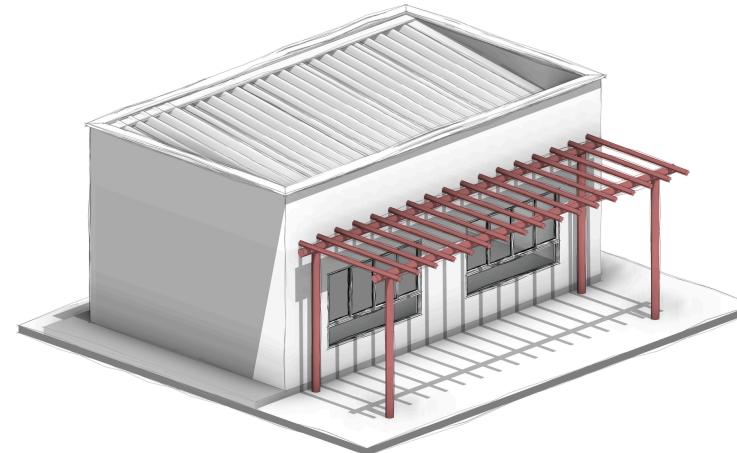
Os pergolados e caramanchões são estruturas de sombreamento compostas por vigas, ripas ou perfis dispostos de forma paralela ou perpendicular à fachada. Eles atuam como barreiras parciais à radiação solar, permitindo que parte da luz passe, mas bloqueando os raios diretos do sol em determinados horários.

A orientação das pergolas determina a sua eficiência!

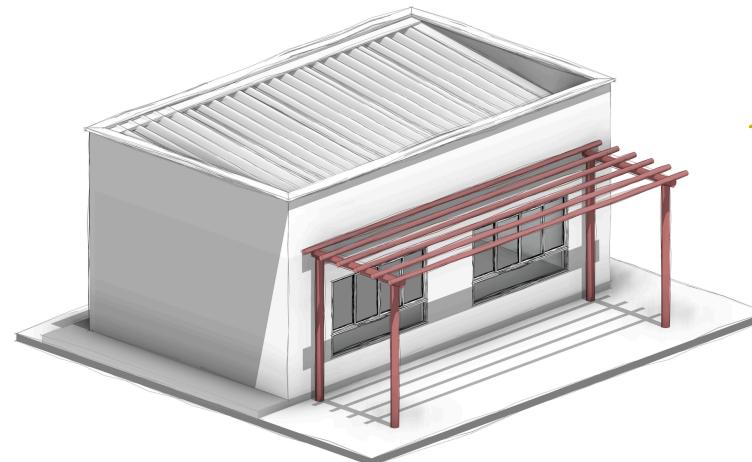
O desempenho do pergolado como elemento de proteção solar depende da orientação das peças em relação à fachada.

Quando combinados com vegetação, o sombreamento se torna dinâmico. As folhas regulam a entrada de radiação solar conforme o crescimento, além de criar um microclima mais fresco devido à evapotranspiração.

Peças perpendiculares à fachada: protegem o sol mais baixo, sendo indicadas para as fachadas **Leste** e **Oeste**, onde o sol incide pela manhã e à tarde.



Peças paralelas à fachada: bloqueiam melhor o sol mais alto, sendo eficazes nas fachadas **Norte** e **Sul**, principalmente ao meio do dia.



B

Sombreamento Vertical

Onde instalar: Fachadas Leste e Oeste, e também nas Norte e Sul quando o sol incide de forma baixa, no início da manhã ou fim da tarde.

Principais Estratégias:

B1 - Paredes laterais de proteção (Fachadas N/S/L/O)

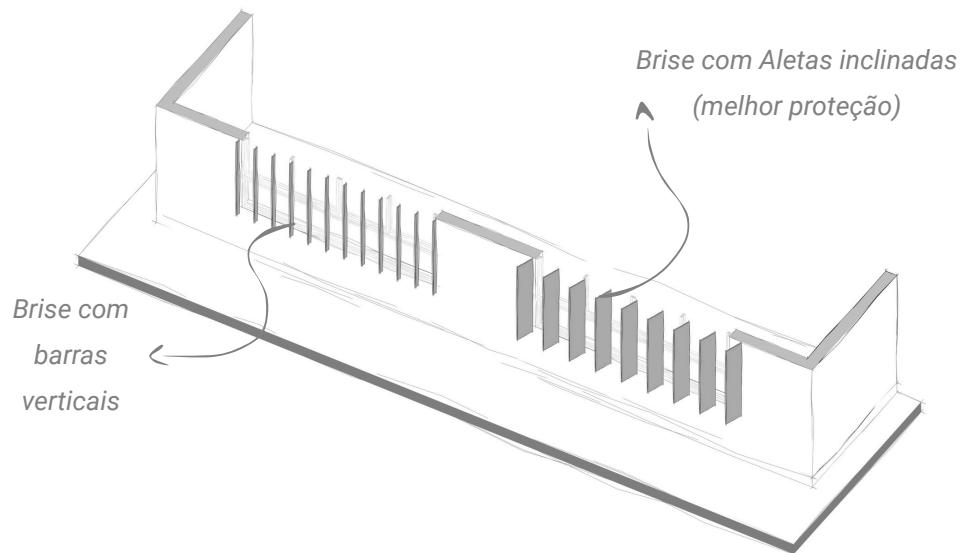
São volumes verticais instalados nas laterais das aberturas, de piso a teto, que bloqueiam o sol mais baixo. Podem ser feitos com materiais vazados, permitindo ventilação natural enquanto protegem da radiação direta.



Proteção vertical nas laterais das aberturas, protegendo da radiação solar

B2 - Brises verticais (Fachadas L/O)

Compostos por peças verticais, são indicados para fachadas Leste e Oeste, permitem o controle da radiação solar em angulos laterais.



Brises com aletas inclinadas são mais eficazes para a proteção. As aletas podem ser móveis, permitindo ajustar sua inclinação de acordo com a época do ano. Assim, garantem sombreamento quando o sol incide tanto mais ao Norte quanto mais ao Sul.



C

Sombreamento com Vegetação

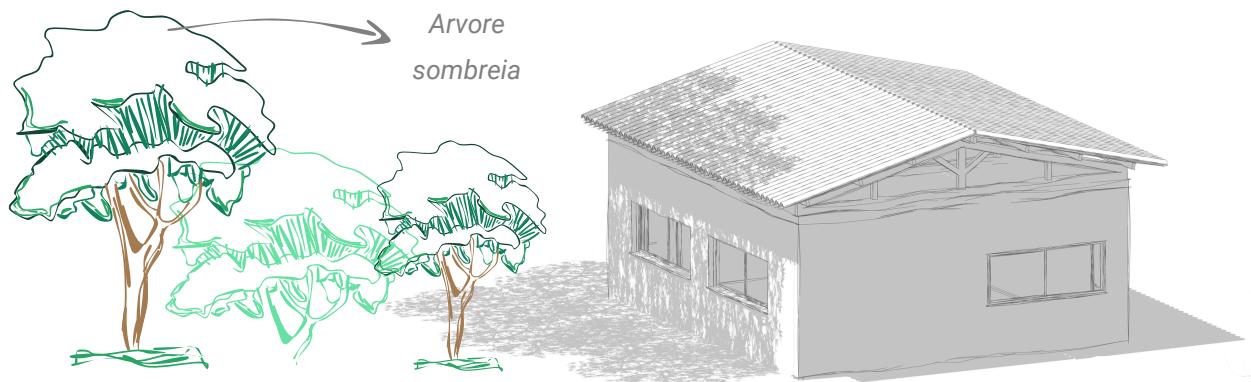


O uso da vegetação é uma das formas mais sustentáveis e agradáveis de sombreamento. Além de reduzir o ganho térmico, as plantas refrescam o ar por meio da evapotranspiração, contribuindo para o conforto térmico e a qualidade ambiental.

Principais Estratégias:

C1 - Árvores com copas amplas (Fachadas N/S/L/O)

Árvores bem posicionadas podem sombrear paredes e janelas, reduzindo significativamente o calor transmitido para o interior.



Quais Espécies usar:

Pau Brasil



Paubrasilia echinata

Médio Porte

Craibeira (Ipê amarelo)



Tabebuia aurea

Médio / Grande Porte

Araçá-rosa



Psidium cattleianum

Médio Porte

Aroeira pimenteira



Schinus terebinthifolia

Médio Porte

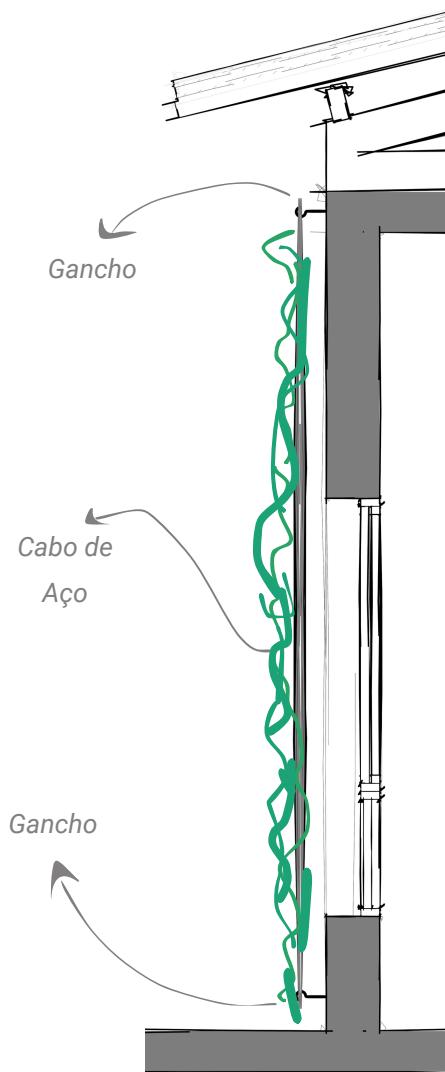
C2 - Trepadeiras e jardins verticais

(Fachadas N/S/L/O)

As estruturas verticais com trepadeiras ou painéis verdes são excelentes soluções para fachadas mais expostas ao sol, especialmente as Oeste. Além de proporcionar sombreamento natural, essas soluções melhoram o isolamento térmico da edificação e valorizam esteticamente a fachada.

Podem ser instalados cabos de aço, telas metálicas ou suportes leves para guiar o crescimento das plantas, criando uma camada verde sobre a alvenaria sem causar danos à estrutura.

Dica: Uma alternativa prática é fixar ganchos nas extremidades superior e inferior da fachada, conectando cabos de aço para as trepadeiras.



Quais Espécies usar
(Trepadeiras):

Maracujá



Passiflora cincinnata

Dipladenia



Mandevilla splendens

Flor de São Miguel



Petrea volubilis

02 - REDUZINDO O GANHO TÉRMICO EM COBERTURAS

A

Em coberturas com telha fibrocimento

Coberturas em telha fibrocimento esquentam mais, considerando as propriedades de condutividade, capacidade e resistência térmica.

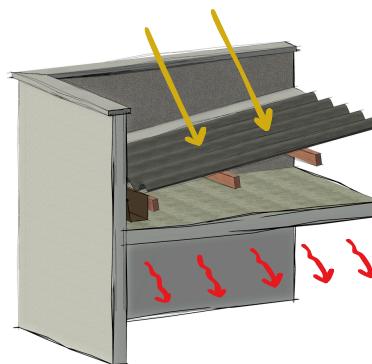
Pintura Térmica Branca Aumenta a Reflexão e reduz a absorção



Uma forma simples de melhorar o desempenho térmico das telhas de fibrocimento é aplicar **pintura térmica branca**. Esse acabamento **aumenta a refletância solar, reduz a absorção de calor** e mantém a cobertura mais fria durante o dia.

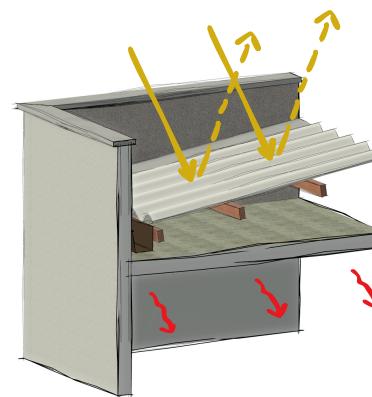


A aplicação da tinta térmica deve seguir as instruções do fabricante. Recomenda-se o apoio de um profissional qualificado para garantir a eficiência do material.



Cobertura sem aplicação da tinta térmica /

Sem a aplicação da tinta térmica, a cobertura absorve maior parte da radiação solar incidente, transferindo mais calor para o ambiente interno.



Cobertura com aplicação da tinta térmica /

Com a aplicação da tinta térmica, a cobertura passa a refletir mais a radiação solar, reduzindo o ganho térmico em até 10°C.

B

Em coberturas com telha cerâmica

A telha cerâmica possui menor condutividade e maior resistência térmica que a telha de fibrocimento. Assim, ela demora mais para aquecer e reduz a transferência de calor para o interior. Apesar de refletir menos radiação por sua cor avermelhada, sua maior massa térmica permite absorver o calor lentamente e liberá-lo à noite, quando as temperaturas estão mais amenas.

Manter a cobertura sempre limpa garante menor absorção térmica



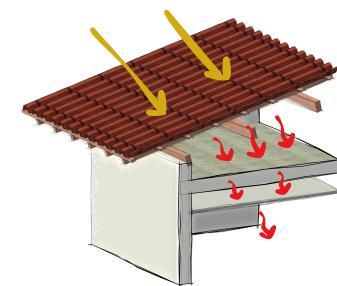
Considere realizar a limpeza da cobertura de forma periódica, evitando o desgaste e acúmulo de sujeira (poeira, matéria orgânica). Estudos indicam que o índice de reflexão de uma telha cerâmica nova (cerca de 40%) pode reduzir para 17% após um período sem limpeza, o que representa um aumento de aproximadamente 23% na absorção de calor (Louzich et al., 2016).

Instalar forro: Aumenta o Atraso e a Resistência Térmica



Considerando como critério o atraso térmico (característica que faz com que a telha cerâmica seja indicada para climas quentes e úmidos), indica-se como estratégia para redução do ganho térmico a instalação de mais camadas (forro) para auxiliar no atraso da transferência térmica para o ambiente interno. Com isso, indica-se a **instalação de forro em gesso** sobre as coberturas, estratégia que vai retardar e reduzir o ganho térmico.

OBSERVAÇÃO: Instalar forros é aceitável para qualquer tipo de cobertura!



Quanto mais elementos a cobertura apresenta, maior será a resistência e mais difícil será a transferência do calor para o ambiente interno.

Cobertura cerâmica + Laje + Forro em Gesso

C

Reducindo o Ganho Térmico em Coberturas pelo processo de Convecção.

Essa estratégia bioclimática promove o resfriamento passivo ao permitir o fluxo da ventilação natural no espaço entre a camada de cobertura e a laje ou forro. Cria-se um movimento contínuo de ar que expulsa o calor acumulado, reduzindo significativamente a transferência térmica para o interior do edifício.

Direcionamentos para aplicação da estratégia:

- Criação de Aberturas:** Instale frestas, rasgos ou elementos vazados no espaço entre a cobertura e a laje/forro. Distribua essas aberturas no perímetro externo para permitir a entrada e saída de ar.
- Garantia do Fluxo Cruzado:** Posicione as aberturas em, no mínimo, duas faces opostas da construção. Isso estabelece o fluxo cruzado, garantindo a eficiente renovação do ar e a expulsão do calor.
- Aproveitamento do Vento Dominante:** Para maximizar a renovação, posicione a principal entrada de ar na face exposta à direção predominante dos ventos. Essa orientação potencializa o fluxo contínuo.

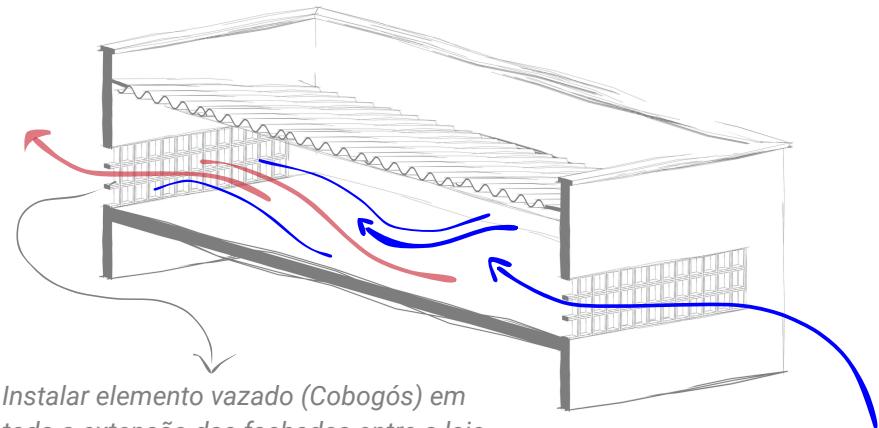


Abrindo espaço para o vento circular entre elementos de cobertura

C1 - Aplicação da estratégia entre Telhado e Laje em edificações com cobertura em platibanda:

Em coberturas que utilizam o sistema de platibanda (coberturas escondidas), a criação da câmara de ar ventilada exige intervenção na alvenaria externa.

Utilize elementos vazados (como Cobogós) em toda a extensão das fachadas, na faixa entre a laje e a telha.

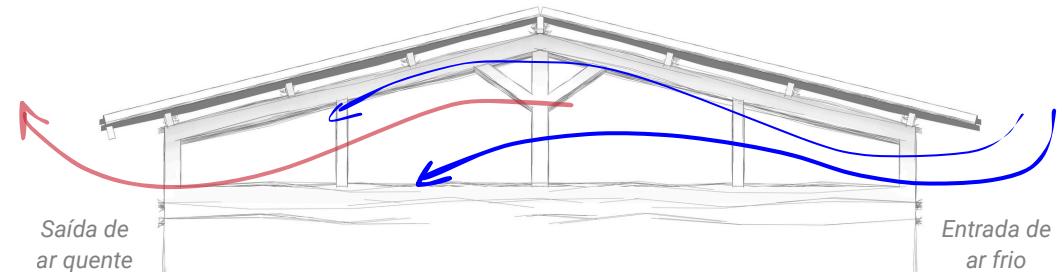


Instalar elemento vazado (Cobogós) em toda a extensão das fachadas entre a laje e a telha, permitindo a troca do ar quente pelo ar frio

C2 - Aplicação da estratégia entre Telhado e Laje em edificações com cobertura exposta.

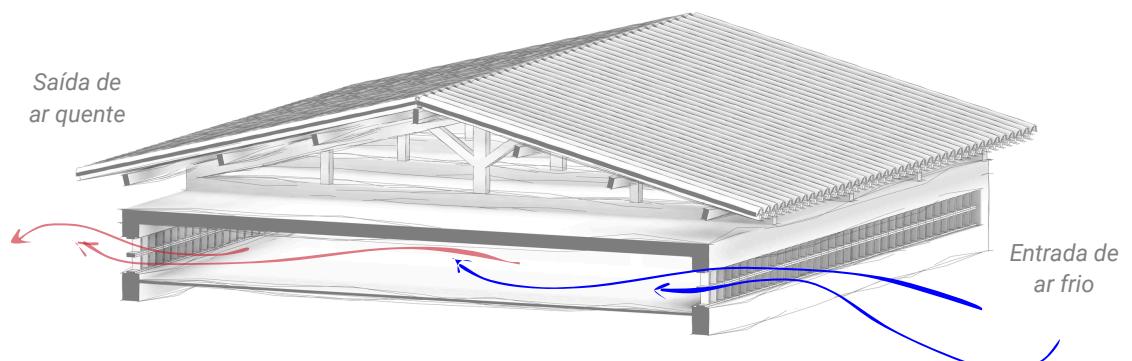
Em coberturas que utilizam o sistema de platibanda (coberturas escondidas), a criação da câmara de ar ventilada exige intervenção na alvenaria externa.

Utilize elementos vazados (como Cobogós) em toda a extensão das fachadas, na faixa entre a laje e a telha.



C3 - Aplicação da estratégia entre Laje e Forro:

Esta é uma alternativa para locais onde a elevação da cobertura ou aberturas diretas no telhado não são possíveis. Permite-se a ventilação no espaço entre a **laje** e o **forro**, realizando aberturas na alvenaria externa nesse nível. As aberturas devem ser feitas preferencialmente com elementos vazados (ex: Cobogós), dispostos em faces opostas, para garantir o fluxo contínuo e cruzado de ar.



Ao usar elementos vazados para permitir a troca térmica por convecção, lembre-se de instalar telas de proteção nos elementos, evitando que pequenos animais ou insetos entrem e se alojem entre os elementos da edificação

D

Reducindo o Ganho Térmico em Coberturas pelo processo de **Evaporação**.

Esquema para coleta de água:



Resfriamento evaporativo das superfícies de cobertura com a aspersão

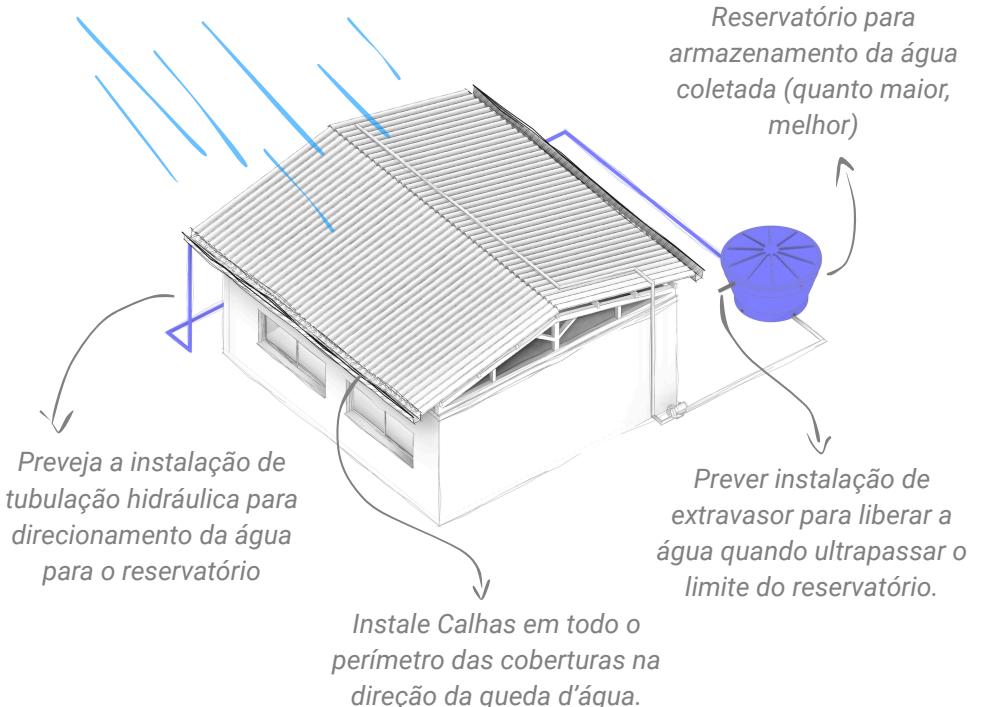
Essa estratégia utiliza a evaporação da água para reduzir a temperatura da superfície da cobertura, diminuindo a transferência de calor para o interior da edificação. O método consiste na instalação de aspersores que mantêm o telhado levemente umedecido nos períodos de maior insolação.

Primeira etapa: Coletar a água

A obtenção de água é fundamental. Dada a necessidade, o recurso deve ser utilizado de forma consciente e eficiente. Por isso, o reaproveitamento é fortemente recomendado.

Fonte: Água da Chuva

A água de chuva é a fonte mais indicada. Ela deve ser captada por calhas e armazenada em um reservatório de alta capacidade.



Quanto maior o volume coletado e reservado, maior será a autonomia do sistema, especialmente em períodos com baixa precipitação

Segunda etapa: Levar a água até a cobertura

Com a água armazenada, falta apenas enviá-la até o topo da edificação, onde ficará o sistema de aspersão.



Construir uma estrutura para apoiar um reservatório requer um projeto estrutural que pode ser caro, pensando nisso, indica-se a instalação de uma bomba para levar a água até a cobertura, processo que facilita a aplicação da estratégia.

A água é levada dos reservatórios até a cobertura por canos em PVC. É interessante que os canos tenham proteção UV para garantir uma melhor durabilidade, considerando que o local de instalação (coberturas) recebe grande parte da radiação solar.

Nos canos, são instalados **irrigadores do tipo aspersão** que realizam o efeito de "chuva artificial", umedecendo a superfície da cobertura que passa pelo processo de evaporação, resfriando a cobertura.

Equipamentos:



Bomba
D'água

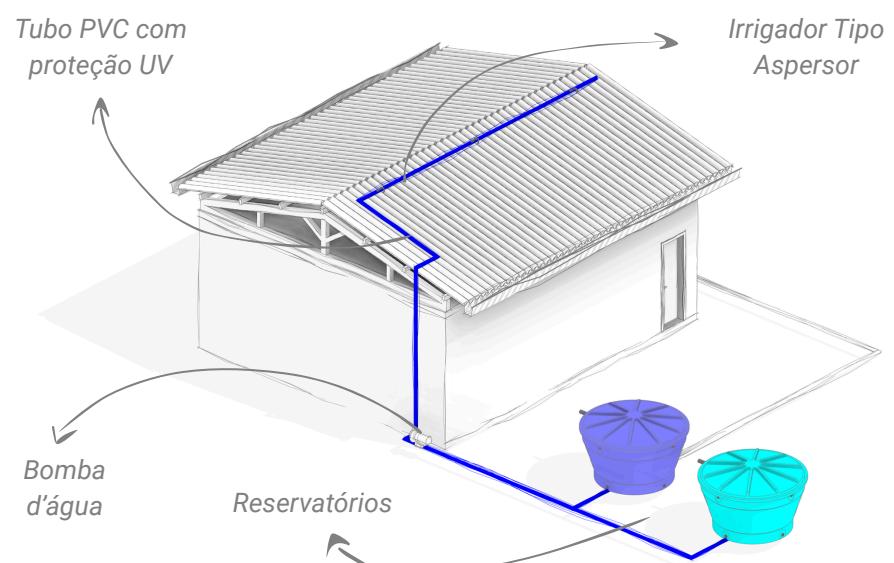


Irrigador Tipo
Aspersor



Tubo PVC com
proteção UV

Tubo PVC com
proteção UV



Orientações gerais para implantação da estratégia

Onde e Quando usar?

A água armazenada pelos sistemas de reaproveitamento e coleta de águas pluviais pode não ser suficiente para atender todo o parque escolar,

por isso, deve-se aplicar a estratégia nos blocos mais prejudicados pela radiação ou nos espaços de maior permanência. No contexto de edificações escolares, indica-se utilizar sobre os blocos de salas de aula.



O sistema deve ser acionado nas horas mais quentes do dia, resfriando a superfície de cobertura.

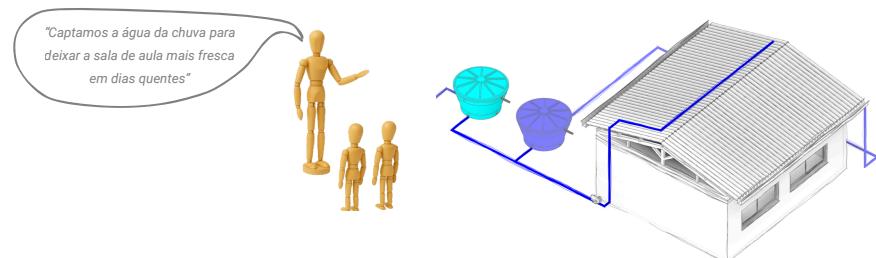
Orientação Técnica

Para dimensionar corretamente bomba, tubulação e reservatórios, recomenda-se consultar um profissional especializado. Isso garante eficiência, evita desperdício de água e energia, e aumenta a durabilidade do sistema.



Estratégia como produto pedagógico

Sempre que possível, mantenha a estrutura de coleta e armazenamento da água à mostra, isso permite a comunidade escolar visualizar o ciclo de reaproveitamento, tornando a estratégia de redução térmica um laboratório prático de eficiência ambiental.



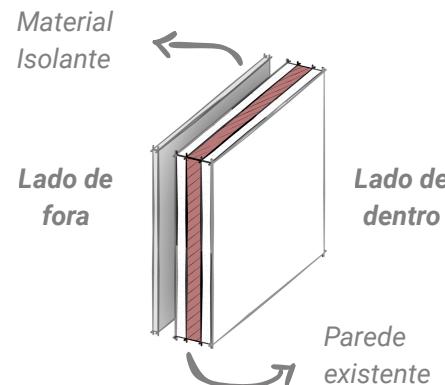
03 - REDUZINDO O GANHO TÉRMICO DAS PAREDES

A

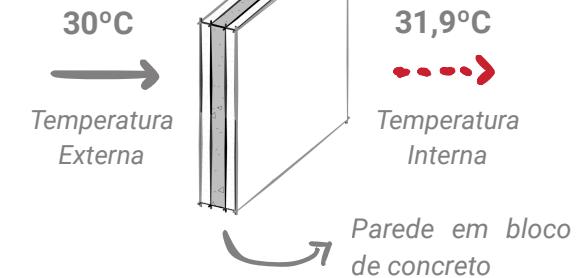
Sistema *ETICS*



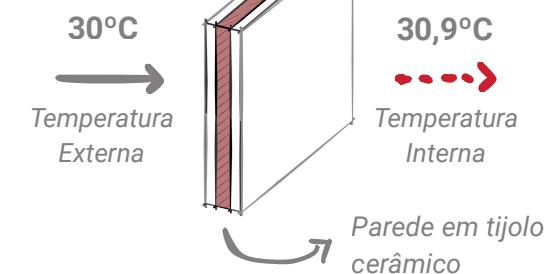
Esta estratégia consiste em aplicar EPS (Poliestireno Expandido) na face externa das paredes, formando uma camada isolante e reduzindo o ganho térmico. Esse sistema é conhecido como ETICS (External Thermal Isulation Composite System) e tem como função aumentar a resistência térmica da envoltória.



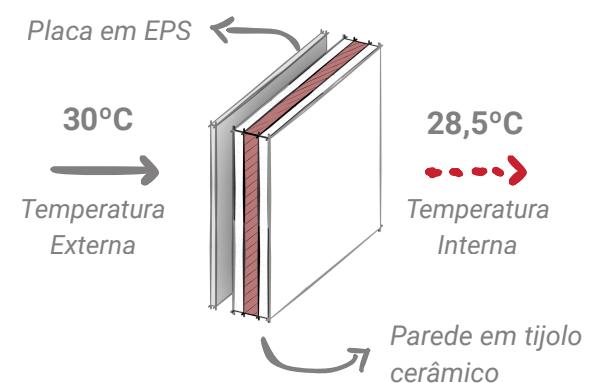
(1)



(2)



(3)



Como funciona na prática:

A comparação entre três sistemas de alvenaria – (1) bloco de concreto, (2) tijolo cerâmico e (3) tijolo cerâmico com placa de EPS – demonstra como a aplicação de material isolante na face externa reduz a temperatura no ambiente interno da edificação.

Guia Prático do Sistema Etics: Materiais e Aplicação

O sucesso do Isolamento Térmico pelo Exterior (ETICS) depende da escolha correta dos materiais e das etapas de aplicação.

1 - Escolha da Placa de EPS

A escolha da Placa de EPS (Poliestireno Expandido) deve ser feita considerando não só sua capacidade de isolante, mas a sua densidade e resistência à impactos, para garantir a durabilidade do sistema.

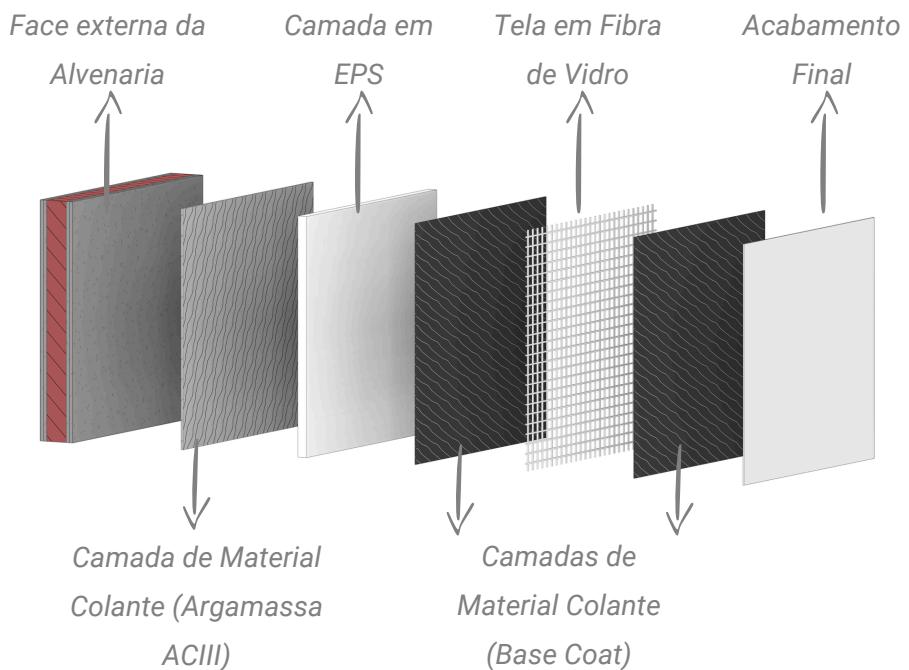
Para o uso como material isolante em fachadas, recomenda-se o **EPS tipo 5**, que possui menor condutividade térmica e boa resistência mecânica, garantindo durabilidade ao sistema.



Quanto mais espesso o EPS, mais **resistência** será atribuída ao sistema, por tanto, indica-se o uso de placas entre 4 à 6 cm.

Esquema de Montagem

O sistema ETICS é composto por camadas aplicadas a partir da face externa da alvenaria. Camadas compostas por materiais isolante (EPS), materiais de fixação (Argamassa ACIII e Buchas de Fixação), materiais que geram durabilidade (Base Coat e Tela em Fibra de Vidro) e Camada final de acabamento.



2 - Preparação e Fixação

Preparar a Superfície

Para instalação do sistema, a parede deve estar *limpa, seca e nivelada, sem buracos ou relevos que atrapalhem a fixação das peças em EPS*.

Fixar as peças

A aplicação das peças é feita através do uso de Argamassa tipo ACIII, que possui propriedades de fixação ideais para elementos externos.

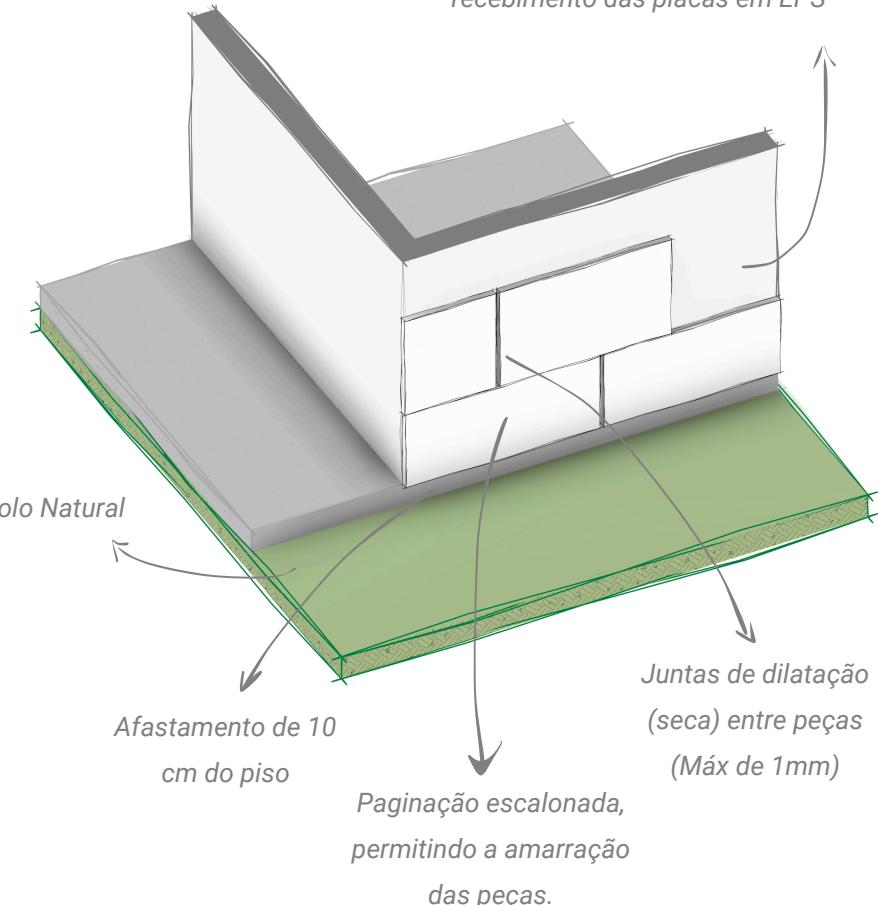


Precauções: Deixar um afastamento mínimo (10cm) entre o solo e a primeira peça. Neste espaço, deve ser instalado um Perfil de Arranque/Base para proteger o EPS da umidade do chão e garantir o alinhamento.



OBSERVAÇÃO: É importante que as peças sejam assentadas de forma nivelada, e em uma paginação que permita a amarração.

Alvenaria externa devidamente tratada para recebimento das placas em EPS



3 - Reforço e Camadas Finais

Aplicar o Base Coat + Tela de Fibra e Vidro

Após a aplicação das placas em EPS deve-se aplicar uma camada de Base Coat, massa aditivada com polímeros e fibras para recebimento da Tela de Fibra de Vidro.



A Tela de Fibra de Vidro é aplicada sobre o base coat e em seguida é aplicada mais uma camada do material para regularizar a superfície.



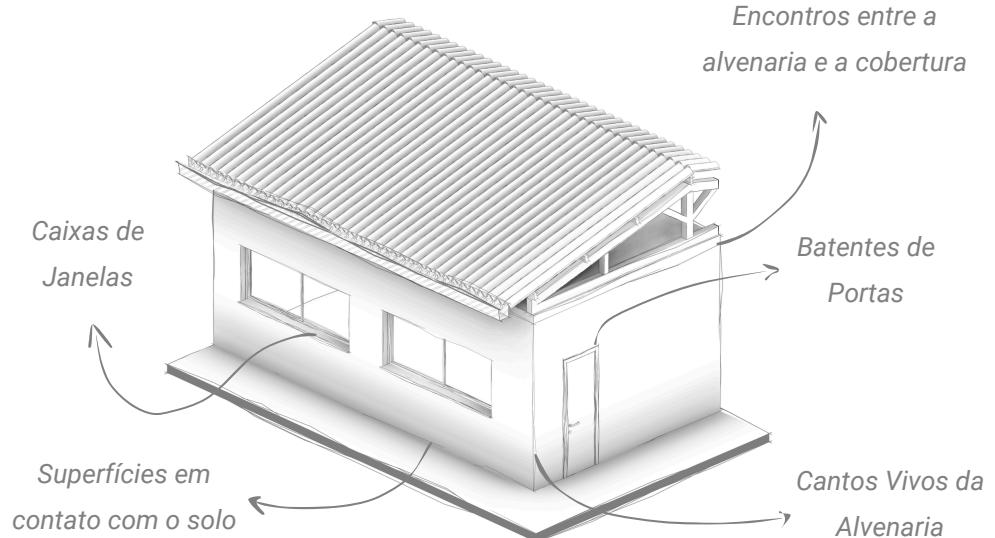
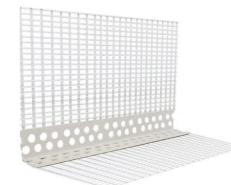
A tela atua como uma armadura de reforço que adiciona resistência externa, prevenindo que o EPS se desgaste ou que o sistema sofra fissuras por impactos.

OBSERVAÇÃO: É importante observar os direcionamentos de aplicação dos fabricantes dos materiais adquiridos para garantir a aplicação eficiente.



Tratar Pontos Críticos

Nas quinas, bordas de esquadrias e cantos, deve-se aplicar cantoneiras de PVC com tela de fibra de vidro, fixadas com Base Coat. A aplicação do material garante maior durabilidade e estanqueidade, pois estes pontos são vulneráveis à entrada de água e impactos.



Após os processos, o sistema está pronto para receber as camadas de acabamento, que podem ser em qualquer material (Pintura, Revestimento Cerâmico, Texturas diversas)

Orientações gerais para implantação da estratégia

Onde e Quando usar?

A estratégia deve ser utilizada nas fachadas mais expostas à radiação solar, especialmente nas faces Oeste.



Orientação Técnica

Apesar de ser um processo relativamente simples, a instalação do sistema ETICS deve ser acompanhada e executada por profissionais, garantindo o correto dimensionamento dos materiais e a aderência das camadas.

Sustentabilidade e cuidados ambientais

Embora o EPS seja composto majoritariamente por ar, com pouca quantidade de matéria prima, seu processo de fabricação gera muito carbono, tornando-o um material não biodegradável.

Por isso, é importante utilizá-lo com responsabilidade, aproveitando cortes e sobras de maneira eficiente e destinando resíduos para coleta especializada.



B

Mudando a cor das fachadas

A cor está diretamente relacionada à **refletância**, propriedade que permite a radiação solar ser refletida pelas superfícies, reduzindo a absorção do calor, reduzindo o ganho térmico por condução.

Pintar as paredes com cores claras permite a diminuição do ganho térmico



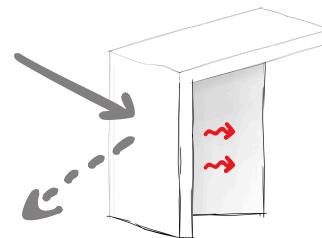
Qual cor escolher e onde aplicar

A estratégia de utilizar cores claras nas fachadas é aplicável em todas as faces da edificação. Ao escolher, é preciso ir além da técnica, considerando também a estética e as cores que representam o projeto ou a identidade visual de uma instituição, como uma escola.

A dica é: Defina as cores da identidade da escola e, a partir delas, selecione tons claros, ou reduza saturação e aumente a luminosidade. Assim, mantém-se o padrão visual desejado, maximizando a reflexão solar.



Esquema prático para decisão

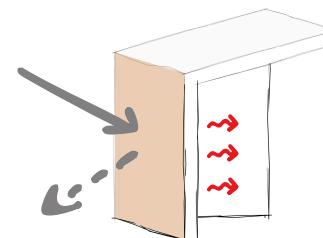


Exemplos: Branco; Branco Gelo; Cinza Platina

Faixa Ideal

Cores Claras apresentam refletância solar típica alta entre 60% a 90%

Refletância típica da cor Branco:
95%

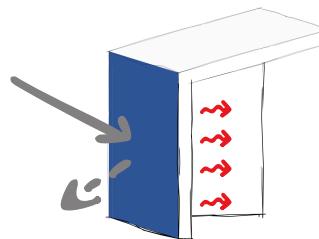


Exemplos: Camurça; Amarelo; Cinza Médio

Faixa Boa

Cores Médias apresentam refletância solar típica média entre 30% a 50%

Refletância típica da cor Camurça:
42,6%



Exemplos: Azul Escuro; Terracota; Vermelho

Faixa Ruim

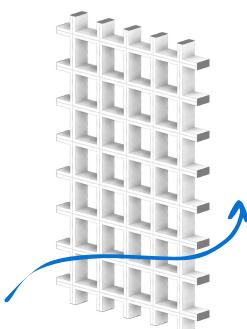
Cores Escuras apresentam refletância solar típica baixa entre 5% a 30%

Refletância típica da cor azul escuro:
26,7%

3 - USANDO O COBOGÓ

Os cobogós são elementos vazados que permitem a entrada contínua de ar, criam sombras, reduzem a temperatura da fachada e direcionam o fluxo de vento quando posicionados estrategicamente.

DIMENSÃO e **FORMATO** são características cruciais em elementos vazados. Para ventilação, priorize formatos com maiores aberturas. Se a necessidade for sombrear e bloquear parcialmente a radiação solar, opte por formatos com menor área vazada. Considere contratar um profissional para melhor dimensionamento!



A escolha do **material** e a **cor** dos elementos vazados é tão importante quanto o design. Prefira materiais cerâmicos. Ao utilizar peças de concreto, pinte-as em cores claras, a fim de evitar o superaquecimento por absorção de radiação.

A

Estratégia de Segunda Pele

A estratégia de segunda pele consiste na construção de uma parede de cobogós à frente das fachadas da edificação, funcionando como uma estratégia bioclimática integrada.

Essa estrutura pode atuar em diversas frentes:

1 - **Sombreamento**: Ao bloquear a radiação solar direta, reduzindo o ganho de calor nas superfícies da fachada.



2 - **Condução**: Pode ser utilizada junto às paredes, conferindo maior inércia e resistência térmica ao conjunto da vedação.



3 - **Convecção**: Permite a troca de calor entre as superfícies e auxilia no direcionamento do fluxo de ar, facilitando o resfriamento por ventilação.



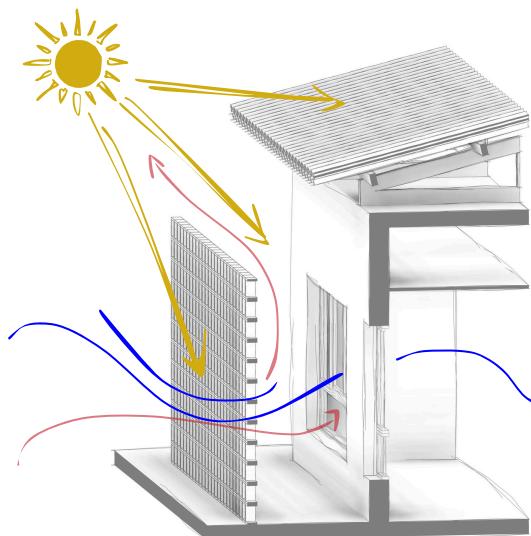
4 - **Evaporação**: Quando integrada à vegetação (por exemplo, trepadeiras), possibilita o resfriamento evaporativo do ar que passa por ela.



A regra geral é: quanto mais próxima a parede de cobogó estiver da fachada, melhor será o sombreamento das superfícies e aberturas, mas menores serão os efeitos convectivos de ventilação.

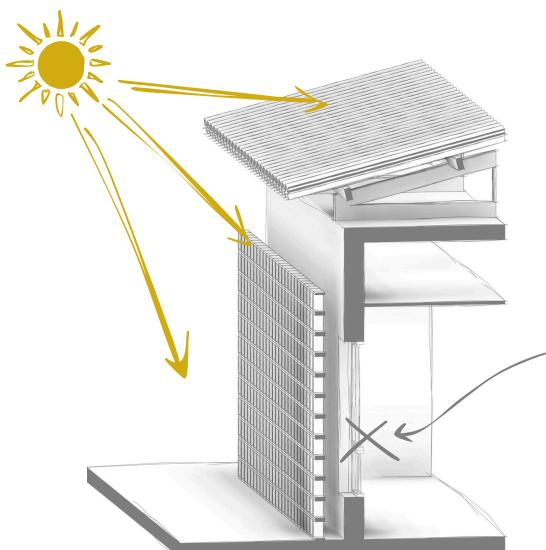
MAIOR DISTÂNCIA: Quando construída a uma distância maior que 1,00m da fachada, a parede de cobogó exerce duas finalidades: atuar como sombreamento contra o sol baixo (início e fim do dia) e, principalmente, promover a troca térmica por convecção e ventilação entre as superfícies.

MENOR DISTÂNCIA: Quando construída a uma distância menor que 30cm, a parede de cobogó proporciona melhor eficiência no sombreamento, podendo proteger a fachada até mesmo do sol a pino (meio-dia). Contudo, os efeitos convectivos se perdem, dificultando a ventilação para o ambiente interno devido ao bloqueio das peças.



Maior Distância

Para **sombreamento**, a instalação pode ser feita em qualquer fachada. Para **convecção**, a parede deve ser paralela à direção predominante dos ventos. Isso permite que o ar corra entre as paredes, potencializando os efeitos da ventilação



Menor Distância

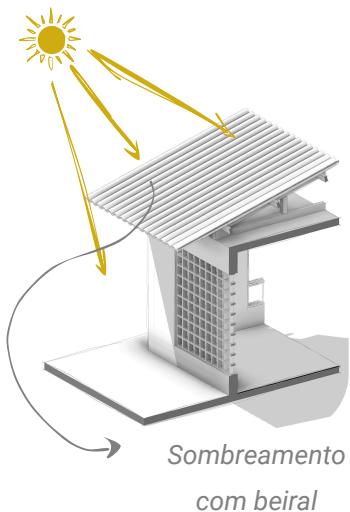
Indica-se esta solução para as fachadas Oeste, que recebem uma grande parcela da radiação solar.

ALERTA: Evite instalar esta solução em paredes que já possuam aberturas de ventilação, evitando a obstrução da passagem de ar.

B

Ventilação permanente

Criar aberturas com cobogós permite a ventilação permanente dos ambientes, sendo uma opção mais acessível em relação ao uso de esquadrias (janelas).



Para dimensionar as aberturas, utilize como critério a **direção predominante dos ventos** e os **Princípios de eficiência da Ventilação Cruzada**, apresentados na seção de convecção.

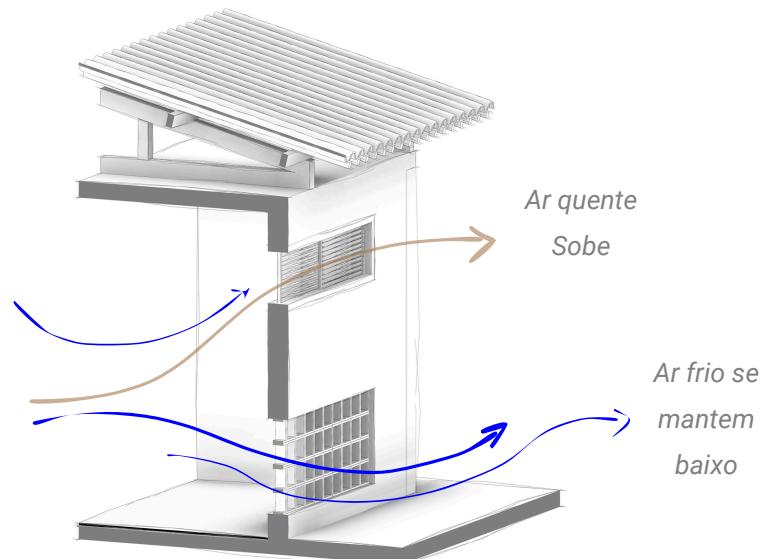


Cuidado com a radiação solar!

Embora o cobogó sombreie paredes externas, sua aplicação em aberturas de ventilação pode permitir a entrada de radiação solar direta, o que é indesejável. Portanto, ao utilizá-lo para ventilação, é fundamental prever o sombreamento, evitando o ganho térmico.

O dimensionamento correto pode direcionar o ar no ambiente de acordo com as necessidades dos usuários.

Em salas de aula, por exemplo, onde os alunos permanecem sentados durante a maior parte do tempo, pode-se planejar a instalação de aberturas baixas, até a altura do pescoço. Essa estratégia permite que o fluxo de ar percorra o ambiente na direção e no nível dos ocupantes, melhorando significativamente a sensação térmica.

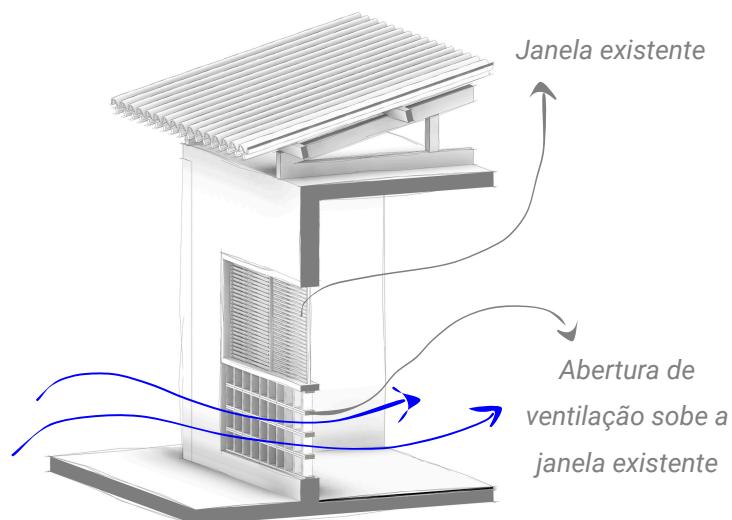


C

Peitoril Ventilado

 No clima quente e úmido, recomenda-se que as aberturas para ventilação sejam grandes, com área mínima de 40% da área do ambiente

A inserção de cobogós no peitoril pode ser uma solução eficiente quando a dimensão das aberturas das janelas existentes não for suficiente.



Observações sobre o uso de abertura de elementos vazados:

Ao sugerir a abertura de elementos vazados, é crucial que o dimensionamento considere o impacto em outras dimensões do conforto ambiental. Aberturas em excesso ou inadequadas podem prejudicar o conforto térmico e comprometer o conforto lumínico, ao permitir a entrada de iluminação em excesso que causa ofuscamento. Além disso, no conforto acústico, estas aberturas facilitam a transmissão de ruídos externos para o ambiente interno, exigindo um planejamento que busque o equilíbrio entre as diversas dimensões do conforto.



Evite Erros! Busque a assistência de profissionais capacitados para o dimensionamento correto das estratégias.

AGORA É COM VOCÊ!

Este material apresentou os principais conceitos de termorregulação da edificação e algumas estratégias aplicáveis em edificações escolares já construídas. Você agora comprehende as ferramentas disponíveis para lidar com os principais processos reguladores – radiação, condução, convecção e evaporação – elementos cruciais para o conforto térmico em edificações situadas em climas quentes e úmidos.

Decida de forma estratégica e colaborativa:

Cada edificação possui suas particularidades arquitetônicas e de orientação. Por isso, deve-se realizar uma seleção cuidadosa de quais estratégias são as mais adequadas para cada caso específico.

Para alcançar a melhor performance e viabilidade, esta decisão deve ser tomada em conjunto com arquitetos e profissionais técnicos. Essa colaboração permitirá integrar as soluções passivas de forma eficiente.



REFERÊNCIAS

- BOGO, A. et al. *Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico*. [S. I.]: [s. n.], 1994. 83 p.
- FERNANDES, S. C. (DES)CONFORTO TÉRMICO NA SALA DE AULA: EXPLORANDO SUA RELAÇÃO COM A APRENDIZAGEM. In: ENALIC, 9., 2023. *Anais do IX ENALIC*. [S. I.]: Realize Editora.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. *Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo*. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.
- DEMA (Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte). *Caracterização do Clima do Rio Grande do Norte*. Natal, RN: IDEMA, 2013.
- IPCC. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: IPCC, 2023. p. 1-34. Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.). DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001.
- KOWALTOWSKI, D. *Arquitetura Escolar: o projeto do ambiente de ensino*. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- LAMBERTS, R. et al. *Desempenho térmico de edificações*. 7. ed. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. *Eficiência Energética na Arquitetura*. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014.
- LAZZAROTTO, N. Adequação do modelo PMV na avaliação do conforto térmico de crianças do ensino fundamental de Ijuí-RS. 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria, RS, 2007.
- LIGUORI, I. N.; LABAKI, L. C. Avaliação do conforto térmico em ambiente escolar: comparações entre o modelo adaptativo e respostas de sensação e preferência térmica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. *Anais [...]*. Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. DOI: 10.46421/entac.v18i.895.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. L. P. de; DAL'ANNIO, L. B.; NARDI, A. S. L. V.; KLEIN, G. M. B. Avaliação comparativa do conforto térmico resultante da carta bioclimática de Givoni com dados de pesquisa de sensação térmica em residências em Florianópolis. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 774–780. DOI: 10.46421/entac.v17i1.1408.
- AQUINO, A. F. S. Avaliação Térmica em Telhas com Material Reciclado para Serem Utilizadas em Construções Rurais. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2017.
- ARAUJO, M. R. de O. Conforto térmico em salas de aula localizados em clima quente e úmido: uma avaliação do limite inferior da zona de conforto. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.
- ARAUJO, V. M. D. de. Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro. 1996. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. Acesso em: 20 maio 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575-1: Edifícios habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16401-2: Instalações de condicionamento de ar – Sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro, 2024.
- BATIZ, E. C. et al. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. *Production*, v. 19, n. 3, p. 477–488, 2009.
-

REFERÊNCIAS

- MAGOGA, P. M.; MURARO, D. N. A escola pública e a sociedade democrática: a contribuição de Anísio Teixeira. *Educação & Sociedade*, v. 41, e236819, 2020.
- MEDEIROS, C. S. de. Avaliação do conforto térmico em edificações escolares no semiárido potiguar: estudo aplicado em escolas do ensino médio na cidade de Caicó/RN. 2019. 162f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- MENDES, V. F. et al. Análise de desempenho térmico de edificações: Uma revisão narrativa incluindo a influência dos fechamentos. In: *ENCONTRO LATINO AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS*, 5., 2023. Anais [...]. [S. I.], 2023.
- METEOBLUE. Clima Modelado Histórico para Macaíba. 2024. Disponível em:
https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/maca%c3%adba_brasil_3396048. Acesso em: 25 mar. 2025.
- NEGREIROS, B. de A. Análise de métodos de predição de conforto térmico de habitação em clima quente-úmido com condicionamento passivo. 2010. 115 f. Dissertação (Mestrado em Conforto no Ambiente Construído; Forma Urbana e Habitação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- NOVAIS, J. W. Z. et al. Comparação do Desempenho Térmico de Painéis em EPS como Alternativa aos Tijolos Cerâmicos no Conforto Térmico de Residências em Cuiabá-MT. UNOPAR Científica. Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 13, n. 1, p. 39-43, nov. 2014.
- ORNSTEIN, S. W.; ROMÉRO, M. Avaliação pós-ocupação (APO) do ambiente construído. São Paulo: Studio Nobel; Editora USP, 1992.
- PACHECO, G. H. S. Determinação de recomendações bioclimáticas para habitação de interesse social de quatro climas do Rio Grande do Norte. 2016. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
- PAGNOSSIN, E. M.; BURIOL, G. A.; GRACIOLLI, M. A. Influência dos elementos meteorológicos no conforto térmico humano: bases biofísicas. *Disciplinarum Scientia. Saúde*, v. 2, n. 1, p. 149–161, 2016.

REFERÊNCIAS

- PARK, R. J.; BEHRER, A. P.; GOODMAN, J. *Learning is inhibited by heat exposure, both internationally and within the United States*. *Nature Human Behaviour*, v. 5, n. 1, p. 19-27, 2021.
- RIBEIRO, M. S.; MONTE, M. C. do. *O DESCONFORTO TÉRMICO NAS “SAUNAS DE AULA” E O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: UMA REFLEXÃO SOBRE A SALA TEMÁTICA DE GEOGRAFIA SITUADA EM UMA ESCOLA PÚBLICA DO ESTADO DE RORAIMA*. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, [S. I.], v. 11, n. 5, p. 1140–1155, 2025. DOI: 10.51891/rease.v11i5.19042.
- ROMERO, M. A. B. *A arquitetura bioclimática para o desenho urbano*. Brasília: Universidade de Brasília, 2013.
- SILVEIRA, G. W. P. da et al. *Conforto térmico em salas de aula: estado da arte das pesquisas nacionais*. In: *ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 17., 2018, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 1038–1046. DOI: 10.46421/entac.v17i1.1444.
- SOUZA, J. F. de; BRASILEIRO, M. C.; NODA, L.; LEDER, S. M. *Estudo de conforto térmico em salas de aula ventiladas naturalmente no clima quente e úmido*. In: *ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 15., 2019. Anais [...]. [S. I.], 2019. p. 1241–1250.
- WARGOCKI, P.; WYON, D. P. *The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on performance of school work by children*. *Proceedings of Indoor Air I*, v. 1, p. 368-72, 2005.
- Wahrlich, V., & Anjos, L. A. dos .. (2001). *Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão da literatura*. *Cadernos De Saúde Pública*, 17(4), 801–817. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2001000400015>
- LABORATÓRIO DE CONFORTO AMBIENTAL – UFRN. *Sombreamento*. Natal: UFRN, 2023. Disponível em: <[arquivo fornecido em aula](#)>.
- WEATHER SPARK. *Clima característico em Macaíba, Rio Grande do Norte, Brasil durante o ano*. 2025. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/31428/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Maca%C3%A3ba-Rio-Grande-do-Norte-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 13 set. 2025.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Atlas Brasileiro de Energia Solar – Atlas Solarimétrico do Rio Grande do Norte*. São José dos Campos: LABREN/INPE, 2017. Disponível em: https://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017_RN.html. Acesso em: 13 set. 2025.