



Iluminação natural – Parte 3: Procedimentos para avaliação da iluminação natural em ambientes internos

Daylighting

Part 3: Procedures for the evaluation of daylighting in internal environments

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR 15215-3 foi elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002), pela Comissão de Estudo de Iluminação Natural (CE-002:135.002). O Projeto de Revisão circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de XX.XX.XXXX a XX.XX.XXXX.

A ABNT NBR 15215-3:2024 cancela e substitui a ABNT NBR 15215-3:2005, a qual foi tecnicamente revisada.

Esta Norma é baseada na EN 17037:2020.

Esta ABNT NBR 15215-3:2024 não se aplica aos projetos de construção que tenham sido protocolados para aprovação no órgão competente pelo licenciamento anteriormente à data de sua publicação como Norma Brasileira, bem como àqueles que venham a ser protocolados no prazo de 180 dias após esta data.

O Escopo em inglês da ABNT NBR 15215-3 é o seguinte:

Scope

This document specifies elements for achieving, by means of daylight, an adequate subjective impression of lightness indoors, and for providing an adequate view out. In addition, recommendations for the duration of sunshine exposure within occupied rooms are given.



This document gives information on how to use daylighting to provide indoor lighting, and how to limit glare. This document defines metrics used for the evaluation of daylighting conditions and gives principles of calculation and verification. These principles allow to address the issue of variability of daylight over the days and the year. It also introduces methods for assessing non-visual stimuli relative to circadian potential.

This document applies to all spaces that may be regularly occupied by people for extended periods except where daylighting is contrary to the nature and role of the actual work done.



Introdução

A iluminação natural (ou luz do dia) é aquela que se obtém com a luz proveniente do sol e representada pelos raios solares diretos e pelos raios indiretos da mesma proveniência, retransmitidos pelo céu, pelas nuvens, pela vegetação, pelos edifícios ou por outros corpos.

A luz do dia pode fornecer quantidades significativas de luz para o ambiente interno, com alta reprodução de cores e variabilidade ao longo do dia e das estações. As aberturas proporcionam vistas e conexão com o exterior e contribuem para o bem-estar psicológico dos ocupantes. Uma abertura para a luz do dia também pode proporcionar ao ambiente interno exposição a uma insolação mínima em climas frios, importante, por exemplo, em residências, quartos para pacientes em hospitais e ambientes de lazer em creches. Já em ambientes onde atividades como a leitura ou escrita são realizadas, deve-se, sempre que possível, considerar-se o controle da insolação direta e da adequada distribuição da luz difusa pelas aberturas para reduzir o desconforto visual. É importante abordar o desempenho da luz do dia ao longo do ano, sendo que é necessário que a luz do dia ilumine ambientes durante uma fração significativa das horas do dia. Para o bem-estar e saúde dos usuários, consideram-se ainda os estímulos não visuais da luz do dia.

O fornecimento de luz do dia por meio de uma abertura depende, em primeiro lugar, da disponibilidade de luz do dia externa (quantidade e distribuição variáveis com relação às condições atmosféricas locais) e, posteriormente, do entorno da edificação (obstruções externas), dos componentes externos imediatos ao redor da abertura, do tamanho, da orientação, da posição e de detalhes de projeto da abertura, das características óticas dos vidros e da configuração dos ambientes internos. Um projeto adequado de iluminação tira proveito e controla a luz do dia disponível, maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens.

Para todos os casos desta Norma, considera-se o entorno como aquele que abrange 30 m de distância a partir das fachadas.



Iluminação natural – Parte 3: Procedimentos para avaliação da iluminação natural em ambientes internos

1 Escopo

Esta Norma especifica procedimentos para avaliação da iluminação natural (ou luz do dia), para fornecer uma percepção adequada da iluminação em ambientes internos e proporcionar uma visão adequada do exterior.

Esta Norma fornece recomendações para o número mínimo de horas de exposição ao sol em ambientes internos específicos em climas frios e para o controle do excesso de exposição à luz solar direta em ambientes não residenciais.

Esta Norma fornece recomendações sobre como usar a luz do dia para prover iluminação natural em ambientes internos, como avaliar a probabilidade de ofuscamento e como avaliar a exposição à luz solar. Também determina métricas e fornece princípios de cálculo e de verificação a serem utilizados para a avaliação das condições de iluminação natural ao longo dos dias e do ano.

Esta Norma introduz métodos para avaliação de estímulos não visuais relativos ao potencial circadiano, bem como considerações para explicar as diferentes sensibilidades dos observadores de várias idades.

Esta Norma se aplica a todos os ambientes de permanência prolongada, exceto quando o uso da luz do dia é contrário à natureza e à função da atividade desempenhada no ambiente.

2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 15220-3, *Desempenho térmico de edificações – Parte 3 Zoneamento bioclimático por desempenho*

ABNT NBR 15215-1, *Iluminação natural – Parte 1: Conceitos básicos e definições*

ABNT NBR 15215-4, *Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição*

EN 14501, *Blinds and shutters - Thermal and visual comfort - Performance characteristics and classification*



3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições da ABNT NBR 15215-1 e os seguintes.

3.1

abertura para luz do dia

qualquer área na envoltória da edificação capaz de admitir a luz do dia para o interior

3.2

altura solar

ângulo entre o raio do sol e o horizonte, do ponto de vista do observador, obtido em função da hora do dia, da época do ano e da latitude e longitude geográfica do local considerado.

NOTA A altura solar é medida positivamente, em graus ($^{\circ}$), a partir do plano horizontal até o zênite.

3.3

área ocupada

fração do ambiente destinado a ser ocupado

3.4

azimute solar

ângulo entre o norte geográfico e o plano vertical que passa pelo centro do sol, do ponto de vista do observador e com vértice neste, compreendido entre 0° e 360° , medido a partir do norte no sentido horário

3.5

exposição anual à luz solar

porcentagem do espaço que recebe insolação direta excessiva (por exemplo: 1.000 lux ou mais por pelo menos 250 horas no período em que há ocupação no ambiente) que pode causar ofuscamento ou excesso de aquecimento (aumento da carga térmica de resfriamento)

3.6

desconforto por ofuscamento

brilho que causa desconforto visual sem necessariamente prejudicar a visão dos objetos

3.7

distância externa da vista

distância entre a superfície interna da abertura e os principais elementos de obstruções localizados externamente em frente à abertura

3.8

iluminância-alvo

iluminância-alvo mínima

representa a iluminância recomendada e a iluminância mínima

3.9

células ganglionares intrinsecamente fotossensíveis da retina (*retinal ganglion cells*) IPRGC

células que contém melanopsina e que são sensíveis a uma faixa do espectro luminoso diferente da faixa visível, suas funções estão relacionadas com a ativação e a sincronização do ritmo circadiano humano



3.10

linha sem visão do céu

divisor entre a parcela do espaço a partir do qual o céu pode ser visto diretamente por um observador sentado no interior do ambiente e a parcela em que o céu não está visível

3.11

linha sem visão do piso externo

divisor entre a parcela do espaço a partir do qual um observador sentado no interior do ambiente pode ver o piso externo diretamente e a parcela de piso que o piso externo não está visível

3.12

iluminação natural

parte visível da radiação solar que corresponde aos termos luz natural; luz do dia e luz diurna

NOTA A iluminação natural também é definida como parte da radiação solar capaz de causar uma sensação visual.

3.13

obstrução

qualquer elemento fora da edificação que impeça a visão direta total ou parcial do céu

3.14

ofuscamento

condição de visão em que há desconforto ou redução na capacidade de ver detalhes ou objetos, causada por uma distribuição de luz ou faixa de luminância inadequados, ou por contrastes extremos

3.15

plano de referência

plano de trabalho

plano em um espaço no qual a iluminância do dia é calculada, especificada ou medida

3.16

ponto de referência para visão

posição do observador dentro do ambiente a partir da qual a visão é avaliada

3.17

distribuição de luz natural

nível de iluminância alcançado por meio de uma fração de um plano de referência para uma fração de horas de luz do dia dentro de um ambiente

3.18

reflexos veladores

reflexões especulares que aparecem no objeto visto e que obscurecem parcial ou totalmente os detalhes por redução do contraste (ver bibliografia [23])

3.19

vista para o exterior

contato visual do observador dentro do ambiente com o ambiente externo por meio de uma abertura para a luz do dia, fornecendo informações sobre a paisagem, bem como dando possibilidade de experimentar as condições do tempo ao longo do dia e as condições climáticas



4 Símbolos

Para efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes símbolos.

Símbolo	Nome da variável	Unidade
$A_{fachada}$	Área da fachada	m ²
A_{vidro}	Área de vidro	m ²
DGP	Probabilidade de ofuscamento pela luz natural	-
$DGP_{e < 5 \%}$	Valor de DGP, não excedido em mais de 5 % do tempo de ocupação	-
DGP_s	Valor de DGP simplificado	-
DGP_t	Valor limiar de DGP para uma situação de ofuscamento crítico	-
D_w	Distância da abertura	m
E_A	Iluminância-alvo	lx
E_v	Iluminância vertical ao nível dos olhos	lx
$E_{v,d}$	Iluminância horizontal difusa (do céu)	lx
$E_{v,d,med}$	Iluminância horizontal difusa mediana	lx
$E_{v,g}$	Iluminância horizontal global	lx
$E_{v,g,med}$	Iluminância horizontal global mediana	Lx
$F_{DGP, excedido}$	Fração do tempo de uso de referência para o qual o limite de DGP_t é excedido	-
$F_{plano, \%}$	Fração do plano de referência para o nível de iluminância-alvo	%
$F_{tempo, \%}$	Fração de tempo para a qual um determinado valor de iluminância é excedido	%
f_{vidro}	Fração de vidro	%
i	Número de fontes de brilho (ofuscamento)	-
J	Número do dia do ano (por exemplo, para 1º de janeiro, $J = 1$ e para 31 de dezembro, $J = 365$; para fevereiro, considera-se 28 dias)	-
LT	Hora local	h
L_s	Luminância da fonte de brilho (ofuscamento)	cd/m ²
L_v	Luminância do céu	cd/m ²
P	Índice de posição	-
t_d	Horário de verão	H
t_{fim}	Hora em que a duração da luz solar termina pela obstrução ou quando o azimute solar α_s atinge o ângulo de aceitação α_a	h
$t_{início}$	Hora em que os raios solares começam a chegar ao ponto de referência	h



Símbolo	Nome da variável	Unidade
α_a	Ângulo aceitável	graus
α_{obs}	Ângulo de obstrução	graus
α_s	Azimute solar	graus
$\alpha_{wn,s}$	Ângulo azimute de abertura de luz natural, medido a partir do Norte	graus
γ_s	Altura solar	graus
$\gamma_{s,min}$	Altura solar mínima	graus
δ_s	Declinação solar	graus
Λ	Longitude do local, Leste (+) ou Oeste (-) de Greenwich	graus
λ_s	Longitude do meridiano-padrão	graus
τ_{vidro}	Transmitância normal da luz nos vidros	-
$\tau_{v,n-dif}$	Transmitância de luz difusa-normal	-
$\tau_{v,n-n}$	Transmitância de luz normal-normal	-
φ	Latitude do local	graus
ω_s	Ângulo sólido compreendido pela fonte do brilho (ofuscamento)	sr
ω_η	Ângulo de hora ω_η , contado do meridiano como positivo em direção à tarde e negativo para a manhã	graus

5 Avaliação da iluminação natural em ambientes internos

5.1 Geral

A avaliação da iluminação natural em ambientes internos deve levar em consideração o seguinte:

- a) a avaliação da disponibilidade de luz natural ao longo do tempo;
- b) a disponibilidade e a qualidade da vista para o exterior;
- c) a análise de proteção contra ofuscamento;
- d) a possibilidade de uma exposição solar mínima em climas frios em ambientes de edificações com atividades voltadas para cuidados com a saúde, ambientes residenciais e para a educação;
- e) em ambientes de trabalho, deve-se analisar o risco de exposição excessiva à luz solar direta como meio de evitar sobreaquecimento e desconforto visual sobre planos de trabalho;
- f) deve-se considerar também o acesso a luz natural para adequada regulação do ciclo circadiano.

No caso da análise da disponibilidade de luz natural, deve ser considerada a obstrução à entrada de luz pela esquadria - caixilharia (perfis) e transmissividade dos vidros ou componentes translúcidos usados.



A avaliação junto a esta Norma pode ser feita usando programas computacionais ou os métodos indicados nesta Norma para o caso da avaliação das vistas para o exterior, da probabilidade de ofuscamento e da determinação das horas de insolação. A ABNT NBR 15215-4 fornece informações sobre avaliações possíveis de serem feitas a partir de medições e verificações *in loco*.

5.2 Malha de pontos

Para determinação dos valores de iluminância, probabilidade de ofuscamento, qualidade da vista para o exterior e de exposição a luz solar, é necessário realizar cálculos sobre todo o plano de referência, localizado a 0,75 m acima do piso da área a que se aplicam, exceto se houver justificativa para sua alteração.

Quando utilizado o método computacional, células da malha de pontos que se aproximem de um quadrado são preferíveis, a razão de comprimento para largura de uma célula da malha deve ser mantida preferencialmente entre 0,5 e 2,0.

A área dos pontos da grade, dentro de um ambiente, deve excluir uma faixa de 0,5 m das paredes, exceto se especificada de outra forma, como, por exemplo, para ambientes pequenos (com área inferior a 9 m²).

6 Disponibilidade de luz natural em ambientes internos

6.1 Geral

A luz do dia pode contribuir significativamente para as necessidades de iluminação na realização de atividades em qualquer tipo de edificação. Isso significa que as aberturas para a luz do dia devem ter áreas apropriadas para fornecer iluminação natural suficiente ao longo do ano.

O cálculo da disponibilidade da luz do dia em ambientes deve considerar a distribuição de luminâncias do céu, as condições do entorno externo à edificação, os materiais e componentes das aberturas para captação da luz do dia e as reflexões internas no ambiente (superfícies internas e objetos fixos). Deve ser realizado por meio do cálculo da iluminância da luz natural no plano de referência durante um ano inteiro usando um intervalo de tempo recomendado de uma hora. Deve-se considerar a redução da transmissão luminosa devido às esquadrias (caixilharia) e ao tipo de vidro. Recomenda-se que a transmissão visível dos vidros seja modelada descontando-se o fator de depreciação por sujeira. O fator de depreciação para aberturas verticais com inclinações maiores que 85° deve ser de 5 %, para aberturas inclinadas a ângulos verticais entre 85° e 20°, deve ser de 10 %, e, para aberturas horizontais ou com inclinação menor que 20°, de 15 %. Caso detalhes do ambiente a ser avaliado não estejam disponíveis, podem ser utilizadas algumas suposições razoáveis. Neste caso, faixas de valores sugeridos de refletâncias para as principais superfícies interiores são: teto de 0,7 a 0,9, paredes interiores de 0,5 a 0,8, piso de 0,2 a 0,4, paredes exteriores de 0,2 a 0,4 e terreno exterior de 0,2. Desvios dessas faixas são permitidos, mas devem ser justificados.

6.2 Critérios para o fornecimento de luz do dia

O fornecimento de luz do dia em um ambiente é considerado adequado se um nível de iluminância-alvo for alcançado sobre uma fração do plano de referência por uma fração do tempo de uso do ambiente para determinada atividade.

A Tabela A. 1 fornece valores recomendados da iluminância-alvo, E_A , iluminância-alvo mínima, E_{Amin} , e frações de plano de referência, para aquelas tipologias e uso de ambientes que não possuem norma



específica. Ressalta-se que a ABNT NBR 15575-1, fornece os valores a serem adotados em ambientes residenciais.

6.3 Estimativa de disponibilidade interna da luz do dia

A estimativa de disponibilidade interna de luz do dia para um determinado nível de iluminância no plano de referência deve utilizar dados climáticos para o local da edificação, considerando um determinado intervalo de tempo. Recomenda-se utilizar a base-padrão de arquivos climáticos estabelecida para o ABNT TR 15575-1-1. Em caso de indisponibilidade de dados, devem ser utilizados os dados disponíveis da localidade de clima semelhante mais próxima da edificação.

Caso o ambiente ou a área a ser avaliada possua dispositivo de sombreamento interno móvel na abertura para luz do dia, como, por exemplo, persianas, a modelagem dinâmica destes deve ser incluída na simulação e o modo de fechamento e abertura dos dispositivos utilizado deve ser explicitado nos resultados.

6.4 Verificação do fornecimento de luz natural

A verificação do fornecimento de luz natural para fins de avaliação junto a esta parte da ABNT NBR 15215 pode ser feita usando programas computacionais ou os métodos prescritivos indicados neste Documento. Os modelos tridimensionais a serem feitos devem ser representativos do ambiente e de seu entorno construído, quando houver.

O método de cálculo utiliza os valores de iluminância recomendados E_A e E_{Amin} . Para um espaço com uma determinada iluminância-alvo e fração de tempo apropriada, o critério é que a iluminância-alvo seja alcançada em determinada fração do plano de referência. Para as estimativas, deve-se considerar simulação por 10 h por dia ao longo do ano podendo ou não ser considerado o horário de verão. Para a iluminância-alvo mínima, o critério é o mesmo, variando apenas o nível de iluminação. O Anexo A fornece recomendação de valores para E_A e E_{Amin} para ambientes não residenciais.

O cálculo deve ser realizado por meio de programa computacional validado. O valor a ser adotado é a média ponderada das áreas analisadas na edificação, que pode ser analisada em partes ou em sua integralidade. A área avaliada pode ser caracterizada por uma ou mais malhas de pontos.

6.5 Validação do desempenho da luz do dia

Para minimizar o risco de discrepância significativa entre o espaço modelado e o espaço real, quaisquer suposições feitas na fase de projeto devem ser claramente especificadas e registradas. Os critérios especificados no projeto de iluminação natural devem considerar as características geométricas da edificação, as características da fachada e da cobertura, o tamanho e a disposição das aberturas para luz do dia, os tipos de elementos transparentes e de sombreamento, a geometria e a refletância das superfícies interiores. Todos os critérios devem ser declarados e apresentar a fonte dos dados.

7 Avaliação da vista para o exterior

7.1 Geral

A vista para o exterior fornece conexão visual com o entorno provendo informações sobre o ambiente local, as condições do tempo ao longo do dia e as condições climáticas. Essas informações podem aliviar a fadiga associada a longos períodos dentro de ambientes internos. Todos os ocupantes de um espaço devem ter a oportunidade de descanso e relaxamento proporcionados por uma mudança de cenário e foco. A vista para o exterior deve ser avaliada a partir de pontos de referência selecionados

correspondentes aos locais onde as pessoas permanecem dentro do ambiente.

Uma vista é considerada composta por três camadas:

- a) uma porção de céu;
- b) uma porção de paisagem antrópica e/ou natural;
- c) uma porção de terreno externo.

NOTA A porção de terreno externo pode incluir informações sobre as atividades realizadas no local. A parte da paisagem pode ser composta por edifícios, natureza e/ou horizonte.

De qualquer ponto de referência específico, correspondente à altura ocular (Q), a qualidade da vista depende:

- a) do tamanho da abertura para a luz natural;
- b) da largura da vista (ângulo de visão horizontal);
- c) da distância externa de visão;
- d) do número de camadas;
- e) da qualidade das informações ambientais da vista.

7.2 Critérios da vista para o exterior

Os critérios para vista do exterior se referem à área ocupada, para ambientes nos quais a vista seja considerada como desejável (ambientes de ocupação prolongada nos quais seja possível o acesso à luz natural) e nos quais seja possível obter-se vista externa. Casos em que não seja possível a obtenção de vistas externas em função de condições prévias do entorno devem ser devidamente justificados.

Para assegurar uma vista adequada, os seguintes critérios devem ser atendidos:

- a) o material transparente da abertura da vista deve fornecer uma visão percebida como clara e neutramente colorida;
- b) a abertura para vista, na área ocupada, a partir do ponto de referência deve ter um ângulo de visão horizontal total igual ou superior a um valor mínimo;
- c) a distância para a vista externa deve ser maior que um valor mínimo;
- d) um número mínimo de camadas deve ser visível a partir da área ocupada.

Uma vista com elementos da natureza é preferível a uma vista para o ambiente construído, e uma vista ampla e distante é mais apreciada do que uma vista estreita e próxima. Uma vista diversificada e dinâmica é mais interessante do que uma vista monótona. Uma vista da natureza pode ter influência positiva na sensação de bem-estar de uma pessoa, satisfação no trabalho, e, as pessoas geralmente preferem sentar perto de uma abertura externa para olhar para fora. As vistas devem alcançar a maior quantidade de usuários, independentemente da idade, estatura ou limitação de sua mobilidade.

A Tabela A. 2 fornece recomendações para a classificação das vistas, que podem ser definidas em três níveis, especificados em 7.3.

7.3 Camadas da vista para o exterior

7.3.1 Geral

Uma vista para o exterior Nível I (mais baixo) contém ao menos a camada da paisagem e fornece informações sobre as condições externas, especialmente sobre localização, hora do dia e clima. Uma vista para o exterior de classificação Nível II contém ao menos duas camadas, e uma vista classificada como Nível III (mais alto) inclui todas as três camadas descritas em 7.1. A classificação da vista externa inclui ainda informações sobre a distância para a vista externa e a largura da abertura da vista, ou seja, o ângulo de visão horizontal. O nível geral alcançado para exibição deve ser classificado de acordo com o critério de menor avaliação.

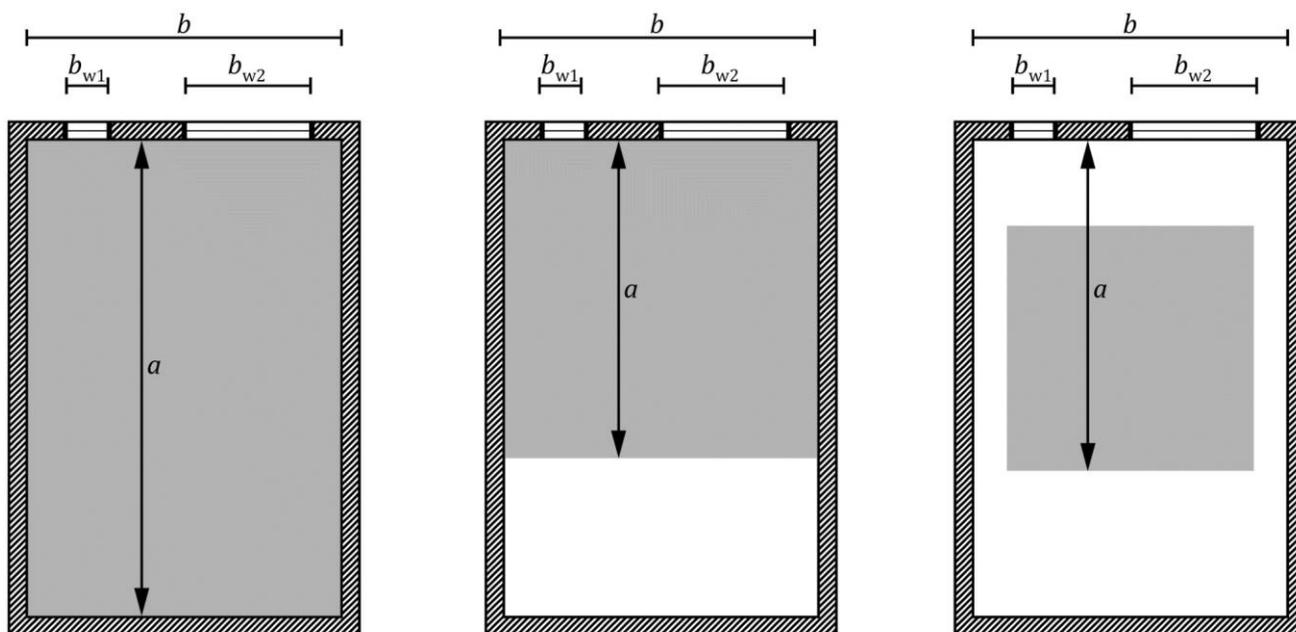
O ângulo de visão horizontal deve ser suficientemente grande para assegurar uma vista ampla e distante. Para ambientes muito grandes ($> 2\ 000\ m^2$) uma abertura próxima com vista para o exterior pode ser de difícil obtenção, no entanto, considera-se que certo grau de relaxamento dos olhos pode ser alcançado mesmo com uma visão interior distante.

7.3.2 Qualidade da vista

Além dos parâmetros de classificação deve-se considerar o valor estético dos objetos incluídos na vista e a composição da vista. O valor estético da cena dentro da vista está correlacionado à complexidade, ao grau de manutenção, ao interesse histórico de edificações e monumentos etc. A composição da vista pode ser examinada também por uma fotografia da vista tirada a partir dos pontos de referência dentro do ambiente (ver ABNT NBR 15215-4). Para uma composição adequada, os elementos geralmente apreciados não podem ser fragmentados e um equilíbrio entre o lado esquerdo e direito da imagem visível deve ser assegurado. Além disso, informações ambientais, como localização, tempo, clima, natureza e presença de pessoas também são importantes. Recomenda-se que a classificação subjetiva adicional de informações ambientais seja: "Nível I" incluindo hora do dia, clima e localização; "Nível II" incluindo, adicionalmente, informações sobre a paisagem natural e/ou antrópica; e "Nível III" incluindo todos os itens anteriores.

7.3.3 Largura da vista para o exterior

A Figura 1 ilustra exemplos de aberturas para vista em uma mesma fachada. Os pontos de referência podem estar em qualquer local potencial dentro da área utilizada do ambiente. Para uma vista média, a abertura para a vista (b_w) deve ter uma largura total igual a no mínimo metade da distância entre a fachada e o ponto mais remoto da área utilizada (a) no ambiente. Para cumprir o Nível I recomendado, a deve ser no mínimo igual à largura desta área. A largura total da abertura, para uma vista classificada como média, deve ser igual ou maior a metade da largura do ambiente. Se houver várias aberturas (b_{w1} e b_{w2}), a soma das aberturas pode ser considerada como uma (b_w).



$$b_{w1} + b_{w2} \geq \frac{a}{2} \quad \text{e} \quad b_{w1} + b_{w2} \geq \frac{b}{2}$$

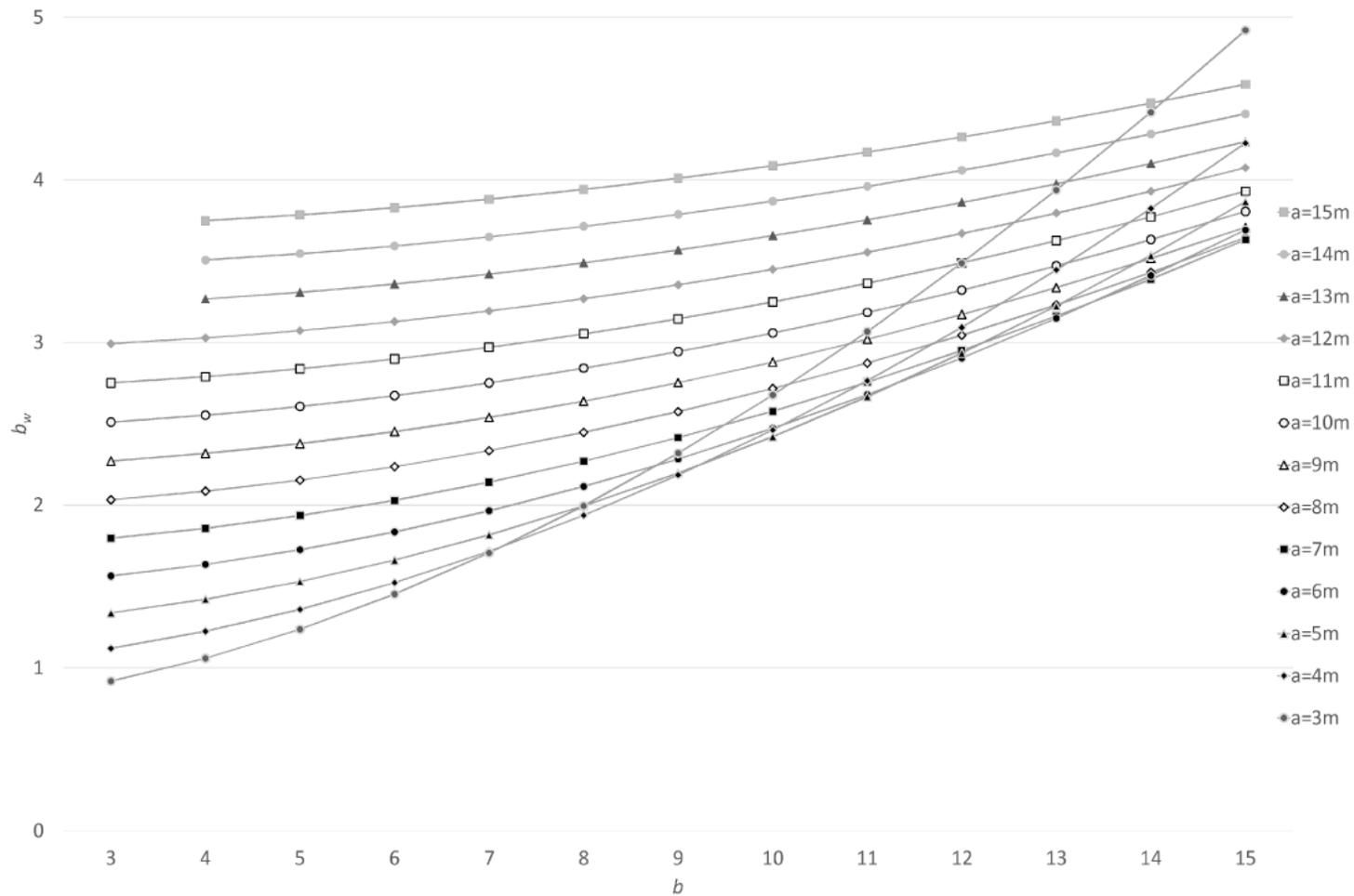
Legenda

- a distância entre a fachada e a parte mais remota da área utilizada, expressa em metros (m)
- b largura da fachada entre as paredes internas, expressa em metros (m)
- b_{w1} largura da abertura 1, expressa em metros (m)
- b_{w2} largura da abertura 2, expressa em metros (m)

Figura 1 — Aberturas para vista em uma mesma fachada

As Figura 2, Figura 3 e Figura 4 fornecem a largura da abertura para vista externa, expressa em metros (m), em função da profundidade da área utilizada dentro de um espaço e o ângulo de visão no plano horizontal de 15°, 30° e 60°, respectivamente.

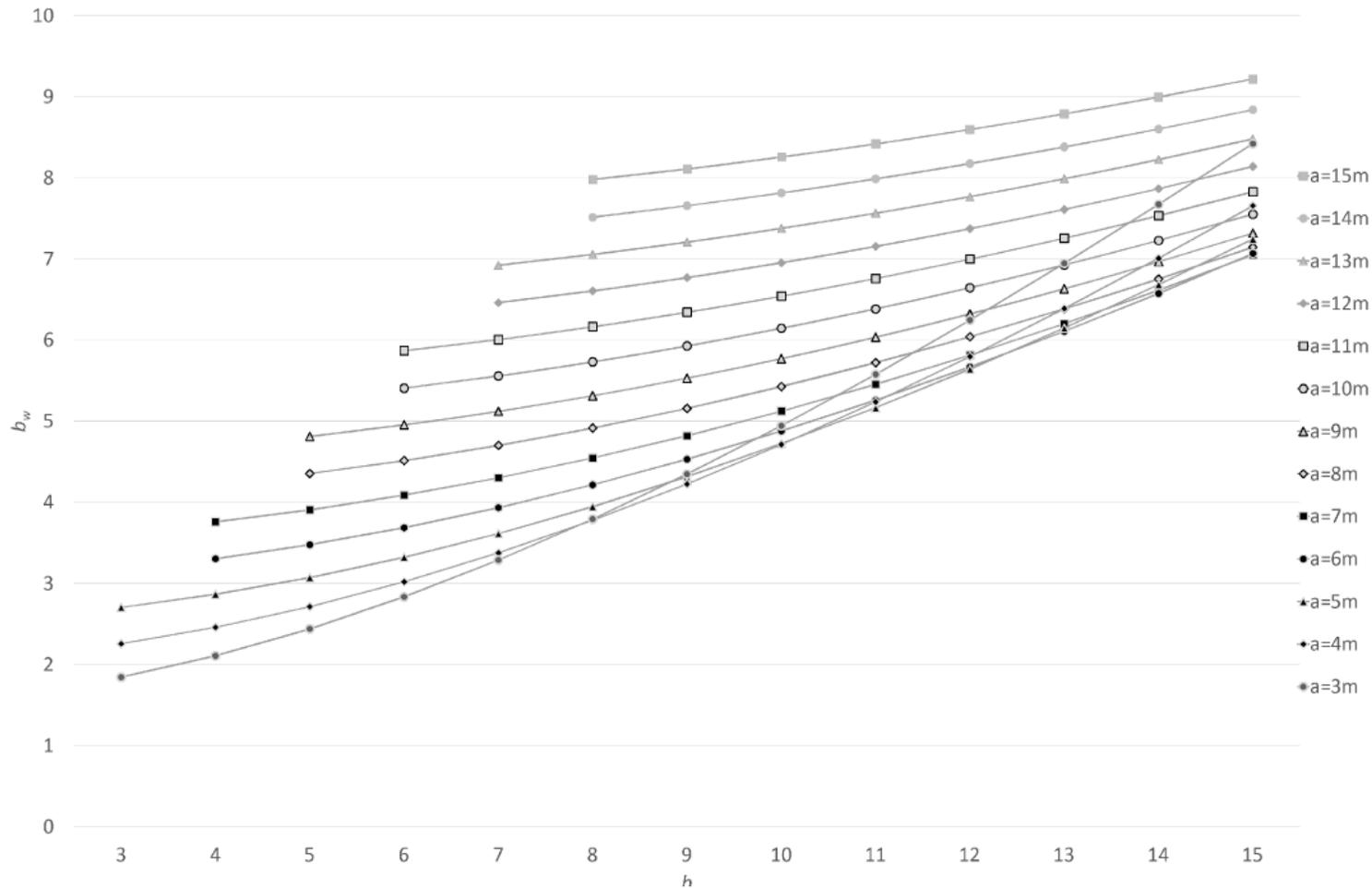
Nota Estes ângulos de visão na horizontal se referem à visão binocular.



Legenda

- a distância entre a fachada e a parte mais remota da área
- b largura da fachada entre as paredes internas
- b_w largura da abertura

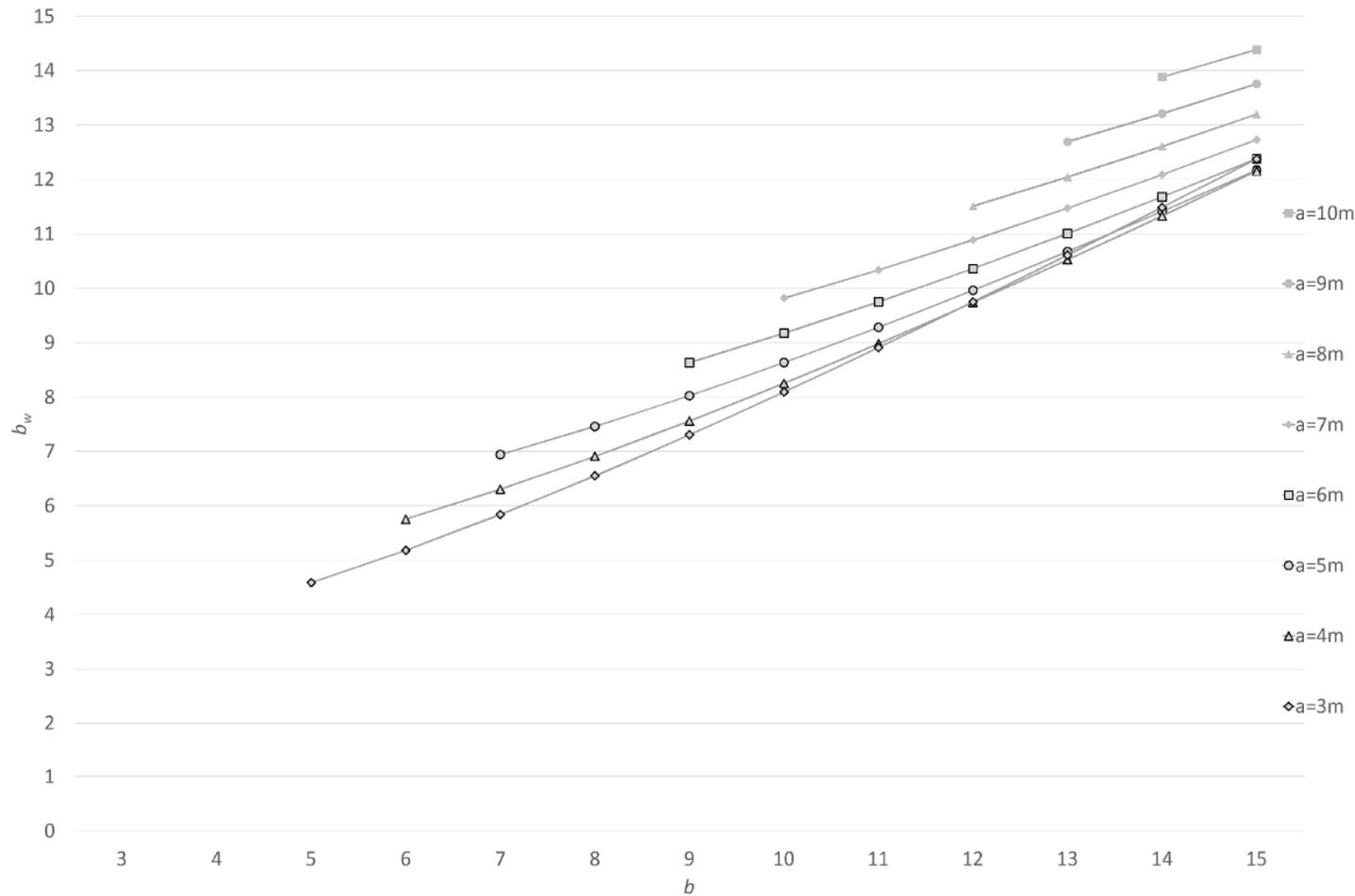
Figura 2 – Classificação da largura da abertura para vista externa em função da profundidade da área utilizada para um ângulo de visão no plano horizontal $\geq 14^\circ$



Legenda

- a distância entre a fachada e a parte mais remota da área
- b largura da fachada entre as paredes internas
- b_w largura da abertura

Figura 3 – Classificação da largura da abertura para vista externa em função da profundidade da área utilizada para um ângulo de visão no plano horizontal $\geq 28^\circ$

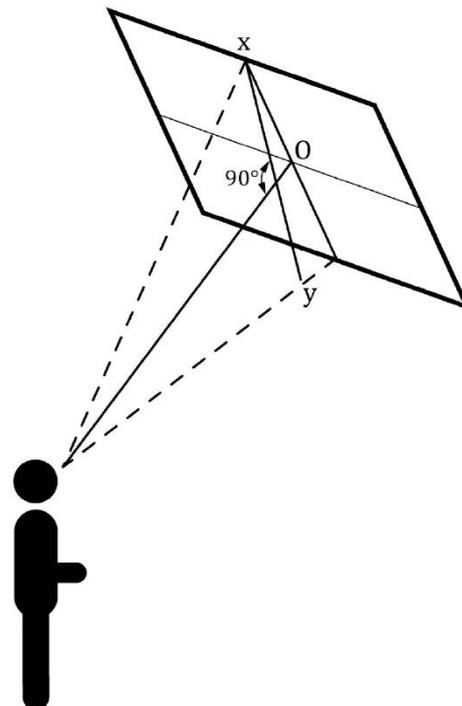


Legenda

- a distância entre a fachada e a parte mais remota da área
- b largura da fachada entre as paredes internas
- b_w largura da abertura

Figura 4 – Classificação da largura da abertura para vista externa em função da profundidade da área utilizada para um ângulo de visão no plano horizontal $\geq 54^\circ$

Se um espaço tem aberturas para luz natural em mais de uma fachada, ao menos uma abertura de vista deve compor a classificação da vista, de acordo com a Tabela A.2. A distância d deve ser uma linha diagonal pela área utilizada. Para uma abertura com altura do peitoril acima do nível dos olhos, deve-se usar a projeção xy adequada para a altura da abertura, perpendicular à direção da visão do olho (Figura 5). Se a visão para o exterior não for possível, a classificação da vista pode ser realizada para um átrio com interações sociais e vegetação. Para ter uma sensação de amplitude da vista, recomenda-se que fachadas opostas ao átrio estejam a uma distância igual ou superior a 20 m da abertura.



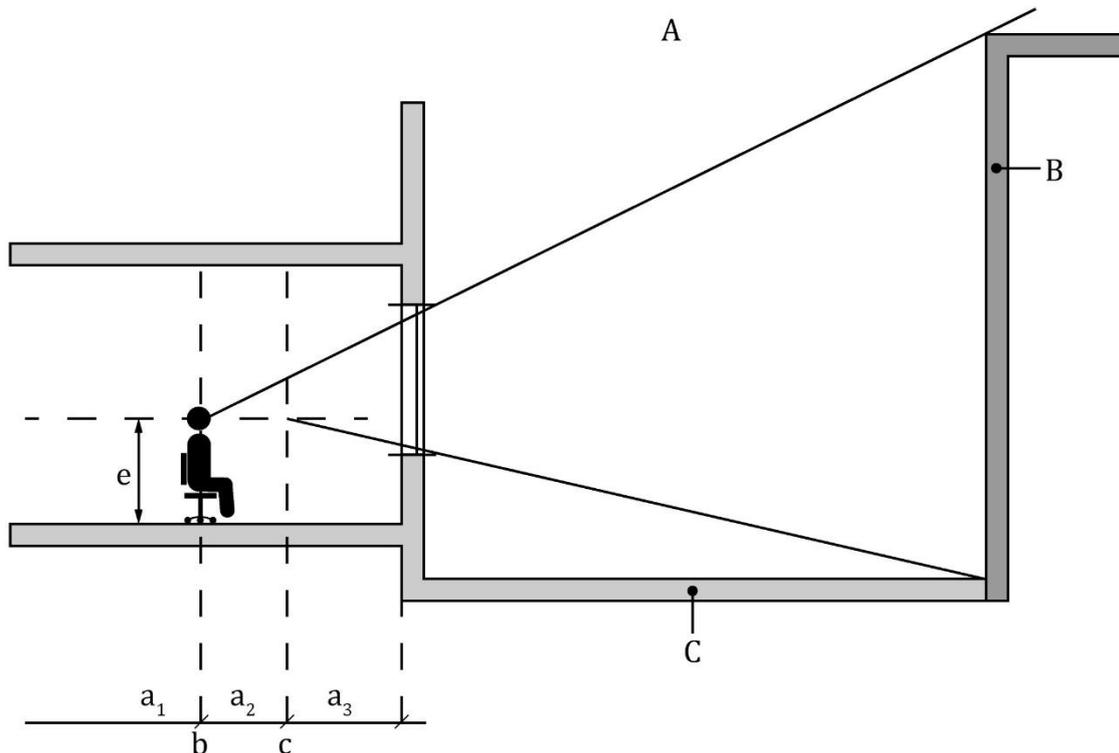
Legenda

- O centro da abertura para luz natural
xy perpendicular a direção da visão

Figura 5 — Aberturas com altura de peitoril acima da linha de visão e linha ilustrando a distância d a ser considerada

7.4 Método simplificado de verificação da vista para o exterior

Um método de verificação simplificado para avaliar a vista para o exterior, o ângulo de visão no plano horizontal e o número de camadas é a combinação dos conceitos da linha sem céu e sem piso com a avaliação da largura de vista. A classificação da vista pressupõe que a largura e a distância externa estão de acordo com os critérios fornecidos em 7.3.3. A Figura 6 fornece um método simplificado para avaliar o número de camadas visíveis da posição do ocupante. A posição marcada como linha a_1 na Figura 6 fornece o número mínimo de camadas visíveis - linha sem céu para visão. Na frente da linha a_2 , no caso da Figura 6, é possível visualizar duas camadas, o céu e a paisagem - linha sem piso para vista. A linha a_3 fornece uma vista com as três camadas. O nível dos olhos para uma pessoa sentada é de 1,2 m acima do piso ou de 1,6 m para uma pessoa em pé, exceto se especificado de outra forma.



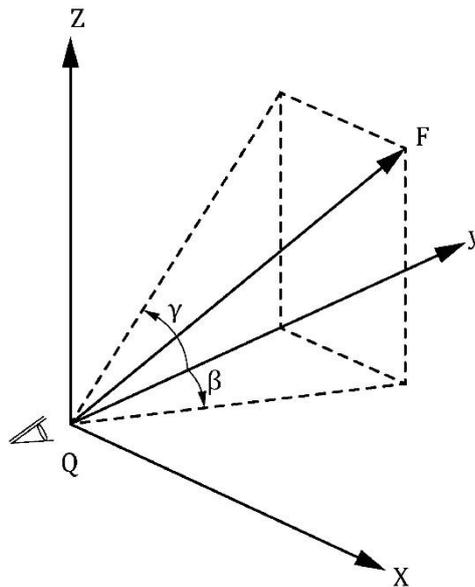
Legenda

- a* distância entre a fachada e a parte mais remota da área utilizada
- b* camada de vista visível: paisagem antrópica e/ou natural; área de influência a_1 : medida do ponto *a* ao *b*;
- c* camada de vista visível: paisagem antrópica e/ou natural mais céu – atrelada à condição da *H* dos edifícios voltados para esta abertura; área de influência a_2 : medida do ponto *b* ao *c*;
- d* camada de vista visível: paisagem antrópica e/ou natural mais céu – atrelada à condição da *H* dos edifícios voltados para esta abertura – mais piso; área de influência a_3 : medida do ponto *c* ao *d*;
- e* altura do nível dos olhos do usuário ou altura ocular do usuário
- A* céu
- B* paisagem antrópica ou natural
- C* chão/piso externo

Figura 6 — Corte para método simplificado de verificação da vista externa

7.5 Método avançado de verificação da vista para o exterior

O método avançado é o método da projeção. Recomenda-se o uso do método da projeção para formas complexas de aberturas e/ou múltiplas aberturas, bem como componentes dentro das aberturas (por exemplo, dispositivos de sombreamento). O método da projeção utiliza uma projeção do tipo olho de peixe equidistante (ver Figura 8), que pode ser feita com câmera fotográfica, programa computacional ou desenho manual, dependendo do estágio de concepção ou se é uma edificação existente. Na Figura 7, o eixo *y* é a direção de visão até o ponto onde os olhos estão focados. *F* é o local onde um objeto é observado no campo visual total. O vetor *QF* é projetado no plano *yz* e no plano *xy*, que resultam nos ângulos γ e β entre as respectivas projeções de *QF* e o eixo *y*. O ponto *Q* indica a altura ocular de uma pessoa sentada (por exemplo, 1,2 m sobre o piso) ou em pé (tomado como 1,6 m sobre o piso), exceto se especificado em contrário. Outros métodos de projeção, retirar ou acrescentar a projeção estereográfica podem ser usados.



Legenda

- y direção da visão
- Q altura do olho
- F local em que um objeto é observado

Figura 7 — Posição de um objeto F (com ângulos γ e β) visível por uma pessoa no ponto Q

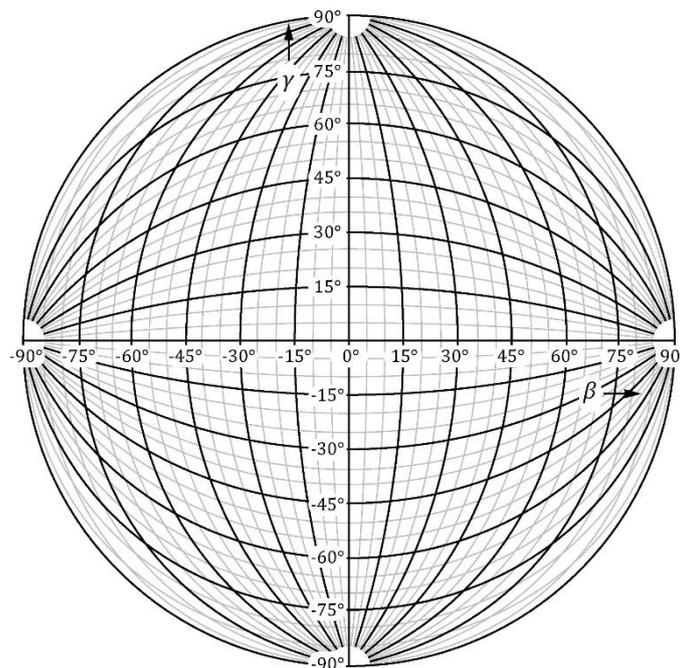


Figura 8 — Diagrama básico para projeção, com eixos para ângulos γ e β (projeção esférica equidistante)

8 Proteção contra ofuscamento



8.1 Geral

O ofuscamento é uma sensação visual negativa experimentada pelo observador, causada por áreas com brilho de luminâncias maior do que a luminância à qual os olhos estão adaptados, produzindo desconforto ou perda de desempenho visual e visibilidade. A luz solar direta ou diferenças significativas de luminosidade entre áreas mais brilhantes e mais escuras dentro do campo de visão podem causar ofuscamento.

O ofuscamento é produzido quando áreas muito brilhantes estão localizadas dentro do campo visual ou quando a relação de contraste é reduzida devido a reflexos veladores. A percepção do ofuscamento depende da distribuição da luminância no campo de visão e, portanto, depende fortemente da posição espacial e da linha de visão do ocupante. O ofuscamento depende da percepção individual e pode causar efeitos colaterais ou posteriores na forma de dores de cabeça ou fadiga.

A percepção do ofuscamento aumenta quando o tamanho ou a luminância da fonte aumenta ou quando a quantidade total de luz que atinge os olhos aumenta. A maior distância angular da fonte de ofuscamento em relação a linha de visão do ocupante diminui a percepção do ofuscamento. O ofuscamento percebido aumenta quando a razão de contraste entre a visão foveal e central ou periférica aumenta. Normalmente, a visão foveal é direcionada para a tarefa visual.

Uma avaliação de ofuscamento é recomendada em ambientes onde as atividades esperadas são comparáveis à leitura, escrita ou uso de dispositivos de exibição e o usuário não é capaz de escolher livremente sua posição e direção de visualização. Para proteção do ofuscamento, um dispositivo de proteção solar móvel ou retrátil pode ser ajustado individualmente, enquanto dispositivos fixos podem precisar de dispositivos de sombreamento adicionais para dar suporte a necessidades individuais. O ofuscamento causado pela luz do dia difere do ofuscamento causado pelas fontes de luz elétrica em relação ao tamanho das fontes de ofuscamento, distribuição complexa de luminância e aceitação dos usuários.

Para qualquer espaço com aberturas para luz do dia, recomenda-se o uso de dispositivos de controle de luz solar direta e de distribuição de luz difusa para reduzir o risco de ofuscamento, podendo estes serem externos, internos, móveis ou fixos. A especificação de vidros de controle solar com baixa transmissão luminosa ou aplicação de serigrafia também são estratégias que podem reduzir o risco de ofuscamento. Em ambientes internos, a visão direta para o sol e seus reflexos devem ser evitados.

Recomendações para proteção contra ofuscamento podem ser encontradas no Anexo A.

8.2 Probabilidade de ofuscamento causado pela luz do dia

A probabilidade de ofuscamento causado pela luz do dia (*DGP – daylight glare probability*) é usada para avaliar a proteção contra o ofuscamento em ambientes onde as atividades visuais são comparáveis à leitura, escrita ou utilização de dispositivos de exibição e os ocupantes não são capazes de escolher a posição ou a direção de visualização, como, por exemplo, leito hospitalar, salas de aula etc.

A probabilidade de ofuscamento pela luz do dia (*DGP*) é uma abordagem para considerar tanto a iluminância ao nível dos olhos quanto fontes individuais de brilho de alta luminância para estimar a fração de pessoas insatisfeitas. A *DGP* é uma métrica de ofuscamento desenvolvida sob condições reais de luz do dia em um espaço iluminado lateralmente.

De forma geral, a avaliação gráfica da *DGP* pode ser aplicada a um espaço com aberturas para a luz do dia verticais ou inclinadas, mas não é aplicável para um espaço com aberturas zenitais. . Já avaliação por simulação computacional permite a avaliação do *DGP* em aberturas zenitais.



Para avaliar o ofuscamento da luz do dia, a complexa distribuição de luminâncias dentro do campo de visão e o tamanho, intensidade e localização da fonte de ofuscamento em relação à linha de visão devem ser considerados.

A *DGP* é calculada em uma equação empírica que conecta quantidades físicas mensuráveis (por exemplo, luminância de fontes de brilho, iluminância no nível dos olhos, ângulo sólido da fonte do brilho) com o ofuscamento experimentado pelos sujeitos:

$$DGP = 5,87 \times 10^{-5} \times E_v + 9,18 \times 10^{-2} \times \log \left(1 + \sum_i \frac{L_{s,i}^2 \times \omega_{s,i}}{E_v^{1,87} \times P_i^2} \right) + 0,16 \quad (1)$$

onde

- E_v* é a iluminância no nível dos olhos, expressa em lux (lx), medida em um plano perpendicular à linha de visão. Esse valor desempenha o papel principal na experiência de ofuscamento em posições orientadas à luz do dia em um espaço. Além disso, esse valor também é usado como nível de adaptação;
- L_s* é a luminância da fonte de brilho, expressa em candelas por metro quadrado (cd/m²); por exemplo, no caso de aberturas de luz do dia, é a luminância do céu e/ou sol como visto pela abertura;
- P* é o índice de posição, descreve a redução da percepção do ofuscamento pelo deslocamento angular da fonte da linha de visão do ocupante. No caso das aberturas de luz do dia, a posição do céu visível dentro do campo de visão descreve a magnitude do índice de posição; quanto mais longe do centro de visão, menor o índice de posição;
- ω_s* é o ângulo sólido subentendido pela fonte de brilho, expresso em esferorradiano (sr). No caso das aberturas de luz do dia, o tamanho aparente da área visível do céu aos olhos do observador descreve a magnitude do ângulo sólido; quanto maior a área, maior é o ângulo sólido;
- i* é o número de fontes de brilho.

Os valores recomendados da *DGP* não podem ser excedidos por uma determinada fração do tempo de uso de referência $F_{DGP,excedida}$ (ver A.5). O valor recomendado para a *DGP* máxima pode ser avaliado pelo método simplificado. Alternativamente, pode ser utilizado um cálculo anual de *DGP* por meio de programas computacionais.

Os valores de *DGP* podem ser categorizados nas faixas da Tabela 1.

Tabela 1 — Categorização dos valores de *DGP*

Critério	<i>DGP</i>
O ofuscamento não é percebido	$DGP \leq 0,34$
O ofuscamento é percebido, mas na maioria das vezes não perturba	$0,34 < DGP \leq 0,38$
O ofuscamento é percebido e, muitas vezes, perturba	$0,38 < DGP \leq 0,45$
O ofuscamento é percebido e, na maioria das vezes, é intolerável	$DGP \geq 0,45$

Na aplicação do método simplificado, em casos de múltiplas posições possíveis das atividades, a

posição mais desfavorável esperada deve ser investigada. Essas posições geralmente são próximas a fachada ou onde espera-se que a linha de visão pode cruzar com a posição de sol baixo. Se os critérios de ofuscamento forem aceitáveis para a posição mais desfavorável dentro de um espaço, eles são considerados atendidos dentro da área utilizada do espaço. Caso seja feita análise por meio de programa computacional, várias posições podem ser analisadas simultaneamente e deve-se analisar as posições consideradas críticas.

NOTA A *DGP* não é aplicada a situações nas quais se pode esperar que a iluminância vertical não seja um bom indicador para a percepção do ofuscamento. Essas situações incluem, por exemplo, áreas de venda automática, salas esportivas e ambientes profundos ou escuros com aberturas muito pequenas. Além disso, o método *DGP* não é aplicável a posições em um espaço que estão longe das aberturas diurnas ou que têm baixos níveis de luz do dia.

8.3 Análise da proteção contra ofuscamento

8.3.1 Geral

A verificação da proteção do ofuscamento pode ser realizada por três métodos. Um método simplificado de verificação de dispositivos de sombreamento está descrito em 8.3.2 e 8.3.3, um método de medições *in loco* para calcular valores de *DGP* que está descrito na ABNT NBR 15215-4, ou pode ser ainda avaliado ao longo do ano por meio de simulação baseada no clima.

8.3.2 Avaliação anual

Para uma investigação global, é necessário analisar o comportamento anual da ocorrência de ofuscamento. Situações de ofuscamento crítico que excedam um valor-limite de DGP_t devem ser limitadas a uma determinada fração do tempo de uso de referência $f_{DGP,excedido}$ de acordo com a equação (2).

$$f_{DGP,excedido} = \frac{\text{tempo de ofuscamento excedido}}{\text{tempo de uso de referência}} = \frac{t_{\text{ofuscamento}}}{t_{ref}} \quad (2)$$

O tempo de uso de referência t_{ref} é definido como o tempo total ao longo do ano, em qual o ambiente investigado é possivelmente utilizado, definido nesta Norma como o horário de 10 h por dia durante todo o ano. Este critério é usado como referência, mesmo se o uso real diferir deste.

Tempos de uso alternativos podem ser aplicados quando divergirem significativamente do tempo de uso da referência e quando houver a suposição de que há regularidade do uso do ambiente nessas condições específicas. Resultados alcançados com diferentes tempos de uso não podem ser comparados aos resultados obtidos com o tempo de uso de referência padrão.

O tempo de ofuscamento excedido t_{brilho} é a quantidade de tempo ao longo do tempo de uso de referência em que o *DGP* excede o limiar DGP_t .

Por exemplo, um valor *DGP* que não é excedido em mais de 5 % do tempo de ocupação é definido como $DGP_{e<5\%}$. Na Tabela A.3 são apresentadas propostas para os valores-limite para $DGP_{e<5\%}$.

8.3.3 Avaliação anual simplificada

8.3.3.1 Requisitos gerais

Para ambientes com aberturas laterais para luz do dia e com dispositivos de proteção solar, um método simplificado de avaliação de ofuscamento anual pode ser aplicado para:

- dispositivos de proteção solar opacos nas posições estendida ou fechada, como, por exemplo,

- persianas venezianas, persianas rolô e similares feitas de material que não permitem a passagem de luz;
- b) dispositivos de proteção solar feitos de material têxtil, ou opacos perfurados, como, por exemplo, cortinas de rolo, persianas verticais, persianas de rolô e similares feitas de material translúcido ou que permitem a passagem parcial de luz;
 - c) vidros não difusores com baixa transmissão de luz obtidos por opacidade, como, por exemplo, vidros serigrafados e eletrocromicos, por reflexão, como, por exemplo, vidros de controle solar.

NOTA Para vidros ou claraboias de materiais difusores, as propriedades de proteção ao ofuscamento dependem fortemente da função de distribuição de transmissão bidirecional (*BTDF*), definindo direção e intensidade da luz transmitida. Para vidros difusores e claraboias, existe uma grande variedade de materiais e propriedades, portanto, o método simplificado não é aplicável. Sistemas com uma transmissão normal elevada ou com propriedades de dispersão estreitas podem causar problemas de ofuscamento, quando no campo de visão dos ocupantes. Uma transmissão alta e difusa direta leva a uma alta luminância e pode causar brilho para múltiplas direções e posições de visualização, mesmo quando o disco solar não é visível.

As avaliações simplificadas são diferentes para cada um dos sistemas acima mencionados e estão descritas a seguir. Para apoiar as avaliações, as Tabelas E.4 a E.8 fornecem dados com base nas horas de sol anuais e nas zonas de sol correspondentes (ver E.3.2.5). Para cada uma das zonas de sol, as avaliações podem ser feitas para dois tamanhos de aberturas, para três distâncias do observador até a abertura e para duas direções de visualização (ver figuras 9 e 10). Esses parâmetros são descritos da seguinte forma:

- a) zona de sol: Locais com número maior ou igual a 2 100 h anuais de sol são considerados como zona de sol H, e, abaixo de 2 100 h, zona de sol L;
- b) tamanho da abertura da luz do dia: Define-se uma grande abertura de vidro quando a aplicação atender, simultaneamente, aos seguintes requisitos:
 - 1) a soma da largura do vidro é maior que 50 % da largura da fachada;
 - 2) o percentual da área envidraçada é maior que 50 % da área total da fachada;
 - 3) a cota superior da peça de vidro encontra-se acima de 2,0 m acima do piso do pavimento;
 - 4) quando não atender às três condicionantes, define-se a abertura como uma abertura pequena;
- c) a distância até a abertura da luz do dia d_w é a distância entre o observador e o dispositivo de proteção solar, expressa em metros (m).

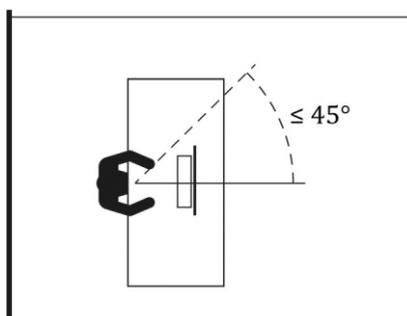


Figura 9 — As direções da visão VD_p (sentido de visão paralela à fachada com ângulo máximo de visão para a fachada de 45°)

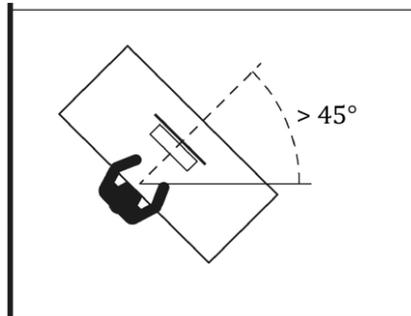


Figura 10 — As direções da visão VD_f (sentido de visão em direção à fachada e com um ângulo de visão para a fachada superior a 45°)

8.3.3.2 Dispositivo de proteção solar opaco na posição estendida

Dispositivos de proteção solar feitos de material opaco fornecem o maior critério de ofuscamento $DGPe < 5\% \leq 0,35$, onde:

- o dispositivo pode ser operado pelo ocupante; e
- não há visão para todas as posições solares que ocorrem na posição totalmente fechada e estendida.

Um brise de venezianas típico atende a essas condições se:

- buracos por onde os cabos internos passam estão escondidos;
- não há reflexão perturbadora entre as ripas em posição fechada; e
- não há visão direta do sol por lacunas periféricas.

8.3.3.3 Dispositivo de proteção solar em que a cortina é feita de material têxtil, lona ou material opaco perfurado

A ocorrência de ofuscamento ao usar esse tipo de dispositivos de proteção solar depende de muitos fatores de projeto, sendo os mais relevantes:

- propriedades ópticas de materiais;
- presença de insolação direta;
- direção da visão;
- orientação de fachada;
- fração de vidro na fachada;
- transmissão visível dos vidros;
- distância do usuário até a fachada.

As propriedades dos materiais e as classes de proteção de ofuscamento deste tipo de dispositivos de

proteção solar são definidas na EN 14501. A Tabela 2 apresenta a classificação dos materiais e as classes de proteção.

Tabela 2 — Propriedades dos materiais e as classes de proteção ao ofuscamento

Classe	Influência no conforto visual				
	0	1	2	3	4
Efeito	Efeito muito pequeno	Efeito pequeno	Efeito moderado	Efeito positivo	Efeito muito positivo

Tabela 3 — Classificação do controle de ofuscamento de acordo com as propriedades de transmitância visível $\tau_{v,n-n}$ e $\tau_{v,n-dif}$

$\tau_{v,n-dif}^b$	$\tau_{v,n-n}^a$					
	$\tau_{v,n-n} = 0,00$	$0,00 < \tau_{v,n-n} \leq 0,01$	$0,01 < \tau_{v,n-n} \leq 0,02$	$0,02 < \tau_{v,n-n} \leq 0,03$	$0,03 < \tau_{v,n-n} \leq 0,05$	$\tau_{v,n-n} > 0,05$
$\tau_{v,n-dif} \leq 0,03$	4	4	3	3	1	0
$0,03 < \tau_{v,n-dif} \leq 0,06$	4	3	2	2	1	0
$0,06 < \tau_{v,n-dif} \leq 0,10$	4	3	2	1	0	0
$0,10 < \tau_{v,n-dif} \leq 0,15$	3	2	1	1	0	0
$0,15 < \tau_{v,n-dif} \leq 0,20$	2	2	1	1	0	0
$0,20 < \tau_{v,n-dif} \leq 0,25$	1	1	0	0	0	0
$0,25 < \tau_{v,n-dif}$	0	0	0	0	0	0

^a $\tau_{v,n-n}$ é a transmissão de luz normal-normal
^b $\tau_{v,n-dif}$ é a transmissão de luz normal-difusa

NOTA 1 $\tau_{v,n-n} = 0,00$ significa que o fator de abertura é igual a zero (ver Bibliografia [14]).

NOTA 2 Dispositivos de proteção solar que estão dentro da área cinza da Tabela 3 podem ganhar uma classe adicional, nos casos em que se justificar um ângulo de corte menor ou igual a 65° (por exemplo, um produto classe 3 se torna classe 4 neste caso específico).

Nas Tabela 4 a Tabela 6 as classes recomendadas de proteção ao ofuscamento, de acordo com a EN 14501, são estabelecidas conforme o nível de proteção ao ofuscamento da Tabela A.3 para duas diTabela 6reções de visualização VD_p e VD_t e duas transmissões de vidro diferentes.



Tabela 4 — Classe de ofuscamento recomendadas para atender aos critérios de brilho do $DGPe < 5\% \leq 0,45$ (ver Bibliografia [14])

Tipos de abertura	dw	Zona de sol L				Zona de Sol H			
		Orientações N, NE, NO		Orientações N, NE, NO		Orientações N, NE, NO		Orientações N, NE, NO	
		τ_{vidro}		τ_{vidro}		τ_{vidro}		τ_{vidro}	
		$\leq 0,60$	$> 0,60$	$\leq 0,60$	$> 0,60$	$\leq 0,50$	$> 0,50$	$\leq 0,50$	$> 0,50$
		VD_p / VD_f	VD_p / VD_f						
Abertura pequena	1 m	1 / 3	2 / 3	1 / 3	1 / 3	1 / 3	1 / 4	1 / 3	1 / 3
	2 m	1 / 1	1 / 1	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 2
	3 m	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
Abertura grande	1 m	1 / 3	2 / 4	1 / 3	2 / 3	1 / 3	2 / 4	1 / 3	2 / 3
	2 m	1 / 2	1 / 3	1 / 2	1 / 3	1 / 3	1 / 3	1 / 3	1 / 3
	3 m	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 2

Tabela 5 — Classe de ofuscamento recomendadas para atender aos critérios de brilho de $DGPe < 5\% \leq 0,38$ (ver Bibliografia [14])

Tipos de abertura	dw	Zona de sol L				Zona de Sol H			
		Orientações N, NE, NO		Orientações N, NE, NO		Orientações N, NE, NO		Orientações N, NE, NO	
		τ_{vidro}		τ_{vidro}		τ_{vidro}		τ_{vidro}	
		$\leq 0,60$	$> 0,60$	$\leq 0,60$	$> 0,60$	$\leq 0,50$	$> 0,50$	$\leq 0,50$	$> 0,50$
		VD_p / VD_f	VD_p / VD_f						
Abertur a pequen	1 m	2 / 4	2 / 4	2 / 4	2 / 4	2 / 4	2 / 4	2 / 4	2 / 4
	2 m	1 / 4	1 / 4	1 / 4	1 / 4	1 / 4	2 / 4	1 / 4	1 / 4
	3 m	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 2	1 / 1	1 / 1	1 / 2	1 / 2
Abertur a grande	1 m	2 / 4	3 / 4	2 / 4	3 / 4	2 / 4	3 / 4	2 / 4	3 / 4
	2 m	1 / 4	1 / 4	1 / 4	2 / 4	2 / 4	2 / 4	2 / 4	2 / 4
	3 m	1 / 1	1 / 4	1 / 2	1 / 4	1 / 4	2 / 4	1 / 4	1 / 4

Tabela 6 — Classe de ofuscamento para cortinas de tecido ou não tecido para atender aos critérios de brilho de $DGP_{e < 5\%} \leq 0,34$ (ver Bibliografia [14])

	dw	Zona de sol L				Zona de Sol H			
		Orientações N, NE, NO		Orientações N, NE, NO		Orientações N, NE, NO		Orientações N, NE, NO	
		τ_{vidro}		τ_{vidro}		τ_{vidro}		τ_{vidro}	
		$\leq 0,60$	$> 0,60$	$\leq 0,60$	$> 0,60$	$\leq 0,50$	$> 0,50$	$\leq 0,50$	$> 0,50$
		VD_p / VD_f	VD_p / VD_f						
Abertur a	1 m	4 / 4	4 / 4	3 / 4	4 / 4	4 / 4	4 / 4	4 / 4	4 / 4
	2 m	1 / 4	2 / 4	1 / 4	2 / 4	2 / 4	3 / 4	2 / 4	2 / 4
	3 m	1 / 1	1 / 2	1 / 2	1 / 4	1 / 1	1 / 1	1 / 4	1 / 4
Abertur a	1 m	4 / 4	4 / 4	4 / 4	4 / 4	4 / 4	4 / 4	4 / 4	4 / 4
	2 m	3 / 4	4 / 4	2 / 4	4 / 4	4 / 4	4 / 4	3 / 4	4 / 4
	3 m	1 / 4	1 / 4	1 / 4	1 / 4	2 / 4	2 / 4	2 / 4	2 / 4

8.3.3.4 Vidro não difusor com baixa transmitância de luz, como, por exemplo, vidros de controle solar, pintados, serigrafados ou vidros eletrocromáticos

A ocorrência de ofuscamento ao utilizar um dispositivo de vidros não difusores com transmitância de luz baixa ou variável depende principalmente de três fatores:

- a) tamanho da abertura;
- b) propriedades de transmitância do vidro;
- c) frequência da ocorrência de insolação no campo de visão.

O tamanho da abertura, a esquadria, a orientação, o entorno, o sombreamento externo e dispositivos de proteção solar devem ser considerados na definição da transmitância luminosa do vidro para não comprometer o fornecimento de luz do dia.

Nas Tabelas 7 e 8 o $DGP_{e < 5\%}$ é pré-calculado. Os valores para vidros de baixa transmissão ou vidros eletrocromáticos são fornecidos considerando para uma direção de visão paralela VD_p com ângulo máximo de visão para o plano de fachada de 45° .



Tabela 7 — $DGP_{e < 5\%}$ valores pré-calculados para vidros de baixa transmissão ou vidros electrocrômicos para a zona de sol L e VD_p

Tipos de abertura	d_w	Zona de sol L																			
		Orientações N, N-E, N-W								Orientações E, O, S-E, S-O											
		τ_{vidro}								τ_{vidro}											
Abertura pequena	1 m	0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
		0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
		0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
	2 m	0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
		0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
		0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
	3 m	0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
		0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
		0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
Abertura grande	1 m	0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
		0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
		0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
	2 m	0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
		0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
		0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
	3 m	0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
		0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64
		0,01	< 0,20	0,02	0,36	0,03	0,45	0,04	0,48	0,05	0,50	0,06	0,52	0,08	0,54	0,10	0,55	0,15	0,60	0,20	0,64

Tabela 8 — $DGP_{e < 5\%}$ valores pré-calculados para vidros de baixa transmissão ou vidros eletrocromicos para a zona de sol H e VD_p

Tipos de abertura	d_w	Zona de sol H																			
		Orientações N, N-E, N-O								Orientações E, O, S-E, S-O											
		τ_{vidro}								τ_{vidro}											
		0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20
Abertura pequena	1 m	< 0,20	0,36	0,45	0,48	0,50	0,52	0,54	0,55	0,60	0,64	0,20	0,41	0,47	0,49	0,51	0,52	0,54	0,56	0,61	0,67
	2 m	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,26	0,36	0,41	0,45	0,46	0,49	0,51	< 0,20	< 0,20	0,29	0,41	0,46	0,48	0,49	0,51	0,53	0,56
	3 m	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,22	0,24	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,22	0,24	0,28	0,33
Abertura grande	1 m	< 0,20	0,42	0,46	0,49	0,51	0,52	0,55	0,57	0,63	0,71	< 0,20	0,43	0,47	0,49	0,51	0,52	0,54	0,57	0,63	0,70
	2 m	< 0,20	0,22	0,40	0,44	0,47	0,48	0,50	0,51	0,55	0,59	< 0,20	0,36	0,45	0,48	0,49	0,50	0,52	0,54	0,58	0,62
	3 m	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,21	0,31	0,36	0,41	0,42	0,45	0,46	< 0,20	< 0,20	0,25	0,38	0,44	0,45	0,47	0,49	0,51	0,54

8.4 Reflexão ou ofuscamento inabilitador

Reflexões sobre equipamentos de tela de exibição ou em outros materiais da área da tarefa, como, por exemplo, papel, reduzem o contraste entre o fundo e o primeiro plano da tarefa visual e, portanto, reduzem a legibilidade ou visibilidade do detalhe a ser percebido. Estas reflexões ocorrem quando fontes de luz brilhante, por exemplo, aberturas laterais, estão no campo de visão refletido pela tela. O tamanho, a quantidade e a significância dependem da luminância da fonte, das propriedades de reflexão da tela e do fundo e luminância da tela. O contraste deve ser alto o suficiente para que a tarefa possa ser executada sem erros (por exemplo, para ler um texto na tela). Portanto, recomenda-se que o contraste exceda um nível mínimo exigido.

NOTA Mais detalhes podem ser encontrados na ISO 9241-303 que trata da ergonomia relativa à interação entre homem e sistema, relativa a requisitos para telas eletrônicas.

9 Exposição mínima à luz solar direta

9.1 Geral

A exposição à luz solar direta é um importante critério de qualidade de um ambiente interno e pode contribuir para o bem-estar humano. A distribuição de luz solar direta é desejável para qualquer espaço interno no período frio e essencial para alguns espaços, dependendo da sua função. A



exposição à insolação mínima deve ser fornecida para ao menos um espaço habitável nas moradias, para quartos hospitalares e para áreas de lazer em creches de acordo com requisitos adotados por projetistas e proprietários. Para tal, deve-se estimar o número mínimo de horas durante as quais este ambiente deve receber luz solar direta, sob céu claro, considerando um período de referência ao longo do ano (ver A.4). Casos em que não seja possível a obtenção de insolação direta em função de condições prévias do entorno devem ser devidamente justificados.

9.2 Critérios para insolação mínima

Para um determinado dia de referência (ver A.4), um ambiente interno deve receber luz solar direta por ao menos um número predeterminado de horas. Os valores recomendados de horas de exposição à luz solar (h) são fornecidos na Tabela A.4 e os métodos de cálculo são descritos nos itens a seguir.

Casos em que não seja possível a obtenção insolação mínima em função de condições prévias do entorno devem ser devidamente justificados.

9.3 Verificação da duração da insolação

A avaliação da insolação consiste em verificar se o sol pode ser visível pelo céu na data selecionada, e calcular a duração da exposição em horas.

A verificação da duração da insolação deve ser realizada em um ambiente que receba insolação e em um ponto de referência P . As aberturas devem possuir tamanho e geometria adequados para assegurar luz solar direta conforme o valor recomendado.

A duração da insolação pode ser determinada usando um procedimento manual ou por simulação computacional. Também pode ser verificada usando fotografias tiradas no ponto P usando uma câmera equipada com uma lente olho de peixe. No caso da simulação computacional, recomenda-se o intervalo adotado seja de minuto a minuto.

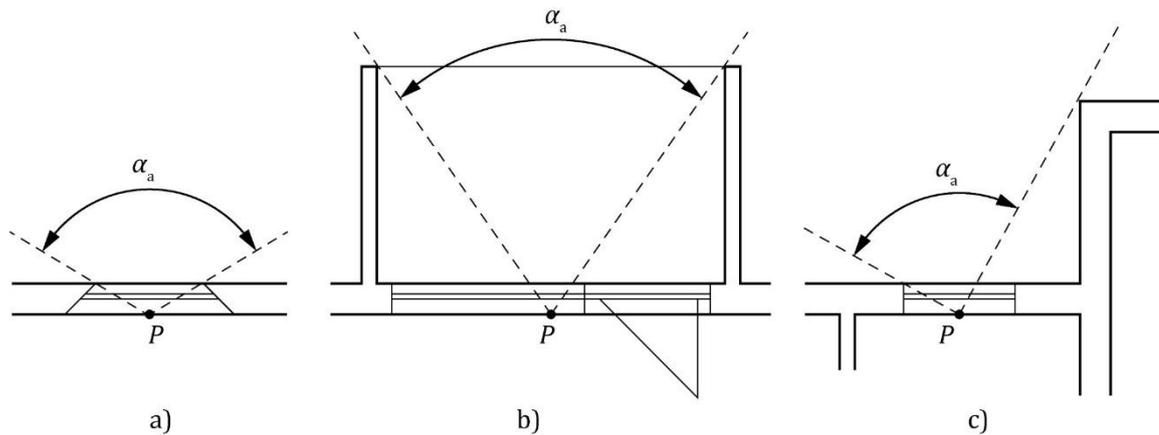
A abertura para luz do dia, em posição onde a luz solar direta pode causar ofuscamento, desconforto ou superaquecimento, deve ser fornecida, preferencialmente, com dispositivos móveis de sombreamento solar.

9.4 Princípio de avaliação das horas insolação mínima

O Anexo A recomenda três níveis para as horas de exposição à insolação (h) em um espaço para um período selecionado nos meses frios do ano.

A avaliação deve ser realizada para uma data dentro deste período, para cada abertura do ambiente, a partir de um ponto de referência (ponto P) localizado na superfície interna (lado interno da parede da fachada que contém a abertura para a luz do dia, conforme a Figura 10). O ponto P deve ser localizado no centro da largura de abertura. Para múltiplas aberturas em diferentes fachadas, é possível acumular o tempo de insolação se esta não ocorrer ao mesmo tempo. A altura do ponto de referência é de no mínimo 1,2 m acima do piso ou 0,3 m acima do peitoril da abertura para luz do dia, se o peitoril estiver acima de 1,2 m do piso.

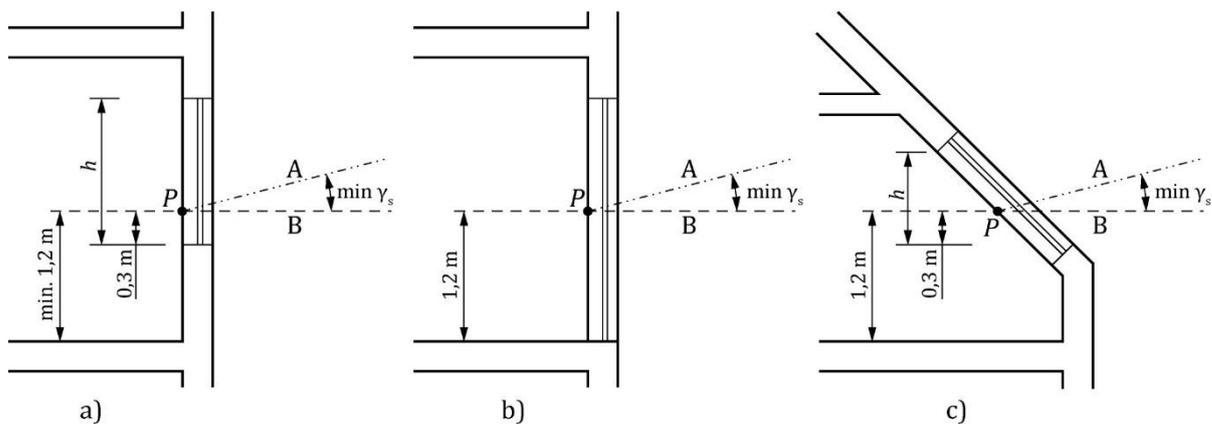
A influência de várias geometrias de abertura e das construções externas da edificação em si é apresentada na Figura 11, em planta, enquanto a posição do ponto de referência P é apresentada na Figura 12, em corte.



Legenda

- a* abertura para luz do dia com acabamento chanfrado;
- b* abertura para luz do dia em varanda ou pátio;
- c* abertura para luz do dia sombreada pela própria edificação;
- α_a ângulo visível a partir da abertura;
- P* ponto de referência

Figura 11 - Relação do ângulo de aceitação α e posição do ponto de referência *P* no plano



Legenda

- a* abertura vertical para luz do dia com peitoril de 1,2 m acima do piso;
- b* abertura vertical para luz do dia no nível do piso;
- c* abertura para luz do dia localizada em superfície inclinada;
- A* altura solar mínima;
- B* horizonte do ponto;
- P* ponto de referência

Figura 12 - Posição do ponto de referência *P* em corte

A partir do ponto *P* da abertura, é necessário obter a fração do céu visível, para identificar a possibilidade de que a insolação possa atingir o ponto de referência *P* na abertura na data ou período selecionados. Isso requer a descrição das obstruções devido ao entorno da edificação, bem como de componentes e detalhes da fachada sob análise.

Três métodos são recomendados para avaliação de exposição à insolação: por simulação computacional, por construções geométricas manuais e por verificação *in loco* (para este último, ver

ABNT NBR 15215-4).

9.5 Método por simulações computacionais

Para este método deve-se utilizar um programa computacional que tenha um módulo gráfico permitindo gerar, desde o ponto de referência P , imagens em direção ao exterior, pela abertura para a luz do dia. Por exemplo, com um programa computacional capaz de produzir uma imagem angular (por exemplo, tipo olho de peixe, projeção estereográfica), é possível comparar a área do céu livre de obstruções com diagramas de trajetória solar, para a latitude, a fachada e o período desejados. Ver Figuras 13 e 14.

A orientação solar ao gerar as imagens e orientar os diagramas dos caminhos solares deve ser determinada com precisão. Se um tipo de imagem "olho de peixe" deve ser produzida no ponto P , o centro da imagem deve ser o ponto no céu na vertical do ponto P (zênite). Em seguida, o diagrama da trajetória solar deve ser sobreposto à imagem feita pelo programa computacional gráfico no ponto P .

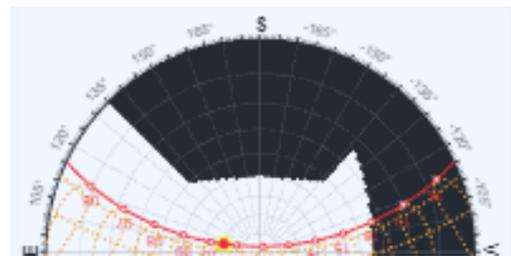
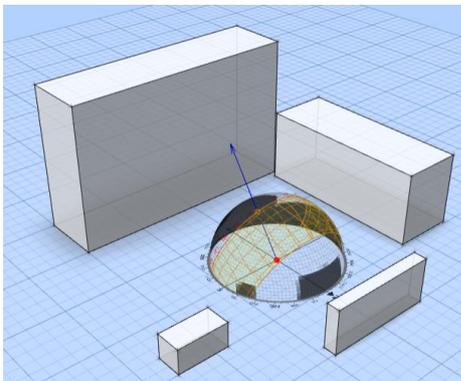


Figura 13 - Máscara em projeção estereográfica de um ponto para dado entorno – fachada sul (ver Bibliografia [19])

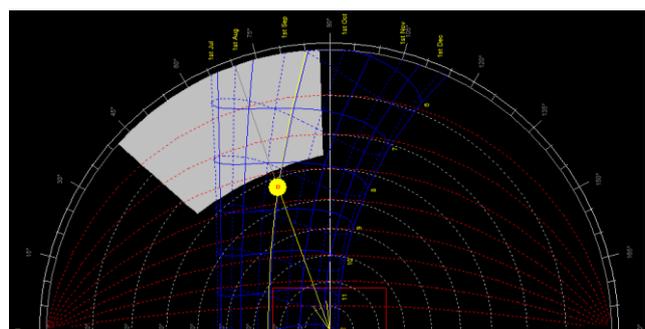
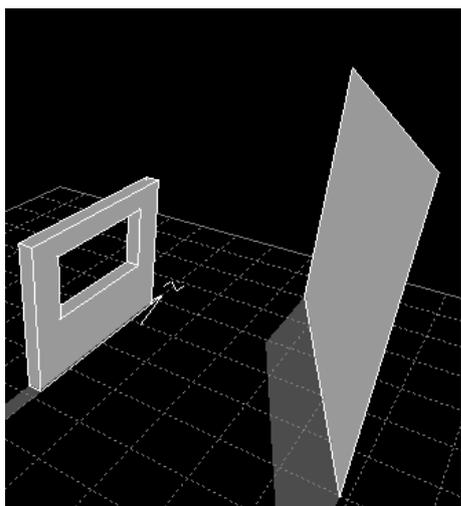


Figura 14 - Máscara em projeção estereográfica de um ponto para dado entorno – fachada leste, onde se pode verificar que no dia 20 de setembro há acesso a 5 h de sol (ver Bibliografia [20])

O número de horas de insolação pode ser também calculado por algoritmos presentes em programas de simulação computacional paramétrica, sendo considerado o ponto P para a análise, conforme 9.4.

9.6 Método por construções geométricas manuais

Este método requer identificar azimutes, ângulos de elevação e ângulos de obstrução do entorno para a construção de máscaras de sombreamento semelhantes às apresentadas em 9.5. A orientação solar dos ambientes e a geometria das aberturas na envoltória da edificação devem possibilitar a incidência de luz solar no ponto P avaliado, para os ambientes determinados nesta Seção. O ponto de referência P para avaliação do tempo de duração da luz solar é determinado pela construção de máscaras de sombreamento que considerem o entorno e nas quais seja sobreposta a carta solar.

10 Exposição máxima anual à luz solar direta

10.1 Geral

A exposição anual à luz solar direta (*Annual Sunlight Exposure* - ASE) fornece uma dimensão da análise da luz do dia, olhando para uma fonte potencial de desconforto visual, a luz solar direta (ver Bibliografia [12]), e é complementar à análise de disponibilidade da luz natural.

10.2 Critérios para a exposição anual à luz solar direta máxima

A métrica considera que quanto maior a área da tarefa visual exposta a certo nível de luz solar direta por ano, maior a probabilidade de ocorrência de desconforto visual para os ocupantes. O cálculo de ASE determina a porcentagem da área exposta a mais de 1 000 lux de luz solar direta por mais de 250 h no ano. Para isso, o nível de iluminância e o tempo são incluídos como subscritos, como ASE_{1000,250}. A Tabela A.5 do Anexo A.6 traz recomendação para exposição anual à luz solar máxima.

10.3 Verificação da exposição anual à luz solar direta

A verificação deve ser feita para ambientes não residenciais, por meio de simulação computacional baseada no clima. A ASE deve ser calculada sem uso de persianas ou de sistemas de controle da luz solar. Por isso, a métrica descreve a condição de risco ou o pior caso da quantidade de luz solar que um espaço pode experimentar durante um ano com clima típico.

11 A luz natural como estímulo não visual

11.1 Geral

Os estímulos não visuais são aqueles relativos ao potencial circadiano, mediados pela capacidade da radiação ótica ao estímulo dos fotorreceptores das células fotossensíveis da retina que contêm melanopsina (ipRGC), em humanos. Há ainda a possibilidade de se considerar fatores relativos à idade do usuário na avaliação dos estímulos não visuais.

11.2 Quantificação da luz como estímulo não visual (potencial circadiano)

Existem dois métodos para quantificar a luz como estímulo não visual (ver Bibliografia [14]). Estes são baseados em:

- a) resposta espectral dos fotopigmentos nos bastonetes, cones e ipRGC;



b) avaliação da supressão noturna do hormônio melatonina.

Existem duas métricas para o primeiro método: Lux Melanópico Equivalente (*Equivalent Melanopic Lux* - EML) (ver Bibliografia [17]) e a Iluminância da Luz do Dia Melanópica Equivalente (*Melanopic Equivalent Daylight Illuminance* -M-EDI) (ver Bibliografia [11]).

Deve-se considerar que o conhecimento no campo está se desenvolvendo em um ritmo acelerado. O Lux Melanópico Equivalente (EML) pode ser calculado por programas computacionais para cálculo de luz circadiana como o Alfa e o Lark. A Iluminância da Luz do Dia Melanópica Equivalente (M-EDI) foi proposta pela CIE e espera-se que se torne uma métrica-padrão no futuro. O Estímulo Circadiano (CS) também é amplamente utilizado.

Até o momento as métricas que tratam da luz circadiana indicam níveis de iluminação elétrica a serem atendidos para o estímulo circadiano, não tratando de referências mínimas para a disponibilidade de luz natural melanópica, e, portanto, nesta Norma não se fornecem recomendações neste sentido. Para recomendações relativas à iluminação elétrica, pode-se consultar a literatura disponível, sendo alguns dos artigos usados como referência apresentados na Bibliografia.

NOTA A CIE (Commission Internationale de L'Eclairage) publicou um termo de declaração em 2018 com base em estudos de literatura existentes com foco em respostas à luz influenciadas pelos IPRGC (ver Bibliografia [8]). Um dos pontos abordados é relativo às mudanças relacionadas à idade na lente do olho humano que modificam a transmissão de luz dentro do sistema ocular. Para isso, a CIE propôs um fator de correção a ser aplicada ao espectro de luz para explicar as diferentes sensibilidades de observadores de diferentes idades. O fator de correção para aplicar ao estímulo luminoso é fornecido para comprimentos de onda do espectro visível, de 380 a 780nm. Cada curva corresponde a uma idade diferente, variando de 1 a 90 anos. O valor do fator de correção é maior para comprimentos de onda mais curtos e é expresso em relação a um indivíduo de 32 anos, para o qual a curva permanece plana e o índice de correção é 1. Por exemplo, o fator de correção a ser aplicado às quantidades melanópicas com um comprimento de onda de 480nm, para um D65 padrão CIE é de 1,052 para uma pessoa de 25 anos, 1 para um homem de 32 anos, 0,835 para um indivíduo de 50 anos e 0,457 para um indivíduo de 90 anos. A idade de 32 anos foi escolhida, uma vez que a função de sensibilidade fotópica $v(\lambda)$ convencionalmente utilizada na literatura de iluminação científica é normalizada para um indivíduo dessa idade. A diminuição da transmissão de luz no sistema ocular com a idade implica que os limiares atuais propostos para assegurar uma resposta às necessidades visuais e não visuais devem ser modificados com base na idade do observador. A ferramenta SpeKtro (ver Bibliografia [18])¹ é um exemplo de ferramenta que fornece, entre outras características, um painel interativo para explorar respostas não visuais à luz, com a possibilidade de definir a idade do observador entre 0 e 100 anos de idade.

¹ *Spektro Interactive dashboard for exploring non-visual spectrum lighting* é exemplo de produto adequado comercialmente disponível. Esta informação é dada para facilitar aos usuários deste Documento e não constitui um endosso por parte da ABNT ao produto citado.

Anexo A (informativo) Recomendações para iluminação natural em ambientes internos

A.1 Geral

Este Anexo fornece três níveis de recomendação para avaliação da luz natural em ambientes internos, conforme indicados a seguir:

- a) Nível I;
- b) Nível II;
- c) Nível III.

São indicados níveis de escala de qualidade, sendo que se entende a qualidade da iluminação natural aumenta à medida em que se passa do nível I (condição adequada) para o II (condição ótima) e para o III (condição excelente). As recomendações são dadas para fornecimento de luz do dia (ver A.2), vista do exterior (ver A.3), exposição à luz solar (ver A.4) e existência de proteção contra ofuscamento (ver A.5).

A.2 Recomendações para o fornecimento de luz do dia

A Tabela A.1 fornece recomendações para o fornecimento de luz do dia em ambientes de permanência prolongada em edificações não residenciais. O valor a ser adotado é a média ponderada das áreas analisadas na edificação, que pode ser analisada em partes ou em sua integralidade.

NOTA 1 Para ambientes residenciais, as recomendações de fornecimento de luz do dia estão dispostas na ABNT NBR 15575-4

A tabela A.1 inclui níveis de iluminância-alvo E_A e o nível mínimo de iluminância E_{Amin} . Os níveis recomendados são definidos pela fração específica $F_{plano, \%}$ do plano de referência em um ambiente interno em que a iluminância-alvo E_A é alcançada. A fração do plano de referência, $F_{plano, \%}$, dentro de um espaço, em porcentagem, é fornecida na Tabela A. 1. A fração de horas de luz natural $F_{tempo, \%}$ deve ser calculada em um intervalo de 10 h.

Tabela A. 1— Recomendações de distribuição de luz do dia para aberturas para luz do dia – edificações não residenciais

Nível de recomendação	Iluminância-alvo E_A lx	Fração de espaço para nível-alvo $F_{plano, \%}$	Iluminância-alvo mínima E_{Amin} lx	Fração de espaço para nível-alvo mínimo $F_{plano, \%}$	Fração de horas de luz natural $F_{tempo, \%}$
Nível I	250	40 %	100	60 %	50 %
Nível II		55 %		75 %	
Nível III		70 %		90 %	

A.3 Recomendações para vista externa

Abertura(s) para vista externa deve(m) fornecer uma visão suficiente do exterior. Se houver várias aberturas com pouca distância entre elas, a soma das aberturas pode ser considerada uma abertura.

A Tabela A. 2 fornece recomendações para três níveis de vista por meio de aberturas verticais, inclinadas e/ou horizontais. Esses níveis dependem do ângulo de visão no plano horizontal, da distância para a vista externa e do número de camadas (conteúdo da visão). Esses aspectos são avaliados a partir de posições de referência. Os níveis de visualização mais altos são especificamente importantes para alcançar uma maior quantidade de usuários, independentemente da idade, estatura ou eventual limitação de sua mobilidade.

Tabela A. 2— Avaliação da visão para o exterior a partir de uma determinada posição

Nível de recomendação	Parâmetro ^a		
	Ângulo de visão horizontal	Distância externa da vista	Número de camadas a serem vistas em a partir da área utilizada (Camadas consideradas para a análise: céu, paisagem (antrópica e/ou natural) e chão piso externo)
Nível I	≥ 14°	≥ 6,0 m	Ao menos a camada de paisagem deve estar incluída
Nível II	≥ 28°	≥ 20,0 m	Camada de paisagem e uma camada adicional devem estar incluídas na mesma abertura de exibição da vista
Nível III	≥ 54°	≥ 50,0 m	Todas as camadas devem estar incluídas na mesma abertura de exibição da vista

a Para um espaço com profundidade de ambiente superior a 4 m, recomenda-se que a respectiva soma das dimensões de abertura de vista seja de no mínimo 1,0 m x 1,25 m (largura x altura).

Não há recomendação de área mínima no ambiente para cada nível de vista. Esta área pode ser determinada pelo proprietário ou empreendedor em função do nível de qualidade desejado para o projeto. Espaços como ambientes hospitalares, ambientes de lazer e de repouso recomenda-se buscar atender ao menos ao nível II para parte significativa da área na qual permanecem os usuários.

A.4 Recomendação para existência de proteção contra ofuscamento

A probabilidade de ofuscamento pela luz natural (DGP) não pode exceder um valor máximo para mais do que a fração $F_{DGP, excedido} = 5\%$ do tempo de uso do espaço.

A Tabela A. 3 propõe valores-limite de $DGP_{e < 5\%}$ para diferentes níveis de proteção ao ofuscamento.

A recomendação mínima para existência de proteção contra o ofuscamento é que o DGP para o espaço ocupado não exceda um valor de 0,45 em mais de 5 % do tempo de ocupação dos ambientes pertinentes.

Tabela A. 3 — Níveis de limiar $DGP_e < 5\%$ para proteção de brilho

Nível de recomendação	$DGP_e < 5\%$
Nível I	0,45
Nível II	0,38
Nível III	0,34

NOTA 1 A literatura internacional ainda não recomenda um número máximo de direções de visão para as quais seja indicada a existência de ofuscamento perturbador ou intolerável em 5 % do tempo ou mais (DGP_e superior a 0,38), verificadas por programas computacionais.

NOTA 2 Recomenda-se observar todas as direções em que os valores estão acima de 0,38 e denominar esta grandeza de SDG (Ofuscamento espacial pela luz do dia). Não há ainda recomendação para um SDG máximo junto à literatura.

NOTA 3 A Tabela A.3 alerta que se a proteção contra ofuscamento for feita já a partir da detecção de ofuscamento perceptível, esta é considerada uma proteção de nível alto; se esta proteção for feita a partir da detecção da presença de ofuscamento perturbador, esta é considerada de nível médio e se a proteção contra ofuscamento for feita apenas quando há presença de ofuscamento intolerável está é considerada de nível mínimo.

A.5 Recomendação para insolação mínima

A recomendação é que ao menos um dos ambientes internos da edificação possa receber luz solar por um período de tempo de acordo com a Tabela A.4 em data selecionada entre 1° de agosto e 21 de setembro em localidades situadas nas zonas bioclimáticas de 1M, 1R e 2R de acordo com a ABNT NBR 15220-3. Deve-se considerar em todos os casos horários após as 7:00 e antes das 17:00.

A Tabela A. 4 propõe três níveis para exposição à luz solar.

Ao avaliar uma habitação (UH) completa, recomenda-se que ao menos um ambiente de permanência prolongada atenda a exposição à luz solar conforme a Tabela A. 4.

Tabela A. 4 — Recomendação para exposição diária à insolação

Nível de recomendação	Insolação mínima
Nível I	Atendimento ao critério mínimo de desempenho térmico da ABNT NBR 15575-1 ou ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5
Nível II	1,5 h
Nível III	3,0 h

A.6 Recomendação para exposição anual à luz solar máxima

Embora não haja um limite claro para métrica, a Tabela A. 5 propõe três níveis para exposição à luz



solar máxima para edificações não residenciais.

Tabela A. 5 — Recomendação para exposição à luz solar (ver Bibliografia [15])

Nível de recomendação	ASE
Nível I	$\leq 10 \%$
Nível II	$\leq 7 \%$
Nível III	$\leq 3 \%$

Bibliografia

- [1] ABNT NBR ICO/CIE 8995-1, Iluminância de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior
- [2] ABNT TR 15575-1-1, Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1-1: Base-padrão de arquivos climáticos para a avaliação do desempenho térmico por meio do procedimento de simulação computacional
- [3] ABNT NBR 15575-1, Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais
- [4] ABNT NBR 15575-2, Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais
- [5] ABNT NBR 15575-3, Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos
- [6] ABNT NBR 15575-4, Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE
- [7] ABNT NBR 15575-5, Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas
- [8] ISO 9241-303, *Ergonomics of human-system interaction Part 303: Requirements for electronic visual displays*
- [9] European Commission, BS EN 17037:2018+A1:2021, Daylight in buildings
- [10] Brown, T.; Brainard, G.; Cajochen, C.; Czeisler, C.; Hanifin, J.; Lockley, S.; Lucas, R.; Munch, M.; O'Hagan, J.; Peirson, S.; Price, L.; Roenneberg, T.; Schlangen, L.; Skene, D.; Spitschan, M.; Vetter, C.; Zee, P.; Wright Jr., K. Recommendations for Healthy Daytime, Evening, and Night-Time Indoor Light Exposure. Preprints 2020, 2020120037 (doi: 10.20944/preprints202012.0037.v1).
- [11] CIE. (2018). CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light. In. Vienna, Austria: CIE Central Bureau.
- [12] CIE. (2019). Position Statement - Proper Light at the Proper Time <https://cie.co.at/publications/cie-system-metrology-optical-radiation-iprgc-influenced-responses-light-0>
- [13] Enezi, J., Revell, V., Brown, T., Wynne, J., Schlangen, L., & Lucas, R. (2011). A "melanopic" spectral efficiency function predicts the sensitivity of melanopsin photoreceptors to polychromatic lights. *J Biol Rhythms*, 26(4), 314-323. <https://doi.org/10.1177/0748730411409719>
- [14] EN 14501:2005 Blinds and shutters — Thermal and visual comfort — Performance characteristics and classification
- [15] Houser, K. W., & Esposito, T. (2021). Human-Centric Lighting: Foundational Considerations and a Five-Step Design Process. *Frontiers in Neurology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.630553>
- [16] IES LM-83-12 Spatial Daylight Autonomy(sDA)and Annual Sunlight Exposure (ASE), IESNA 2012.
- [17] Lucas Group, & The University of Manchester. (2020). *Lucas Toolbox [online]*. Retrieved 2 March from <http://lucasgroup.lab.manchester.ac.uk/research/measuringmelanopicilluminance/>

- [18] Lucas, R. J., Peirson, S. N., Berson, D. M., Brown, T. M., Cooper, H. M., Czeisler, C. A., Figueiro, M. G., Gamlin, P. D., Lockley, S. W., O'Hagan, J. B., Price, L. L., Provencio, I., Skene, D. J., & Brainard, G. C. (2014). Moore, F. (1991): "Concepts and Practice of Architectural Daylighting". Van Nostrand Reinhold, New York.
- [19] LIPID|EPFL, 2015. Spektro Interactive dashboard for exploring non-visual spectrum lighting.
- [20] Marsh, Andrew J., 2017. <https://drajmarsh.bitbucket.io/shading-box.html>
- [21] Marsh, Andrew J., 2002. Suntool, Square one research PTY.
- [22] Rea, M. S., & Figueiró, M. G. (2016). Light as a circadian stimulus for architectural lighting. *Lighting Research & Technology*, 50(4), 497-510. <https://doi.org/10.1177/1477153516682368>
- [23] Rea, M. S., Figueiró, M. G., Bierman, A., & Hamner, R. (2011). Modelling the spectral sensitivity of the human circadian system. *Lighting Research & Technology*, 44(4), 386-396. <https://doi.org/10.1177/1477153511430474>
- [24] Rea, M. S., Figueiró, M. G., Bullough, J. D., & Bierman, A. (2005). A model of phototransduction by the human circadian system. *Brain Research Reviews*, 50(2), 213-228. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2005.07.002>
- [25] EN 12665:2018, Light and lighting. Basic terms and criteria for specifying lighting requirements.
- [26] AMORIM, C.N.D.; GARCIA-HANSEN, V. GENTILE, N. OSTERHAUS, W. PHAM, K. A Procedure to Post-Occupancy Evaluation of Daylight and Electrical Lighting Integrated Projects - Evaluating integrated lighting projects. IEA SHC Task 61 / EBC Annex 77: Integrated Solutions for Daylighting and Electric Lighting, 2021. DOI: 10.18777/ieashc-task61-2021-0006