IMPACTO DA ALTERAÇÃO DO MÉTODO DE CÁLCULO DA ILUMINAÇÃO NATURAL NA NORMA NBR 15.575

Cláudia Rocha Guidi (1); Roberta Vieira Gonçalves de Souza (2)
(1) Arquiteta, Doutoranda, claudiarguidi@gmail.com
(2) Arquiteta, Doutora, Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, UFMG, roberta@arq.ufmg.br
Escola de Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética – Rua Paraíba, 697, sala 124, Bairro Savassi, CEP 30130-140 – Belo Horizonte – MG. Tel.: (31) 3409-8825

RESUMO
A Norma NBR 15.575 está passando por revisões a fim de atualizar os critérios de avaliação. No campo do desempenho lumínico, foi apresentado um novo método de cálculo e requisitos de análise como forma de contribuição da responsabilidade ambiental pelos setores da construção civil através de procedimentos mais consistentes. A proposta deste artigo foi analisar o impacto da alteração do método de cálculo da iluminação natural na norma NBR 15.575-1 em dois modelos de edifícios residenciais configurando situação de cânion urbano em Belo Horizonte, Minas Gerais. Para isso, foram comparados resultados obtidos pelo método atual (a) prescritivo; (b) simulação computacional e (c) simulação computacional conforme proposta de revisão. Verificou-se que pelo método prescritivo da NBR 15.575-1 todos os ambientes atenderam aos limites para desempenho mínimo. Já por simulação, 52% do modelo do Buritis e 62% do modelo da ZCBH atenderam à métrica. Pelo novo método proposto, há nova redução deste percentual de atendimento, sendo 24% e 39%, respectivamente. A revisão do método de cálculo é necessária, pois ambientes considerados como atendendo à Norma podem ser potencialmente mais escuros. Entretanto, por se tratar de uma alteração de Norma vigente, deve-se considerar que o baixo atendimento pode inviabilizar a construção de edificações em centros adensados.

Palavras-chave: iluminação natural, NBR 15575, simulação computacional.

ABSTRACT
Standard NBR 15.575 is undergoing revisions in order to update the evaluation requirements. In the field of lighting performance, a new calculation method and analysis requirements were presented as a way of contributing to environmental responsibility by the civil construction sectors through more consistent procedures. The purpose of the present study was an analysis of the impact of the revision of the calculation method of daylighting in the NBR 15.575-1 in two models of residential buildings configuring the situation of an urban canyon in Belo Horizonte, Minas Gerais. The evaluations were carried out according to (a) prescriptive method; (b) computational simulation and (c) computational simulation according to the proposed revision. Using the prescriptive method of NBR 15.575-1, all illuminances were within the minimum values. Using computer simulation, 52% of Buritis model and 62% of ZCBH model met the the minimum established values. According to the new method proposed, there is a further reduction in this percentage, 24% and 39%, respectively. A review of the method is necessary, because environments considered to meet the standard can potentially be darker. However, as it is an review to the current Standard, it must be considered that the low attendance can make the construction of buildings in dense centers unfeasible.

Keywords: daylighting, NBR 15575, computer simulation.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, houve um crescimento da urbanização em diversas cidades brasileiras, caracterizado, principalmente, pela construção de edifícios que utilizam o seu máximo potencial construtivo. Segundo Leder e Pereira (2008), os edifícios inseridos em áreas urbanas apresentam significativa redução de luz natural em seus ambientes internos em função da obstrução do céu devido, principalmente, aos cenários mais densos com ocupação máxima. Em contraposição, Araújo e Cabús (2007) afirmam que, em certas ocasiões, a luz refletida do entorno edificado contribui para o aumento da quantidade de luz no ambiente interno. Santos *et al* (2017) referendam a importância das configurações dos cânions urbanos no acesso à luz natural.

Os parâmetros urbanísticos definidos pelas legislações municipais muitas vezes não garantem a disponibilidade de luz natural adequada visto que a influência das obstruções externas (tanto naturais quanto edificadas) não são consideradas assim como as características climáticas locais, trajetória solar e tipos de céu (LARANJA *et al*, 2009).

Diante da necessidade de se estabelecer normas nacionais que atendam às exigências dos usuários frente aos sistemas que compõem uma edificação residencial, como a iluminação natural, foi criada a norma NBR 15.575 sob o título "Edificações habitacionais – Desempenho" em 2008, sendo publicada em 2013. Entretanto, após diversos estudos críticos, ela está passando por revisões, incluindo novos valores e métodos para a área de desempenho lumínico. O desenvolvimento desta nova metodologia proposta para a NBR 15.575 se faz necessário já que, de acordo com Guidi *et al* (2018), em configurações de cânion urbano, os valores resultantes da metodologia atual são superestimados, levando a crer que ambientes potencialmente mais escuros estejam atendendo à norma.

A NBR 15.575-1 (ABNT, 2013) estabelece nível mínimo equivalente ou acima de 60 lux no meio do ambiente, à altura de 75 cm do piso acabado, que deve ser atendido nos dias 23 de abril e 23 de outubro para os horários de 9h30 e 15h30 em um céu com nebulosidade média (índice de nuvens de 50%). A norma determina que obstruções externas devem ser consideradas para os cálculos bem como as orientações, o dimensionamento das aberturas, os tipos de esquadrias e vidro e as características do ambiente interno. Os procedimentos de análise do desempenho devem seguir os procedimentos apresentados na NBR 15.215-3 (ABNT, 2005b) para a determinação da iluminação natural em ambientes internos e na NBR 15.215-2 (ABNT, 2005a) para se obter o nível de iluminação externa. Este método é o chamado de método prescritivo neste trabalho. Os cálculos são feitos manualmente através de fórmulas matemáticas, conforme descrito em Guidi *et al* (2018).

Em 2019 foi apresentada a primeira proposta de revisão dos requisitos de desempenho lumínico da NBR 15.575-1. Após algumas revisões, a versão 21 de 23 de dezembro de 2020 é a última atualização. Conforme a apresentação (PEREIRA *et al*, 2019), a proposta tem como objetivo revisar os métodos e os procedimentos para que sejam mais consistentes e robustos além também de contribuir com a conscientização do setor da construção civil para com sua responsabilidade ambiental. A proposta de revisão propõe dois métodos para verificação da luz natural: o método simplificado e o método de simulação computacional. Em ambos os métodos propostos a avaliação é dinâmica, ao contrário da avaliação estática de dois dias e dois horários do método atual. Esse tipo de avaliação também invalida o uso de tipologias de céu / índices de nuvens, já que se trata de uma avaliação utilizando um arquivo climático próprio da cidade contendo valores anuais de iluminância externa e nebulosidade por hora. O método proposto também indica a área que deve atender ao nível mínimo de iluminância ao invés de um ponto apenas no centro do ambiente.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi analisar o impacto da alteração do método de cálculo de iluminação natural proposto para NBR 15.575-1 (2013) em dois modelos de edifícios localizados em entorno adensado em Belo Horizonte, Minas Gerais, desenvolvido de acordo com a legislação urbanística do município.

3. MÉTODO

O trabalho avaliou a disponibilidade de luz natural em três ambientes de permanência prolongada (sala, quarto e quarto com veneziana) em dois modelos de edifícios residenciais configurando situação de cânion urbano localizados em Belo Horizonte, Minas Gerais. Foram aplicados dois métodos de cálculo de iluminação natural: método de cálculo vigente da NBR 15.575-1 (2013) e método de cálculo proposto na revisão desta mesma norma.

3.1. Características dos tecidos urbanos, dos entornos edificados e dos modelos de edifícios

A partir da sobreposição de mapas de Belo Horizonte, foi possível agrupar áreas urbanas residenciais que apresentam características similares de ocupação em topografia acidentada. As duas áreas selecionadas para análise foram o bairro Buritis e os bairros residenciais da Zona Central de Belo Horizonte (ZCBH). As tipologias encontradas no bairro Buritis são de edifícios compactos e relativamente baixos enquanto na ZCBH as tipologias são de edifícios altos e próximos entre si.

Com base nos projetos dos loteamentos aprovados pela prefeitura, encontrou-se as dimensões dos lotes mais recorrentes para cada modelo. Para o bairro Buritis, as dimensões do lote utilizado para o trabalho foi de 15 m x 30 m, totalizando uma área de 450m² (FIGURAS 1 E 3). Os bairros localizados na ZCBH apresentam quarteirões com características semelhantes, pois fazem parte do projeto viário de Aarão Reis (FIGURA 2 E 4). O lote escolhido para o trabalho é o de número 03 (15 m x 40 m e área de 600m²).

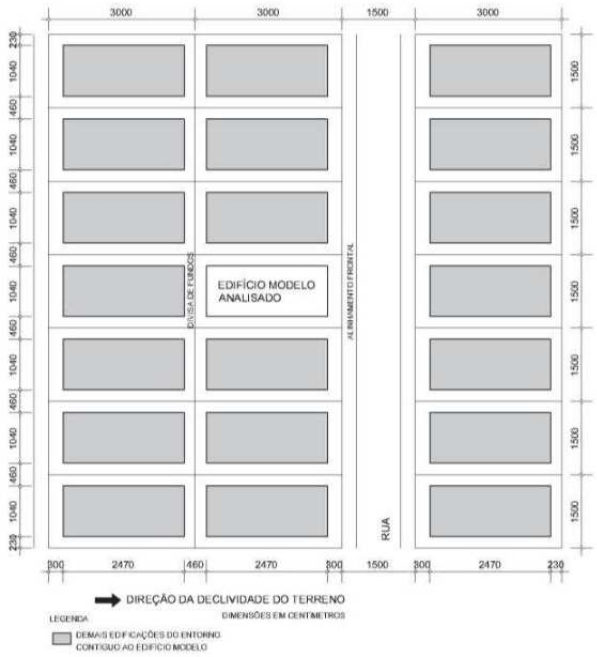


Figura 1 – Lote e entorno analisado do bairro Buritis.

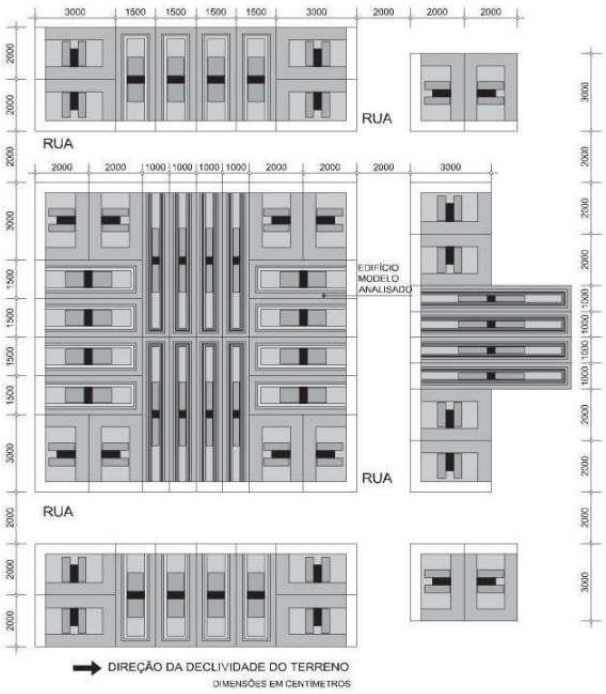


Figura 2 – Lote e entorno analisado da ZCBH.



Figura 3 – Edifício e entorno analisado do bairro Buritis – declividade 47,5%.

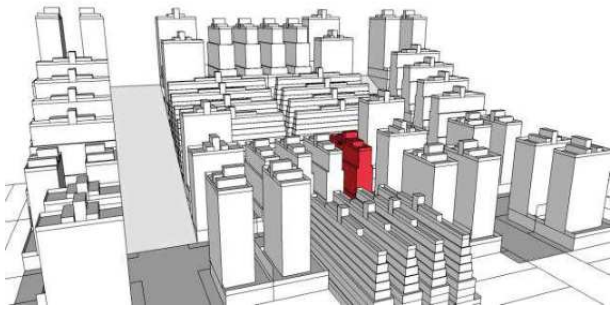


Figura 4 – Edifício e entorno analisado da ZCBH – declividade 47,5%.

O entorno apresenta as mesmas características do modelo analisado, variando sua forma conforme a variação das dimensões dos lotes. Para o modelo do bairro Buritis, houve uma reprodução dos lotes e dos edifícios, já que os quarteirões se apresentam longilíneos e com repetição de lotes da mesma direção. Para o modelo da ZCBH, como cada lote apresenta dimensões variadas, foram elaborados estudo da forma do edifício para cada lote que compõe o quarteirão típico.

A partir de uma planilha elaborada com informações dos projetos aprovados disponibilizados pela prefeitura, foi possível encontrar um padrão de ocorrência e agrupar os projetos similares para cada área de estudo, determinando, desta maneira, a forma para cada modelo típico de edifício.

Os modelos dos edifícios e entorno foram inseridos em uma malha topográfica equivalente a 0% (terrenos planos), 10%, 20%, 30% e 47,5%. Portanto, a variação da interferência ocorre, principalmente, para os ambientes localizados aos fundos do edifício, criando situações de profundos cânions urbanos.

3.2. Características dos ambientes

Para a realização deste trabalho, foram selecionados dois ambientes de permanência prolongada de uma unidade residencial: quarto e sala. Por apresentarem dimensões variadas, foram levantadas 168 plantas humanizadas de empreendimentos recentemente construídos ou em fase de construção em Belo Horizonte. A partir da tabulação destas dimensões e demais informações do empreendimento, foi possível determinar as dimensões dos ambientes para cada modelo de edificação (FIGURAS 5 A 8).

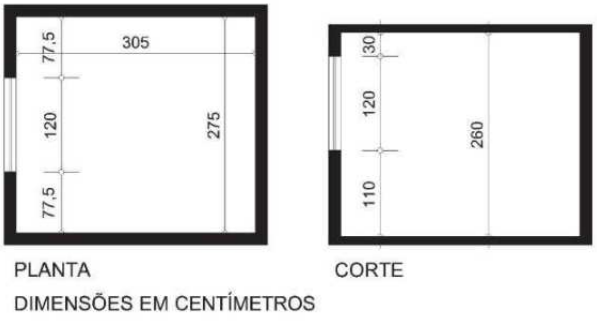


Figura 5 – Planta e corte com dimensões do quarto do modelo Buritis.

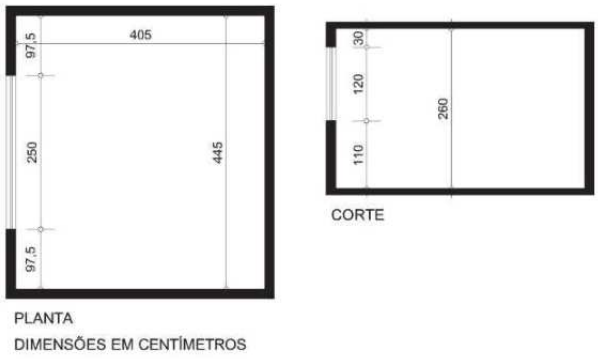


Figura 6 – Planta e corte com dimensões da sala do modelo do Buritis.

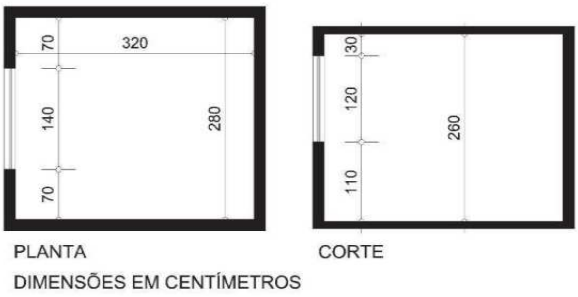


Figura 7 – Planta e corte com dimensões do quarto do modelo da ZCBH.

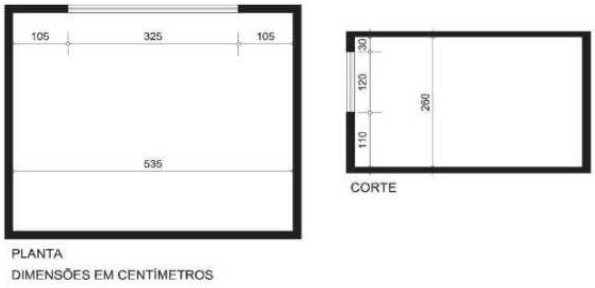


Figura 8 – Planta e corte com dimensões da sala do modelo da ZCBH.

Os ambientes analisados estão inseridos na unidade residencial localizada na parte posterior dos edifícios modelos. Essa determinação partiu da premissa de que esses ambientes apresentam maior obstrução do céu tendo maior redução na admissão de luz natural.

O modelo de esquadria adotado considerou a área de 1/6 do piso, conforme o Código de Obras do município (PMBH, 2009). Para o quarto, adotou-se dois modelos de esquadria, sendo um modelo com 2 folhas de correr simples (80% da abertura para iluminação natural) e o outro com 2 folhas de correr com veneziana (45% da abertura para iluminação natural). Na sala foi adotado o modelo de 4 folhas de correr simples (70% da abertura para iluminação natural).

Os índices de refletância utilizados foram de 70% para o teto, 20% para o piso, 50% para as paredes internas, 40% para as superfícies externas verticais (fachadas) e 20% para as superfícies externa horizontais (pisos).

3.3. Modelos analisados e nomenclatura

Aos modelos de edifícios analisados, combinaram-se três variáveis: declividade longitudinal do terreno (0%, 10%, 20%, 30% e 47,5%), localização vertical por pavimento dos ambientes (inferior, intermediário e superior) e orientação geográfica das aberturas (Norte, Sul, Leste e Oeste) para os três ambientes (sala, quarto e quarto com veneziana) nos dois modelos de edifícios. Esta combinação totalizou 360 simulações computacionais.

3.4. Modelagem, software de simulação e dados de entrada

A partir da definição dos edifícios, entorno e características físicas dos ambientes, foram elaborados os modelos tridimensionais no programa SketchUp v. 8.0. Para a simulação computacional foi utilizado o programa Daysim 3.1-2012 (REINHART, 2010) que utiliza o algoritmo de raio traçado. Os parâmetros para raio traçado foram configurados da seguinte forma: (a) *ambient bounces* = 5ab; (b) *ambient divisions* = 1000ad; (c) *ambient super-samples* = 20as. O arquivo climático utilizado foi o Swera de 8.760 horas da cidade de Belo Horizonte (LABEEE, 2019). O horário de avaliação para a Autonomia de Luz Natural correspondeu ao intervalo de 6h às 18h de forma ininterrupta. A malha de pontos foi criada com uma altura equivalente a 75 cm do piso e apresentou quantidades de pontos variadas para cada ambiente, sendo o número menor de 25 pontos e o maior de 99 pontos. Foram utilizados os resultados da mesma simulação para o método de cálculo atual da Norma (b) e da proposta de método.

3.5. Requisitos de análise conforme método de cálculo vigente da NBR 15.575-1

Para a análise dos requisitos da NBR 15.575-1 (ABTN, 2013) foram obtidos os níveis de iluminância no centro do ambiente de duas diferentes maneiras: (a) pelo método de avaliação prescritivo indicado na Norma e (b) por simulação computacional. O método indicado pela norma é do tipo estático, ou seja, o cálculo é feito para determinado dia e horário. Ele deve seguir os critérios apresentados pela NBR 15.215 – Partes 2 e 3 (ABNT, 2005a, 2005b) e já apresentado em Guidi *et al* (2018). Foram elaboradas máscaras de obstrução para cada ambiente levando-se em consideração a obstrução externa (FIGURAS 9 A 18). A partir delas são encontrados os valores de contribuição de iluminação natural (CIN) que multiplicados pela iluminância externa (Echi), resulta no valor da iluminância do ponto interno (Ep).

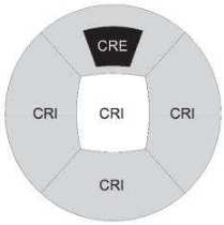


Figura 9 – Máscara relativa ao quarto Buritis para os pavimentos inferior e intermediário e para os quartos do pavimento superior das declividades 10, 20, 30 e 47,5%.

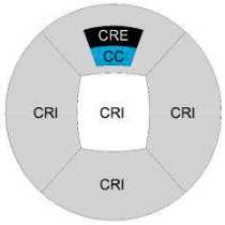


Figura 10 – Máscara relativa ao quarto Buritis para o pavimento superior, declividade 0%.

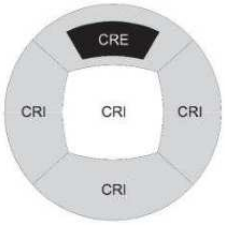


Figura 11 – Máscara relativa à sala Buritis para os pavimentos inferior e intermediário.

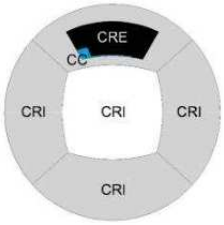


Figura 12 – Máscara relativa à sala Buritis para o pavimento superior.

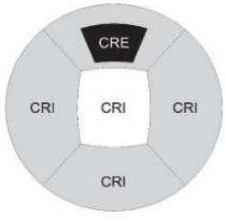


Figura 13 – Máscara relativa ao quarto ZCBH para os pavimentos inferior e intermediário e para os quartos do pavimento superior com declividade de 30 e 47,5%.

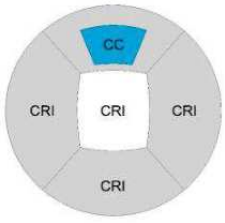


Figura 14 – Máscara relativa ao quarto ZCBH para o pavimento superior, declividade 0%.

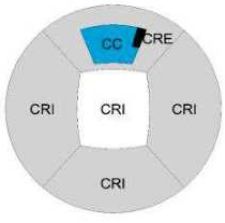


Figura 15 – Máscara relativa ao quarto ZCBH para o pavimento superior, declividade 10%.

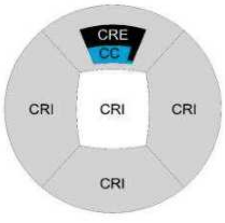


Figura 16 – Máscara relativa ao quarto ZCBH para o pavimento superior, declividade 20%.

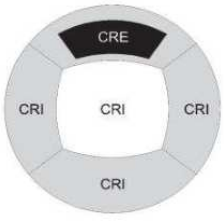


Figura 17 – Máscara relativa à sala ZCBH para os pavimentos inferior e intermediário.

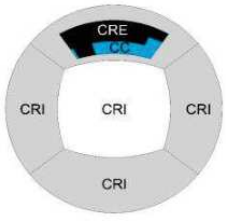


Figura 18 – Máscara relativa à sala ZCBH para o pavimento superior.

Como se considera que a metodologia (a) não é capaz de identificar a influência da reflexão da luz no cânion urbano, optou-se por apresentar a metodologia (b) por simulação computacional que permite considerar de forma mais adequada a influência do entorno e encontrar o valor da iluminância no ponto central do ambiente. Os resultados em formato *.ill* são os que apresentam os valores de iluminância ponto a ponto durante todas as horas e dias do ano nos eixos X, Y e Z do programa SketchUp. Portanto, sabendo a coordenada no ponto central, encontra-se o valor da iluminância no dia e hora. Como a Norma determina os horários de 9h30 e 15h30, ou seja, horários intermediários das horas do arquivo climático, fez-se uma média entre os valores de 9h e 10h e entre os valores de 15h e 16h apresentados pela simulação computacional.

3.6. Requisitos de análise conforme método de cálculo proposto na revisão da NBR 15575-1

A proposta de revisão propõe dois métodos: o método simplificado e o método de simulação computacional. Utilizou-se neste trabalho apenas o método de simulação computacional tendo como algoritmo o raio traçado. Os parâmetros devem ser configurados considerando (a) inter-reflexões no ambiente > 5; (b) divisões do ambiente > 1000; (c) limiar direto = 0. Conforme a proposta, o plano de análise deve conter uma malha de pontos contínua a uma altura de 75 cm do piso distanciando no máximo 50 cm entre os pontos e de 30 cm a 50 cm de afastamento das paredes. Esta malha deve conter no mínimo 25 pontos.

Os critérios propostos para a revisão do método é o de Autonomia de Luz Diurna (sDA). Eles devem atender, simultaneamente a uma iluminância alvo E_{ALVO} (lx) e à uma iluminância mínima E_{MIN} (lx) em uma porcentagem da área do ambiente em determinado tempo, considerando-se um intervalo de 10 horas diurnas diárias. Abaixo, conforme Figura 18, seguem os valores determinados para cada critério proposto de acordo com a classe de desempenho para avaliação da iluminação natural.

Classe de desempenho	Iluminância alvo E_{ALVO} [lx]	Fração alvo da área do ambiente F_{ALVO} [%]	Iluminância mínima $E_{MÍN}$ [lx]	Fração mínima do ambiente $F_{MÍN}$ [%]	Fração das horas diurnas F_{HORAS} [%]
Mínima	200	40	60	75	50
Intermediária		55			
Superior		70			

Figura 198 – Valores para provisão de luz natural.

Fonte: PEREIRA *et al*, 2020.

Ao abrir os resultados em uma planilha no Excel, foi possível identificar quais pontos da malha atendem aos requisitos do método proposto, ou seja, quais pontos possuem valores iguais ou superiores a 50% das horas simuladas. Para a avaliação considerou-se que cada ponto da malha equivaleria a uma porcentagem proporcional à área do ambiente além de trabalhar com os valores correspondentes à classe de desempenho Mínima, ou seja, E_{ALVO} de 200 lux em 40% da área do ambiente e E_{MIN} de 60 lux em 75% da área do ambiente.

4. RESULTADOS

Os resultados dos cálculos da iluminação natural serão apresentados por cada método de cálculo, sendo os resultados através do método de simulação computacional compilados em gráficos diferenciados por pavimentos e por modelos de edificação para facilitar a análise. Para todas as simulações foram usados 5 rebatimentos de luz (5ab).

Para o método prescritivo, todos os ambientes atenderam ao nível mínimo de 60 lux no ponto central do ambiente e não são apresentados gráficos. Observa-se que o método gráfico apresentado na NBR 15.215-3 (aqui denominado de prescritivo) não permite verificar o efeito da configuração de cânion urbano, já que o valor de iluminância se mantém constante nos pavimentos que recebem apenas luz refletida do entorno, apresentando alguma diferença de valores apenas quando há ou não visão de céu.

Abaixo, são apresentados os gráficos dos resultados dos métodos de simulação computacional, tanto pela norma atual da NBR 15.575-1 (ABNT, 2013) quanto pelo método proposto de revisão da norma. Os resultados do método atual são apresentados em forma de gráficos demonstrando o percentual de atendimento de cada ambiente (quarto com veneziana, quarto e sala) para uma determinada declividade do terreno e orientação geográfica. O valor do percentual de atendimento é referente aos dois horários dos dois dias estabelecidos pela NBR 15.575-1 (ABNT, 2013). Caso o ambiente possua o valor mínimo ou superior de iluminância de 60 lux no centro do ambiente para todos os dois horários dos dois dias, ele apresenta 100% de atendimento à norma. Caso o ambiente possua o valor mínimo para três horários, ele apresenta 75% de atendimento. Portanto, cada horário da norma representa 25% de atendimento.

Já os gráficos à direita apresentam os resultados demonstrando o percentual da área do ambiente que possui valor de iluminância igual ou superior a 60 lux ou a 200 lux. Lembrando que o ambiente deve atender, simultaneamente, às duas métricas para poder ser considerado como atendendo à norma.

Para possibilitar uma melhor visualização dos resultados destes dois métodos de simulação computacional, os gráficos foram dispostos lado a lado (FIGURAS 19 E 20) por pavimento e por modelo (Buritis ou ZCBH).

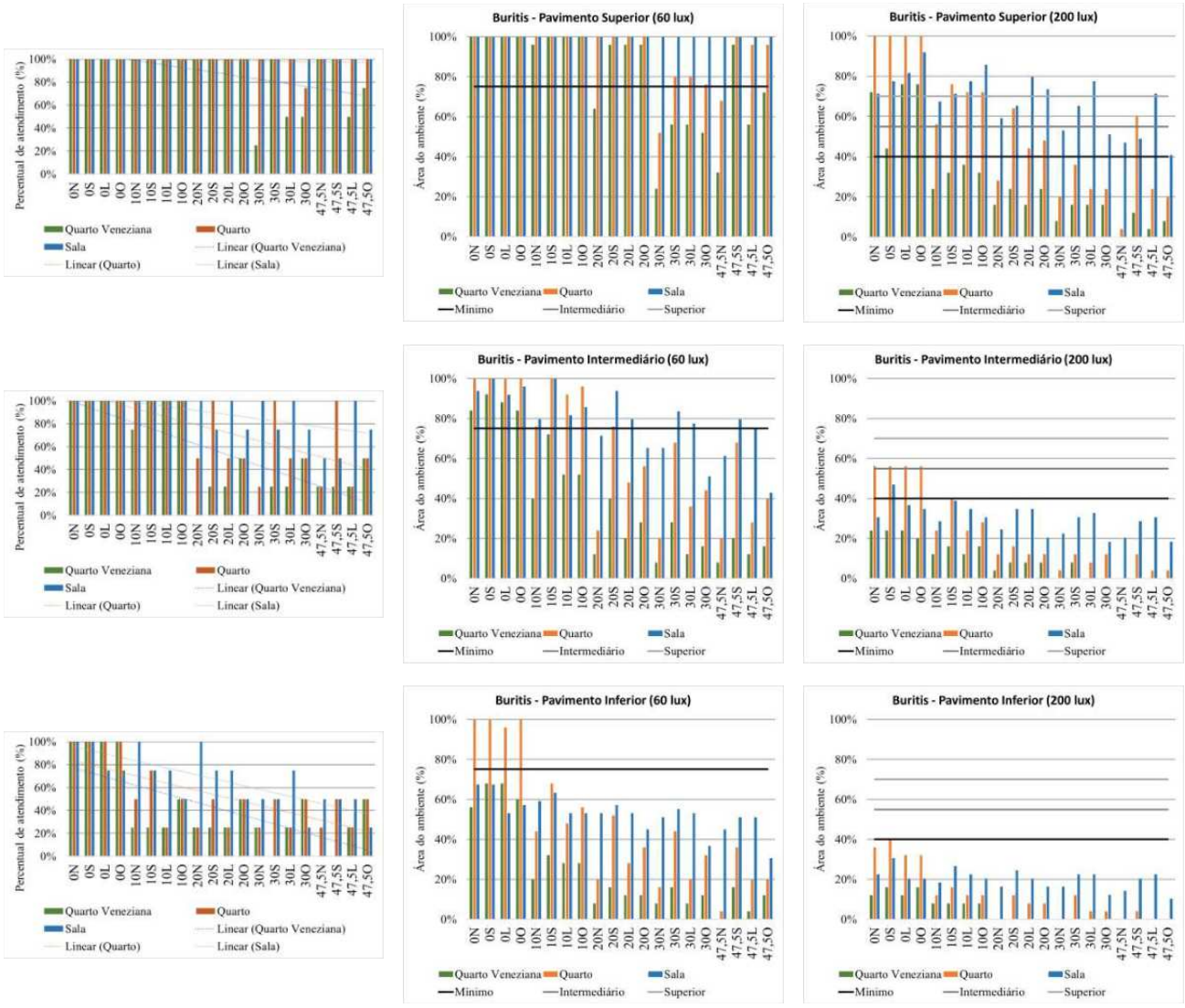
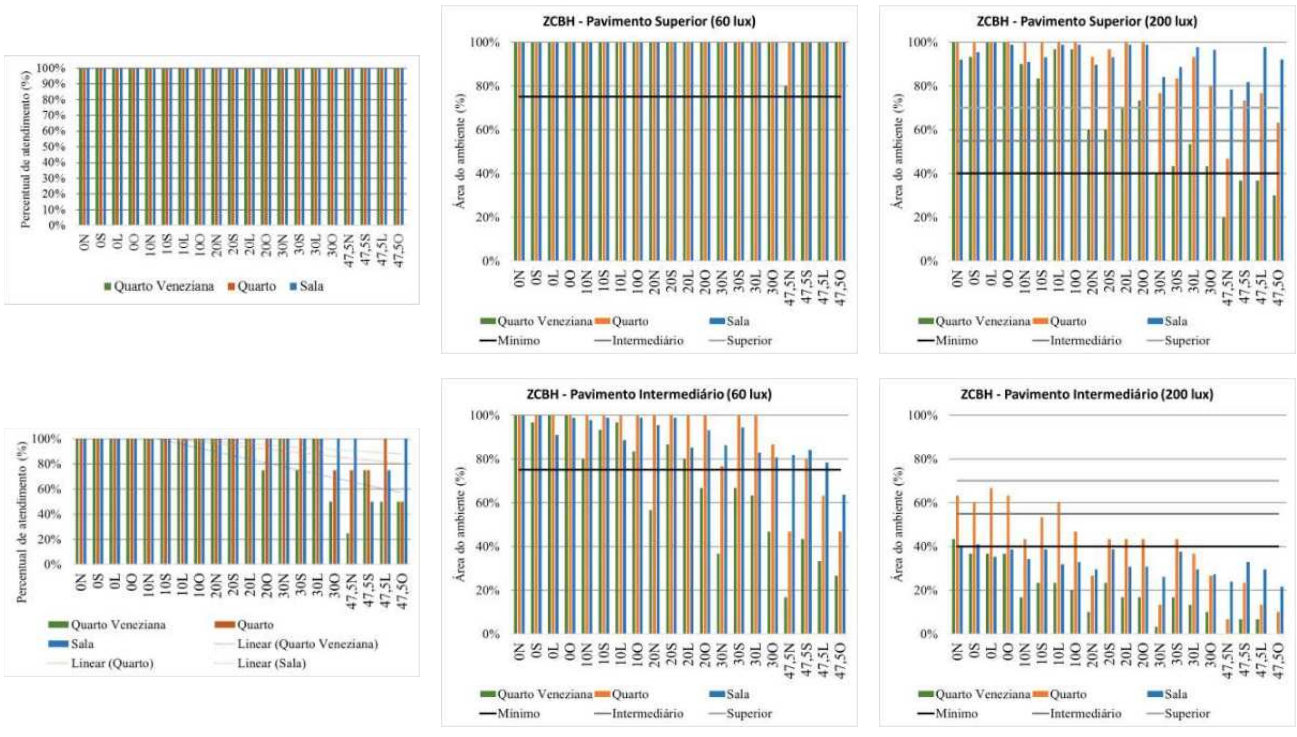


Figura 20 – Resultados do modelo Buritis.



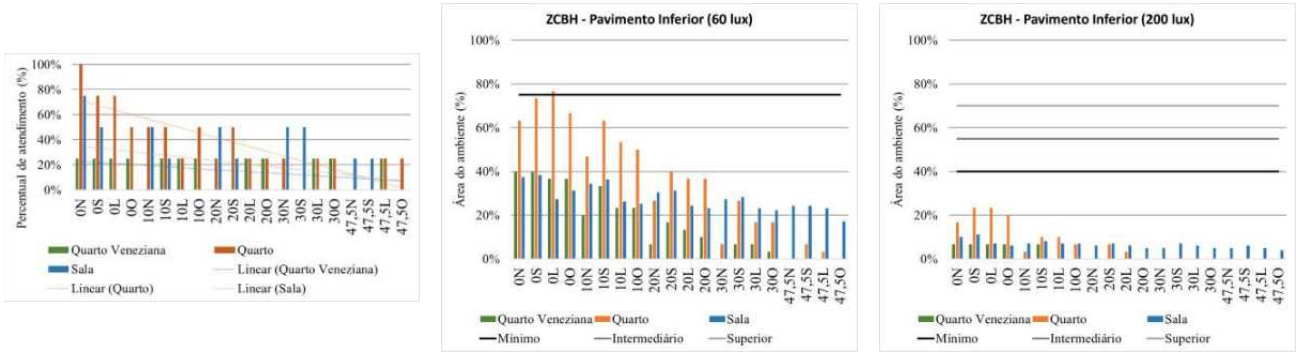


Figura 21 – Resultados do modelo ZCBH.

Nota-se, em ambas as regiões da cidade, que o percentual de atendimento aumenta quando o ambiente analisado se encontra em pavimentos superiores. Também há o aumento do percentual de atendimento quanto menor a declividade do terreno. Estes resultados reforçam a influência da configuração do cânion urbano para a disponibilidade de luz natural no ambiente interno.

É interessante também fazer uma comparação entre os dois modelos de ocupação urbana analisados. No caso da ZCBH, os maiores afastamentos laterais e de fundos que são diferentes para cada pavimento, contribuíram para melhor atendimento da luz natural para os pavimentos superior e intermediário. Já para o caso do pavimento inferior, as edificações altas do entorno aliadas a menores afastamentos laterais e de fundos, reduziram o percentual de atendimento.

Percebe-se que a fachada Sul apresenta valores percentuais de atendimento ligeiramente superiores em relação às demais fachadas quando em situações de grande obstrução por possuir contribuição da luz refletida da fachada Norte do edifício vizinho, como em casos de altos níveis de declividade do terreno e/ou pavimentos intermediários e inferiores.

Para melhor comparação dos resultados entre os métodos de cálculos, foram elaborados três gráficos apresentados abaixo. A Figura 21 apresenta os percentuais de atendimento para todos os ambientes de cada modelo de edificação. A Figura 22 apresenta os percentuais de atendimento para cada pavimento (inferior, intermediário e superior). Por fim, a Figura 23 apresenta os resultados dos percentuais de atendimento de acordo com o modelo topográfico (i0, i10, i20, i30 e i47,5).

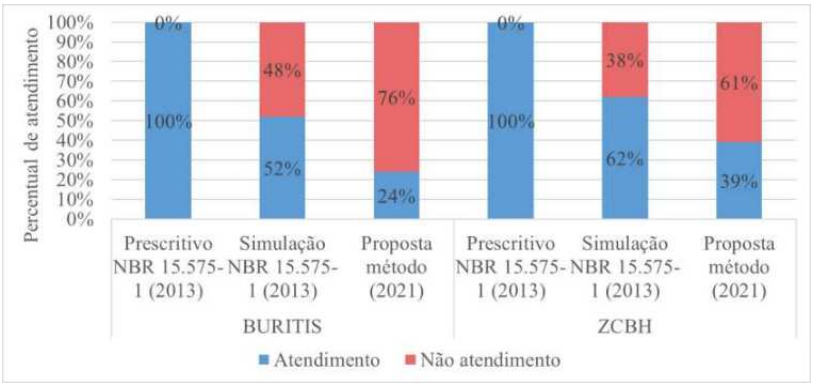


Figura 22 – Percentuais de atendimento para todos os ambientes de cada modelo de edificação.

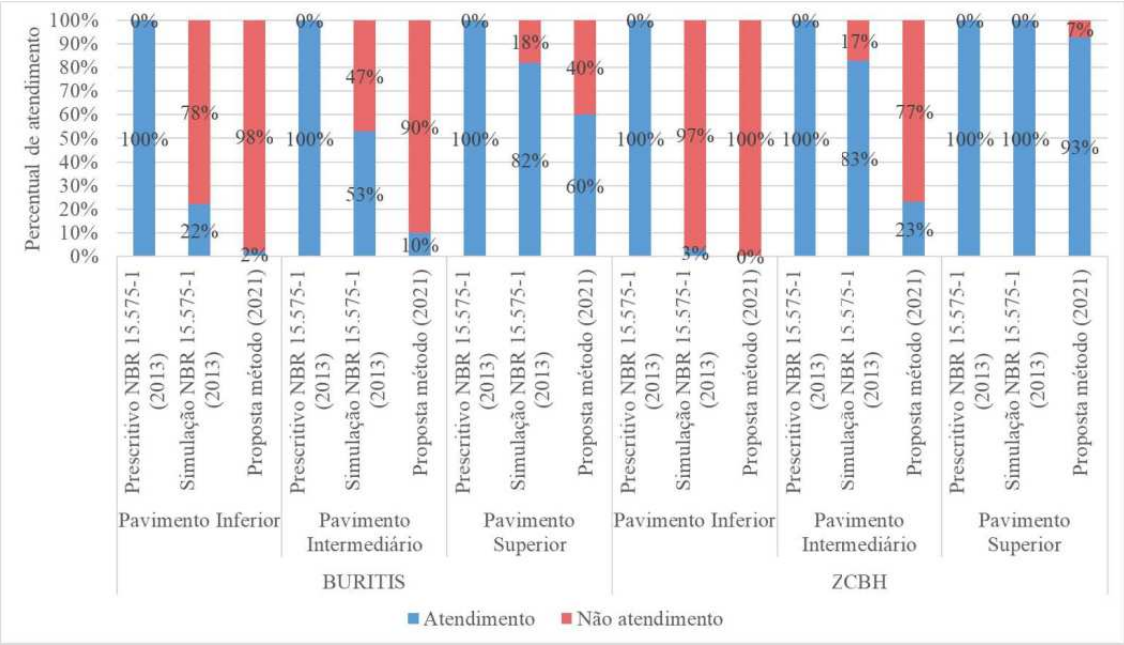


Figura 23 – Percentuais de atendimento para cada pavimento em cada modelo de edificação.

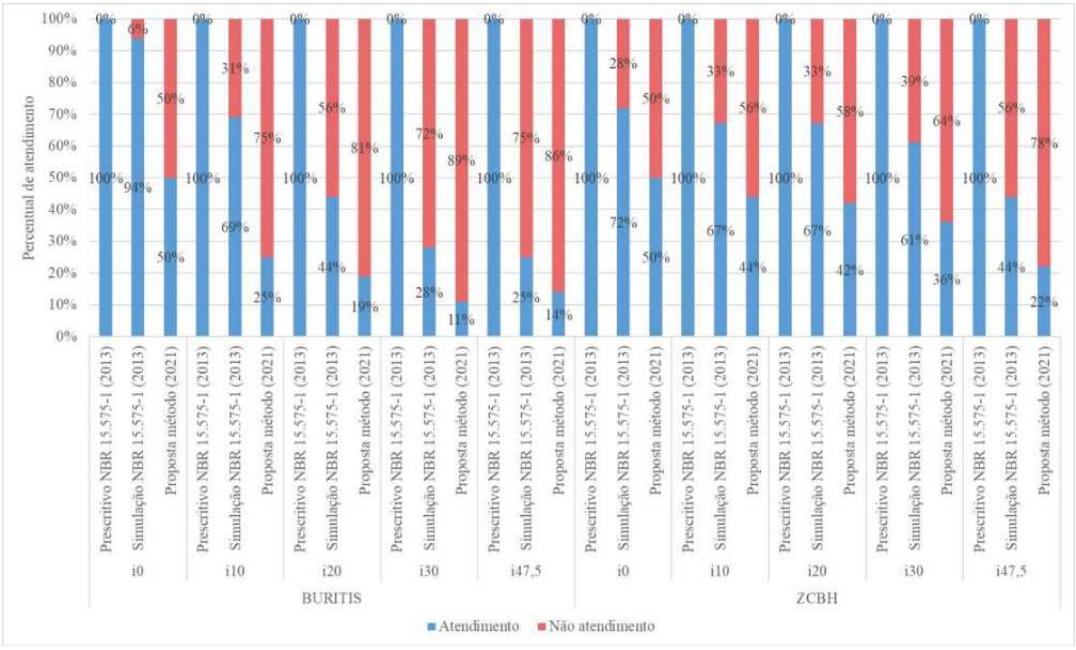


Figura 24 – Percentuais de atendimento de acordo com modelo topográfico em cada modelo de edificação.

Percebe-se, através dos gráficos acima, que há diferença do percentual de atendimento entre os métodos de cálculo aplicado. A análise a seguir será feita entre os métodos de simulação computacional, excluindo o método prescritivo, pois este apresentou 100% de atendimento em todas as situações. Observa-se que dentre os modelos de edifício do Buritis, houve uma redução de 54% no atendimento entre o método de cálculo da norma vigente e do método proposto quando são usados 5 rebatimentos de luz. Enquanto para os modelos de edifício da ZCBH esta redução foi de 37% para o mesmo número de rebatimentos de luz. Analisando por pavimentos e modelos de edifícios, o percentual de redução no atendimento foi de 91%, 81% e 27% para os pavimentos inferior, intermediário e superior do Buritis, respectivamente. Para a ZCBH, esta redução foi de 100%, 72% e 7% para os pavimentos inferior, intermediário e superior, respectivamente.

Vale destacar a grande diferença dos resultados entre os métodos de cálculo, reforçando o caráter mais exigente do novo método de cálculo quando são usados 5 rebatimentos de luz, por apresentar os menores percentuais de atendimento em todas as situações.

Acredita-se que a situação de áreas urbanas adensadas se assemelhe ao que a proposta considera como “ambientes com uso de brises, varandas, ou situações de ambientes voltados para fosso” no qual recomenda o uso de 7 inter-reflexões. A influência do número de rebatimentos deve então ser estudada em maior profundidade, uma vez que provavelmente possibilitará que chegue mais luz nos pavimentos inferiores.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados, observa-se que foi alcançado o objetivo de analisar o impacto da proposta de alteração do método de cálculo de iluminação natural da NBR 15.575-1 (2013) em edifícios residenciais típicos localizados em áreas urbanas densas em Belo Horizonte.

A comparação entre os resultados obtidos indica que o método de cálculo prescritivo da NBR 15.575-1 (ABNT, 2013) apresentado na NBR 15.215-2 (ABNT,2005) tende a apresentar valores superestimados de iluminância quando em situação de cânion urbano, no qual a obstrução do entorno é significativa se comparado a valores obtidos pelos outros dois métodos de simulação computacional, considerados mais precisos.

Diante disso, a revisão do método de cálculo da norma se torna importante e urgente pois a análise dos resultados dos métodos de simulação leva a crer que ambientes potencialmente mais escuros como os quartos em pavimentos inferiores de cânions urbanos possam ser considerados como atendendo a níveis mínimos de iluminação natural quando na verdade podem ser bastante sombrios. Entretanto, por se tratar de uma proposta de alteração de método de cálculo de norma vigente, deve-se considerar que o baixo atendimento à Norma pode inviabilizar a construção de edificações em centros adensados. Acredita-se, portanto, que a revisão do método de cálculo é desejável, mas a métrica proposta deve ser viável e, para tal, sugere-se, neste momento, que este estudo tenha prosseguimento com o uso de um maior número de rebatimentos não apenas para as situações apontadas na proposta de revisão da Norma mas também em centros urbanos adensados.

Além disso, o estudo analisou aspectos que contribuem para a disponibilidade de luz natural em ambientes internos. Quanto maior a obstrução, ou seja, ambientes localizados em pavimentos mais baixos e/ou maiores declividades e/ou menores afastamentos laterais e de fundos, menores tendem a ser os percentuais de atendimento à norma. A pesquisa mostrou que o modelo de ocupação urbana proposto para a ZCBH é mais adequado para a disponibilidade de luz natural por apresentar maiores percentuais de atendimento que o modelo do Buritis para os pavimentos intermediário e superior. Entretanto, aconselha-se rever os afastamentos laterais e de fundos da base da edificação, pois o percentual de atendimento encontrado foi considerado baixo. Tem-se ainda que em cenários urbanos densos, as obstruções externas à abertura da janela podem contribuir para o acesso a luz natural no ambiente interno, quando essas estão sendo diretamente iluminadas, como no caso da fachada Sul que recebe luz refletida da fachada Norte do edifício vizinho, análise coerente com as observações de Araújo e Cabús (2007) e Santos *et al* (2017).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.215-2**: iluminação natural: parte 2: procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural. Rio de Janeiro: ABNT, 2005a. 17 p.

_____. **NBR 15.215-3**: iluminação natural: parte 3: procedimentos de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b. 33 p.

_____. **NBR 15.575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 60 p.

ARAÚJO, I. A. L. de; CABÚS, R. C. Influência da luz natural refletida pelo entorno na iluminação de edifícios em cânions urbanos no trópico úmido. In: IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Ouro Preto, Brasil, 2007, **Anais...**Ouro Preto. p. 86-95.

GUIDI, C. R. *et al*. Influência dos parâmetros urbanísticos e da topografia na admissão da luz natural em edifícios residenciais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, 2018.

LABEEE, M. **Arquivos Climáticos em Formato TRY, SWERA, CSV e BIN**. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin>. Acesso em: 15 nov. 2019.

LARANJA, A. C. *et al*. Regulamentações urbanas e edilícias: considerações sob o aspecto da iluminação natural em ambientes interno. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Natal, Brasil, 2009, **Anais…**Natal.

LEDER, M. S.; PEREIRA, F. O. R. Ocupação urbana e disponibilidade de luz natural. **Revista Minerva**: Pesquisa e Tecnologia, v. 5, n. 2, p. 129-138, 2008.

PEREIRA, F. O. R. *et al*. 1ª proposta do grupo de especialistas ao grupo de trabalho de revisão dos requisitos de desempenho lumínico. In: **Apresentação do GT de revisão dos requisitos de desempenho lumínico da NBR 15.575**. 2019.

PEREIRA, F. O. R. *et al*. **Proposta para reestruturação do item 13 – Desempenho lumínico da norma NBR 15.575** – versão 21 de 23 de dezembro de 2020.

REINHART, C. F. ***Tutorial on the Use of Daysim Simulations for Sustainable Design***. Institute for research in Construction, National Research Council Canada, Canadá, 2010.

SANTOS, I. G. et al. de. Optimized indoor daylight for tropical dense urban environments. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 87-102, jul./set. 2017.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado.