

**Acceso a la luz natural en edificios residenciales verticales:  
Análisis paramétricos del alumbrado basados en criterios de la  
legislación urbano-constructiva del municipio de São Paulo.**

**Luiz Boscardin**

Estudiante de doctorado en Arquitectura y Urbanismo en la Universidad Presbiteriana Mackenzie UPM; São Paulo;  
Brasil. luizarq@gmail.com

**Wilson Flório**

Doctor por la FAUUSP en Tecnología de la Arquitectura, Profesor Titular em la PPGAU FAU Mackenzie;  
São Paulo; Brasil.  
wilsonflorio@gmail.com

## RESUMEN

Este artículo presenta una investigación sobre la eficacia de las metodologías de modalidad prescriptiva, dedicadas a asegurar el confort ambiental luminoso en los edificios residenciales diseñados y construidos en la capital de São Paulo durante la vigencia del Código de Construcción y Edificación de la Ciudad de São Paulo (COESP), promulgado en 1992 y revocado en 2017. Por medio de procesos de modelación digital y simulación paramétrica, se analizarán los estándares de iluminación asociados a la iluminación natural registrados en las unidades residenciales, utilizando los parámetros determinados por la NBR 15575 - Desempeño de los edificios residenciales como base para la obtención de los resultados.

**PALABRAS CLAVE:** análisis de rendimiento; simulación paramétrica; luz natural.

## INTRODUCCIÓN

En términos generales, la validación de la eficacia de un sistema determinado a partir de la aplicación de métodos de evaluación prescriptivos tiene lugar mediante la observación de una serie de parámetros predefinidos o calculados a partir de fórmulas de carácter genérico. Centrándose en el diseño arquitectónico, aunque establecen un conjunto de reglas generales, válidas para identificar la eficiencia de la gran mayoría de las tipologías construidas, este tipo de enfoque, sin embargo, no abarca todas las soluciones posibles que existen en un edificio determinado, que en muchos casos sólo podrían ser evaluadas por procesos de diferente naturaleza (CARLO; LAMBERTS, 2010).

Sin embargo, la utilización de tecnologías digitales, como la modelización tridimensional y la simulación paramétrica, contribuye al establecimiento de metodologías basadas en proyectos en que las condiciones geoclimáticas locales desempeñan un papel más importante en la configuración formal-volumétrica de los edificios, mediante procesos de composición en que los sistemas de simulación actúan de manera generativa, creando formas arquitectónicas que están directamente relacionadas con la información sobre el rendimiento. Esta dinámica se opone a los procesos de diseño convencionales, en los que muchas decisiones se basan en heurísticas y suposiciones derivadas de la experiencia profesional, y no en análisis de rendimiento (HAYMAKER, et al., 2018, pág. 158).

En la ciudad de São Paulo, desde la promulgación de las primeras legislaciones dedicadas a orientar la elaboración de proyectos arquitectónicos y la ejecución de obras de construcción civil, se han presentado una serie de directrices jurídicas de carácter normativo (con énfasis en los edificios de uso residencial), destinadas a garantizar condiciones mínimamente satisfactorias de acceso a la iluminación natural en los entornos destinados a la interacción social, el trabajo y el descanso.

La Ley 2332/20, que estableció la "norma municipal" para los edificios privados del municipio, exigía que los edificios construidos antes de 1920 (año en que se promulgó la ley) tuvieran por lo menos una hora de sol al día durante el solsticio de invierno. Después de esta fecha, los nuevos edificios deben recibir al menos tres horas de sol al día (FREITAS JR., 2008). En 1929 entró en vigor la Ley 34297/29 (código de obras Artur Saboya), que además de mantener esta normativa, determina en base a la superficie de los ambientes, el dimensionamiento mínimo de las aberturas para la iluminación y la ventilación.

El código de construcción de Artur Saboya también estableció parámetros relacionados con la alineación y el ancho de los edificios, cuyos límites se asociaron con el ancho de las carreteras donde se encontraban los edificios. En 1934 se revisaron algunos puntos de la Ley, permitiendo un aumento significativo de la altura de los edificios, siempre que se respetara un escalonamiento de los pisos superiores, también configurado a partir del ancho de la pista. Esta metodología se mantuvo en vigor hasta 1975, cuando se publicó un nuevo código de construcción, debido a la necesidad de adaptar los parámetros del proyecto y la práctica de la construcción a las nuevas directrices impuestas por la Ley de Uso y Ocupación del Suelo (LPUOS), promulgada en 1972.

Además de mantener el dimensionamiento mínimo de las aberturas de ventilación e iluminación en función de la superficie de los ambientes, para garantizar condiciones mínimas de aireación, luz solar e iluminación natural, el Código de Construcción de 1975 instituyó la aplicación de franjas no construidas alrededor del perímetro de los edificios verticales, cuyas dimensiones se definieron a partir de la plantilla adoptada. Desde la promulgación de este Código, el gálibo de los edificios ya no está ligado al ancho de la vía, sino que debe definirse en función de la superficie del lote, a partir del cumplimiento de la tasa de ocupación y el coeficiente de utilización, determinados por el LPUOS de 1972.

En 1992 se publicó el Código de Obras y Edificios - COESP (Ley Nº 11.228/1992), revocando así el Código de Construcción de 1975, "con el fin de ser comprendido por toda la comunidad de técnicos y, esta vez, separando completamente las cuestiones de construcción (edificios) de las cuestiones de zonificación (urbanas)" (MORAES, 2013, pág. 96). En los dispositivos relacionados con la aireación, la insolación y la iluminación natural, se produce la sustitución de las Bandas Libres, instituidas en el código anterior, por la Banda A (aireación) y el Espacio I (insolación).

En el caso de los edificios verticales de uso residencial, la obediencia a estos parámetros se demostró mediante la configuración de proyecciones en forma de arcos y semicírculos (Alcance A y Espacio I), que debían colocarse entre las caras donde se encontraban las aberturas de los ambientes de larga permanencia (habitaciones y dormitorios) y los límites del terreno. Los radios de estas proyecciones se definieron mediante fórmulas matemáticas, configuradas en base a parámetros relacionados con la altura y la cantidad de pisos del edificio en proyecto. Sin embargo, las dimensiones mínimas de las aberturas siguieron definiéndose por el mismo método utilizado en la legislación anterior (Tabla 01).

**Tabla 01:** Dimensionamiento mínimo de ambientes y código de aberturas de obras y edificios de la ciudad de São Paulo - 1992.

Ambientes	Dimensionamiento mínimo	Aberturas (% área ambiente)
Repouso/Estar/Estudo:	Pé direto mín.: 2,50 m Área mín.: 5,00 m <sup>2</sup> Conter círculo (Ø): 2,00	Insolação: 15% (min. 0,6m <sup>2</sup> ) Ventilação: 75% (min. 0,3m <sup>2</sup> )
Cozinha/Copa/Lavanderia:	Pé direto mín.: 2,50 m Área mín.: - Conter círculo (Ø): 1,20	Insolação: - Ventilação: 5% (min. 0,3m <sup>2</sup> )

Fuente: COESP, 2017

Como resultado del establecimiento del Plan Maestro Estratégico de la Municipalidad de São Paulo (Ley Nº 16.050, de 31 de julio de 2014) y de la revisión de la LPUOS (Ley Nº 16.402, de 22 de marzo de 2016), se promulgó un nuevo Código de Obras de Construcción (Ley Nº 16.642, de 9 de mayo de 2017), que tiene como característica notable la supresión de una serie de disposiciones normativas prescriptivas, especialmente las destinadas a orientar las estrategias orientadas a proyectos relacionados con la aireación y la iluminación solar de los edificios.

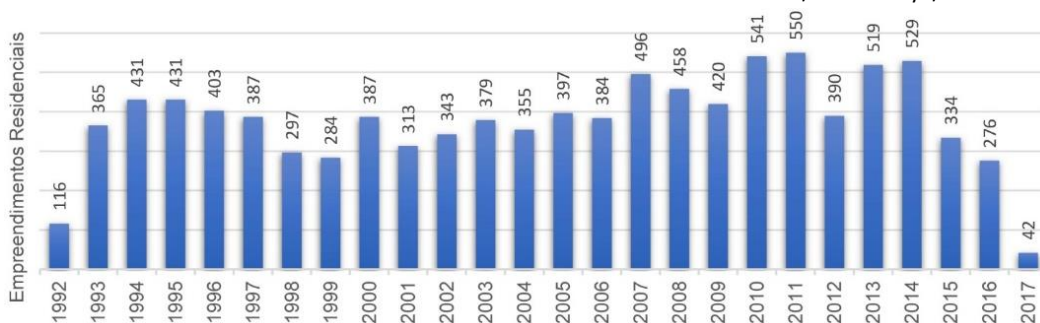
A pesar de mantener la obligación de retirarse entre los edificios y los límites de los lotes, el nuevo código ya no indica parámetros mínimos en cuanto al dimensionamiento de las aberturas, así como la necesidad de banderas y espacios libres para la aireación y la luz solar. Desde entonces, el dimensionamiento de las aberturas, buscando condiciones mínimamente satisfactorias de aireación e iluminación natural, así como la calidad y eficacia de esta iluminación, comenzó a ser orientado por normas técnicas de desempeño, como la NBR 15575 - Desempeño de Edificios Residenciales, o por leyes de carácter más específico, como el Código Sanitario del Estado de São Paulo (Decreto nº 12.342, de 27 de septiembre de 1978).

## OBJETIVOS

Los análisis que se presentan en este artículo forman parte de una investigación más amplia que aún se está desarrollando, en la que se analizan las características del acceso a la luz natural en una serie de edificios residenciales producidos en la capital, São Paulo, entre 1992 y 2017, con el objetivo de evaluar si las metodologías presentes en las leyes municipales de construcción vigentes durante este período, destinadas a garantizar condiciones satisfactorias de luz solar e iluminación natural en los edificios residenciales, fueron realmente eficaces.

Como estas directrices impuestas por las leyes vigentes durante el período de diseño y ejecución de los edificios analizados tuvieron un gran impacto en las soluciones volumétricas, así como en las estrategias de ejecución de los edificios en relación con los límites de los lotes y las vías públicas, los resultados de la aplicación de este conjunto de normas terminaron influyendo directamente en la configuración de las extensas zonas urbanas, ya que, según los datos sobre la producción de urbanizaciones residenciales en la región metropolitana de São Paulo, recogidos por EMBRAESP (Compañía Brasileña de Estudios Patrimoniales), la producción de edificios residenciales en la capital de São Paulo entre 1992 y 2017 (período de vigencia de la COESP de 1992) fue de 9. 827 copias (Gráfico 01).

Gráfico 01: desarrollos residenciales verticales - ciudad de São Paulo - Junio/1992 - Mayo/2017



Fuente: EMBRAESP, 2017.

De este modo, las investigaciones basadas en tecnologías digitales dedicadas a la simulación y el análisis de rendimiento, centradas en el confort ambiental luminoso de los edificios residenciales verticales, pueden proporcionar subsidios para futuras investigaciones y contribuir al debate de cuestiones relacionadas con las metodologías de diseño arquitectónico y su relación con la configuración de los contextos urbanos.

El marco teórico de esta investigación está constituido principalmente por trabajos académicos previos, que abordan temas relacionados con el confort ambiental, la eficiencia energética, la modelización y simulación paramétrica y las metodologías de diseño centradas en la producción de edificios verticales, así como los dedicados a discutir las consecuencias, en términos de constitución de la morfología urbana, de la formulación y aplicación de las diversas legislaciones urbanas y constructivas que se centran, o se han centrado, en la planificación espacial de las ciudades brasileñas.

Figueiredo (2011), en su tesis de maestría, analiza la eficiencia de las vallas translúcidas y transparentes en los edificios de las ciudades de São Paulo, Berlín y Frankfurt am Main, producidas durante las últimas décadas del siglo XX y la primera del siglo XXI, a través de mediciones in loco de los patrones de iluminancia, posteriormente procesadas en un software dedicado a la simulación y al análisis de lúmenes. Una metodología similar es empleada por Pala (2014) en su tesis doctoral, que se dedicó a identificar, medir y analizar la cantidad de luz natural en los diferentes ambientes de apartamentos presentes en varios edificios residenciales del barrio de Higienópolis (São Paulo), producidos entre los años 40 y 60, utilizando como parámetro de evaluación el Código de Construcción Arthur Saboya, vigente durante el desarrollo del proyecto y la construcción de los ejemplares seleccionados.

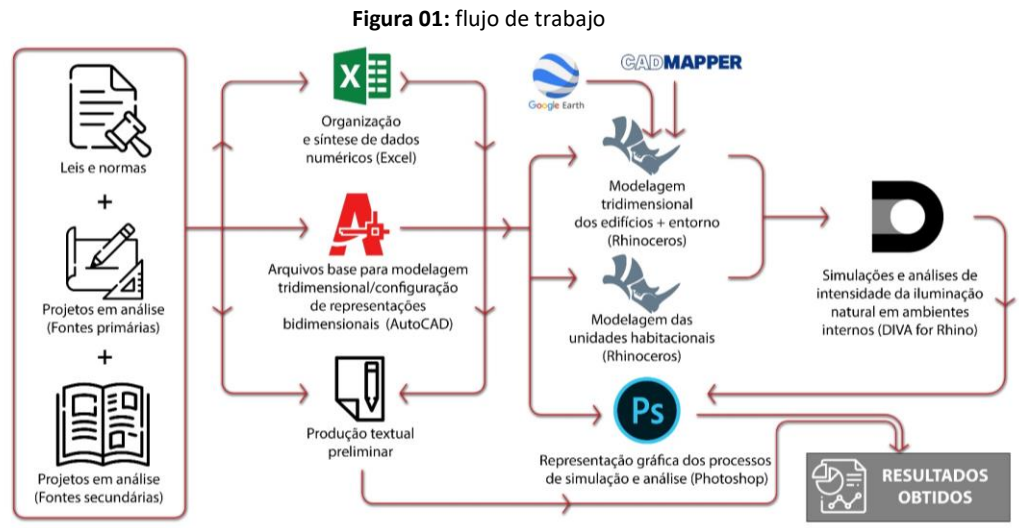
En lo que respecta a la eficiencia energética y el confort ambiental, se consultaron los trabajos desarrollados por Mascaró (1986), que reunió un conjunto de estrategias proyectuales pasivas para optimizar el consumo de energía en los edificios, y por Gonçalves y otros (2018) que desarrollaron estudios sobre el comportamiento bioclimático de edificios representativos de la arquitectura moderna brasileña, como el COPAN.

Las investigaciones desarrolladas por Guerra e Lopes (2015) que abordan tipologías relacionadas con la sostenibilidad urbana, así como la realizada por Silveira, Lima y Oliveira (2020), que analiza estrategias internacionales y tecnologías de gestión dirigidas a la forestación urbana, son también importantes referencias metodológicas, desde el presente artículo, Además de analizar las implicaciones del conjunto de normas sobre el sol y la aireación que forma parte del COESP de 1992, desde una perspectiva restringida sólo a la parcela, también puede contribuir al desarrollo de los trabajos dedicados a investigar las consecuencias de la aplicación de esta Ley a escala urbana, ya que la producción arquitectónica llevada a cabo durante su vida fue responsable de la configuración de extensas áreas construidas en la ciudad de São Paulo.

## **MÉTODO DE ANÁLISIS**

Los procesos de simulación desarrollados en esta investigación tienen como objetivo permitir una serie de análisis sobre el rendimiento lumínico, específicamente en lo que respecta a la luz natural, mediante la medición de la intensidad de la iluminancia en determinados

entornos internos de las unidades de vivienda. Estos procedimientos se realizaron de acuerdo con el flujo de trabajo que se muestra en la Figura 01.



Fuente: BOSCARDIN, 2020.

Los modelos tridimensionales utilizados en el experimento se construyeron con el programa informático Rinoceronte, basándose en el acceso a fuentes de investigación primarias (archivos originales del proyecto) y secundarias, como libros, revistas o materiales de venta que presentaban planos, cortes, perspectivas u otras representaciones que pudieran servir de referencia para los procesos de rediseño y modelización. Las representaciones gráficas bidimensionales (planos, cortes, elevaciones, etc.) se diseñaron en el software AutoCAD, basándose en la lectura y comprensión de la legislación pertinente y mediante el acceso a la información del proyecto del edificio analizado.

## INSTRUMENTOS DE SIMULACIÓN UTILIZADOS

Las simulaciones y análisis relativos a la intensidad de la iluminación natural en el interior de las viviendas se realizaron con el plugin DIVA-for-Rhino, que funciona integrado con el Rinoceronte, pudiendo desarrollar simulaciones de rendimiento lumínico y energético para edificios y contextos urbanos. Las simulaciones se generaron a partir del conjunto de datos contenidos en los archivos \*.EPW (Energy Plus Weather Data), que almacenan información relacionada con la temperatura, la humedad relativa, la velocidad y dirección del viento, la nubosidad de la atmósfera, entre otros, para varias regiones del globo.

## PARÁMETROS DE MEDICIÓN

Los parámetros de evaluación adoptados se basan en los presentados por la NBR 15575 - Desempeño de los edificios residenciales (Tablas 2 y 3), que determina los valores mínimos de iluminación, así como las fechas, horas y otros procedimientos que deben ser considerados en los procesos de simulación.

**Tabla 02:** NBR 15575 - niveles de iluminación natural

Compartimento	Iluminación general para los niveles de rendimiento (Lux)		
	Mínimo	Intermedio	Alto
Sala de estar; Dormitorio; Cocina/Cocina; Área de	≥ 60	≥ 90	≥ 120
Baño; pasillo o escalera dentro de la unidad; pasillo y escalera de uso común (edificio); garajes y aparcamientos	no se requiere	≥ 30	≥ 45

Ubicación y orientación solar: Además de la orientación solar, considere la latitud y longitud del lugar, así como los diferentes pisos y las diferentes posiciones de los apartamentos en los pisos. Fechas y horas de las simulaciones: 23 de abril y 23 de octubre, mañana (9:30am) y tarde (3:30pm). Condición del cielo: supongamos días con nubosidad media (índice de nubosidad del 50 %). Parámetros de simulación espacial: punto de medición principal en el centro de los ambientes a una altura de 0,75m sobre el nivel del suelo. Apunte las obstrucciones: considere las ventanas, cortinas y puertas internas abiertas. Obstáculos externos: considerar cualquier sombra resultante de edificios vecinos, pendientes, muros y otros posibles mamparos, siempre y cuando se conozca el lugar y las condiciones de la obra.

Fuente: NBR 15575 (2013)

La NBR 15575, sin embargo, no define un límite superior para las iluminancias. Sin embargo, en el presente estudio, basado en el sistema de medición de las UDI (Iluminaciones útiles de luz diurna), se adoptó el límite máximo de 2.000 lux, que si se supera puede contribuir a una situación de incomodidad térmica y/o visual. Este valor también se utiliza como referencia en la norma NBR 5413 (Iluminancias por clase de tareas visuales) para determinar la iluminancia límite que debe alcanzarse en los entornos destinados a realizar tareas que requieren una gran agudeza visual. En resumen, los valores por debajo del límite mínimo (60 lux) indican una baja iluminación y la necesidad de luz artificial, mientras que los valores por encima del máximo (2000 lux) se traducen en un exceso de brillo y ganancias térmicas indeseables (HOPPE; ALVAREZ; NARANJA, 2015).

## RESULTADOS

Para demostrar la aplicación de la metodología propuesta, se analizó el rendimiento lumínico de un edificio residencial diseñado y construido en la ciudad de São Paulo en la primera mitad de los años 90, durante el período de LPUOS 1972 y COESP 1992 (Cuadro 01).

**Cuadro 01:** proyecto en examen

<b>Edificio en análisis</b>	West Hills Loft
<b>Año de finalización del proyecto</b>	1993
<b>Dirección</b>	Rua Jericó, 227 - Vila Madalena, São Paulo/SP
<b>Diseño arquitectónico</b>	Königsberger Vannucchi Arquitetos Associados
<b>Número de plantas tipo</b>	25
<b>Coefficiente de utilización</b>	4
<b>Tasa de ocupación</b>	27,5%

Fonte: BOSCARDIN, 2020.

Figura 02: West Hills Loft



Fuente: Google Earth, 2020

Figura 03: Localización



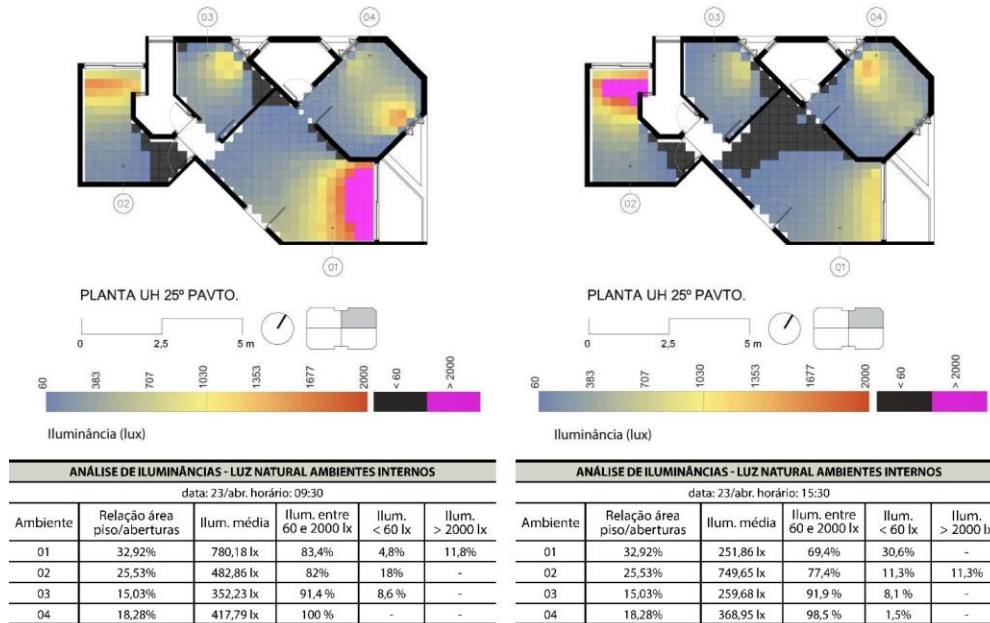
Fuente: BOSCARDIN, 2020.

Basándose en la orientación solar del edificio, se seleccionaron tres unidades de vivienda para llevar a cabo el proceso de simulación y análisis de los índices de iluminación en ambientes interiores. Dos de ellos están situados en el tipo de piso más alto (piso 25), y por esta razón, están libres de cualquier obstrucción por el contexto urbano local. Sin embargo, en cuanto a la orientación en relación con el recorrido solar, estas unidades de vivienda presentan características antagónicas. Mientras que el primero (UH 01) tiene sus aberturas orientadas a los cuadrantes soleados durante todo el año (este-norte-noroeste), las aberturas del segundo (UH 02) se posicionan alineadas con los cuadrantes este-sur y sur-oeste, opuestos al recorrido solar, recibiendo, prioritariamente, la luz natural de forma indirecta, ya sea por su dispersión en la atmósfera o por reflexión, en volúmenes y planos situados en su proximidad (MASCARÓ, 1983). La tercera unidad seleccionada (UH 03), para considerar el escenario más perjudicado en términos de iluminancia, es la situada en el pavimento de tipo más bajo (1er pavimento), con aberturas orientadas a los cuadrantes este/sur y sur/oeste, naturalmente deficientes en términos de luz solar.



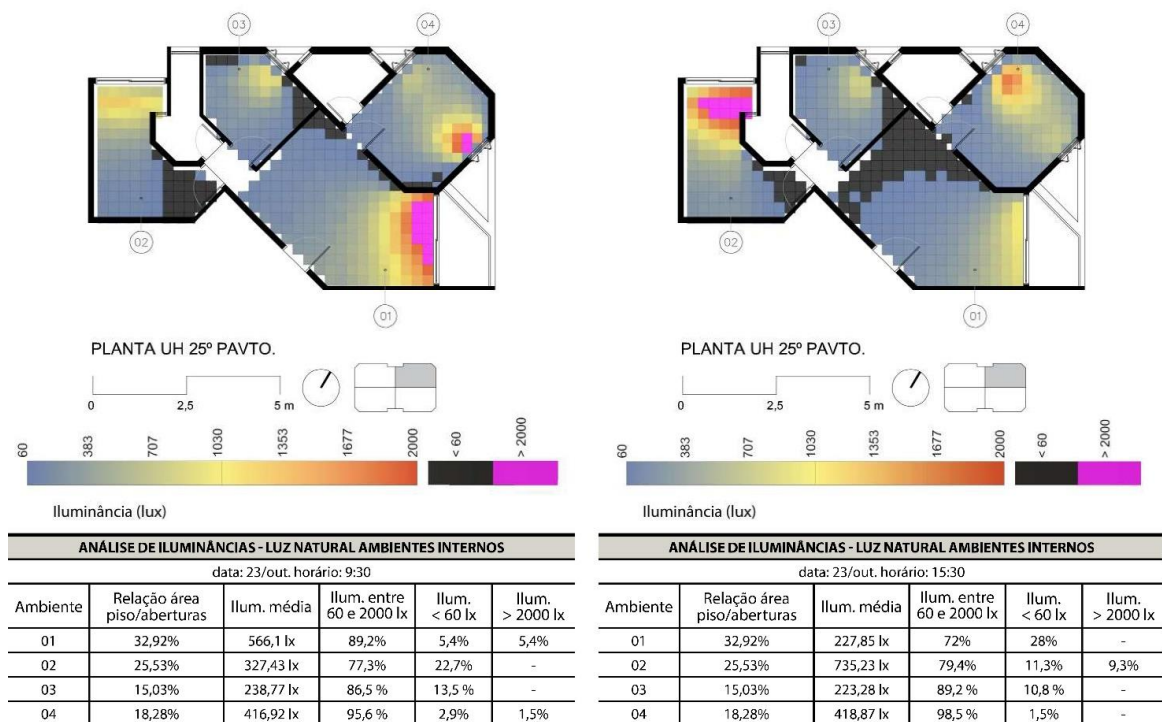
ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN INTERIOR

Figura 04: Análisis de Iluminancia - UH 01, situado en el piso 25, el 23 de abril - 9:30 /15:30 H.



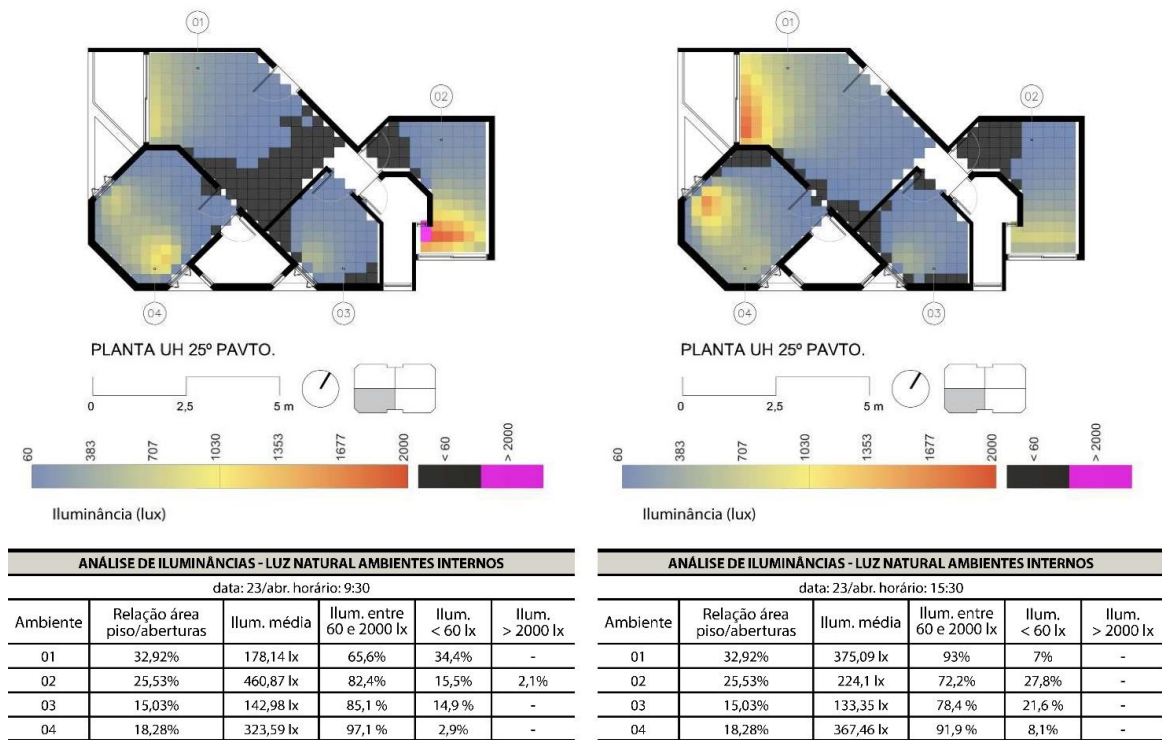
Fuente: BOSCARDIN, 2020

Figura 05: Análisis de Iluminancia - UH 01, situado en el piso 25, el 23 de octubre – 9:30 /15:30 H.



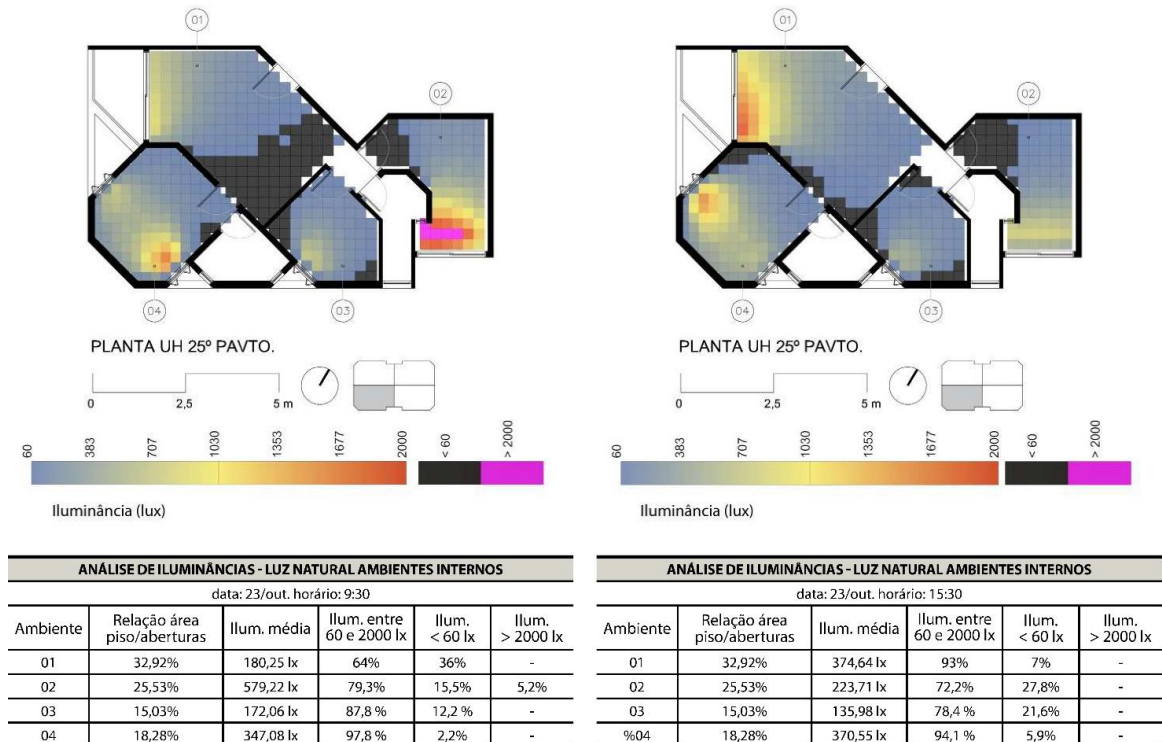
Fuente: BOSCARDIN, 2020

Figura 06: Análisis de Iluminancia - UH 02, situado en el piso 25, el 23 de abril - 9:30 /15:30 H.



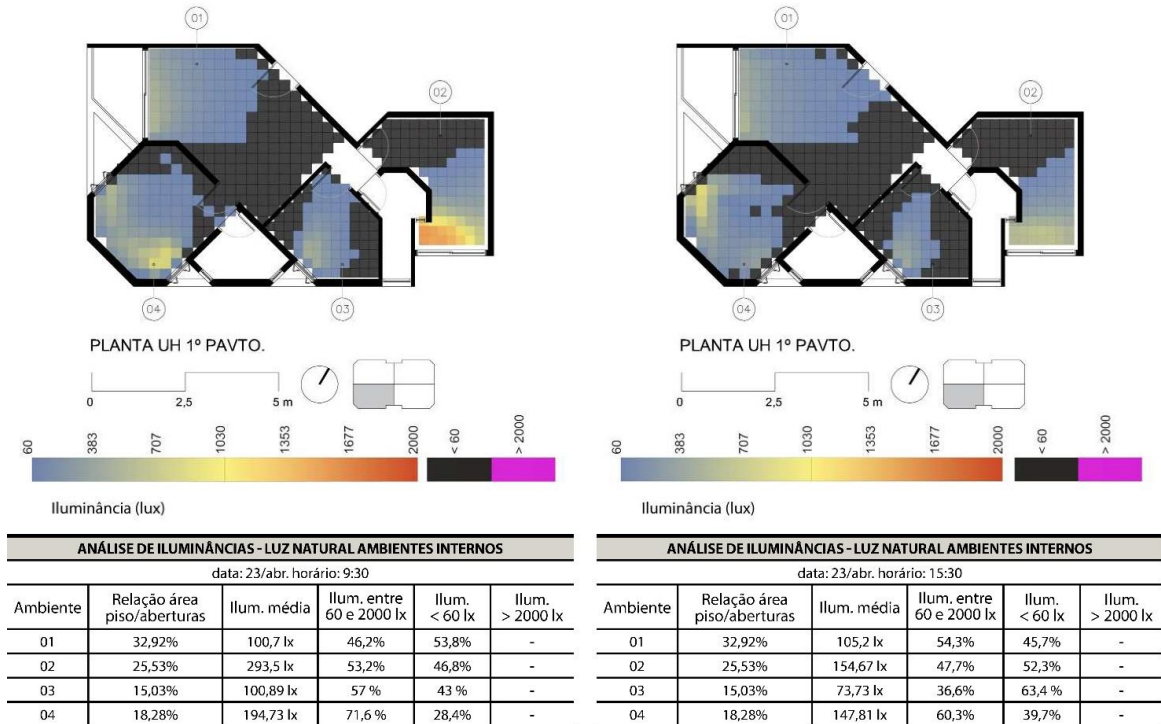
Fuente: BOSCARDIN, 2020

Figura 07: Análisis de Iluminancia - UH 02, situado en el piso 25, el 23 de octubre – 9:30 /15:30 H.



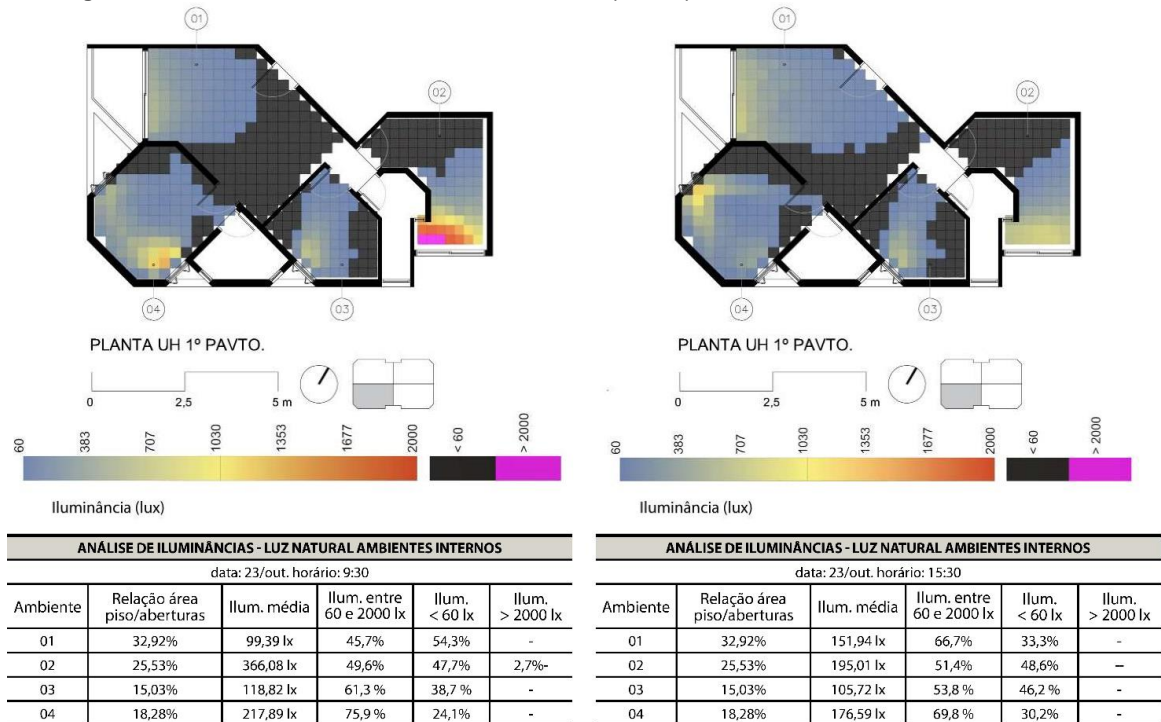
Fuente: BOSCARDIN, 2020

Figura 08: Análisis de Iluminancia - UH 03, situado en el primer piso, el 23 de abril - 9:30 /15:30 H.



Fuente: BOSCARDIN, 2020

Figura 09: Análisis de Iluminancia - UH 02, situado en el primer piso 25, el 23 de octubre – 9:30 /15:30 H.



Fuente: BOSCARDIN, 2020

Los resultados de las simulaciones dedicadas a la unidad de vivienda UH 01 (Figuras 04 y 05), muestran que durante las fechas y horas determinadas para la ejecución del experimento, las iluminaciones medias de los ambientes internos analizados se encuentran en un rango entre 223 y 780 lx, valores superiores a 120 lx, lo que representa una iluminación de clase "superior" según lo establecido por la NBR 15575 (Tabla 02). En la sala de estar y la cocina/servicio (ambientes 01 y 02 respectivamente), lugares en los que se registran las mayores proporciones entre el tamaño de las aberturas y las áreas ambientales, se identificaron sectores cercanos a las aberturas donde las iluminancias superan los 2000 lx, así como regiones, situadas en áreas fuera del rango de iluminación natural directa, donde los valores están por debajo de los 60 lx (iluminancia mínima recomendada por la norma). Como la NBR 15575 considera válida sólo la iluminancia registrada en el punto central de cada ambiente, los valores inferiores a 60 lx, como los registrados en las áreas periféricas, no influyen en los resultados. En los dormitorios (ambientes 03 y 04), incluso con una relación más modesta entre el dimensionamiento de las aberturas y las áreas de los ambientes, el promedio de los malhumorados registrados también está por encima de los 120 lx.

En la unidad UH 02 (Figuras 06 y 07), los mapas de iluminancia para cada uno de los ambientes presentan patrones similares a los observados en la UH 01, pero con valores medios más modestos, en un rango entre 133 y 579 lx (aún por encima de 120 lx, que representa el nivel de iluminancia superior, según la NBR 15575). Se observa un aumento de las zonas, aunque periféricas, donde los valores de iluminancia están por debajo de 60 lx, además de la importante disminución de puntos con mediciones por encima de 2000 lx.

La unidad UH 03 (Figuras 08 y 09), ubicada en el primer piso, con aberturas orientadas a los cuadrantes donde la iluminación natural, obtenida principalmente de manera indirecta, que aún puede ser parcialmente obstruida por los edificios vecinos, presenta un mapeo de iluminancias con valores promedio ubicados en un rango entre 73 y 366 lx. En general, hay un aumento significativo, en todos los ambientes, de áreas donde la iluminancia está por debajo del valor mínimo de 60 lx, incluyendo cerca de los puntos centrales de los ambientes, un parámetro clave en la calificación de los estándares internos de iluminancia, de acuerdo con la NBR 15575.

La síntesis de los datos obtenidos en los procesos de simulación, a través de la demostración de las medias generales de los valores registrados de iluminancias (Gráfico 02) junto con las medias generales de los rangos de distribución, a través de la visualización de los porcentajes de áreas con iluminancias entre los límites mínimo y máximo (60 y 2000 lx), así como las que están por debajo del límite mínimo determinado por la NBR 15575 (Gráficos 03 y 04), Considerando el dimensionamiento mínimo de las aberturas determinado por el COESP 1992, indica que en las unidades de vivienda ubicadas en pisos libres del bloqueo de la luz solar por interferencia de los edificios circundantes (UH 01 y UH 02), la iluminancia media global alcanza valores altos, significativamente superiores a la marca correspondiente a la clasificación superior (120 lx), según la NBR 15575. Aunque estas unidades tienen orientaciones divergentes en relación con el recorrido solar, con una recibiendo niveles más altos de luz solar directa (UH 01) y la otra debido principalmente a la difusión atmosférica (UH 02), puede observarse que ambas presentan alrededor del 80% de las áreas analizadas comprendidas en un rango de iluminancia entre 60 y 2000 lx.



Fuente: BOSCARDIN, 2020

En la unidad de vivienda situada en el tipo de piso más bajo, con orientación solar donde la iluminación natural es principalmente por difusión y reflexión atmosférica, aún susceptible de interferencias por el tiempo de construcción (UH 03), se produce un fuerte descenso de la iluminancia media global, del orden del 61,84%, cuando se compara con el valor obtenido en la unidad más iluminada (UH01). La disminución de la calidad de la iluminación natural en esta unidad también se corrobora por la importante disminución del porcentaje de zonas en que la medición de las iluminancias se concentra entre 60 y 2000 lx. Si en las unidades ubicadas en el piso más alto los porcentajes promedio son superiores al 80%, en el UH 03 este récord alcanza sólo el 56,32%.

## CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en los procesos de simulación y análisis presentados en este artículo tienden a mostrar que la calidad de la iluminación natural que recibe un edificio está vinculada no sólo a su orientación hacia el recorrido solar, sino también a su relación con el entorno construido.

Al igual que en la legislación anterior, el COESP de 1992 instituyó una serie de directrices rígidas relativas a la aplicación de los instrumentos necesarios para obtener unas condiciones mínimas de lijado y de luz solar en los edificios residenciales. Aunque la Ley informó que estas condiciones tenían por objeto "asegurar la calidad de vida de los edificios vecinos, así como la higiene y la salud de sus compartimentos" (São Paulo, SP, 1992), los procesos de simulación y análisis desarrollados en esta investigación indican una serie de deficiencias relacionadas con la eficacia de estas metodologías, al demostrar que la asistencia obligatoria a las representaciones gráficas de la gama "A" y el espacio "I" no eran capaces por sí mismos de garantizar la calidad de la luz solar y la iluminación natural del edificio en proyecto o sus alrededores. Un factor preponderante en esta situación es la falta de consideración del tamaño o disposición de los edificios vecinos al proyecto en desarrollo, como parámetro para la configuración de estas representaciones.

Aunque el COESP de 1992 determinó el dimensionamiento mínimo de las aberturas destinadas a la insolación y la aireación, la metodología empleada para la definición de estos parámetros se restringió únicamente a la relación entre el área de la abertura y el área del entorno, sin tener en cuenta la orientación solar, además de la completa falta de conexión con

la formulación del Rango "A" y el Espacio "I", por lo que la proposición de aberturas que excedían el área mínima determinada, y que naturalmente proporcionaban mayores ganancias de iluminación y ventilación, no se consideraron como parámetros para la definición de estos instrumentos.

En el hemisferio sur, especialmente en latitudes bajas, el nivel reducido de luz solar directa en los planos orientados al cuadrante sur debe considerarse como uno de los parámetros básicos para definir la planificación interna de un edificio, al analizar la necesidad o no de la incidencia directa de la luz solar en un entorno determinado. De acuerdo con esta premisa, el Código de Obras de la Ciudad de São Paulo, vigente entre 1975 y 1992, indicaba que las aberturas orientadas al sur no se consideraban "por efecto de la luz solar, la iluminación y la ventilación de los dormitorios, cuyos planos forman un ángulo inferior a 30º con la dirección este-oeste" (São Paulo (SP), 1975). Esta regla, sin embargo, fue revocada por el COESP en 1992.

Teniendo en cuenta las limitaciones tecnológicas existentes en el momento de la legislación analizada en este estudio, además de las diversas exigencias multidisciplinarias inherentes a la producción arquitectónica vinculada al mercado inmobiliario, es posible deducir que la resolución de las cuestiones relacionadas con el confort ambiental en los edificios verticales de uso residencial, mediante metodologías estrictamente prescriptivas, condujo a un panorama en el que la consideración de los factores bioclimáticos en el curso del proceso de diseño quedó relegada a un segundo plano, de modo que la aplicación de una secuencia de fórmulas, y la posterior acomodación de las representaciones gráficas resultantes y necesarias entre el volumen del edificio y los límites del terreno en el que se insertaba, cerraron las preocupaciones, por parte de diseñadores y constructores, con este tema.

El nuevo Código de Obras y Edificios de la Ciudad de São Paulo, vigente desde 2017 y formulado a raíz de la promulgación del actual Plan Director, aprobado en 2014, modificó sensiblemente las directrices relativas al confort ambiental de los edificios, suprimiendo incluso las representaciones de la Franja "A" y del Espacio "I". Según el nuevo Código, las cuestiones relativas al confort ambiental deben ser evaluadas preferentemente por normas técnicas, como la NBR 15575, que regula el comportamiento de los edificios de viviendas mediante métodos de evaluación que consideran procesos de simulación válidos similares a los presentados en este artículo.

La eficacia de las metodologías propuestas por el actual Código de Obras y Edificios de la Ciudad de São Paulo, en lo que respecta al reconocimiento de las ganancias relacionadas con el confort ambiental y la eficiencia energética en los edificios residenciales, podrá estudiarse con mayor precisión en un futuro próximo, tras la conclusión y ocupación de un número importante de edificios diseñados y construidos con arreglo a esta nueva Ley, lo que permitirá realizar estudios sobre el impacto real de esas metodologías, además de análisis sobre la interacción entre los nuevos edificios con un contexto urbano ya consolidado, establecido a partir de la consideración de instrumentos normativos que ya están fuera de uso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575-1: **Edifícios habitacionais–Desempenho–parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

CARLO, Joyce Correna; LAMBERTS, Roberto. **Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios - parte 1: método prescritivo**. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000200001>> Acesso em 18.set.2020.

EMBRAESP. **Relatórios Anuais – 1985 – 2017**.

FIGUEIREDO, Erika Ciconelli de. **A abordagem sustentável da luz natural: análise do desenho de vãos e eficiência dos vedos translúcidos e transparentes em edifícios das cidades de São Paulo, Berlim e Frankfurt am Main durante as últimas décadas do século XX e primeira década do século XXI**. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011.

FREITAS JÚNIOR, Roberto de Gouveia e. **Legislação e ocupação urbana em lotes privados do centro de São Paulo no século XX**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2008.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DOLCE, Mônica; MÜLFARTH, Roberta Consentino Kronka; LIMA, Eduardo Gasparelo; FERREIRA, Amanda; MICHALSKY, Ranny Nascimento. **The thermal environment in the high-density tall building from the Brazilian bioclimatic modernism: living in the COPAN building**. Anais. Hong Kong: [s.n.], 2018.

GUERRA, Maria Eliza Alves; LOPES, Anaísa Filmiano Andrade. **Arquitetura verde: contribuições a partir da exemplificação de tipologias vinculadas à sustentabilidade urbana**. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, São Paulo, v.03, n.05, pp. 01-17, 2015.

HAYMAKER, John; BERNAL, Marcelo; MARSHALL, Marionyt; OKHOYA, Victor; SZILASI, Anton; REZAEI, Roya; CHEN, Cheney; SALVESON, Andrew; BRECHTEL, Justin; DECKINGA, Luc; HASAN, Hakim; EWING, Phillip; WELLE, Benjamin. **Design space construction: a framework to support collaborative, parametric decision making**. ITcon Vol. 23, pg. 157-178, Jun. 2018. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2018/8>> Acesso em 24.out.2019.

HOPPE, Stella Brunoro; ALVAREZ, Cristina Engel de; LARANJA, Andréa Coelho. **Iluminação natural e legislação urbana: a experiência de Domingos Martins – ES (Brasil)**. In: Connecting People and Ideas. Proceedings of EURO ELECS 2015. Guimarães - Portugal, 2015 p1734-1744.

MASCARÓ, Lucia Elvira Alicia Raffo de. **Luz, Clima e Arquitetura**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1983.

MASCARÓ, Lucia Elvira Alicia Raffo de. **Energia na edificação - estratégia para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projeto, 1985-1986. 105 p.

MORAES, Sandra R. Casagrande de. **O arquiteto e o mercado imobiliário residencial na cidade de São Paulo no século XXI (2000-2011)**. 2013. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2013.

PALA, Adhemar Carlos. **A luz natural lateral na concepção arquitetônica nos projetos dos edifícios residenciais do bairro paulistano de Higienópolis nos anos de 1940-1960**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2013.

SÃO PAULO (Município). Ato nº 663, de 10 de agosto de 1934. **Aprova a consolidação do Código de Obras “Arthur Saboya” (lei nº 3.427, de 19 de novembro de 1929) abrangendo todas as disposições constantes de Leis e Atos, em vigor nesta data, referentes a construções, arruamentos etc**. Disponível em <<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/ato-gabinete-do-prefeito-663-de-10-de-agosto-de-1934>> Acesso em 21.nov.2020.

SÃO PAULO (Município). Lei n. 7.805 de 1 de novembro de 1972. **Dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo do município, e dá outras providências**. Diário Oficial, São Paulo, 3 nov. 1972, f. 1.

SÃO PAULO (Município). Lei n. 8.266 de 20 junho de 1975. **Aprova o código de edificações, e dá outras providências**. Diário Oficial, São Paulo, 21 jun. 1975, f. 1

SÃO PAULO (Município). Lei n. 11.228 de 25 de junho de 1992. **Dispõe sobre as regras gerais e específicas a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução, manutenção e utilização de obras e edificações, dentro dos limites**

**dos imóveis, revoga a Lei n. 8.266/1975, com as alterações adotadas por leis posteriores, e dá outras providências.** Diário Oficial, São Paulo, 26 de jun. 1992, f. 1.

SÃO PAULO (Município). Lei n. 16.050 de 31 de julho de 2014. **Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e revoga a Lei nº 13.430/2002.** Diário Oficial, São Paulo, 1º ago. 2014, f.1.

SÃO PAULO (Município). Lei nº 16.642, de 9 de maio de 2017. **Aprova o Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo; introduz alterações nas Leis nº 15.150, de 6 de maio de 2010, e nº 15.764, de 27 de maio de 2013.** Diário Oficial, São Paulo, 10 mai. 2017, f. 1.

SILVEIRA, José Augusto Ribeiro da; LIMA, Larissa Ellen de Oliveira; OLIVEIRA, Juliana Xavier Andrade de. **Estratégias internacionais e tecnologias de gestão da arborização urbana.** Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, São Paulo, v.08, n.60, pp. 24-40, 2020.