



Fundación Príncipe Claus para la
Cultura y el Desarrollo

INSTITUTO DE ARQUITECTURA TROPICAL

FUNDACION PRINCIPE CLAUS PARA LA CULTURA Y EL DESARROLLO

**DE LA VENTANA HORIZONTAL AL
BRISE-SOLEIL DE LE CORBUSIER:
ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA PARA
EL MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO DE RÍO DE JANEIRO**

arq. José Manuel Almodóvar Melendo

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla

ESPAÑA



**DE LA VENTANA HORIZONTAL AL
BRISE-SOLEIL DE LE CORBUSIER:
ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA SOLUCIÓN
PROPUESTA PARA EL MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO
DE RÍO DE JANEIRO**

José Manuel Almodóvar Melendo

Doctor Arquitecto

Profesor de Composición, Arquitectura
y Medio Ambiente

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla
(España)



FIG. 0. MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE PÚBLICA DE RÍO DE JANEIRO.

INTRODUCCIÓN

El brise-soleil diseñado para el nuevo *Ministerio de Educação e Saúde*, es un ejemplo especialmente relevante de la aplicación de los principios de Le Corbusier. Este tipo de protecciones solares son, en nuestra opinión, el resultado de la evolución de uno de sus postulados, la ventana horizontal. Este principio unido al de la fachada libre, vino a sacralizar el empleo del muro de cristal.

Le Corbusier comentó en una ocasión, “una ventana puede tener una longitud de 10 metros para una vivienda y de 200 para un palacio”. Estos argumentos propiciaron en nuestra opinión la extensión de la arquitectura tradicional del Norte y el Centro de Europa hacia el resto del mundo. Esta exportación evidencia claramente un fracaso ambiental, en el momento en que se ve obligado en climas cálidos, a corregir el muro cortina con un sistema auxiliar.



FIG. 1. DETALLE DEL BRISE-SOLEIL.

En la ventana horizontal, al igual que en los otros puntos de su arquitectura, Le Corbusier buscaba una cierta justificación ambiental, que si se toma como axioma, pensamos debe ser considerada con sumo cuidado.

Podemos poner un ejemplo para clarificar esta cuestión. Consideremos ventanas de igual área pero con distinta posición (ver figura 2). El campo lumínico resultante, considerando exclusivamente la relación geométrica entre las ventanas y el espacio interior, vemos que es diferente. Se observa una mayor penetración de luz en el caso de ventanas verticales. Sin embargo, una ventana

no ilumina por sí misma, lo hace en función del ambiente exterior.

Por tanto hay que considerar siempre en esta discusión las particularidades locales, condiciones de cielo, latitud, orientación, evolución temporal de los parámetros ambientales. Sin olvidar, que el sol es la fuente de energía más importante que tenemos en nuestro planeta y es responsable de dos cuestiones íntimamente ligadas, luz y calor. Estos elementos deben ser estudiados conjuntamente para diseñar o discutir la validez de los modelos empleados.

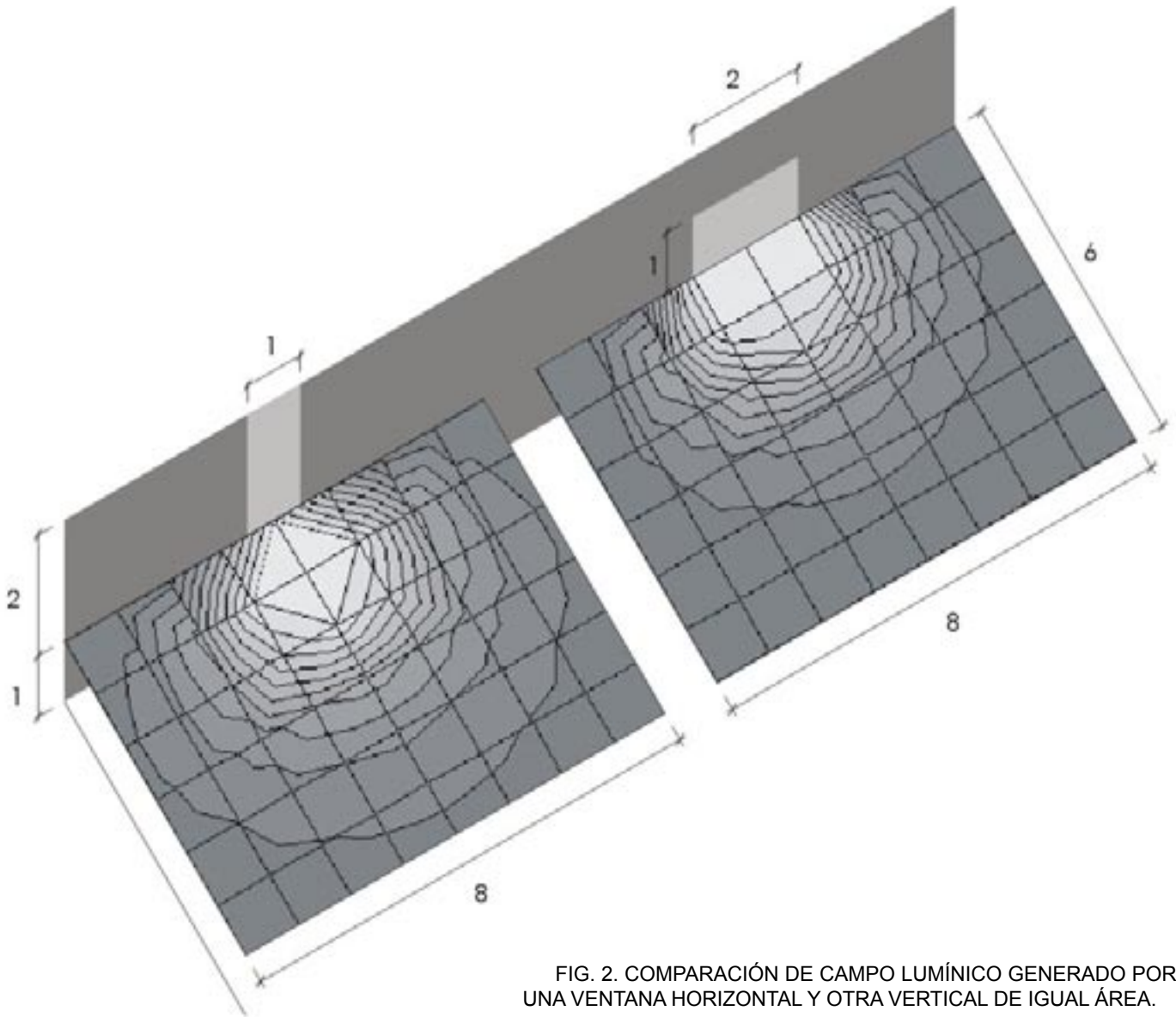


FIG. 2. COMPARACIÓN DE CAMPO LUMÍNICO GENERADO POR UNA VENTANA HORIZONTAL Y OTRA VERTICAL DE IGUAL ÁREA.

LA PROPUESTA DEL MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO

Por otro lado, coincidimos con el profesor Lahuerta en lo que respecta a la calidad de la luz generada por cerramientos totalmente acristalados.

“la luz en la que esa estructura se coloca, es simplemente la luz del día, transparente y plana como el vidrio, ni más ni menos”. “Las sombras que dan valor a la luz, que contienen, entre otros mayores, el misterio de su plasticidad, han sido expulsadas del interior del palacio”. “La luz, podía así, como cualquier cosa, ser poseída por los hombres, y quedó desencantada”.

Para analizar con detalle el comportamiento ambiental del brise-soleil del Ministério de Educação e Saúde y poder arrojar de este modo nueva luz sobre los objetivos que motivaron su diseño, contamos afortunadamente con la memoria original del proyecto. Fue publicada por primera vez en la revista *Arquitetura e Urbanismo* en 1939. En ella se hacen continuas referencias a las soluciones adoptadas con objeto de optimizar el comportamiento ambiental del edificio. Es una clara muestra del interés que tenían los arquitectos brasileños por esta cuestión.



FIG. 3. DETALLE DE LA FACHADA SSE.

En este sentido se comenta, que se decidió modificar la orientación del edificio propuesto precipitadamente por Le Corbusier. Los arquitectos brasileños pretendían entre otras cuestiones, mejorar su comportamiento solar. Al respecto señalan:

“De acordo com a disposição do bloco, as salas de trabalho ficaram orientadas para SSE e NNO. Na face SSE, insolada francamente em alguns dias do ano, pela manhã, adotamos grandes caixilhos envidraçados até o teto que permitirão perfeitas condições de ventilação e iluminação, além de agradável vista para a baía; serão usadas nos mesmos cortinas de régua de madeira (venetian blinds) para graduar a intensidade luminosa.”

Conviene hacer algunas puntualizaciones en lo que respecta a la fachada SSE. Si comparamos el soleamiento en esta orientación y la temperatura ambiente de Río de Janeiro (ver figura 4), observamos que el sol incide sobre esta fachada en los días más calurosos del año (Diciembre, Enero, Febrero). Aunque las cargas térmicas se producen por la mañana, el exceso de acristalamiento condiciona de forma determinante el incremento de la temperatura interior al atardecer, aunque ya no exista soleamiento.

Debemos tener en cuenta que en los meses más calurosos, la temperatura media de las máximas de Río supera los 30° y la humedad relativa oscila en torno al 80%. Sin embargo, los autores del proyecto parecen estar preocupados exclusivamente por el exceso de luz, que pretenden corregir con persianas venecianas.

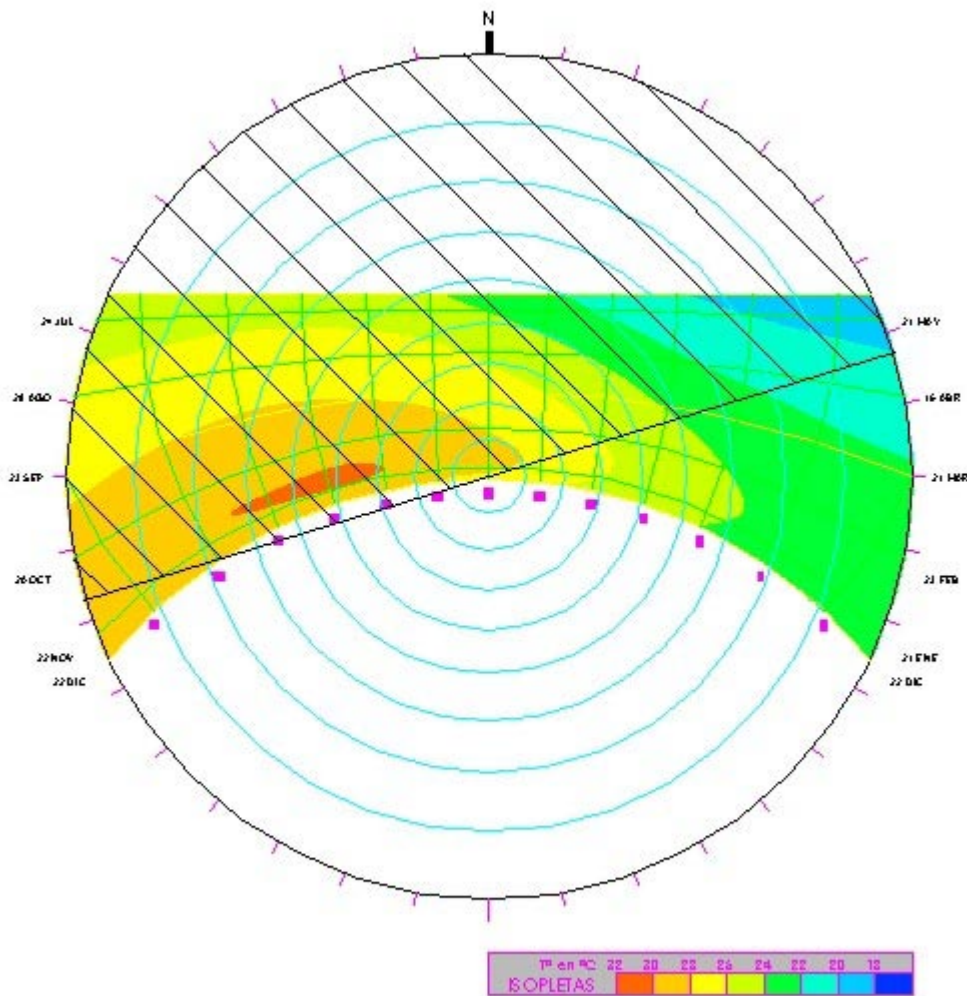


FIG. 4. CARTA ESTEREOGRÁFICA CON ISOPLETAS DE RÍO DE JANEIRO. SOLEAMIENTO DE LA FACHADA SSE.

En nuestra opinión, Le Corbusier era consciente de este hecho. Su experiencia en Argelia le había alertado sobre el sobrecalentamiento que producen los vidrios en climas cálidos. Resulta revelador el escrito que envía Gustavo Capanema a Lúcio Costa (19/10/1936), en el que comenta:

“As paredes do lado sul do edifício devem ser feitas em parte por vidros não transparentes. Foi uma sugestão que me fez pessoalmente o sr. Le Corbusier, à vista da observação, que lhe fiz, sobre o inconveniente da iluminação excessiva. Os elementos fixos dessas paredes poderão ser constituídos por vidros translúcidos ou, menos ainda, opacos.”

El empleo de vidrios traslúcidos sugerido por Le Corbusier, puede reducir el efecto invernadero. Sin embargo, dada su alta absorción, aumentaría el sobrecalentamiento por radiación de onda larga.

La segunda opción, aumentar la superficie opaca, sería en nuestra opinión más acertada.

En lo que respecta al sugerente brise-soleil diseñado para la fachada NNO, se comenta:

“Na face NNO, insolada quase todo o ano durante as horas de expediente, foi adotado um sistema de proteção que importa examinar, passando em revista, preliminarmente, os processos até então usados, para mostrar alguns dos seus inconvenientes. Os sistemas de proteção mais conhecidos entre nós são os de varanda e cortinas. O tipo de proteção por varandas, quando usado em edifícios desse gênero, apresenta sérios inconvenientes de ordem técnica e econômica, pelos problemas de ventilação que acarreta e pela área de construção praticamente perdida que representa. As cortinas de enrolar, das quais diversos tipos são usados aqui no Rio, além de

apresentarem desvantagens equivalentes, dariam ao conjunto o aspecto comum de apartamentos, o que, no caso, seria lamentável. Restava, portanto, uma única solução: o brise-soleil proposto por Le Corbusier para a Argélia.”

Es decir, se discute el uso del brise-soleil en función de la ventilación. Como ya hemos comentado, la humedad relativa de Río es muy alta durante todo el año. Por tanto es fundamental facilitar el movimiento de aire con objeto de favorecer los mecanismos de evotranspiración. Principal proceso de regulación de temperatura interna de los seres humanos en situaciones de calor.

En este sentido tanto los primeros proyectos del equipo brasileño como las propuestas de Le Corbusier coinciden en disponer las salas en crujía simple. Posiblemente, la necesidad de encajar el

programa en la orientación elegida, la más corta, obligó al uso de doble crujía. Esta solución menos ventajosa, hizo necesario favorecer al máximo la ventilación. Lúcio costa comenta al respecto que:

“O problema de ventilação também foi objeto de acurados estudos, adotando-se o processo de ventilação cruzada, de eficiência reconhecida, apesar de ultimamente pouco observado entre nós. Esse sistema é assegurado pela tiragem que a diferença de temperatura das fachadas postas produzirá, uma vez que as divisões internas, pelo tipo adotado, não constituirão obstáculos à livre circulação do ar.”

En efecto, las divisiones internas fueron diseñadas de forma que no llegasen hasta el techo. Se ideó además, un sistema de aberturas de ventanas tipo “guillotina” que funciona con un ingenioso mecanismo de contrapesos.



SIMULACIÓN AMBIENTAL DEL BRISE-SOLEIL

Antes de empezar a comentar los resultados del análisis del brise-soleil, queremos hacer algunas puntualizaciones. En nuestra opinión, el estudio de este tipo de elementos debe ser realizado a partir de sus implicaciones arquitectónicas. Existen sin embargo actitudes muy extendidas de estudiar el diseño de huecos y protecciones solares a partir exclusivamente del cálculo de balances térmicos. Desde esta perspectiva y teniendo en cuenta que los vidrios son elementos débiles energéticamente, los resultados que se obtienen apuntan a la supresión de los mismos, conclusión que evidentemente no arroja luz sobre la cuestión.

En nuestra opinión en este razonamiento, el punto de inflexión viene marcado en climas cálidos por la exigencia de unos niveles mínimos de iluminación natural.

Por tanto, consideramos imprescindible conocer el campo lumínico generado por este tipo de protecciones solares. Para ello vamos a utilizar los resultados obtenidos tras varios años de investigación en el campo de la simulación de iluminación natural que generan distintos tipos de protecciones solares, sobre todo los sistemas de lamas y parasoles de distintos tamaños y longitudes.

FIG. 5. FACHADA NORTE DEL MINISTERIO



Emplearemos el Método de Factores de Configuración del Dr. José María Cabeza, que he tenido oportunidad de desarrollar con motivo de la realización de mi tesis doctoral. El método extiende las propiedades de la radiancia de las superficies difusoras, a la exitancia luminosa de todo tipo de superficies de construcción que son, en consecuencia, tratadas como intercambiadores radiantes por medio de la ley de proyección del ángulo sólido generalizada. La sustitución del concepto de cielo iluminador por el de superficie radiante permite considerar el efecto de la radiación

solar directa en el campo lumínico generado. Esta cuestión es fundamental para entender y valorar el funcionamiento de lamas en climas soleados.

Con objeto de estudiar con detalle el funcionamiento global del brise-soleil, se ha analizado el campo lumínico en momentos climáticamente representativos del año: invierno, verano y los equinoccios, a diferentes horas y en condiciones tanto de cielo nublado como despejado con sol. Al tratarse de un brise-soleil móvil, ha sido necesario además, estudiar en cada situación el



FIG. 6. DETALLE DEL MECANISMO DE GIRO DE LAS LAMAS.

giro de las lamas. Tal y como se muestra en la figura, los arquitectos brasileños diseñaron un ingenioso mecanismo que las fija en tres posibles posiciones, 45°, -45° y horizontal.

Se ha calculado en todos los casos, los intercambios radiantes teniendo en cuenta los efectos de reflexión de las lamas e igualmente los de la porción visible de cielo a través de los vidrios. Para ello, se ha desarrollado la expresión analítica del coeficiente de configuración entre elementos planos con diferente ángulo de inclinación. Todas las superficies aquí tratadas se asimilan a difusores lambertianos.

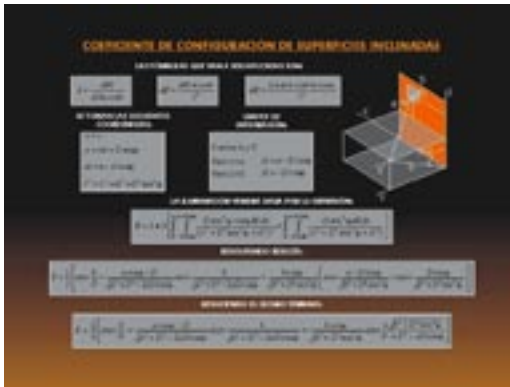
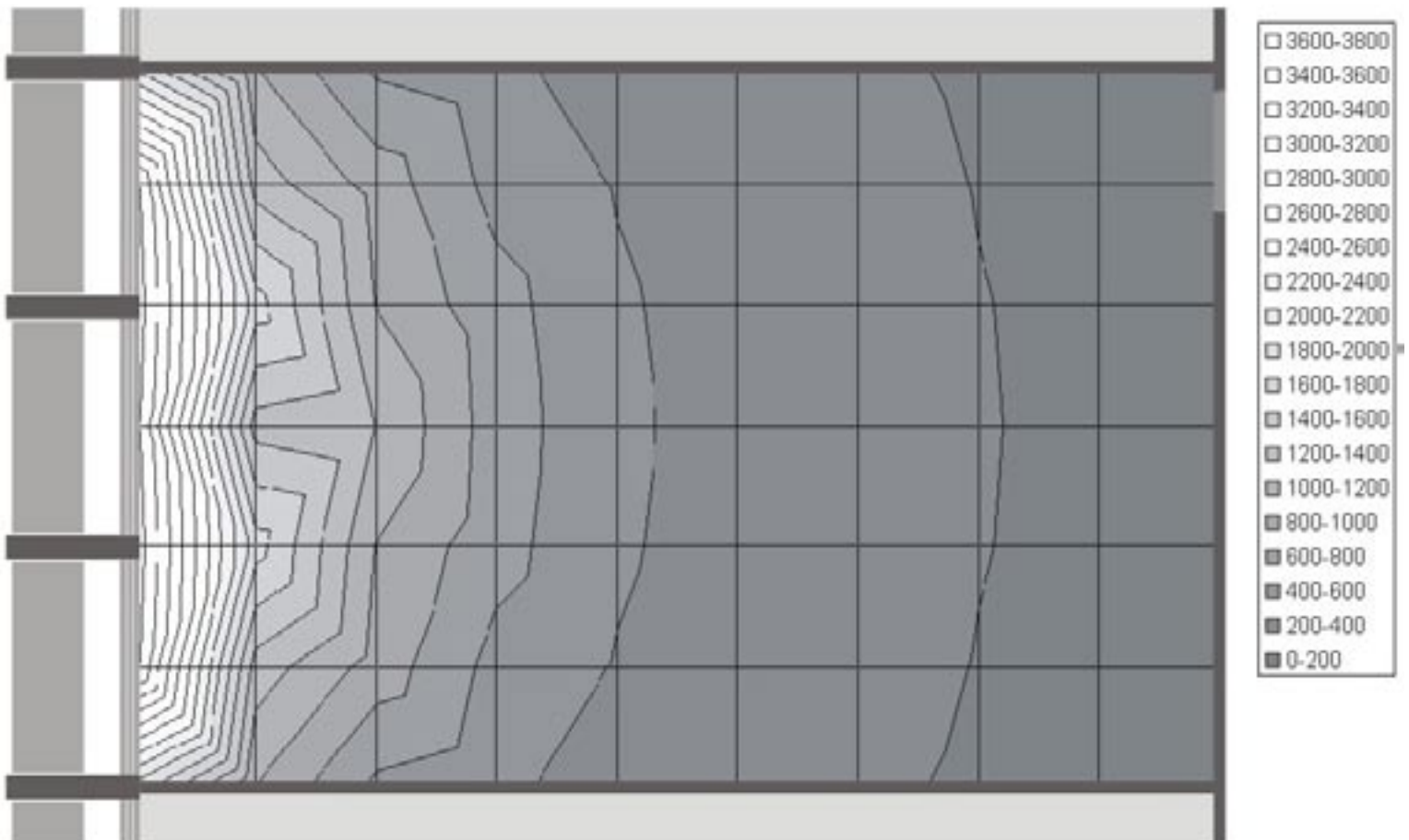


FIG. 7. COEFICIENTE DE CONFIGURACIÓN DE SUPERFICIES INCLINADAS.

En la figura 8 se muestran algunos de los resultados obtenidos. Podemos de esta forma comprobar si el funcionamiento del brise-soleil responde a las expectativas de los arquitectos brasileños. En la memoria del proyecto se comenta:

“A inclinação do sol e a sua trajetória em relação à fachada insolada estavam a indicar que o sistema de proteção preferível deveria ser constituído por placas horizontais, pois, de outra forma, seríamos forçados a adotar vãos diminutos, acarretando perda de visibilidade. Por outro lado, verificamos que a adoção de placas fixas, se bem que pudesse resolver o problema de insolação, seria menos satisfatória no tocante à iluminação, pois, tendo sido calculada para dias claros, resultaria, por força, deficiente nos sombrios, obrigando ao uso de luz elétrica em horas que outros prédios poderiam dispensá-la.

FIG. 8. DICIEMBRE 12 HORAS. CIELO DESPEJADO CON SOL. DE ARRIBA A ABAJO: LAMAS +45°, -45° Y HORIZONTALES.



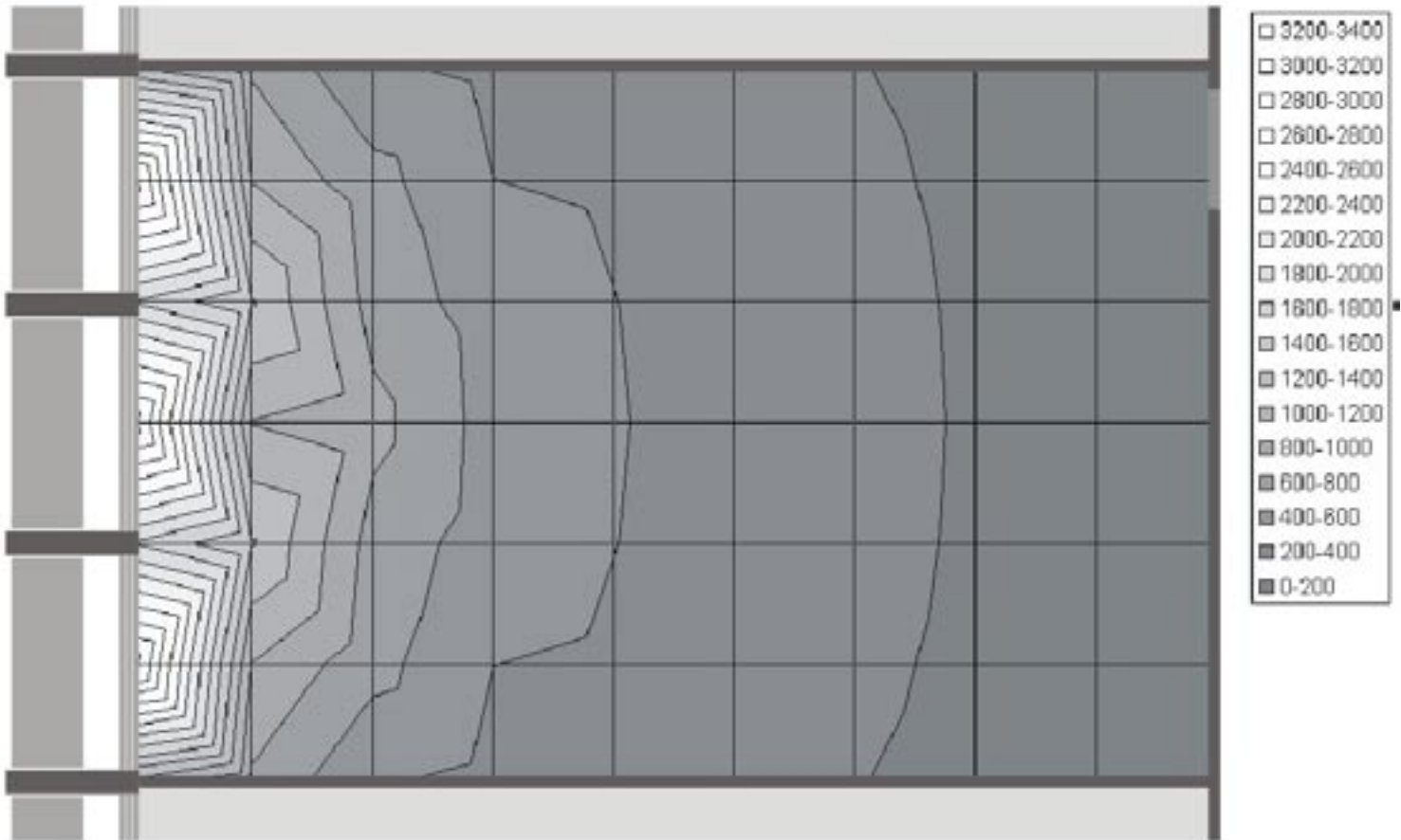


FIG. 9. OBRA DO BERÇO. LAGOA RODRIGO DE FREITAS. RÍO DE JANEIRO.

Além disso, consideramos que, sendo a direção dos raios solares variável em relação à fachada, o melhor sistema de evitá-lo deveria ser móvel. Com essas razões e baseados em experiências feitas com os melhores resultados no prédio da Obra do Berço, na Lagoa Rodrigo de Freitas, onde, devido à orientação, foi adotado o tipo vertical, decidimos empregar também um processo semelhante que garantisse, em qualquer hora do dia, disposição adequada às necessidades do trabalho.”

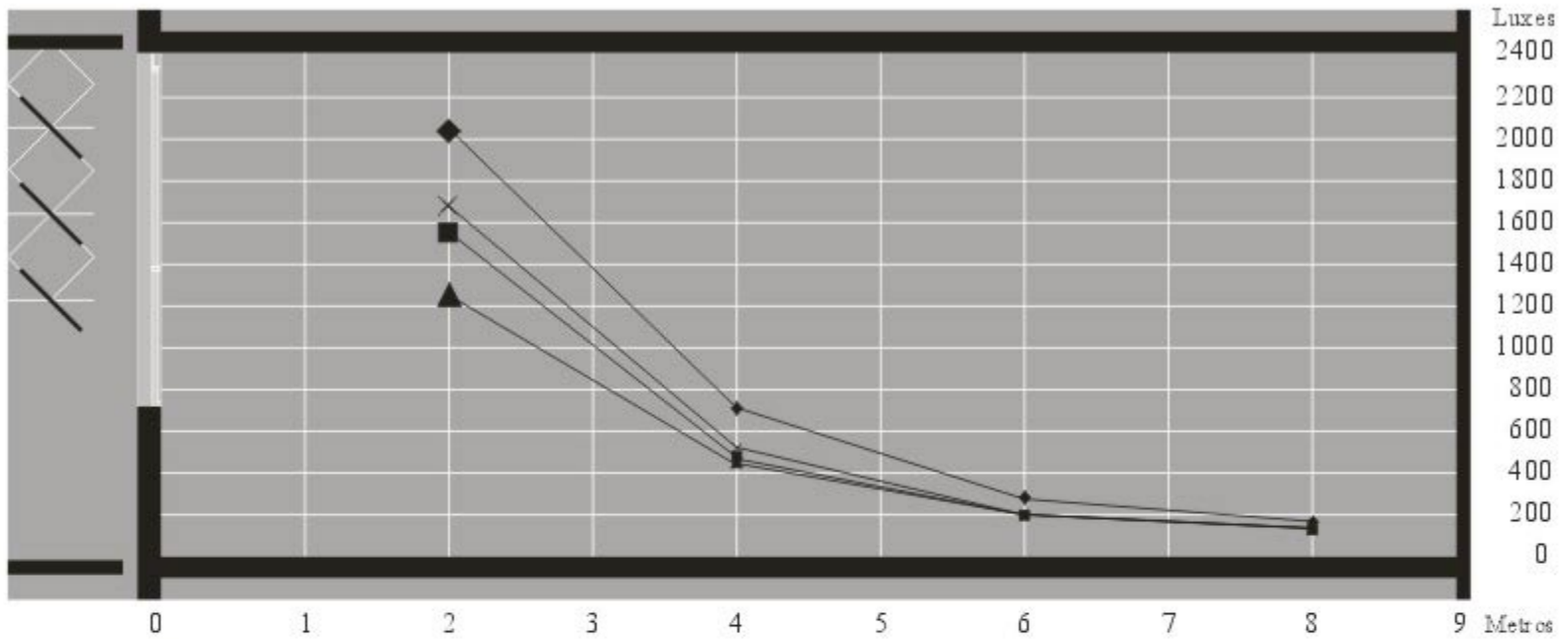
El proyecto de la Obra do Berço que se ha citado, fue realizado por Niemeyer en 1937. En un principio se colocaron lamas verticales inclinadas, pero se comprobó que el sol entraba en las estancias. Finalmente se construyó el brise-soleil que aparece en la figura. Es una clara muestra de que tenían dificultades a la hora de calcular el soleamiento.

En lo que respecta al nuevo Ministerio, coincidimos en que en la orientación norte debido a los movimientos relativos del sol con la fachada, es aconsejable el empleo de lamas horizontales.



DICIEMBRE 12 HORAS - COLOR RGB 165 205 215

CIELO DESPEJADO



CIELO NUBOSO

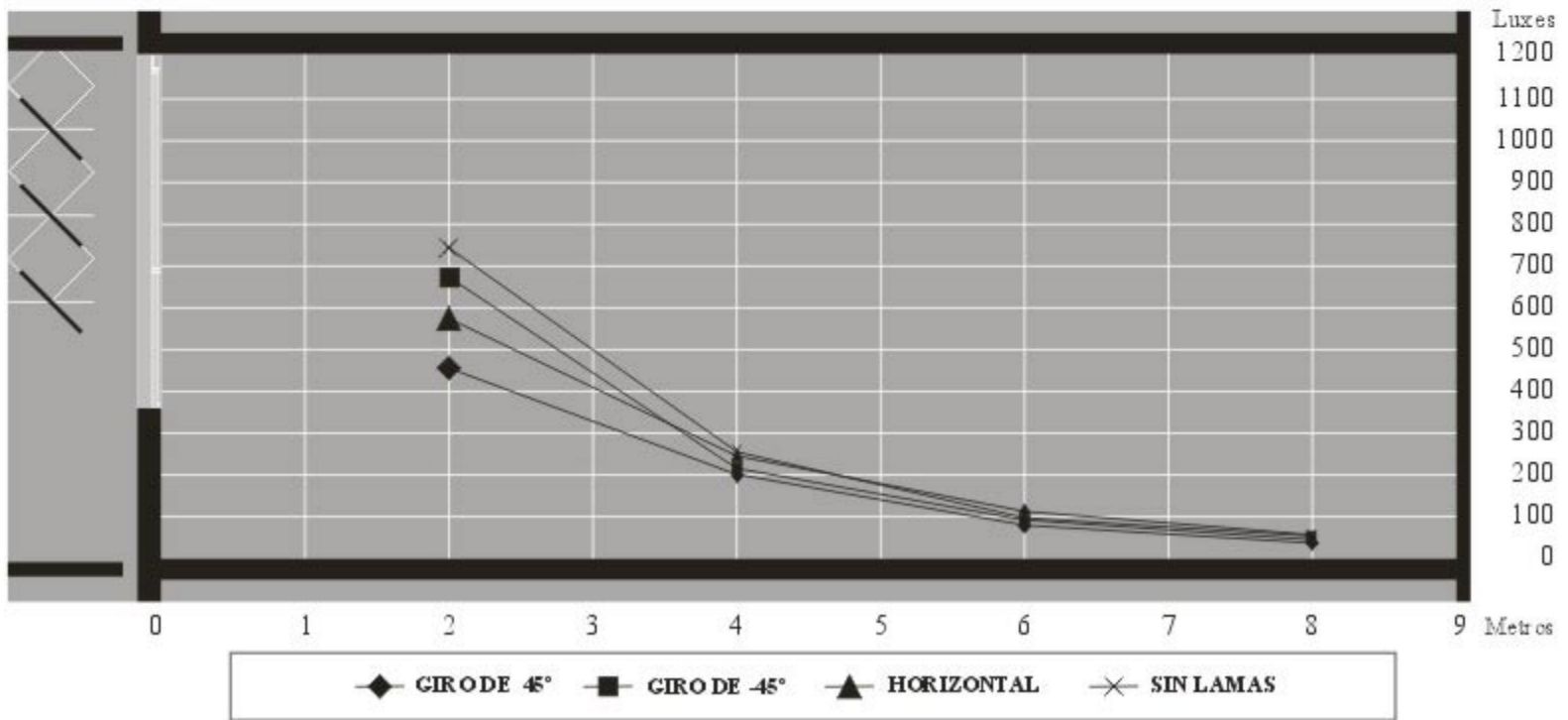


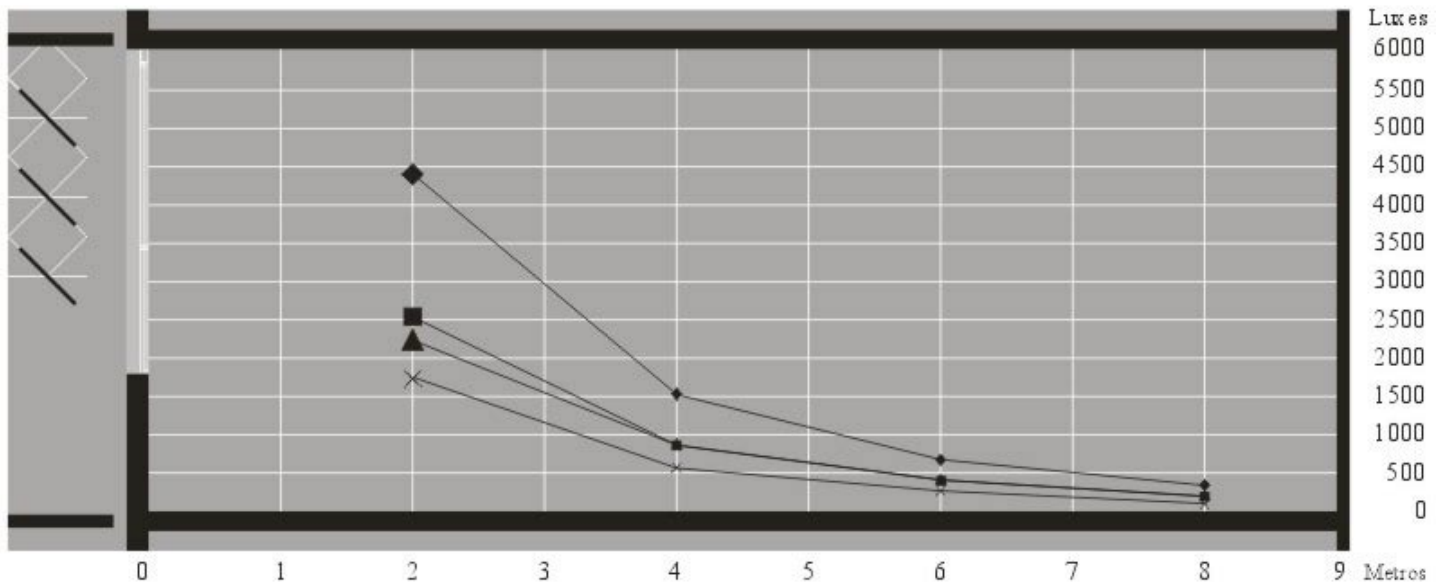
FIG. 10. DICIEMBRE 12 HORAS. COMPARACIÓN DE ILUMINACIÓN CON LAMAS EN DIFERENTES POSICIONES Y SIN ELLAS. COLOR ACTUAL.

En latitudes tan bajas, la protección del sol es aún más efectiva y por tanto se pueden diseñar de forma que no supongan una gran pérdida de visibilidad. Debemos considerar sin embargo, que en este tipo de climas el soleamiento debe ser también controlado en los meses de invierno.

La segunda parte del razonamiento nos parece más imprecisa y dudosa. Se obvia la cuestión de que las lamas tienen un doble efecto, protegen de la radiación solar directa y además juegan un papel relevante en la generación de luz. Esta propiedad puede ser analizada con el método de factores de configuración, asimilando las lamas a superficies radiantes.

DICIEMBRE 12 HORAS - COLOR BLANCO

CIELO DESPEJADO



CIELO NUBOSO

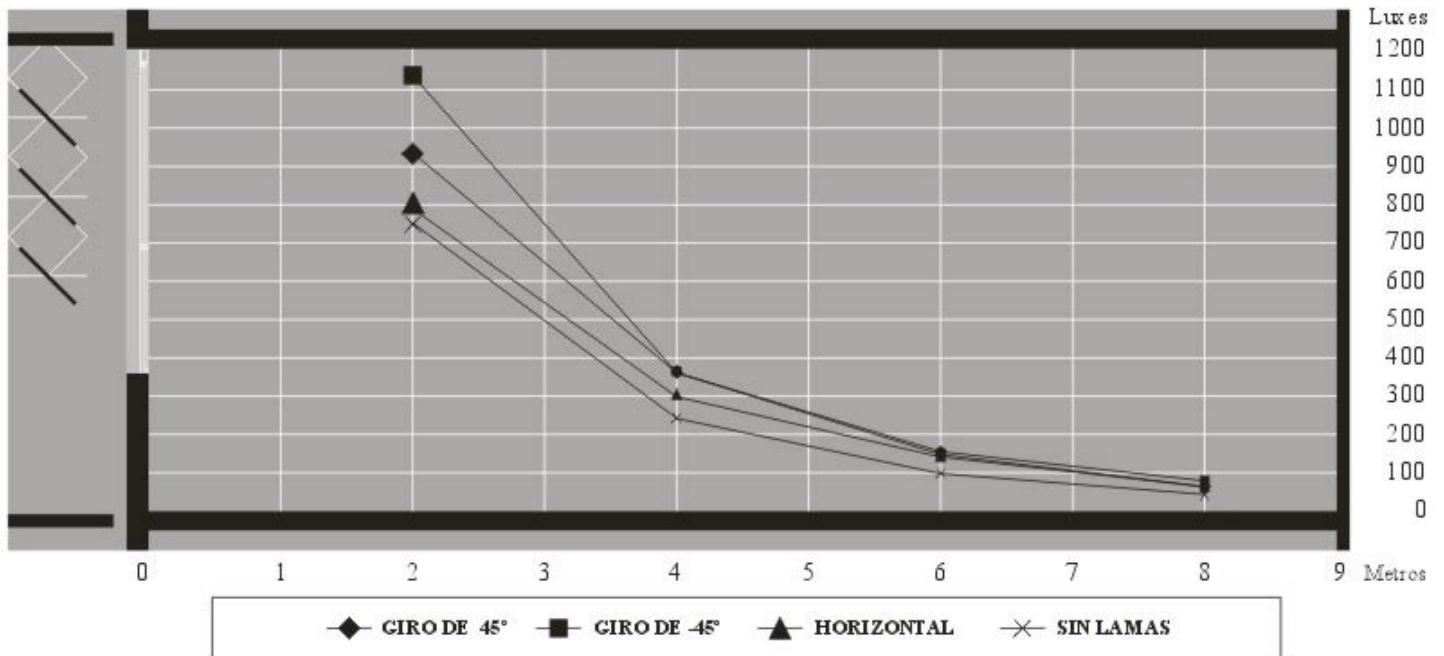


FIG. 11. DICIEMBRE 12 HORAS. COMPARACIÓN DE ILUMINACIÓN CON LAMAS EN DIFERENTES POSICIONES Y SIN ELLAS. COLOR BLANCO.

Para profundizar en esta cuestión hemos decidido comparar los niveles de iluminación que se generan en diferentes posiciones de las lamas y en el supuesto de que no existieran. Se ha elegido el solsticio de verano (Diciembre) a las 12 horas solares.

Si comparamos los resultados en una misma gráfica (fig. 10), podemos comprobar que en el caso de cielo despejado, los mayores niveles

de iluminación se producen con lamas a 45°, posición idónea además para proteger del sol. En la hipótesis de cielo cubierto, la inclinación más favorable es -45°. En este caso si no existiesen las lamas, la iluminación sería ligeramente superior.

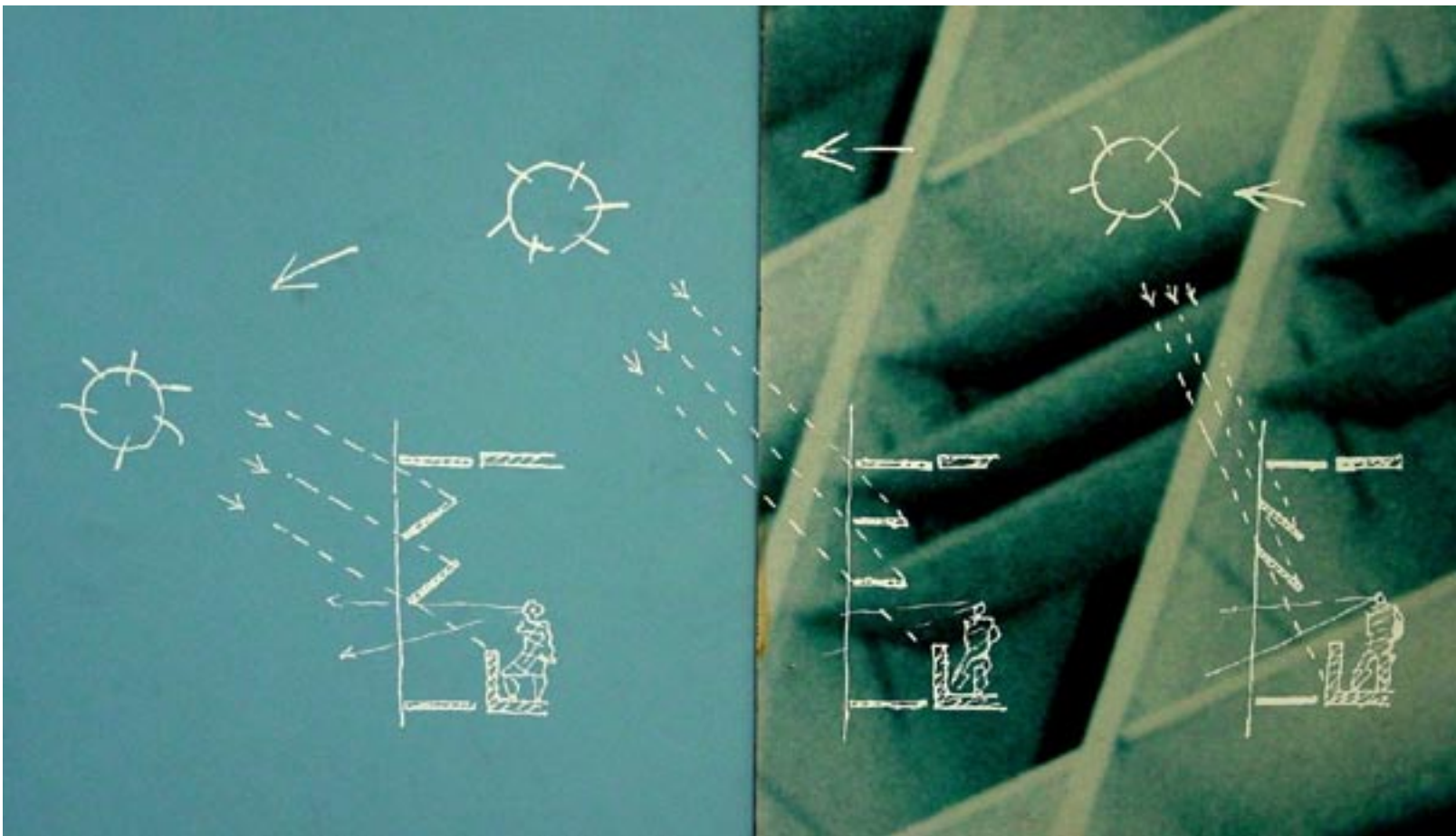
En este resultado se ha considerado que el color de las lamas es RGB 165 205 215. Tenemos la posibilidad de comparar los resultados cambiando su coeficiente de reflexión.

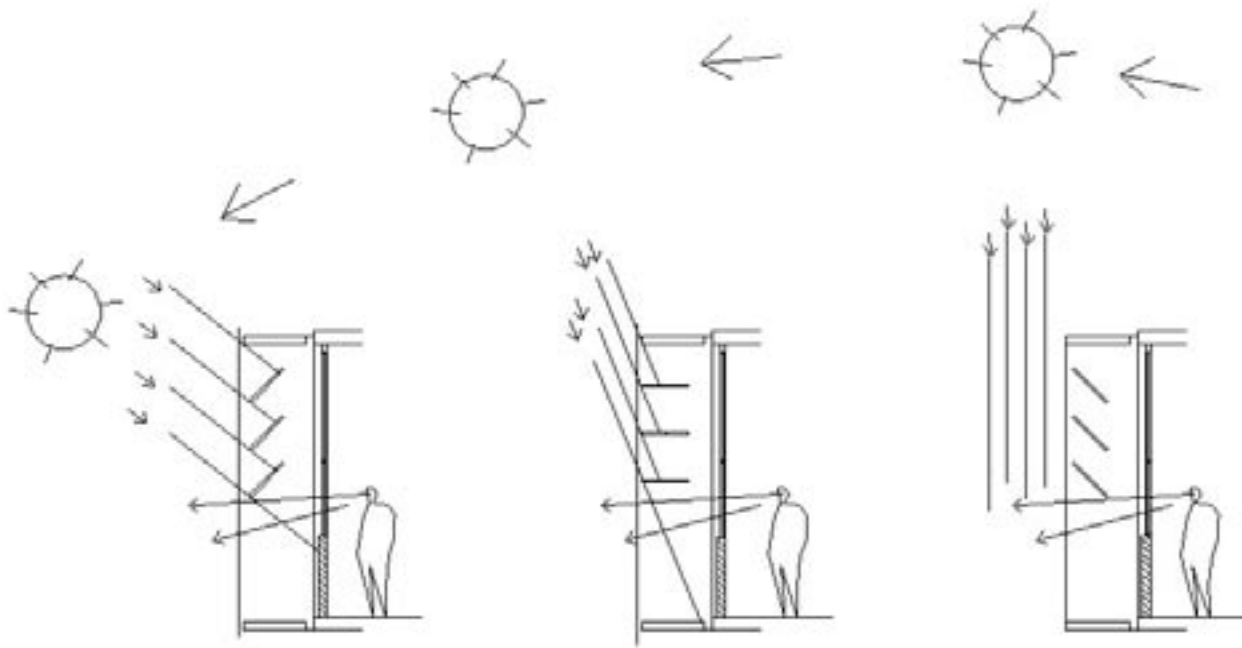
Considerando la hipótesis de que las lamas están pintadas de blanco, la situación cambia ostensiblemente. Observamos que incluso con cielo cubierto, la iluminación es superior con lamas que sin ellas. Conviene aclarar que cuando se calcula las ventanas sin protección solar, no se tiene en cuenta el efecto de la radiación solar directa. Esta fuente de iluminación, aumentaría los niveles considerablemente, pero sólo en los puntos del plano donde incidiese.

Como conclusión podemos decir que el coeficiente de reflexión de las lamas es un aspecto crítico en el diseño del brise-soleil. Las lamas con un factor de reflexión de 0,8 o superior (claras) producen mejores resultados lumínicos que si no hubiera lamas, esto se verifica incluso bajo cielo nublado. Por tanto, las lamas correctamente dimensionadas y revestidas de color claro en orientación norte (en el hemisferio sur), son una elección segura a la par que necesaria desde

el punto de vista lumínico y térmico. Podemos observar también como los campos lumínicos espaciales generados por las lamas son más estables y penetran más profundamente en la estancia, lo que implica un significativo ahorro de energía.

En los meses de verano observamos sin embargo, cómo durante la mayor parte del día, las lamas no reciben radiación solar directa. Como consecuencia su existencia no está justificada como elemento de protección solar, y debido a su color no sería una solución óptima desde el punto de vista lumínico. Este resultado creemos que no fue premeditado. En este sentido, los croquis que se realizaron sobre el funcionamiento de las lamas son muy esclarecedores. Se observa como aparecen dibujadas sólo dos lamas y se pensaba que recibirían sol al medio día en verano. Parece evidente que tenían problemas técnicos para dimensionarlas adecuadamente.





En esta latitud y orientación, teniendo en cuenta además que son móviles, hubiera sido más acertado, colocar menos lamas y más separadas. En cualquier caso su dimensionado sería inmediato con las cartas solares que se utilizan en la actualidad.

FIG. 12. COMPARACIÓN DE LA INCIDENCIA DEL SOL ESTIMADA EN LOS CROQUIS INCLUIDOS EN LA MEMORIA DEL PROYECTO Y LA REALIDAD.

Si analizamos el brise-soleil en sección, podemos observar, que la superficie acristalada se extiende desde aproximadamente un metro de altura hasta el techo. Las lamas se disponen de forma que, sea cual sea su posición, no impidan las vistas de la ciudad.

Esta estrategia la consideramos adecuada, la superficie opaca (casi un tercio de la fachada),



PAVIMENTOS TIPO
ALZADO / SECCION / PLANTA

FIG. 13. DETALLE DEL BRISE-SOLEIL

COMPARACION DE ILUMINACION GENERADA EN EL SUELO POR:
 IZQUIERDA: VENTANA HORIZONTAL DESDE UN METRO A TECHO
 DERECHA: VENTANA HORIZONTAL DE SUELO A TECHO

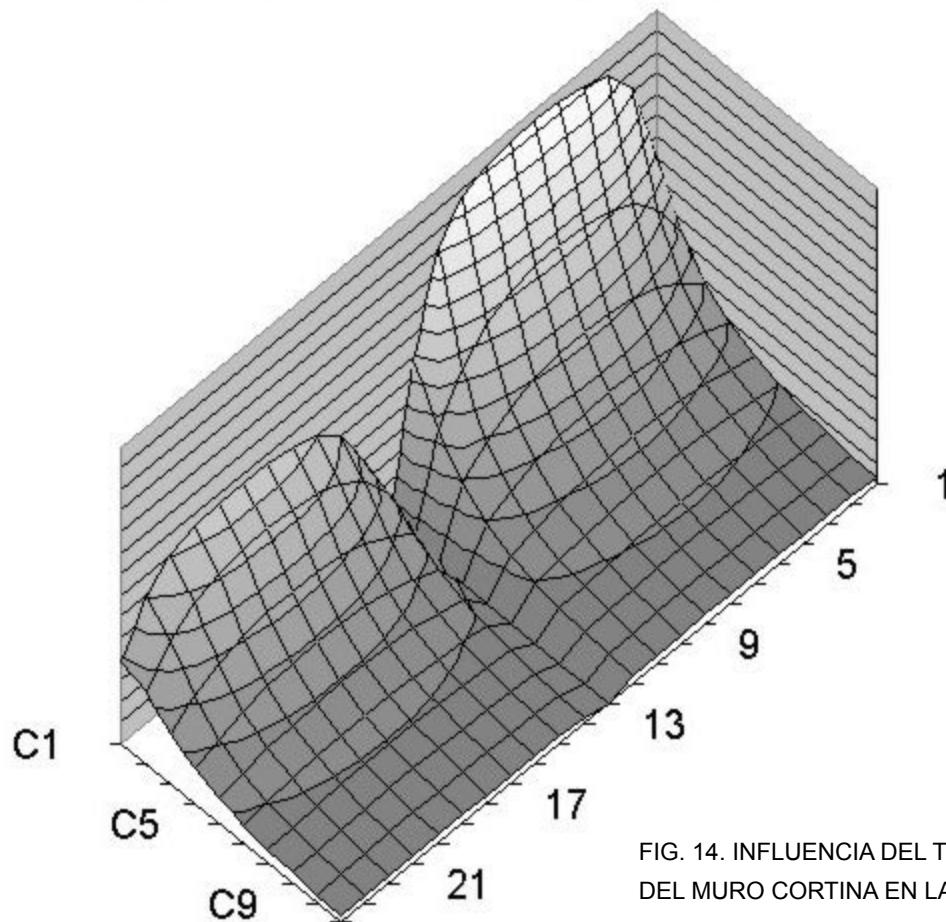


FIG. 14. INFLUENCIA DEL TERCIO INFERIOR DEL MURO CORTINA EN LA DISTRIBUCIÓN DE LUZ.

realmente no produciría un incremento de iluminación aprovechable tal y como se aprecia en la figura 14.

Se puede observar también, cómo existe una gran preocupación por evitar el sobrecalentamiento de las lamas. Se procura favorecer al máximo la ventilación y se emplean materiales masivos que consiguen un cierto desfase térmico. En la memoria se comenta al respecto:

“O sistema empregado no edifício do M.E.S. consiste em lâminas verticais fixas de concreto ligadas aos pisos e placas horizontais basculantes de Eternit, armadas em ferro. As placas horizontais ficarão afastadas cerca de 0,50 metros das esquadrias, formando um vazio para tiragem de ar, a fim de evitar a entrada de calor por irradiação nas salas de trabalho, e tendo as

verticais somente dois pontos de contato com a estrutura, ainda para evitar um conjunto rígido que facilitaria a transmissão de calor. As basculas serão constituídas por placas duplas de cimento-amianto, cujas propriedades isotérmicas são conhecidas.”

Conviene hacer referencia en este análisis a los elementos verticales que modulan el brise-soleil. Pensamos que no suponen un obstáculo en lo que respecta a la pérdida de luz de cielo, ya que a cierta distancia del brise-soleil, cuando empieza a decaer la iluminación natural, la pérdida de porción visible debida a estas lamas es despreciable (ver figura 15). Sin embargo su utilidad es más que discutible. Estos elementos verticales entendemos que están pensados para evitar la entrada de sol a última hora de la tarde. De todas formas, si se giran las lamas

PORCIÓN VISIBLE DE CIELO A TRAVÉS DE LAMAS VERTICALES (%)

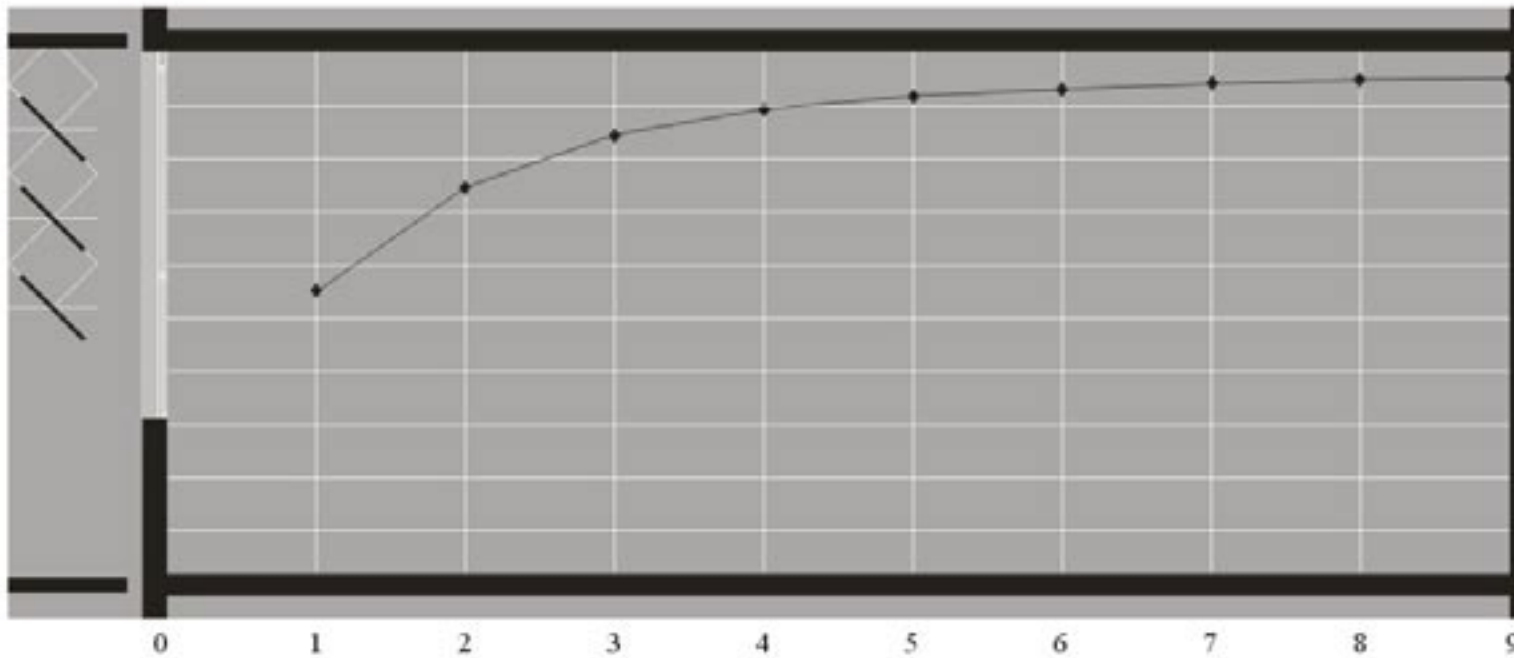


FIG. 15. PORCIÓN VISIBLE DE CIELO CON LAS LAMAS VERTICALES.

horizontales a 45° sólo serían efectivos para proteger escasamente del sol en invierno poco antes de la puesta de sol, cuando su intensidad ha disminuido. En cualquier caso hay soluciones alternativas menos aparatosas y más efectivas, como separar un poco más el brise-soleil de la fachada. Esto evitaría un gran inconveniente, la pérdida de soleamiento y como consecuencia de rendimiento de las lamas horizontales.

Lúcio Costa entendía el brise-soleil, como un elemento que protege totalmente del sol y por tanto elimina el problema del exceso de cargas térmicas. Desde el primer proyecto justifica su diseño en estos términos. El análisis de las proyecciones solares (ver fig. 16), muestra efectivamente que la penetración solar puede ser mínima si se van girando convenientemente las lamas.

Sin embargo, en nuestra opinión, el problema no queda resuelto. Aunque la luz natural es la más fresca que existe debido a su alta eficacia 120-130 lm/w, si es excesiva puede llegar a ocasionar problemas térmicos. En climas cálidos un buen diseño es aquél que con la mínima superficie vidriada, el mínimo soleamiento, consigue una iluminación suficiente, pero no excesiva ni descompensada.

En este sentido, consideramos acertado el hecho de ubicar la superficie vidriada en la parte alta de la pared. De este modo, se consigue mayor penetración de luz. No debemos olvidar que la crujía elegida por necesidades del programa es muy ancha, teniendo las oficinas nueve metros de profundidad. Sin embargo consideramos que el acristalamiento puede ser excesivo.

Con objeto de valorar esta cuestión se ha realizado la hipótesis de reducir a la mitad la superficie vidriada conservando la misma sección pero alternando vidrio-macizo cada metro. Observamos como la iluminación disminuye hasta un 60 % cerca de la ventana, sin embargo en el fondo de las oficinas conservamos más de un 90% de la iluminación inicial. Se muestra también el resultado si las lamas estuvieran pintadas de blanco (fig. 17). Estos porcentajes serían aún más favorables si sumamos en ambos casos la iluminación producida por la reflexión múltiple de las superficies interiores.

En definitiva pensamos que el aumento del acristalamiento en horizontal, no incrementa significativamente la iluminación donde más hace falta, en el fondo de las oficinas. Sin embargo incrementa de forma excesiva la iluminación cerca de la ventana y por tanto puede ocasionar problemas térmicos.

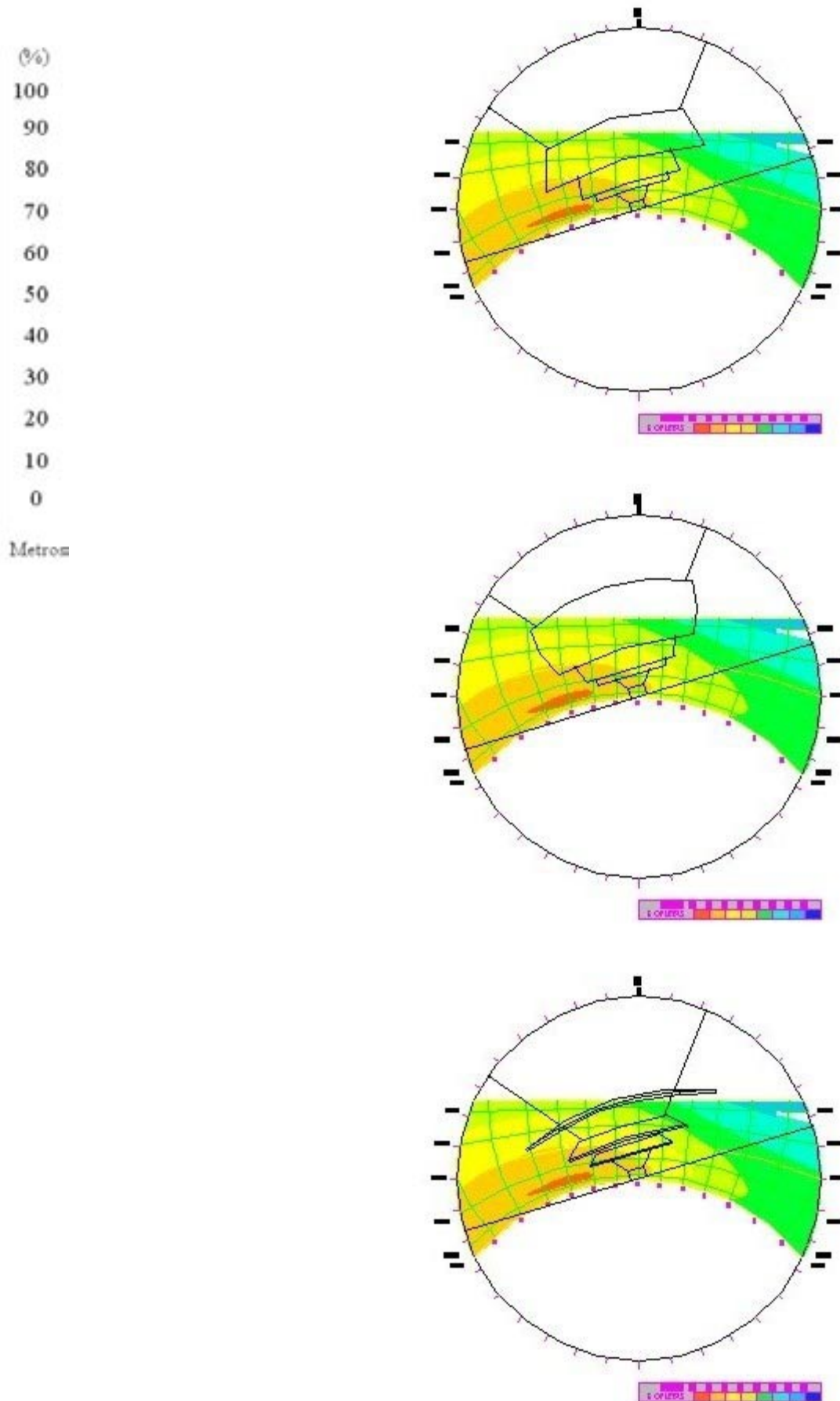


FIG. 16. PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA DE LAS LAMAS EN DISTINTAS POSICIONES.
DE ARRIBA A ABAJO: HORIZONTAL, + 45° Y -45°.

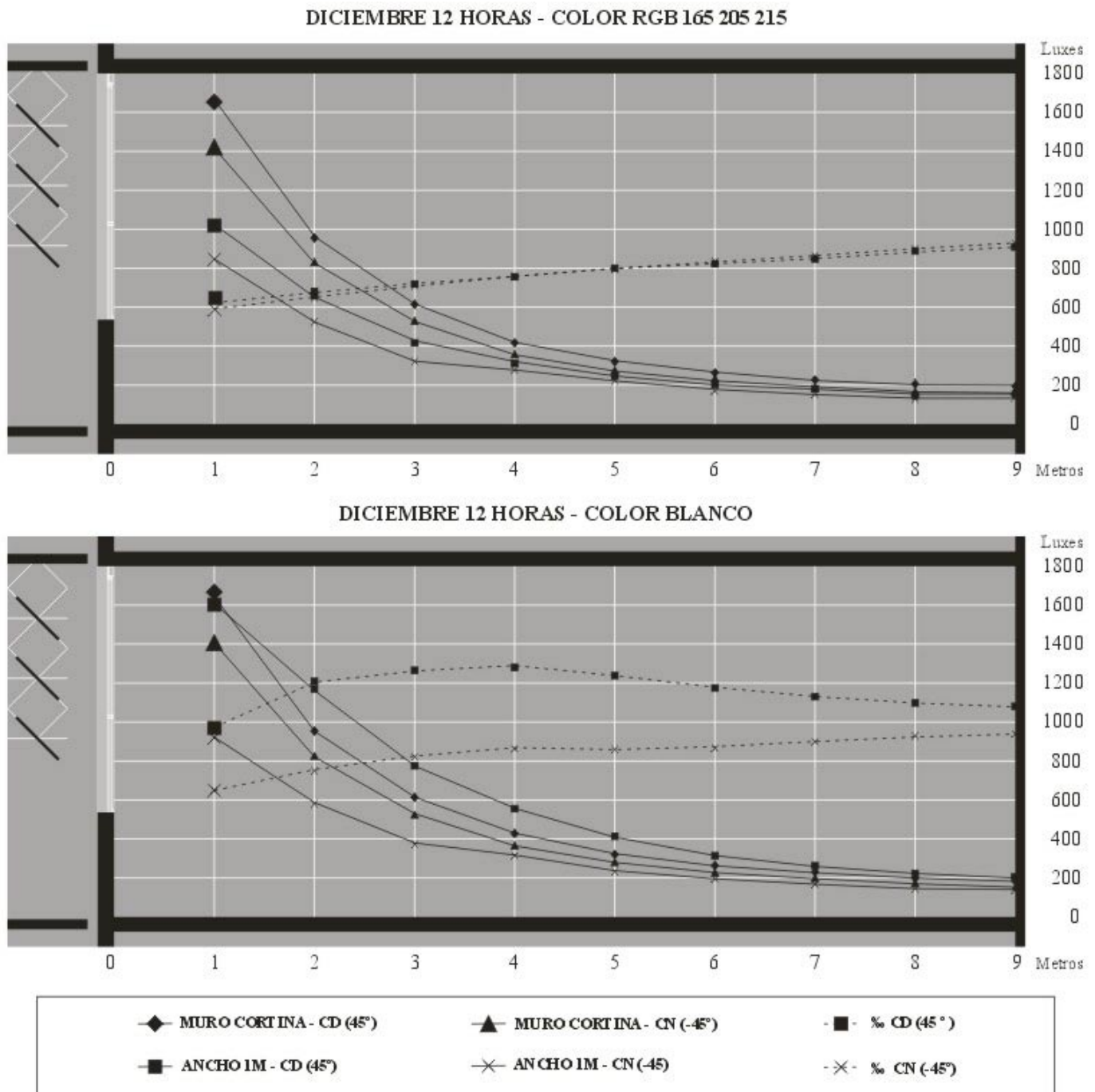


FIG. 17. COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL CON VENTANAS VERTICALES DE 1 M. DE ANCHO. DISMINUCIÓN A LA MITAD DE LA SUPERFICIE DE VIDRIOS. s

En casos como éste, en los que se requiere un nivel elevado de iluminación lejos de la fachada, es fundamental buscar estrategias de diseño que favorezcan la penetración de luz.

En este sentido conviene recordar que los campos lumínicos generados por lamas pueden

conseguir más penetración solar que los huecos simplemente acristalados. Una posible solución hubiera sido, el uso de elementos de reflexión horizontales tipo light-shelf. Este sistema se ha empleado con éxito en las aulas de la Nueva Escuela de Ingenieros Industriales de Sevilla, antiguo Pabellón Plaza América de la Exposición



FIG. 18. LIGHT-SHELF DE LAS AULAS SUR DE LA NUEVA ESCUELA DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE SEVILLA. ANTIGUO PABELLÓN PLAZA AMÉRICA DE EXPO'92.

Universal de Sevilla de 1992 (ver figura 18). Su efecto sería aún más ventajoso en el caso que nos ocupa al situarse en una latitud ostensiblemente más baja.

Con objeto de tener una referencia cuantitativa de las posibilidades de este sistema en Río de Janeiro, hemos hecho la siguiente experiencia. Simular como variaría el campo lumínico generado si añadimos un elemento similar en este ejemplo. Vemos como se podría obtener con la mitad de vidrio, en caso de cielo despejado mas iluminación que con el muro cortina. En cielo nublado la iluminación se hace más estable y penetrante, alcanzando niveles muy similares en el fondo de

la estancia. En la gráfica 19 se pueden observar los resultados obtenidos.

En definitiva, en relación a la valoración ambiental del brise-soleil, podemos concluir que el aumento en horizontal de la superficie vidriada en la fachada no resuelve el problema de la caída de luz a cierta distancia de la misma. Se produce un punto de inflexión a partir del cual el incremento de la ventana horizontal no implica un aumento significativo de la luz en el fondo de la estancia. En la figura 8 podemos observar, que cerca de la ventana se obtienen más de 3000 luxes pero a partir de los 8 metros la luz que produce el muro cortina es inferior a 200 luxes. El exceso de luz

DICIEMBRE 12 HORAS - COMPARACIÓN DEL BRISE-SOLEIL CON VENTANAS DE 1 METRO DE ANCHO Y LIGHT-SHELF

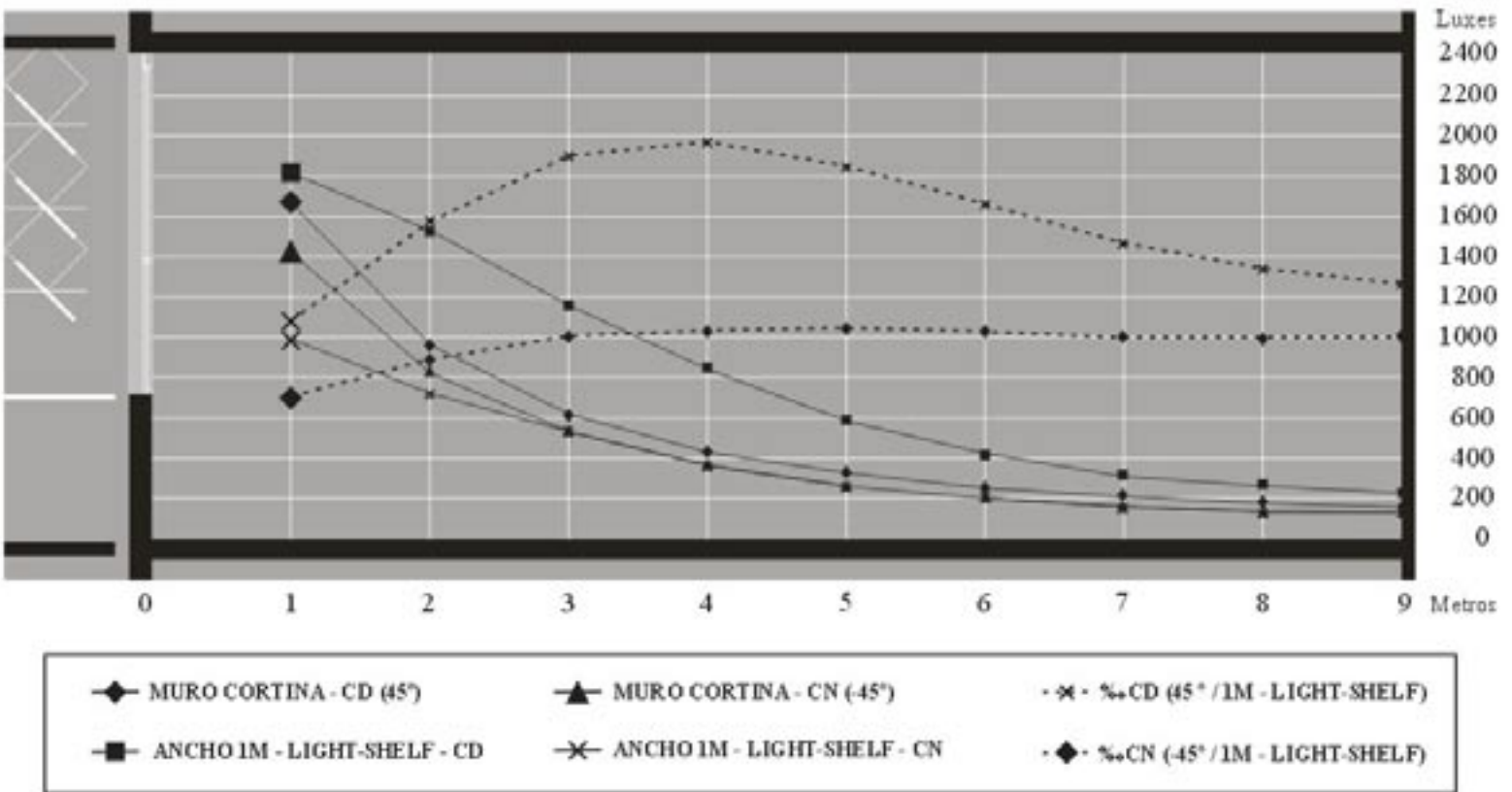


FIG. 19. COMPARACIÓN ENTRE EL BRISE-SOLEIL ACTUAL Y VENTANAS DE 1M DE ANCHO Y LIGHT-SHELF.

en climas cálidos no es gratuito, ya hemos dicho que toda iluminación introduce calor al ambiente. Por otro lado, en el caso de que se quiera reducir el exceso de luz con persianas o cortinas, la iluminación en el fondo de la estancia también disminuye.

Para resolver el problema de iluminar estancias profundas que demandan un nivel de iluminación alto, se debe recurrir a otras estrategias. Introducir ventanas más elevadas que consiguen mayor penetración de luz o iluminación cenital, siempre y cuando se controle rigurosamente la entrada de soleamiento directo tanto en invierno como en verano (aunque por distintas razones). Podemos poner como ejemplo el sistema de iluminación que he empleado recientemente en un edificio de oficinas cerca de Sevilla (ver figura 20).

Si ninguna de estas estrategias son posibles, se debería optimizar el empleo de lamas para conseguir una mayor penetración de luz sin

incrementar la superficie acristalada, consiguiendo de este modo un campo lumínico más controlado y equilibrado. En este sentido ya se han comentado estrategias y se han dado valores de referencia que deben ser ajustados para cada situación concreta. En cualquier caso es fundamental el color de las superficies de las lamas.

Por otro lado, en los climas cálidos es fundamental proteger del sol las superficies de vidrio para evitar el efecto invernadero. En orientación norte en la latitud de Río de Janeiro sería muy sencillo conseguirlo sin necesidad de recurrir a la profusión de lamas horizontales que aparecen en el proyecto, más aún si son móviles. Por otro lado, las lamas verticales tienen más inconvenientes que ventajas. Suscribimos en este sentido el comentario que hace sobre el edificio William M. C. Lam en su libro "Sunlight as Formgiver for Architecture": " Su colocación inherente (vertical) no es óptima ni para redistribuir la luz ni para reducir el deslumbramiento. En



FIG. 20. LUCERNARIOS DE EDIFICIO DE OFICINAS EN GELVES. J. M. ALMODÓVAR, 2004.

la parte superior de la ventana, la distancia media reducida hacia el techo (reducida si se la compara con los lightshelves), refleja con menos uniformidad sobre el techo”.

En definitiva, en nuestra opinión, existía gran interés por parte de los arquitectos brasileños de incorporar elementos de protección solar en este edificio, debido a la influencia de Le Corbusier. De hecho en 1936, meses antes de la llegada del maestro europeo, los hermanos Marcelo y Milton Roberto ganaron el concurso para la nueva sede de la Associação Brasileira da Imprensa (ABI), con un proyecto que incorporaba un brise-soleil de lamas verticales de aluminio protegiendo las fachadas. Por motivos de economía, el aluminio fue finalmente sustituido por hormigón.

Sin embargo, los informes emitidos sobre la utilidad del brise-soleil diseñado para el nuevo ministerio, expresaban una cierta desconfianza. El propio Lúcio Costa comenta en la memoria del

proyecto que:

“Tornavase, entretanto, indispensável uma vez que até então não fora usado este meio de proteção, elaborarmos estudo cuidadoso do tipo a ser empregado”.

Posiblemente, la falta de tecnología o de experiencia suficiente en el diseño de protecciones solares impidió obtener resultados satisfactorios. Sin embargo, el interés por lo ambiental de Lúcio Costa fue transmitido a una nueva generación de arquitectos brasileños que desarrollaron nuevos tipos de elementos de protección solar adaptados al clima brasileño.

Se puede destacar el caso poco conocido de Luís Nunes. Realizó un trabajo muy interesante aunque breve en Recife. Desarrolló un sistema de protección al que denominó “Cobogó”. Se trata de un elemento de hormigón perforado de dimensiones 50x50 cm y 10 cm de ancho



FIG. 21. NUEVA SEDE DE LA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA IMPRENSA (ABI). MARCELO Y MILTON ROBERTO. RÍO DE JANEIRO, 1936.

diseñado con objeto de proteger del sol y la lluvia, favoreciendo al mismo tiempo la ventilación. Desgraciadamente Luís Nunes murió muy joven y su trabajo quedó interrumpido.

Otros arquitectos brasileños desarrollaron interesantes soluciones de brise-soleil. Podemos citar como ejemplo las propuestas de Afonso E. Reidy para la Unidad Residencial de Pedregulho, el interesante sistema diseñado por los hermanos Roberto para el edificio Marquês de Herval (hoy retirado), o las múltiples soluciones desarrolladas por el propio Lúcio Costa.

Conviene mencionar que en otros lugares del mundo se realizaron paralelamente experiencias similares. Es el caso del Sur de Asia. Mientras que entre las décadas de 1930 a 1950 el “Estilo Moderno” barría la India, en el remoto Pondicherry (colonia francesa) un edificio llamado Golconde Ashram marca un punto de

proyecto para el Ministério de Educação e Saúde, (figura 23). A pesar de que este edificio servía como poderoso contrapunto al debate moderno, pasó más o menos inadvertido en el extenso quehacer arquitectónico del país.

Por tanto la única excepción de un trabajo seminal fuera de la zona de Chandigarh, Delhi, Ahmedabad y Bombay era este Ashram, diseñado por Antoni Raymond en Pondicherry en 1936. Esta fue quizá la única propuesta significativa del lenguaje moderno en la India Meridional que trataba el tema de los trópicos. Como en el caso brasileño estos gestos de diseño evidencian un interés por la integración ambiental de los proyectos realizados en climas diferentes al europeo por parte de arquitectos formados en las tesis del Movimiento Moderno.

En Brasil al igual que en otros lugares, el interés inicial por el control ambiental de las propuestas arquitectónicas fue diluyéndose poco a poco. Este hecho tiene múltiples explicaciones que siguen siendo discutidas. En nuestra opinión, la falta de criterios objetivos de diseño ambiental y la estandarización de los sistemas productivos fueron los principales responsables de este proceso.

LA REPERCUSIÓN INTERNACIONAL

El *Ministério de Educação e Saúde* fue terminado en 1942 acompañado de una gran polémica debido a los retrasos y a su alto coste. Llegó a ser considerado como el resultado de la actitud megalómana de Gustavo Capanema y denominado “*Palácio do Luxo*”. El funcionamiento del novedoso sistema de Brise-soleil fue una de las cuestiones más debatidas. Podemos ver lo que se publica al respecto en “*A Folha Carioca*”, Río de Janeiro 26/7/1944.

*“Pode ser tudo menos tropical”–
José Mariano Filho*

Dudando del buen comportamiento del edificio en climas tropicales y en crítica a la nueva arquitectura decía “o que esse estilo tem de desconcertante é que ele, tendendo à estandarização, jamais se poderá revestir de características regionais. Tanto pode servir ao Brasil, como à Rússia, à Suécia ou ao Senegal. Para que um determinado estilo arquitetônico alienígena possa merecer o nome de “tropical”, é mister que ele se adapte às condições mesológicas do país, seja pelo natural processo de lento ajustamento às condições do meio, seja por iniciativa especial dos arquitetos”.

“As fachadas anterior e posterior são envidraçadas, o que obrigou os construtores a idear um sistema de brise-soleil protetor. Como vemos, não existe um detalhe construtivo recomendável, e muito menos capaz de justificar o apelido dado a essa arquitetura, que se procura impor mais pela originalidade do que pela utilidade”.



FIG. 22. COMPLEJO RESIDENCIAL PEDREGULHO. AFONSO EDUARDO REIDY. RÍO DE JANEIRO, 1955.



FIG. 23. GOLCONDE ASHRAM. ANTONIN RAYMOND. PONDICHERRY, 1936-44.



FIG. 24. PHILIP GOODWIN Y MARIA MARTINS. INAUGURACIÓN DE LA EXPOSICIÓN "BRAZIL BUILDS". NEW YORK, 1943.

Sin embargo poco después de su inauguración, el nuevo Ministerio tuvo una gran repercusión internacional y estos comentarios fueron silenciados. Philip Goodwin lo denominó en 1942 "el edificio más avanzado de América". Llegó a ser considerado el primer gran edificio público del Movimiento Moderno en todo el mundo. Estas críticas causaron un fuerte impacto en Brasil. Su arquitectura empezaba a ser aplaudida y despertaba el interés internacional.

En 1943 se organizó una exposición de arquitectura moderna brasileña en el MOMA de New York. El catálogo "*Brazil Builds*" fue realizado por Philip Goodwin. Este hecho sumado al éxito del Pabellón de Brasil en la exposición de New York de 1942, propició una gran repercusión de la arquitectura brasileña en Estados Unidos, de la que después se haría eco Europa.

Después del viaje de 1936, Le Corbusier fue invitado para trabajar con arquitectos brasileños en numerosos proyectos, de entre ellos, destaca el de la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York (1947). En este proyecto se observan muchas semejanzas con el *Ministério de educação e Saúde*.

Tras la exposición de Nueva York, la prensa norteamericana destacó la contribución de la arquitectura brasileña al desarrollo del novedoso brise-soleil de Le Corbusier.

El *Architectural Forum Chicago* publicaba al respecto en Febrero 1943:

Una característica tomada de Le Corbusier "*é o emprego de quebra-sóis, desenhados como parte integrante da estrutura, por ele proposto pela*

primeira vez quando da execução de um projeto para Argel. Esses quebra-sóis, controlados manualmente, dotam a face norte do edifício de extraordinária riqueza, dando-lhe ainda um cunho individual.”

“Esses quebra-sóis móveis como venezianas externas superdimensionadas representam apenas um dos vários tipos que os arquitetos brasileiros desenvolveram com o objetivo de proteger suas edificações de sol subtropical. A grande vantagem desse tipo é permitir um livre trânsito de ar por detrás das venezianas, evitando a formação de bolsas de ar que transportariam o calor de fora para o interior dos aposentos. O controle manual simples possui também grande vantagem, já que a quantidade de luz pode ser regulada em cada escritório como o desejado.”

En este sentido, en el catálogo de la exposición Brazil Builds, Goodwin destacaba que *“a principal contribuição brasileira à arquitetura moderna: o domínio do calor e da luz”*. En definitiva el desarrollo de los brise-soleil creados por Le Corbusier. Se resaltaba además las perspectivas que se abrían para la arquitectura a partir de la experiencia brasileña:

“Outras cidades capitais do mundo estão muito aquém do Rio de Janeiro em arquitetura. Enquanto o estilo clássico impera em Washington; a arqueologia da Academia Real, em Londres; o classicismo nazista, em Munique; e o neo-imperial em Moscow, o Brasil teve a coragem de sair do campo do fácil conservadorismo. A sua corajosa libertação do tradicionalismo eliminou a antiquada rotina do pensamento governamental e estabeleceu o princípio livre da construção criadora.

As capitais do mundo que necessitarão ser reedificadas após a guerra não podem encontrar melhor modelo do que os moderníssimos edifícios da capital do Brasil.”

Sin embargo, la preocupación inicial por lo ambiental de los maestros de la arquitectura europea, recogida de forma directa por una generación de grandes arquitectos brasileños, fue evolucionando poco a poco hacia el llamado “estilo internacional”. Esta tendencia universalizante, en nuestra opinión, acabó convirtiendo estas iniciativas en vagos estilemas o gestos de diseños inmaduros e inefectivos en su mayoría, tales que, al globalizarse, llegaron a expresar su cara más funesta.

Para alguno de nosotros, esta es la historia de la exportación de la arquitectura centroeuropea al resto del mundo. Hoy somos ya conscientes de cómo esta exportación ha sido indiscriminada, cruel y hasta cierto punto absurda. Cómo dijo Lina Bo Bardi:

“La obsolescencia de la arquitectura hoy es clara; la pérdida de sentido de las grandes esperanzas de la arquitectura moderna, clarísima. La arquitectura moderna tenía un fin: la salvación del hombre a través de la misma. La Bauhaus fue la mayor experiencia en ese sentido. Muchos de entre vosotros tal vez elegiréis “diseño industrial”. Pero. ¿qué es hoy el diseño industrial?, es la denuncia más clara de perversidad de todo un sistema que es el sistema occidental. Porque hoy arquitectura no quiere decir ya salvación del hombre.”

TEXTOS DE REFERENCIA

LISSOVSKY, Mauricio; MORAES DE SÁ Paulo Sergio: *Colunas da Educação*, Rio de Janeiro, Ministério da Cultura. Edições do Patrimônio, 1995.

HARRIS, Elizabeth D. : *Le Corbusier: Riscos Brasileiros*, São Paulo, Editora Nobel, 1987.

GUERRA, Abílio: *Historiografia da Arquitetura. Reseña*, www.vitruvius.com.br/resenhas/textos/resenha011.asp

COSTA, Lúcio: *Arquitetura Brasileira*, Rio de Janeiro, Ministério de Educação e Saúde, 1952.

TINEM, Nelci: *O Alvo do Olhar Estrangeiro. O Brasil na Historiografia da Arquitetura Moderna*, João Pessoa, Manufatura, 2002.

CABEZA, J. M. ; ALMODÓVAR J. M. : *The Quest for Daylight: Evolution of Domes in South-American Baroque*, Florianópolis, Brasil, PLEA 2001.

CABEZA, J. M. ; ALMODÓVAR J. M. : *The Architect Roberto Rivero and Daylighting Research*, Santiago de Chile, PLEA 2003.

CABEZA, J. M. ; ALMODÓVAR J. M. : *Influencia del Color de las Protecciones Solares Sobre la Iluminación Natural de los Espacios Arquitectónicos*, Pamplona, VII Congreso Nacional de Color, 2004.

ALMODÓVAR José M. : *La ciudad hispanoamericana desde la composición y el medio ambiente. El caso particular de Arequipa*. Junta de Andalucía, pp. 206. 2006.

ALMODÓVAR José M. : *Desarrollo de métodos de simulación arquitectónica: Aplicación al análisis ambiental del patrimonio*. Colegio de Arquitectos de Sevilla, FIDAS, pp. 236. 2003.