

**ANÁLISIS BIOCLIMÁTICA DE UN EJEMPLAR MODERNISTA BRASILEÑO:
CASA LISANEL DE MELO MOTTA, 1953**

DE ARROXELAS GALVÃO, Natália Maria

Fecha de entrega: 04-04-2011



Librémonos de esta dependencia cultural con los países más desarrollados, que ya retraso demasiado la afirmación de una arquitectura totalmente a gusto en los trópicos brasileños... Trabajaremos en busca de una arquitectura libre y espontánea, que sea una clara expresión de nuestra cultura y revele una sensible utilización de nuestro espacio; trabajemos en el sentido de una arquitectura sombreada, abierta, continua, vigorosa, acogedora y que nos envuelva, que pueda nos poner en armonía con el ambiente tropical, nos incite a vivir en ello integralmente.

Armando de Holanda



Resumen

Este trabajo tiene como objeto de estudio el análisis desde el punto de vista bioclimático de uno ejemplo de arquitectura modernista en Pernambuco, en el nordeste del Brasil: la Casa Lisanel de Melo Motta, del arquitecto Acásio Gil Borsoi (1924-2009), del año de 1953. El objetivo es enseñar y comprobar las estrategias utilizadas por el arquitecto a través de los softwares Ecotect y Phoenics. Donde por fin se concluye que de hecho la casa está muy bien resuelta y que en esta época del desarrollo modernista en la arquitectura brasileña, en general, se hacían proyectos de muy buena calidad tanto del punto de vista plástico, espacial, arquitectónico, como también bioclimático.

Palabras clave: Arquitectura Moderna Brasileña. Análisis bioclimático. Casa Lisanel de Melo Motta



Índice

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 3 |
| ÍNDICE | 4 |
| 1 INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2 EL MOVIMIENTO MODERNO BRASILEÑO | 6 |
| 3 ANÁLISIS DE LA PRODUCCION PERNAMBUCANA | 9 |
| 4 EL CLIMA Y ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS | 14 |
| 5 LA CASA LISANEL DE MELO MOTTA | 18 |
| 6 ANÁLISIS CON LOS SOFTWARES..... | 24 |
| 6.1 Ecotect..... | 24 |
| 6.1.1 Sombras y Comprovacion Alero | 24 |
| 6.1.2 Radiación Solar..... | 34 |
| 6.1.3 Iluminación..... | 37 |
| 6.2 Phoenics..... | 39 |
| 7 CONCLUSION | 41 |
| 8 BIBLIOGRAFIA | 42 |

1 INTRODUCCIÓN

La Escuela Brasileña o Escuela Carioca de Arquitectura moderna que empieza en los años 30 tenía como motor el nacionalismo y a voluntad de romper con el pasado europeo, volver a las raíces del Brasil colonia para encontrar una Arquitectura genuina Brasileña.

Fruto de las enseñanzas Carioca, a partir de los años 50 surge en Nordeste del País un movimiento de carácter regionalista que buscaba encontrar soluciones adecuadas al clima cálido y húmedo a través del uso del diseño pasivo, celosías, brises-soleil, aleros y otros elementos. En Pernambuco, algunos arquitectos destacados son Mário Russo, Acácio Gil Borsoi, Delfim Fernandes Amorim, Heitor Maia Neto, Armando de Holanda, en que este último llegó a publicar en 1976 un guía sencillo y muy didáctico enseñando puntos importantes e inolvidables para proyectos en el Nordeste Brasileño.

La Casa Lisanel de Melo Motta, del arquitecto Acácio Gil Borsoi, construida en el año de 1953 fue la elegida para hacer el análisis por ser un ejemplar muy característico de esta época, y además, por traer buenas soluciones técnicas y pasivas para confort bioclimático. Como las cuestiones de clima y confort era uno de los ejes principales de la arquitectura modernista brasileña, será hecha una comprobación, a partir de los datos meteorológicos suministrados por el software Meteororm, el ejemplo será sometido en prueba por más dos software de análisis: el Ecotect y el Phoenics.

El Ecotect analizará la eficacia del diseño de los elementos bioclimáticos pasivos como los aleros y celosías, así como las sombras formadas en las horas más críticas del día y año, ya que con el Phoenics se puede analizar si existe una ventilación cruzada favorable o no.

Antes del análisis, será hecha una introducción acerca de lo que era la arquitectura modernista en Brasil, sus principios, elementos y porque ella se torno internacionalmente conocida.

2 EL MOVIMIENTO MODERNO BRASILEÑO

El movimiento moderno en Brasil trae el carácter del propio país y de los artistas, adaptase al clima y a los materiales locales, soluciona el tema de la protección contra la incidencia de la radiación solar y aporta desarrollo al movimiento empezado en Europa y América, antes de la 1ª Guerra ¹

El pos guerra es el contexto histórico en que surge el movimiento moderno en Brasil. No se puede olvidar la importancia e influencia del “estilo internacional” que supuso una ruptura con la arquitectura clásica creando un nuevo lenguaje arquitectónico y, en especial, las enseñanzas de Le Corbusier.

El primero y más emblemático edificio construido en el país según estos fundamentos fue el Ministerio de la Educación y Salud del año de 1936. El proyecto construido en Rio de Janeiro, fue una realización colectiva de los arquitectos Lucio Costa, Affonso Reidy, Carlos Leão, Ernani Vasconcelos, Jorge Moreira, Oscar Niemeyer (aún estudiante), y con la consultoría de Le Corbusier. Así que los 5 puntos corbusianos² fueran colocados en la práctica pero con una cierta independencia, es decir, con las preocupaciones de adaptación a las condiciones locales y algunas otras particularidades de la arquitectura de Brasil como por ejemplo la integración de los espacios interior y exterior; la integración de las artes, sea la pintura, escultura o hasta mismo los azulejos; el uso de las plantas tropicales en los jardines las que Roberto Burle Marx³ supo hacerlo con mucha maestría. (Ver Figuras 1 hasta 5)

El edificio consistía en dos volúmenes que no se tocan, uno más bajo donde situaba el auditorio y el techo jardín de Burle Marx y otro volumen prismático de 14 pisos, apoyados por pilotis de doble altura. La fachada norte fue contemplada con una piel protectora en forma de brises *soleil* móviles que protegían de la incidencia solar en los cristales y, en contraposición, fue implementado una cortina acristalada en la fachada sur.

Estas fachadas acristaladas que marcan el estilo americano para el público en general, en la realidad no fue nada americano, sino una cuestión europea aplicada por primera vez en Brasil, en América del Sur, en escala monumental. Esto es muy significativo.⁴

¹ Philip Godwin- Arquitecto y presidente de la comisión de arquitectura do Moma (NY) y de la comisión de relaciones exteriores del instituto Norte-Americano de arquitectos (A.I.A.)

² En 1926 Le Corbusier presenta un documento donde expone en forma sistemática sus ideas arquitectónicas: los llamados “*cinco puntos de una nueva arquitectura*”: los pilotis, la terraza jardín, la planta libre, la ventana longitudinal, la fachada libre.

³ Artista plástico y arquitecto paisajista brasileño más importante del modernismo.

⁴ CAVALCANTI, Lauro (org.). Quando o Brasil era moderno: Guia de arquitetura 1928-60. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2001

A partir de entonces, el Brasil gana el escenario internacional y muchas otras obras importantes surgen para evidenciar que el Ministerio no sería una obra puntual. Los focos principales en el país de esta arquitectura fueran Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte, Recife y Salvador.

Pero es unánime que la contribución técnica más significativa e original de los arquitectos brasileños fue la protección solar que tenía 2 objetivos: la protección contra el calor y la captación de las brisas. Además, el brise soleil es un elemento que agrega identidad a la piel del edificio, a partir de ahí, se puede crear juegos interesantes en la fachada.⁵

Después del brote del Movimiento Moderno, este subdivide-se en algunas tendencias estilísticas. En el caso de Oscar Niemeyer, su originalidad y abandono al funcionalismo exagerado de los ideales modernos lo hace seguir en un rumbo distinto. El arquitecto brasileño utiliza en sus obras curvas libres en busca de la belleza. Se puede ver este aspecto en los proyectos para el Conjunto Pampulha, 1942-1943, en Minas Gerais, encomendada por el alcalde de Belo Horizonte Juscelino Kubitschek, el mismo que fue presidente del país que lanzó la construcción de Brasilia, en 1956. (Ver Figuras 6 hasta 7)

Fue quizá el primero a decir francamente que el funcionalismo ortodoxo no me interesaba y que la belleza era también una función, y las más importantes en la arquitectura. En verdad, el ángulo recto nunca me ha entusiasmado, tampoco las formas rígidas e repetidas de los primeros años de la arquitectura contemporánea. La curva me atrae intensamente con su sensualidad barroca, y nuestra tradición colonial y el mismo concreto armado, la sugieren y recomiendan. (Oscar Niemeyer)

Figuras 1-2-3. Fachadas Sur (izquierda), Norte (medio) y jardín de Burle Marx (derecha).



Fuentes: arquitectura-rte.blogspot.com; raisisdoser.blogspot.com; tropicalia-verde.blogspot.com
Acceso: Febrero 2011

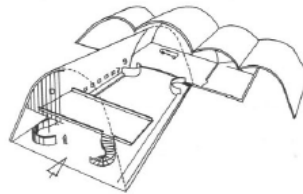
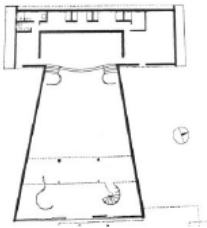
⁵ Mário Pedrosa en A arquitetura moderna no Brasil: XAVIER, Alberto. Depoimento de uma Geração: Arquitetura Moderna Brasileira. São Paulo: Cosac & Naify, 2003.

Figuras 4-5. Interior protegido por el brise soleil, Edificio en pilotis.



Fuente: Archivo personal Fernando Diniz Moreira

Figuras 6-7. Planta baja, boceto y foto de la Capilla de San Francisco, Pampulha.



Fuente: COSTA, Alcília Afonso de Albuquerque. Tesis de doctorado Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, 2006

Figuras 8-9. Congreso Nacional, Brasilia y los super bloques.



Fuente: www.brasiliabsb.com Fotógrafo : Augusto C. B. Areal. Acceso en marzo 2011.

3 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN PERNAMBUCANA

El movimiento moderno en Recife tuvo 2 grandes arquitectos como protagonistas que llegaron para vivir en la ciudad en principio de los años 50. Uno fue el carioca Acácio Gil Borsoi que trajo influencias de la escuela del Rio de Janeiro y el otro, el portugués Delfim Amorim seguidor de las ideas de Lucio Costa y como un importante investigador, arquitecto y profesor que llevó las ideas a la nueva generación de estudiantes en la Escuela de Arquitectura de Pernambuco.

A partir de las bases de la escuela del Rio de Janeiro, la producción pernambucana trajo la necesidad de adecuar esta arquitectura modernista a la realidad del clima cálido y húmedo. Según Luiz Amorim⁶, esta preocupación ya existía desde los años 30 tanto en la obra pionera de Luiz Nunes e colaboradores⁷, cuanto en la obra privada de Mounier⁸, como en el caso del arquitecto italiano Mario Russo que llegó a hacer graficas de sol y azimuts con la intención de comprender la geometría solar.

Siguen las soluciones del diseño características de la producción en Pernambuco:⁹

1) La teja canal sobre losa (Figura 10)

Solución apuntada por Delfim Amorim en la que es una sencilla sobre posición de la teja canal, muy característica de la región, sobre la losa en concreto armado. Lo que pasa es la disminución de los efectos de la radiación solar e infiltración.

2) La losa doble (Figuras 12 y 13)

Así como la solución anterior, aísla térmicamente la edificación, pero tuvo poco uso por su elevado coste. La solución, como el propio nombre dice es poner dos losas de concreto, así, la losa de arriba hace sombra en la de abajo además de dejar que el aire circule constantemente entre ellas.

3) El antepecho ventilado (Figuras 11, 14 y 15)

Mérito de Amorim, el antepecho ventilado proporcionaba la entrada constante del aire en los ambientes, sin permitir todavía la entrada de agua de la lluvia. Este antepecho consistía en una pieza de hormigón en "L" invertida, que dista de la pared 10cm, permitiendo la circulación del viento. La misma también funcionaba como base y apoyo para las ventanas corredizas.¹⁰

⁶ Hijo del arquitecto Delfim Amorim. Arquitecto e maestro en la Universidad Federal de Pernambuco

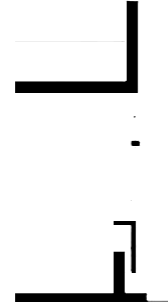
⁷ VAZ, R. "Raízes brasileiras da arquitetura moderna", In: *Revista AU*. 1994, p. 63-72.

⁸ Arquitecto de origen francesa, radicado no Recife.

⁹ AMORIM, Luiz Manuel Eirado. *Modernismo recifense: uma escola de arquitetura, três paradigmas, e alguns paradoxos*. São Paulo: Vitruvius, 2001b. <http://www.vitruvius.com.br/>

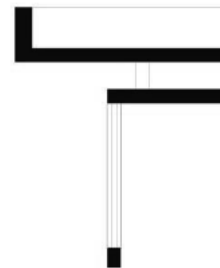
¹⁰ COSTA, Alcilia Afonso de Albuquerque. *La consolidación de la arquitectura moderna en Recife en los años 50*. Tesis del doctorado en proyectos arquitectónicos. ETSAB/UPC, 2006.

Figuras 10-11. Casa Serafim Amorim, Delfim Amorim, 1960 y el antepecho ventilado.



Fuente: COSTA, Alcília Afonso de Albuquerque. Tesis de doctorado Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, 2006

Figuras 12-13. Casa José Cordero Castro, Heitor Maia Neto, 1959 y la losa doble.



Fuente: COSTA, Alcília Afonso de Albuquerque. Tesis de doctorado Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, 2006

Figuras 14-15. Edificio Mirage, Borsoi, 1967 y Edificio Duque de Bragança, Delfim Amorim, 1970.



Fuente: Archivo personal Paula Nichel, foto sacada en mayo, 2009. Archivo personal Lucas Jordano Barbosa, foto sacada en noviembre, 2010.

4) Los azulejos (Figuras 16 y 17)

Los planos opacos fueron recubiertos por azulejos como en tradición dejada por los portugueses en Brasil colonia. Además de la función estética, poseen la función de protección climática, protegiendo las paredes de la elevada humedad característica del clima tropical húmedo.

Figuras 16-17. Casa Torquato de Castro, Heitor Maia Neto, 1955 y Edificio Barão de Rio Branco, Delfim Amorim, 1969.



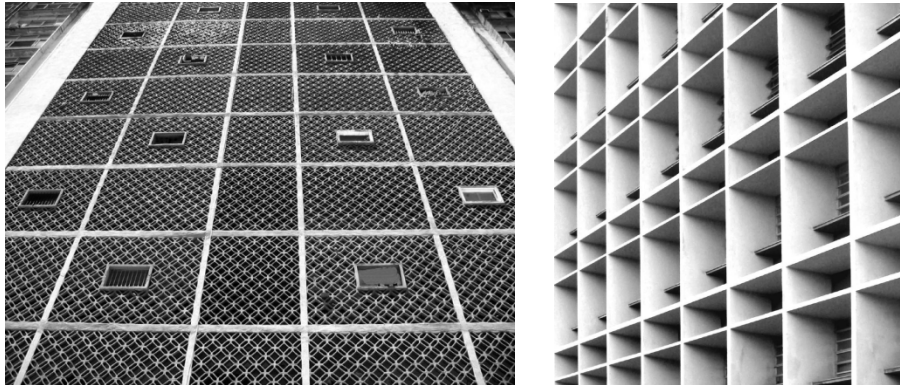
Fuentes: www.docomomo.org.br/seminario%205%20pdfs/055R.pdf y <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.129/3749>. Acceso: febrero, 2011

Figuras 18-19. Casa Augusto Fernandes, 1963 y Casa Vale Junior, 1963, ambas de Delfim Amorim



Fuente: FREIRE, Adriana. (2006). Cerramientos en la arquitectura moderna de Recife. Trabajo de Créditos Tutelados. Barcelona : ETSAB/UPC. Disponible: <http://trapeze-revue.net/spip.php?article12>

Figuras 20-21. Detalle cobogó Edificio União 1953 y brise del Hospital de Pronto Socorro, ambos de Borsoi.



Fuente: COSTA, Alcilia Afonso de Albuquerque. Tesis de doctorado Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, 2006.

Figuras 22-23. Edificio Vila Mariana, 1976, Wandenolk Tinoco y detalle balcón.



Fuente: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.129/3749>
Acceso: enero, 2011

5) Huecos con sistemas móviles y sistemas fijos (Figuras 18 hasta 21)

Si encuadran en los móviles las ventanas e diversas formas y materiales y lo brise-soleil móvil (horizontal o vertical). Ya los sistemas fijos eran utilizados en las superficies más complicadas, o sea con mucho sol y poco viento (oeste), un ejemplo son las celosías, popularmente conocida en Brasil como *cobogó* y fueron muy utilizadas por su bajo coste y fácil manutención.

6) Racionalidad constructiva

La falta de recursos y de mano de obra, además por supuesto de la influencia del modernismo europeo llevaran los arquitectos optaren por el uso de la materia prima y sistemas constructivos locales como las ventanas en madera y los ya citados teja canal y azulejo.

7) La “verdad constructiva”

La planta libre, o sea, los elementos de arquitectura separados del sistema constructivo. Esta separación también pasa entre pared y techo por ejemplo, posibilitando la interpretación en separado de los elementos del edificio y la constante circulación del aire en los ambientes.

A partir de las enseñanzas de estos dos arquitectos en especial, surge una nueva generación de profesionales que ponen en práctica lo que les fue enseñado en la Universidad. Como por ejemplo: Wandenkolk Tinôco, Maurício Castro, Reginaldo Esteves, Heitor Maia Neto, Armando de Holanda. Incluso que este ultimo publicó en 1976 el “Roteiro para Construir no Nordeste”, un libro no técnico que define principios y procedimientos de cómo se proyectar en climas cálidos e húmedos, como la importancia de las sombras, ventilación cruzada, materiales del sitio, el convivio con la naturaleza. (Ver Figuras 22 y 23)

4 EL CLIMA Y ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

Los ejemplos de análisis están ubicados en Recife, capital del estado de Pernambuco, en la costa noreste del Brasil. Es una ciudad con un clima cálido y húmedo, cuyas temperaturas están entre los 20° y 35°C y con amplitudes térmicas bajas en el día como también en el año. La humedad que está siempre arriba de los 50% y llega hasta los 100%.¹¹ (Figuras 24 y 26)

Con una latitud de 08°04'03" Sur y altura media en nivel del mar de 4m, Recife sufre incidencias importantes de radiación solar en todo el año. Las precipitaciones se concentran en invierno y los vientos predominantes siguen en la dirección este y sureste. (Figuras 25 y 27)

La trayectoria solar hace con que el sol incida en las fachadas norte y sur anualmente (Figura 28). Desde el punto de vista de la radiación solar, la fachada norte es la mejor orientación, ya que los meses de incidencia de sol siempre hacia norte son los de invierno (mayo, junio, julio, agosto y septiembre) Ver mejor orientación según Weathertool en Figura 30.

Así que al llevar las características climáticas de Recife al Diagrama psicométrico, percibimos que el mismo está en una zona sin confort. La humedad muy elevada empeora aún más la sensación de calor para un clima con estas características. Así, existen 2 estrategias fundamentales para lograr el confort: ventilación y sombra en todo el año. O sea, el uso de elementos de protección de radiaciones solares directa y difusa, con cuidado que no tape el viento, como aleros y celosías además de posibilitar el máximo la ventilación cruzada (Figura 29)

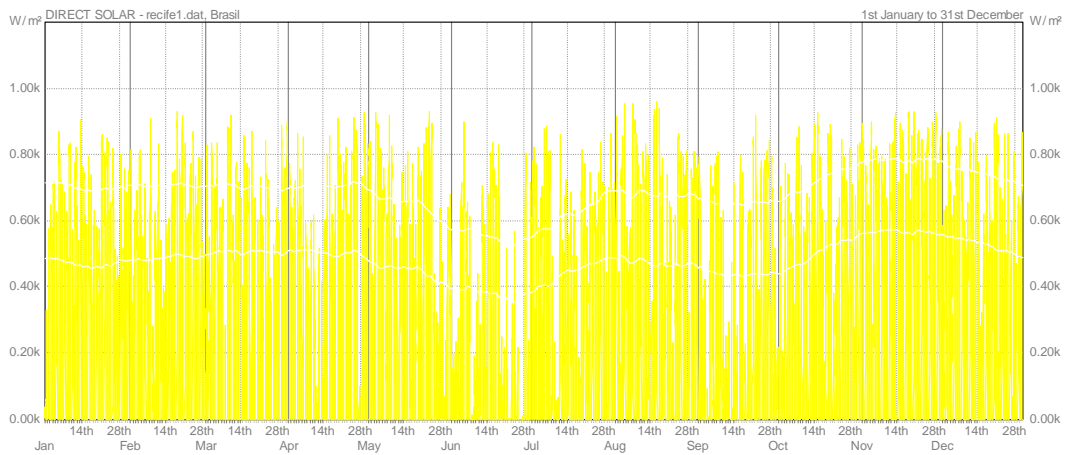
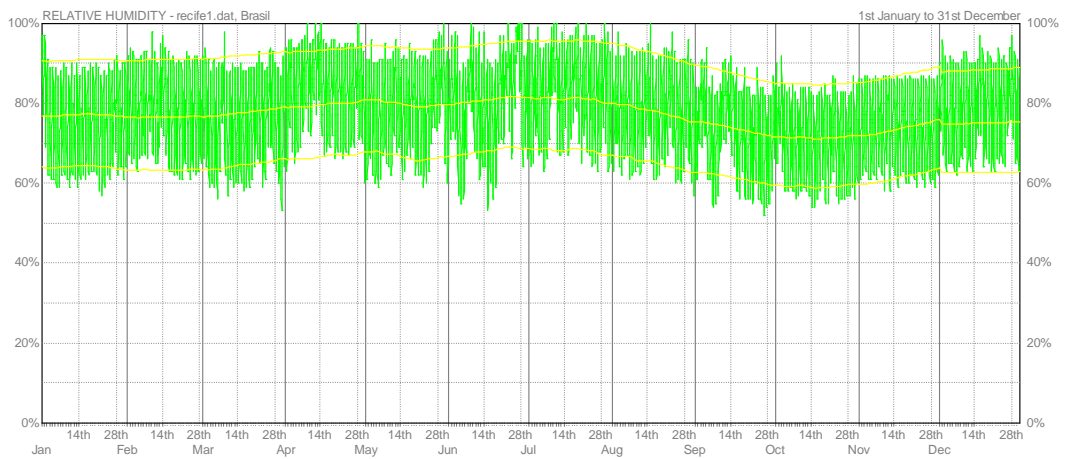
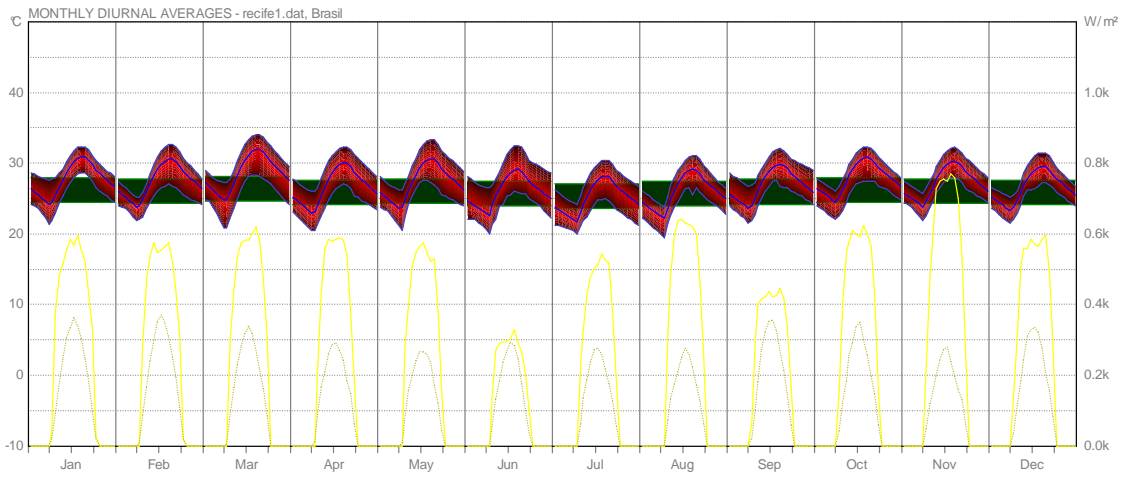
Pues diferentemente del cielo europeo que tiene poca iluminación, en que fachada de vidrio en invierno además de ser una buena estrategia para captar la luz, su radiación que entra también se convierte en calor. En los trópicos no hace falta grandes superficies vidriadas, estas cumplen su función solamente se estén protegidas del sol, por lo que no, pueden llevar al efecto de deslumbramiento.

Además, en climas con poca amplitud térmica son preferibles materiales con baja inercia en el exterior del edificio. *“Aquellos materiales que reflejan más radiación de que absorben y que expelen rápidamente la cantidad absorbida en forma de radiación térmica, producirán temperaturas más bajas dentro de la edificación”*¹²

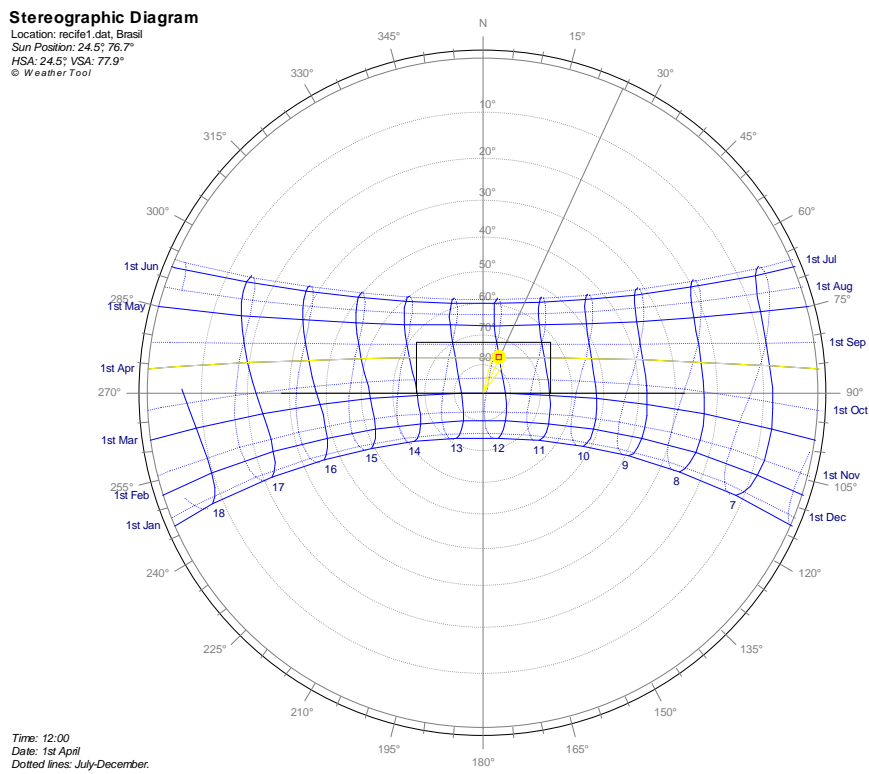
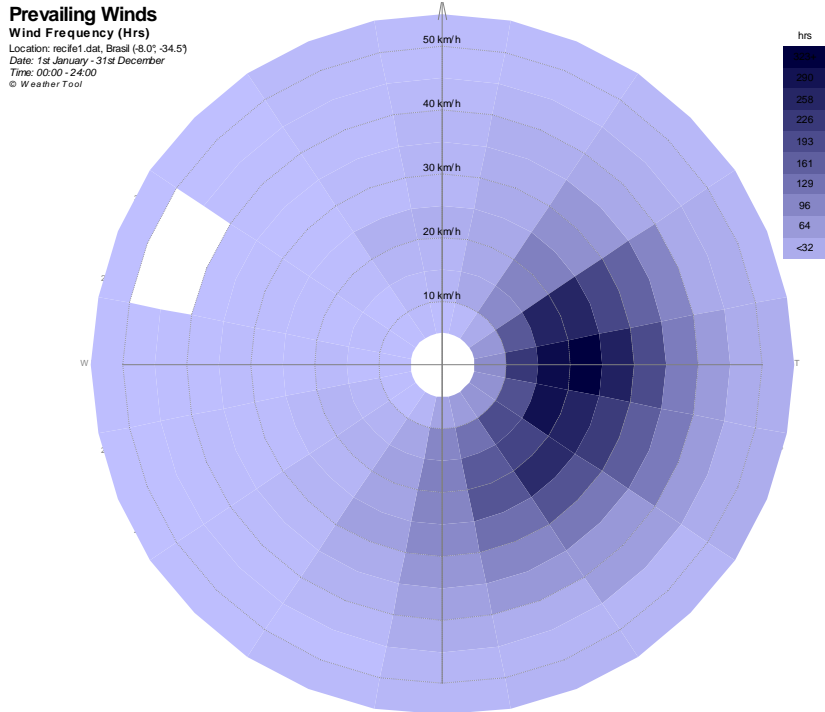
¹¹ Los datos climáticos fueron obtenidos a través de lo software Meteonorm y las graficas sacadas por el Weathertool.

¹² Olgay, 1998

Figuras 24-25-26. Graficas Temperatura, Humedad y Radiación solar directa anuales.



Figuras 27-28. Diagramas viento predominante y Estereográfico con la trayectoria solar.

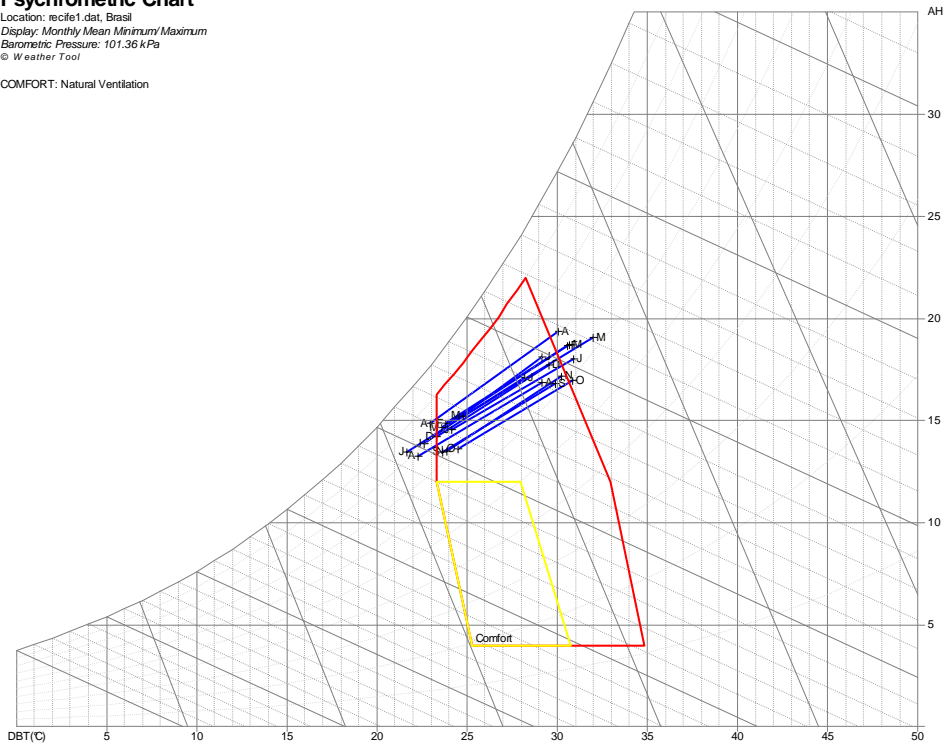


Figuras 29-30. Diagramas Psicométrico y de Orientación Solar Óptima.

Psychrometric Chart

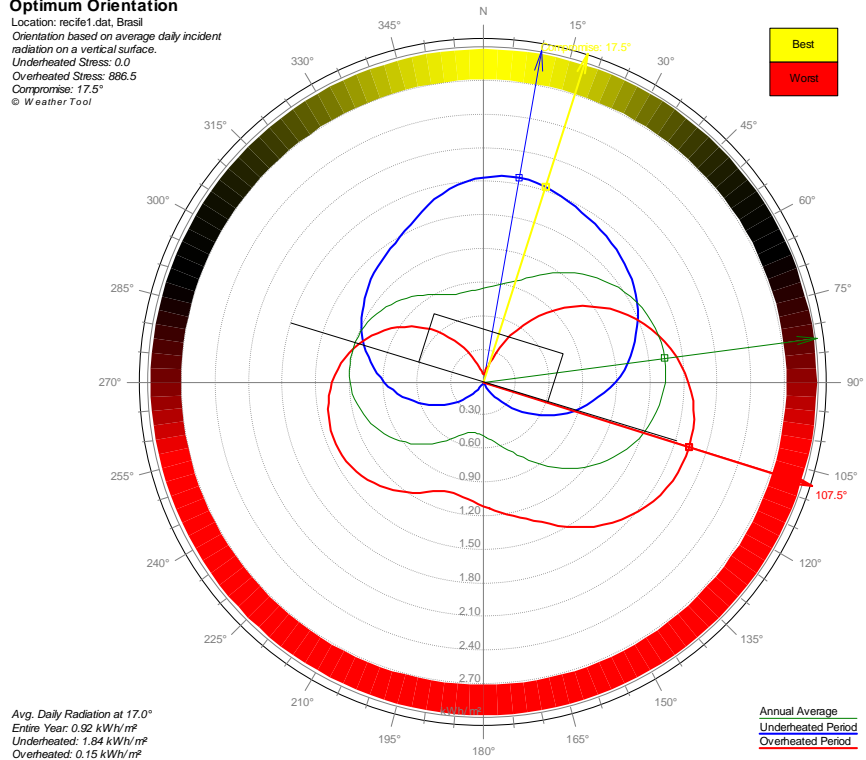
Location: rec1e1.dat, Brasil
Display: Monthly Mean Minimum/Maximum
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© Weather Tool

COMFORT: Natural Ventilation



Optimum Orientation

Location: rec1e1.dat, Brasil
Orientation based on average daily incident radiation on a vertical surface.
Underheated Stress: 0.0
Overheated Stress: 886.5
Compromise: 17.5°
© Weather Tool



5 LA CASA LISANEL DE MELO MOTTA

Fue la primera obra construida en Recife pelo arquitecto carioca Acásio Gil Borsoi para el ingeniero Lisanel de Melo Motta, en 1953. Esta obra refleja muy bien las características de la escuela brasileña y, donde se percibe influencias de Affonso Eduardo Reidy, Lucio Costa y Oscar Niemeyer en las soluciones adoptadas por el arquitecto, graduado en la Universidad Nacional de Arquitectura en Rio de Janeiro.

La Casa, ubicada en el barrio de las Graças, en Recife, Pernambuco en un solar de medio de manzana, con dimensiones de 17.50m x 38.00m y fachada hacia este, el solar dista dos cuadras del Rio Capibaribe (Figura 31). Graças es un barrio residencial que fue urbanizado a finales del siglo XIX, con muchas construcciones de estilo ecléctico, pero, después de esta casa, otros proyectos modernistas se incorporaron al barrio y, a partir de la década de 70-80 surgieron edificios de múltiples pisos. Hoy, todavía, la casa se encuentra en un muy buen estado de conservación (Figura 43).

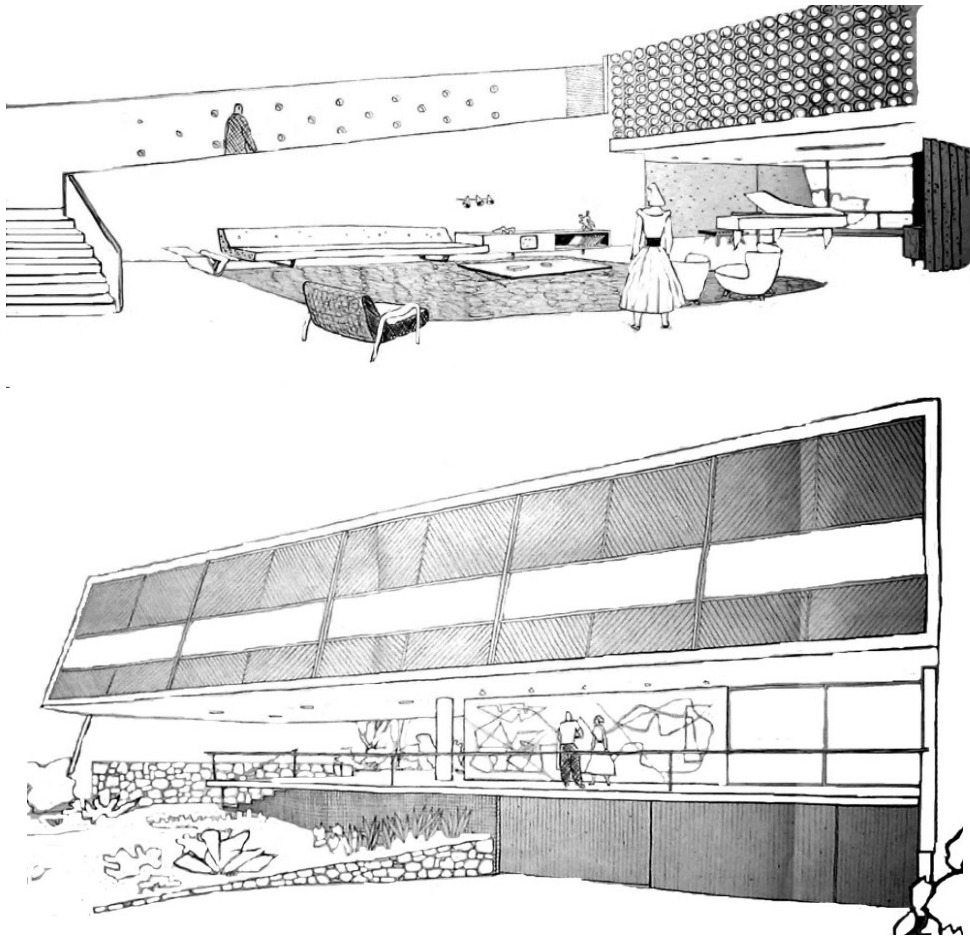
Figura 31. Emplazamiento.



Fuente: maps.google y tratamiento hecho por la autora.

El partido arquitectónico adoptado es el de la gran sala con un vacío central y una rampa como elemento protagonista que integra las zonas sociales (terreo) y la íntima (primer pavimento). El espacio de doble altura, añadido con la rampa en la sala permite la idea de la *promenade architecturale* (Figura 32). La casa es elevada respecto al nivel de la calle para una mejor ventilación (Figura 33), su planta en forma de "U" con un grande patio lateral es pegada con el límite del terreno pero eso tampoco crea espacios estrangulados. Las áreas social y servicio fueran divididas por dos volúmenes.

Figuras 32-33. Croquis sala y Fachada Principal hecha por el arquitecto.



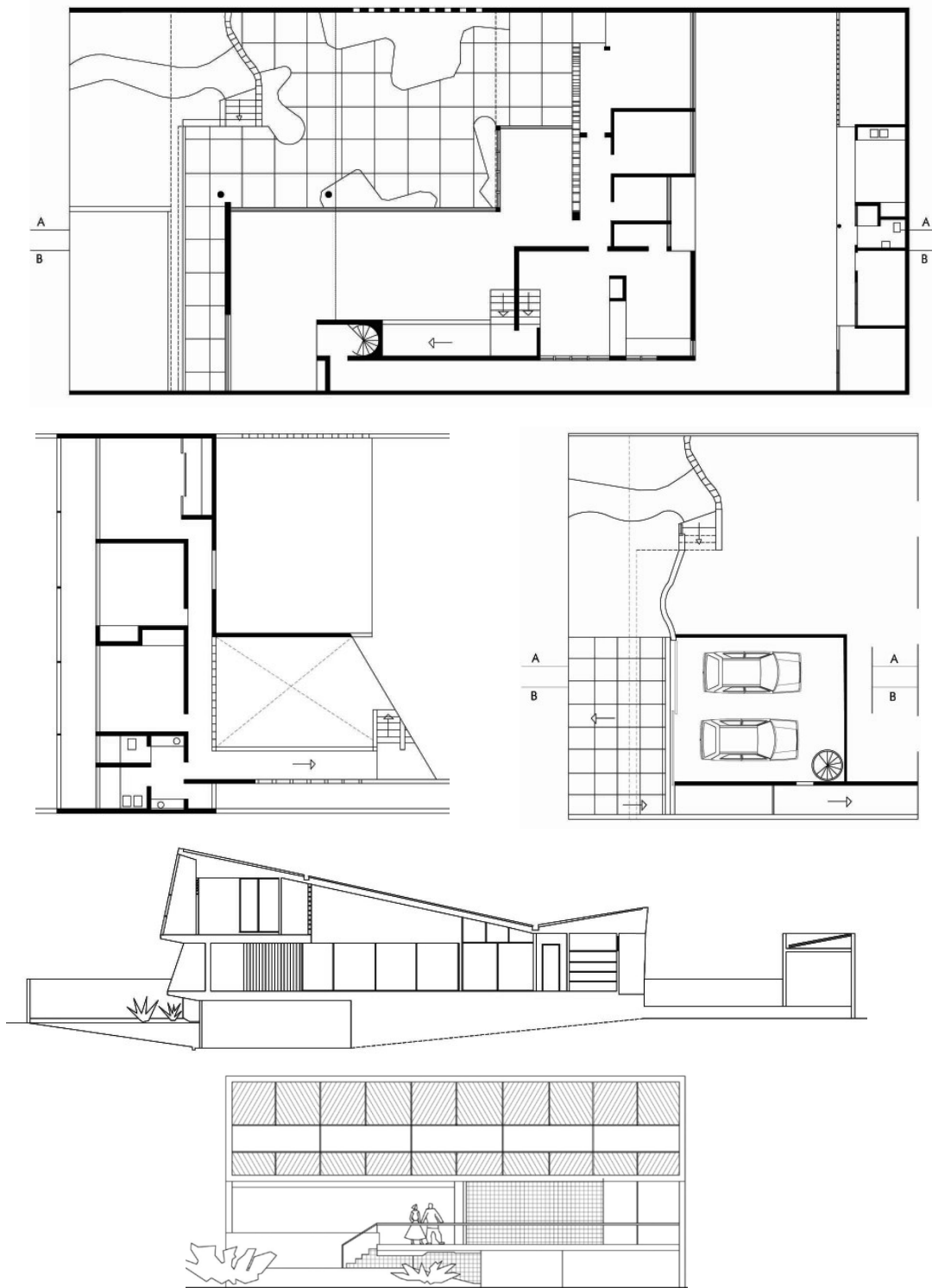
Fuente: COSTA, Alcília Afonso de Albuquerque. Tesis de doctorado Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, 2006

La edificación esta desplazada 6.00m del límite del terreno y todos los accesos (coches, peatonal, servicio) están ahí ubicados. Para el aparcamiento, en medio subsuelo, hay una rampa y para la terraza, hay un camino tortuoso por el jardín tropical hasta una pequeña escalera que desde ahí se ve un panel de azulejos del artista plástico Lula Cardozo Ayres (Figuras 41 y 42)

Componen el área social la sala de estar, sala de música y comedor, un despacho, una habitación para invitados, como también los porches y jardines que se integran perfectamente (Figuras 39 y 40). Aquí se aprecia el uso de estructura independiente e el modo en que los cerramientos acristalados crean la transparencia y permiten la relación con el exterior.¹³ El área íntima tiene 3 cuartos y baños y dispone de un acceso a una terraza cubierta que ocupa todo el frente de la casa a la calle (Figura 34)

¹³ LLOBERA, Teresa Rovira (Coord.) Documentos de Arquitectura Moderna en América Latina 1950-1965 Tercera recopilación. Barcelona: Casa América Catalunya, 2006.

Figura 34. Planta Baja, Planta Primera, Planta Sótano, Sección y Fachada.



Fuente: COSTA, Alcília Afonso de Albuquerque. Tesis de doctorado Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, 2006.

Borsoi utiliza la cubierta idealizada inicialmente por Le Corbusier y Pierre Jeanneret que quedó popularmente conocida como “ala de mariposa” con dos aguas de distintos tamaños. La terraza principal es formada por el espacio vacío bajo la construcción de primer pavimento y a partir de ello, se obtiene una vista general de la edificación, jardín y patio lateral.

La fachada principal se ve como diferentes planos. El volumen de perfil trapezoidal crea una idea de dinamismo al confrontarse con las paredes verticales laterales. El volumen del último piso tiene una protección hecha en listonado de madera en dos direcciones que recuerda bien los *muxarabis* de las casas coloniales, herencia traída a Brasil por los portugueses. Su función es la protección de la radiación solar directa y permite la entrada del aire así como posibilita mantener la capacidad de vislumbrar el paisaje. Además de los *muxarabis* para asegurar la privacidad y confort, las puertas de acceso de los dormitorios hacia la terraza son de madera y dividen en tres partes: en la parte superior son persianas móviles, en la inferior lamas fijas ambas en madera, y, en la parte intermedia, vidrio (Figuras 37 y 38).

El arquitecto también utilizó elementos como *buzinotes* (en la pared lateral de la rampa, ver Figuras 35 y 36) el *cobogó* cerámico circular y marco en hierro y vidrio en el interior, que reparte con sutileza la sala de comer, con los espacios de estar, jardín y patio. Estos elementos permiten la circulación del aire y entrada de luz. En el primer piso, fue utilizada otra partición de *cobogós* de color amarillo con la función de repartir el pasillo íntimo y, al mismo tiempo, permite la circulación constante de aire.

Así, además de los elementos de protección solar, del desplazamiento del edificio del suelo, de la abertura hacia la dirección de los vientos dominantes y la creación de ventilación cruzada, el uso del porche y terrazas como estrategias de confort, hubo una preocupación con la orientación del espacio interior, pues la ubicación de las zonas sociales e íntimas está en este y la zona de servicio en el oeste. Estas fueron algunas de las estrategias adoptadas por el arquitecto y vendremos a seguir su eficacia.

Figuras 35-36. *Buzinotes* en la pared de la rampa.



Fuente: COSTA, Alcília Afonso de Albuquerque. Tesis de doctorado Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, 2006.

Figuras 37-38-39-40. Fachada, Protección Muxarabi Terraza, Sala mirada interior hacia exterior y Patio interno mirada exterior hacia interior.



Fuente: COSTA, Alcília Afonso de Albuquerque. Tesis de doctorado Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, 2006.

Figuras 41-42-43. Vista del Porche y patio, Muro en azulejos y Foto reciente (marzo-2011) sacada desde la calle de parte de la fachada.



Fuentes: COSTA, Alcilia Afonso de Albuquerque. Tesis de doctorado Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, 2006.(fotos 40-41)

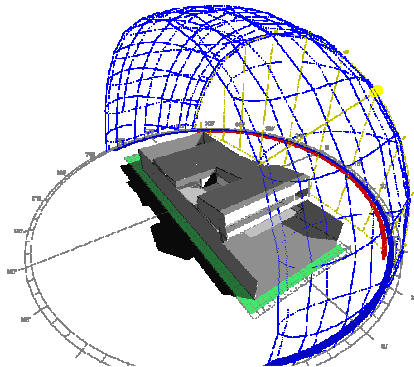
Archivo personal Fernando Cavalcanti, marzo, 2011. (foto 42)

6 ANÁLISIS CON LOS SOFTWARES

Los softwares pueden ser una gran herramienta para auxilio en el diseño bioclimático en los ámbitos pasivo e activo. A cada día el mercado desarrolla nuevos avances en este sector, cada día, los cálculos e análisis son más fiables. Así que para el análisis de la casa proyectada por Borsoi serán utilizados estos programas que además de resultados numéricos, ofrecen un resultado grafico muy didáctico.

Los programas elegidos fueran el Ecotect del Autodesk, para el análisis de las sombras, radiación solar e iluminación; y el Phoenics del CHAM para análisis de la eficacia de la ventilación cruzada en un dormitorio seleccionado por la autora.¹⁴

Figura 44. Imagen del modelo de la casa con el diagrama solar anual sacado del Ecotect.



6.1 Ecotect

El Ecotect, como antes dicho, es un software para uso bioclimático y que ofrece una serie de herramientas de análisis y calculo. Se puede analizar la radiación solar, la iluminación natural e artificial, además del análisis térmico del edificio y su impacto, se puede mostrar sombras y reflejos complejos, generar diagramas de trayectorias solares interactivas, calcular el rendimiento de placas solares térmicas y fotovoltaicas, la radiación solar incidente y porcentaje de sombra en cualquier superficie, entre otros (Figura 44).

El diseño de la casa fue hecho por la autora a partir de imágenes de las plantas obtenidas y entonces modelado en sketch up para por fin ser importado al programa, también hay la opción de modelar directamente ahí. Una vez importada la volumetría, el fichero de clima de Weathertool es descargado para que se pueda hacer bien el análisis con los datos del lugar.

6.1.1 Sombras y Comprovacion Alero

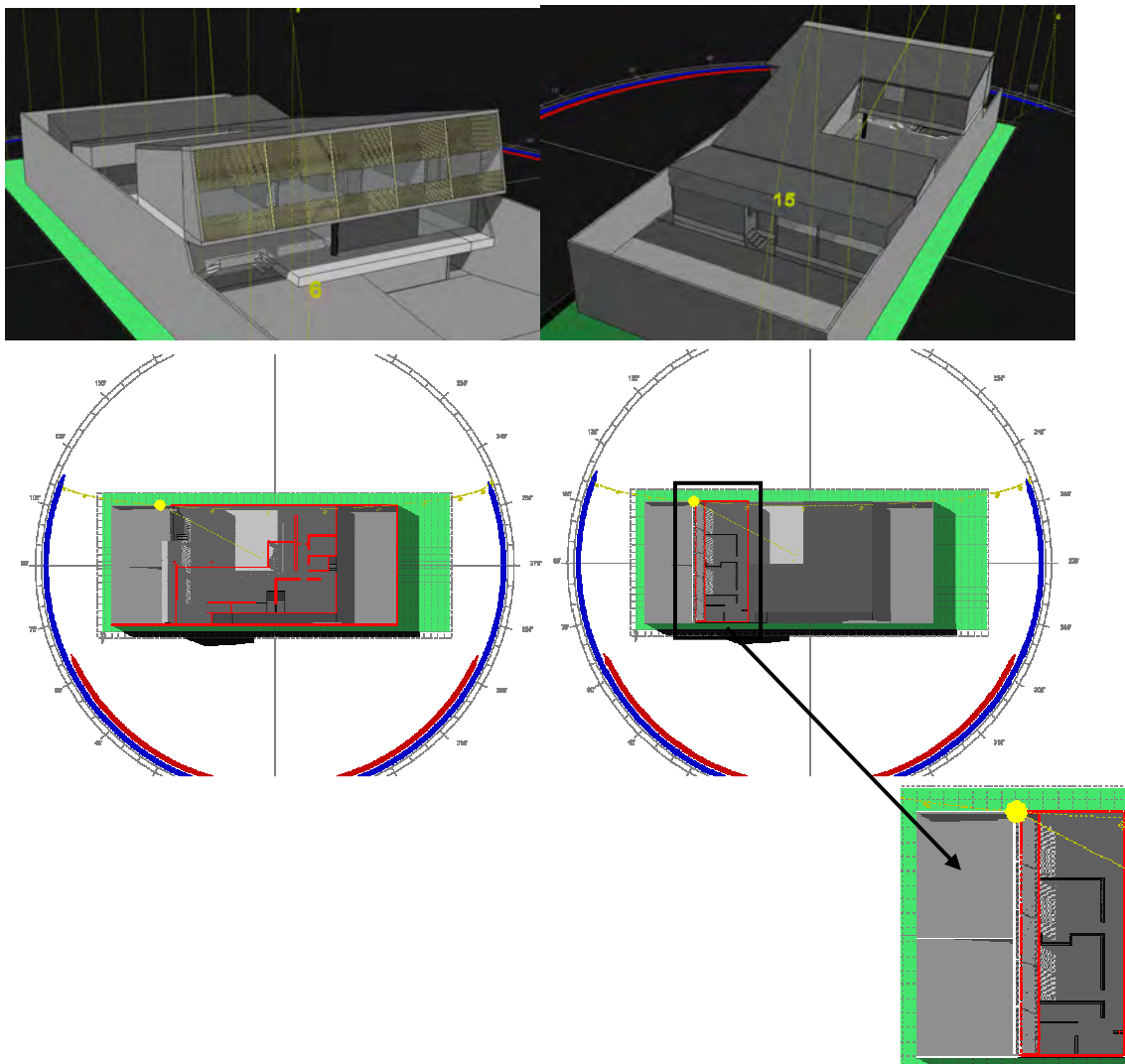
¹⁴ Todas las imágenes de este capítulo fueran hechas por la autora y sacadas de los respectivos softwares. El análisis de los resultados siguen después de las imágenes para que se vea más didáctico.

La sombra es uno de las estrategias passivas mas importantes para el clima cálido y húmedo. Esta será analizada de dos maneras, primero será con la sombra de la casa en los solsticios de verano y invierno en tres distintas horas (9:00,12:00,16:00); despues el análisis en una ventana elegida en el solsticio de invierno.

El solsticio de invierno es el mas importante na análisis de sombra, pues la idea es proteger del sol todo el año y en invierno el angulo de incidencia es mas bajo, así que, una vez que al proteger en invierno se supone que la proteccion en verano estará garantizada.

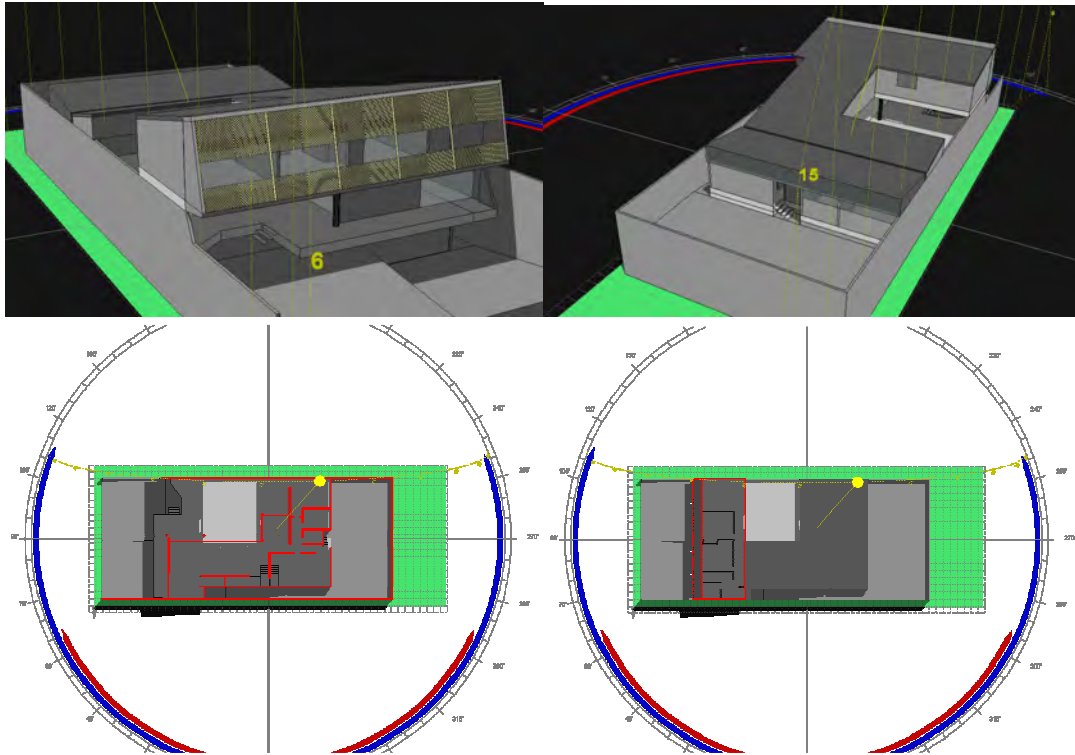
En las imágenes se precibe la trayectoria del sol en dos colores: el azul y mas largo es para el verano y el rojo seria la trayectoria del sol de invierno. El color amarillo determina las horas y la bola amarilla, la posicion del sol.

Figura 45- Sombra Verano 9:00 en las fachadas, plantas y detalle sombra *muxarabi*.



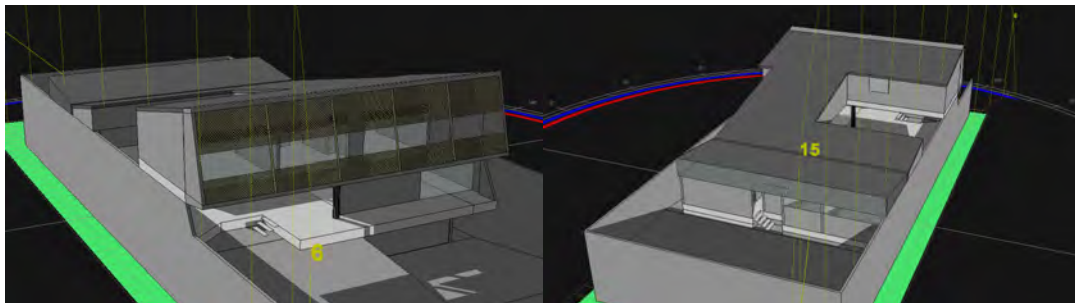
En las primeras horas de la mañana el sol incide directamente en la fachada este, pero la protección del porche en la planta baja formada por el volumen de la planta primera funciona como un alero que practicamente bloquea la entrada del sol en la sala. La terraza en la planta primera juntamente con el muxarabi ofrecen una protección no total de la radiación, pues los muxarabis crean una sombra característica, permitiendo la entrada de luz en esta hora del día para los dormitorios.(Figura 45)

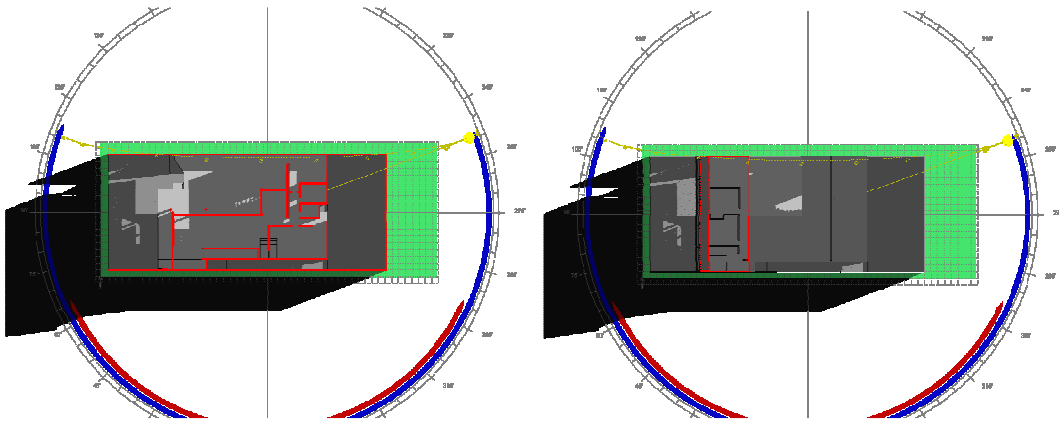
Figura 46- Sombra Verano 12:00 en las fachadas y plantas.



La radiación del medio día es una de las mas molestas, pero como el sol tiene un angulo muy elevado, la casa se encuentra completamente protegida en este horario(Figura 46).

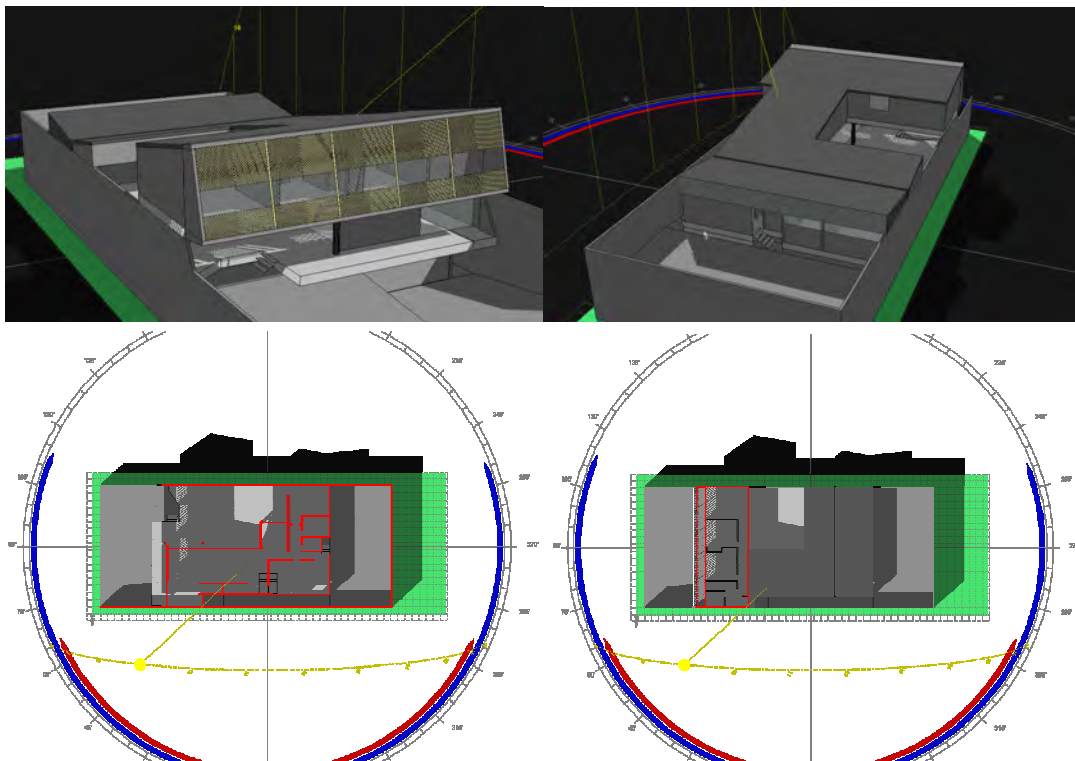
Figura 47- Sombra Verano 16:00 en las fachadas y plantas. (sigue en la próxima pagina)





La cara oeste es la expuesta en esta hora, pero efectivamente dentro de la casa no entra mucho sol ya que en su gran mayoría los muros no tienen ventanas, o, se tienen son ventanas elevadas. La ventana al oeste de la planta primera probablemente tiene la función que posibilitar la ventilación cruzada en los dormitorios. La volumetría en “U” permite el bloque de atrás sirva como protección solar para el patio central en esta hora del día, creando una agradable área de ocio (Figura 47).

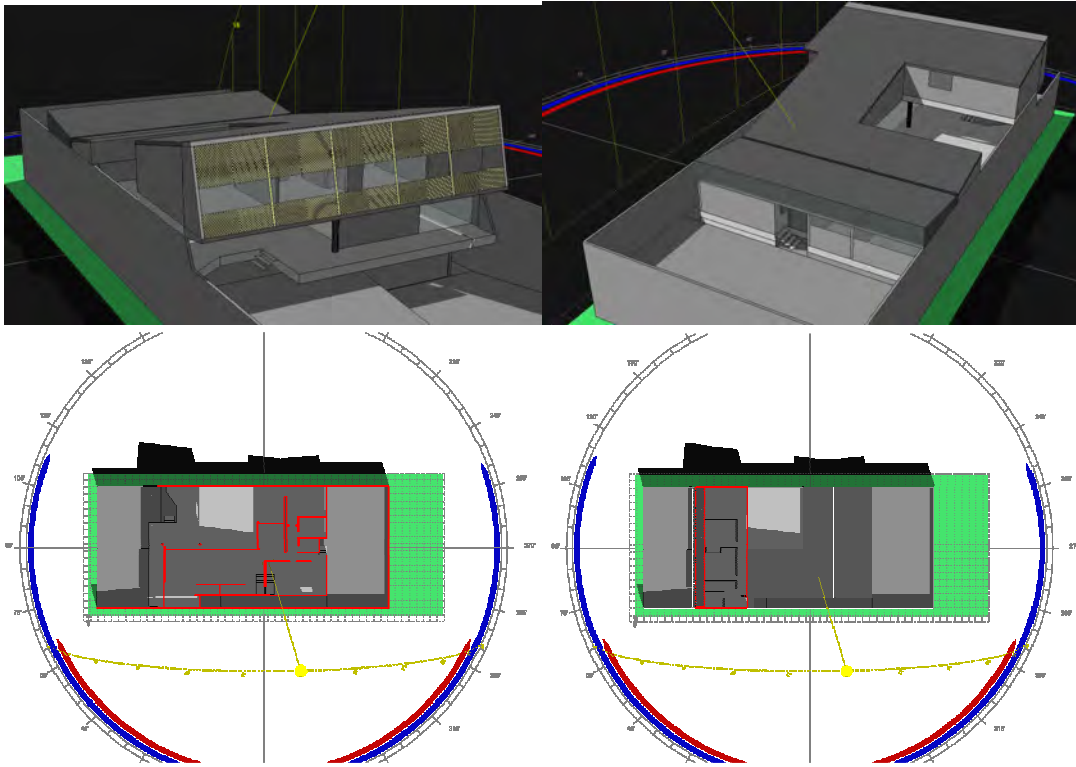
Figura 48- Sombra Invierno 09:00 en las fachadas y plantas.



En invierno, lo que pasa es que como el sol está más bajo, es más complicado bloquearlo, pero en la planta baja el porche sigue cumpliendo su función, ya en los dormitorios

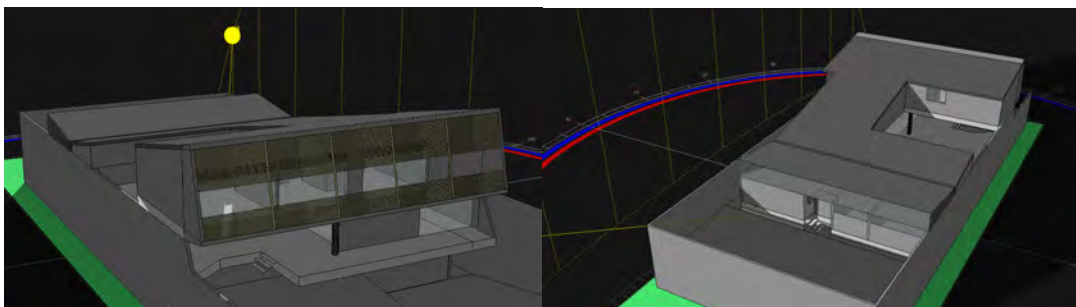
también siguen protegidos pero la sombra proporcionada por los muxarabis avanza para casi mitad de la zona de cada habitación (Figura 48)

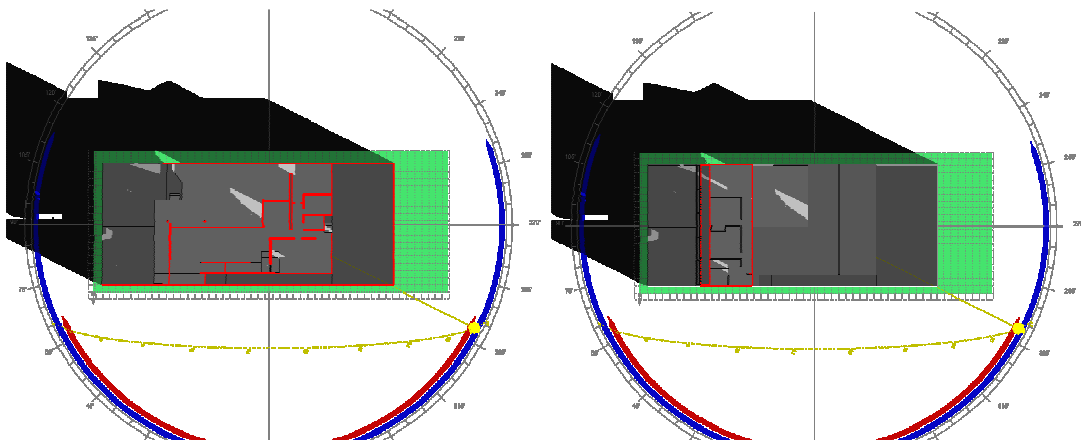
Figura 49- Sombra Invierno 12:00 en las fachadas y plantas.



Como en el solsticio de verano en este mismo horario, en el invierno a las 12:00 la casa está protegida por completo (Figura 49).

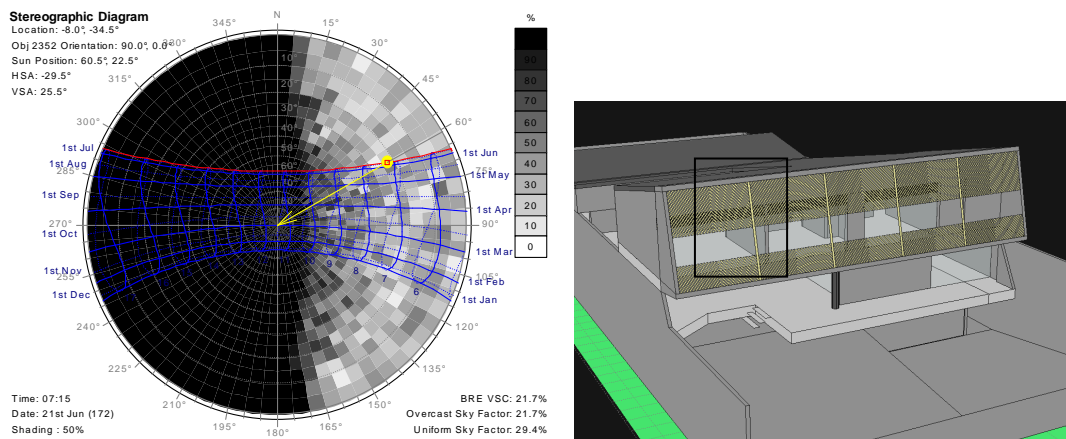
Figura 50. Sombra Invierno 16:00 en las fachadas y plantas. (sigue en la próxima página)





Por la tarde en invierno, la casa también está protegida por casi completo pues el muro divisor del solar sirve como eficiente protección y como ya dicho, en lo muro oeste las pocas ventanas que hay son ventanas elevadas. Y otra vez se puede decir que el patio sombreado por la volumetría en “U” fue una estrategia genial del arquitecto (Figura 50).

Figura 51. Sombra en la ventana selecciona. Solsticio de invierno



A partir de una ventana (o puerta de vidrio) seleccionada, se intentó hacer un estudio de sombras para invierno. La grafica de sombra se puede leer como lo que es de color negro significa sombra y en la medida que se aclara, disminuye el porcentaje de sombra. La tabla nos fornece los valores numéricos por hora y los ángulos y azimuts. Se concluye que hay protección total a partir de las 10:30 y entre las 9:00 y 10:00 ya sombra creciente a partir de los 50%, lo que está bien, pues el sol de las primeras horas de la mañana no molesta y, además, dormitorios y baños en sombra todo el día no es confortable y tampoco sano (Figura 51 y Tabla 1).

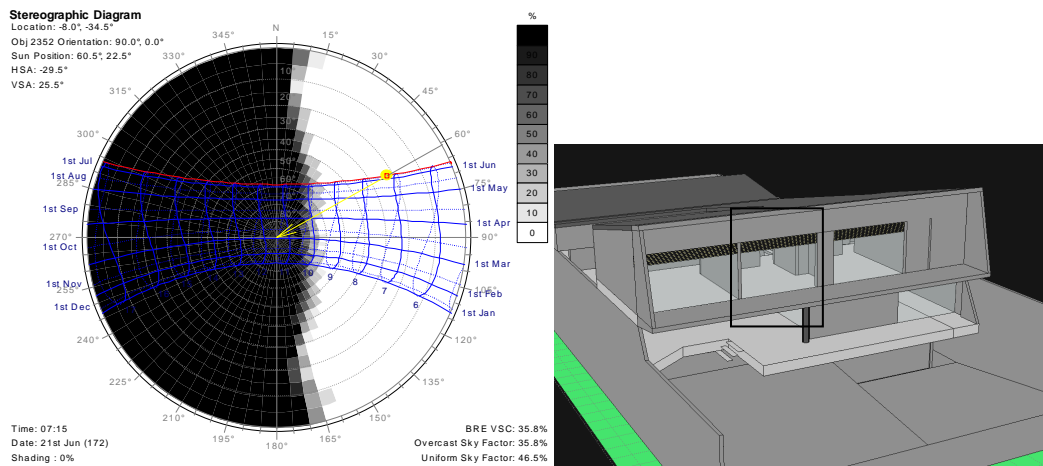
Tabla 1. Sombra en la ventana selecciona. Solsticio de invierno

Tabulated Daily Solar Data

Latitude: -8.0° Date: 21st June Local Correction: 40.4 mins
 Longitude: -34.5° Julian Date: 172 Equation of Time: -1.6 mins
 TimeZone: -45.0°[-3.Ohrs] Sunrise: 05:33 Declination: 23.4°
 Orientation: 90.0° Sunset: 17:05

| Local | (Solar) | Azimuth | Altitude | HSA | VSA | Shading |
|-------|---------|---------|----------|---------|--------|---------|
| 06:00 | (06:40) | 65.3° | 6.0° | -24.7° | 6.6° | 35 % |
| 06:30 | (07:10) | 63.7° | 12.7° | -26.3° | 14.1° | 35 % |
| 07:00 | (07:40) | 61.7° | 19.3° | -28.3° | 21.7° | 21 % |
| 07:30 | (08:10) | 59.1° | 25.7° | -30.9° | 29.3° | 7 % |
| 08:00 | (08:40) | 55.8° | 32.0° | -34.1° | 37.1° | 28 % |
| 08:30 | (09:10) | 51.7° | 38.0° | -38.3° | 44.9° | 35 % |
| 09:00 | (09:40) | 46.5° | 43.6° | -43.5° | 52.7° | 50 % |
| 09:30 | (10:10) | 39.8° | 48.7° | -50.2° | 60.7° | 71 % |
| 10:00 | (10:40) | 31.3° | 53.0° | -58.7° | 68.6° | 78 % |
| 10:30 | (11:10) | 20.8° | 56.3° | -69.2° | 76.7° | 100 % |
| 11:00 | (11:40) | 8.5° | 58.2° | -81.4° | 84.7° | 100 % |
| 11:30 | (12:10) | -4.6° | 58.5° | -94.6° | 92.8° | 100 % |
| 12:00 | (12:40) | -17.2° | 57.0° | -107.2° | 100.8° | 100 % |
| 12:30 | (13:10) | -28.3° | 54.2° | -118.3° | 108.9° | 100 % |
| 13:00 | (13:40) | -37.4° | 50.1° | -127.4° | 116.9° | 100 % |
| 13:30 | (14:10) | -44.6° | 45.2° | -134.6° | 124.8° | 100 % |
| 14:00 | (14:40) | -50.3° | 39.8° | -140.2° | 132.7° | 100 % |
| 14:30 | (15:10) | -54.7° | 33.9° | -144.7° | 140.6° | 100 % |
| 15:00 | (15:40) | -58.2° | 27.7° | -148.2° | 148.3° | 100 % |
| 15:30 | (16:10) | -60.9° | 21.3° | -150.9° | 156.0° | 100 % |
| 16:00 | (16:40) | -63.1° | 14.7° | -153.1° | 163.6° | 100 % |
| 16:30 | (17:10) | -64.8° | 8.0° | -154.8° | 171.1° | 100 % |
| 17:00 | (17:40) | -66.1° | 1.3° | -156.1° | 178.6° | 100 % |

Figura 52. Sombra en la ventana selecciona (sin los muxarabis). Solsticio de invierno



Ahora el mismo análisis fue hecho pero sacando el elemento de protección muxarabi de la terraza. Hubo un cambio muy importante. Se ve en el diagrama de las sombras el color blanco casi constante y lo que os valores de las tablas compraban: Hay 0% de sombra hasta las 9:30 y 35% a las 10:00 para entonces llegar en los valores de 100% ya que aun así la terraza protege un poco (Figura 52 y Tabla 2)

Tabla 2. Sombra en la ventana selecciona (sin los *muxarabis*). Solsticio de Invierno

Tabulated Daily Solar Data

Latitude: -8.0° Date: 21st June Local Correction: 40.4 mins
 Longitude: -34.5° Julian Date: 172 Equation of Time: -1.6 mins
 TimeZone: -45.0)[-3.0hrs] Sunrise: 05:33 Declination: 23.4°
 Orientation: 90.0° Sunset: 17:05

| Local | (Solar) | Azimuth | Altitude | HSA | VSA | Shading |
|-------|---------|---------|----------|---------|--------|---------|
| 06:00 | (06:40) | 65.3° | 6.0° | -24.7° | 6.6° | 0 % |
| 06:30 | (07:10) | 63.7° | 12.7° | -26.3° | 14.1° | 0 % |
| 07:00 | (07:40) | 61.7° | 19.3° | -28.3° | 21.7° | 0 % |
| 07:30 | (08:10) | 59.1° | 25.7° | -30.9° | 29.3° | 0 % |
| 08:00 | (08:40) | 55.8° | 32.0° | -34.1° | 37.1° | 0 % |
| 08:30 | (09:10) | 51.7° | 38.0° | -38.3° | 44.9° | 0 % |
| 09:00 | (09:40) | 46.5° | 43.6° | -43.5° | 52.7° | 0 % |
| 09:30 | (10:10) | 39.8° | 48.7° | -50.2° | 60.7° | 0 % |
| 10:00 | (10:40) | 31.3° | 53.0° | -58.7° | 68.6° | 35 % |
| 10:30 | (11:10) | 20.8° | 56.3° | -69.2° | 76.7° | 100 % |
| 11:00 | (11:40) | 8.5° | 58.2° | -81.4° | 84.7° | 100 % |
| 11:30 | (12:10) | -4.6° | 58.5° | -94.6° | 92.8° | 100 % |
| 12:00 | (12:40) | -17.2° | 57.0° | -107.2° | 100.8° | 100 % |
| 12:30 | (13:10) | -28.3° | 54.2° | -118.3° | 108.9° | 100 % |
| 13:00 | (13:40) | -37.4° | 50.1° | -127.4° | 116.9° | 100 % |
| 13:30 | (14:10) | -44.6° | 45.2° | -134.6° | 124.8° | 100 % |
| 14:00 | (14:40) | -50.3° | 39.8° | -140.2° | 132.7° | 100 % |
| 14:30 | (15:10) | -54.7° | 33.9° | -144.7° | 140.6° | 100 % |
| 15:00 | (15:40) | -58.2° | 27.7° | -148.2° | 148.3° | 100 % |
| 15:30 | (16:10) | -60.9° | 21.3° | -150.9° | 156.0° | 100 % |
| 16:00 | (16:40) | -63.1° | 14.7° | -153.1° | 163.6° | 100 % |
| 16:30 | (17:10) | -64.8° | 8.0° | -154.8° | 171.1° | 100 % |
| 17:00 | (17:40) | -66.1° | 1.3° | -156.1° | 178.6° | 100 % |

Tabla 3. Sombra en la ventana selecciona (sin los aleros). Solsticio de invierno

Tabulated Daily Solar Data

Latitude: -8.0° Date: 21st June Local Correction: 40.4 mins
 Longitude: -34.5° Julian Date: 172 Equation of Time: -1.6 mins
 TimeZone: -45.0)[-3.0hrs] Sunrise: 05:33 Declination: 23.4°
 Orientation: 90.0° Sunset: 17:05



| Local | (Solar) | Azimuth | Altitude | HSA | VSA | Shading |
|-------|---------|---------|----------|--------|-------|---------|
| 06:00 | (06:40) | 65.3° | 6.0° | -24.7° | 6.6° | 0 % |
| 06:30 | (07:10) | 63.7° | 12.7° | -26.3° | 14.1° | 0 % |
| 07:00 | (07:40) | 61.7° | 19.3° | -28.3° | 21.7° | 0 % |
| 07:30 | (08:10) | 59.1° | 25.7° | -30.9° | 29.3° | 0 % |
| 08:00 | (08:40) | 55.8° | 32.0° | -34.1° | 37.1° | 0 % |
| 08:30 | (09:10) | 51.7° | 38.0° | -38.3° | 44.9° | 0 % |
| 09:00 | (09:40) | 46.5° | 43.6° | -43.5° | 52.7° | 0 % |
| 09:30 | (10:10) | 39.8° | 48.7° | -50.2° | 60.7° | 0 % |
| 10:00 | (10:40) | 31.3° | 53.0° | -58.7° | 68.6° | 0 % |
| 10:30 | (11:10) | 20.8° | 56.3° | -69.2° | 76.7° | 0 % |
| 11:00 | (11:40) | 8.5° | 58.2° | -81.4° | 84.7° | 0 % |
| 11:30 | (12:10) | -4.6° | 58.5° | -94.6° | 92.8° | 100 % |

Sin ninguna protección, la ventana no estaría en sombra hasta las 11:00 de la mañana, lo que sería una situación fatal para un clima como este (Tabla 3).

Figura 53. Sombra en la ventana selecciona Solsticio de Verano.

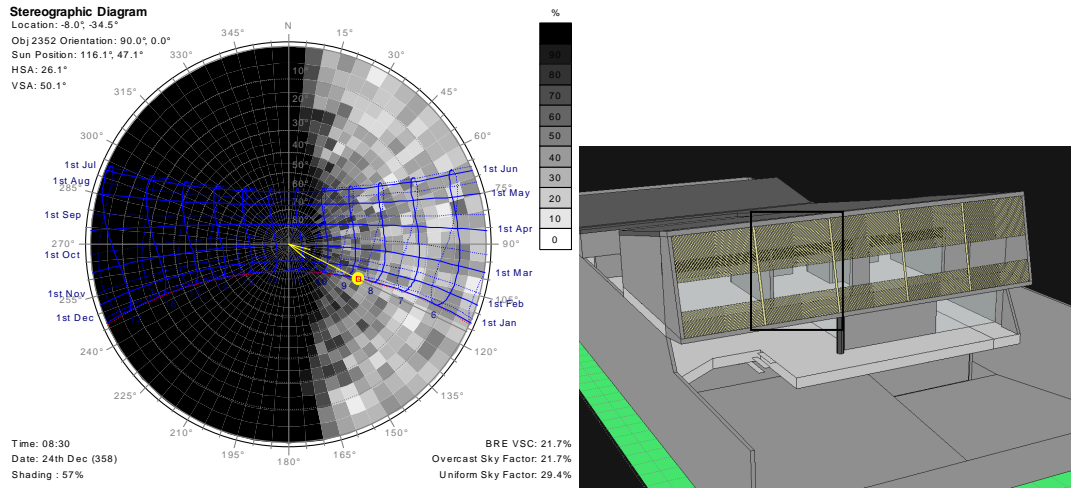


Tabla 4. Sombra en la ventana selecciona Solsticio de Verano.

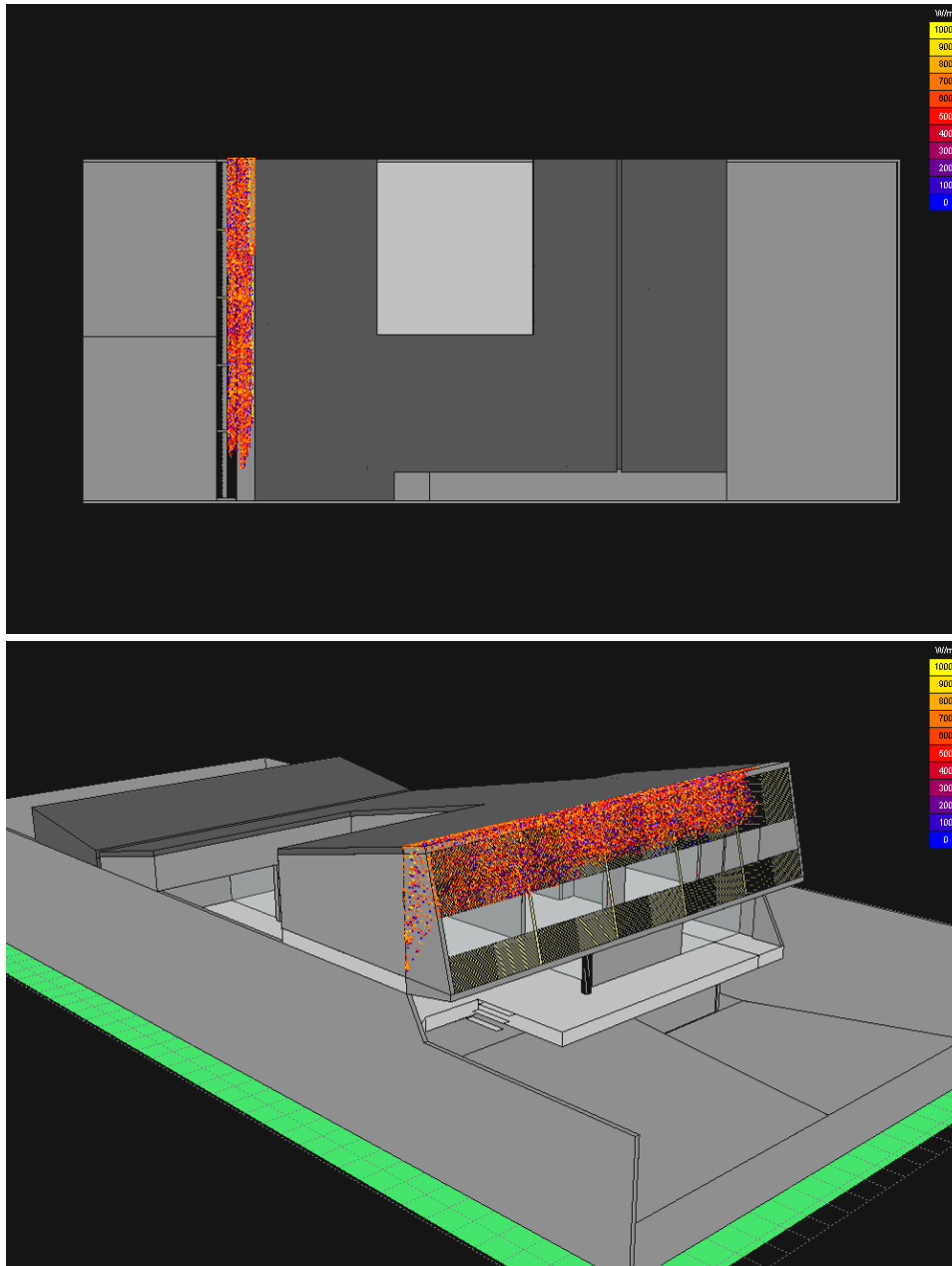
Tabulated Daily Solar Data

Latitude: -8.0° Date: 24th December Local Correction: 42.6 mins
 Longitude: -34.5° Julian Date: 358 Equation of Time: 0.6 mins
 TimeZone: -45.0°[-3.0hrs] Sunrise: 05:03 Declination: -23.5°
 Orientation: 90.0° Sunset: 17:31

| Local | (Solar) | Azimuth | Altitude | HSA | VSA | Shading |
|-------|---------|---------|----------|--------|--------|---------|
| 05:30 | (06:12) | 112.9° | 6.1° | 23.0° | 6.6° | 42 % |
| 06:00 | (06:42) | 112.4° | 12.9° | 22.4° | 13.9° | 42 % |
| 06:30 | (07:12) | 112.1° | 19.8° | 22.2° | 21.2° | 28 % |
| 07:00 | (07:42) | 112.3° | 26.7° | 22.3° | 28.5° | 14 % |
| 07:30 | (08:12) | 112.9° | 33.5° | 22.9° | 35.7° | 21 % |
| 08:00 | (08:42) | 114.1° | 40.3° | 24.1° | 42.9° | 35 % |
| 08:30 | (09:12) | 116.1° | 47.1° | 26.1° | 50.1° | 57 % |
| 09:00 | (09:42) | 119.2° | 53.6° | 29.2° | 57.3° | 71 % |
| 09:30 | (10:12) | 124.1° | 60.0° | 34.1° | 64.4° | 64 % |
| 10:00 | (10:42) | 132.1° | 65.8° | 42.1° | 71.6° | 100 % |
| 10:30 | (11:12) | 145.1° | 70.8° | 55.1° | 78.7° | 100 % |
| 11:00 | (11:42) | 165.4° | 74.0° | 75.4° | 85.9° | 100 % |
| 11:30 | (12:12) | -169.3° | 74.2° | 100.7° | 93.0° | 100 % |
| 12:00 | (12:42) | -147.8° | 71.5° | 122.2° | 100.1° | 100 % |
| 12:30 | (13:12) | -133.7° | 66.7° | 136.3° | 107.3° | 100 % |
| 13:00 | (13:42) | -125.1° | 60.9° | 144.9° | 114.4° | 100 % |
| 13:30 | (14:12) | -119.8° | 54.7° | 150.2° | 121.6° | 100 % |
| 14:00 | (14:42) | -116.5° | 48.1° | 153.5° | 128.8° | 100 % |
| 14:30 | (15:12) | -114.4° | 41.4° | 155.7° | 135.9° | 100 % |
| 15:00 | (15:42) | -113.1° | 34.6° | 157.0° | 143.1° | 100 % |
| 15:30 | (16:12) | -112.4° | 27.8° | 157.6° | 150.4° | 100 % |
| 16:00 | (16:42) | -112.1° | 20.9° | 157.9° | 157.6° | 100 % |
| 16:30 | (17:12) | -112.3° | 14.0° | 157.7° | 164.9° | 100 % |
| 17:00 | (17:42) | -112.8° | 7.1° | 157.2° | 172.3° | 100 % |
| 17:30 | (18:12) | -113.7° | 0.3° | 156.3° | 179.7° | 100 % |

La análisis en verano es para comprobar que una vez que la solución este bien para invierno, ira funcionar en verano también. Pues ahora la sombra total se da a partir de las 10:00 y el porcentual de sombra en aun es mayor, eso está muy bien pues la irradiación en verano es mucho más intensa (Figura 53 y Tabla 4).

Figuras 54-55. Comprobación del alero planta y en perspectiva.



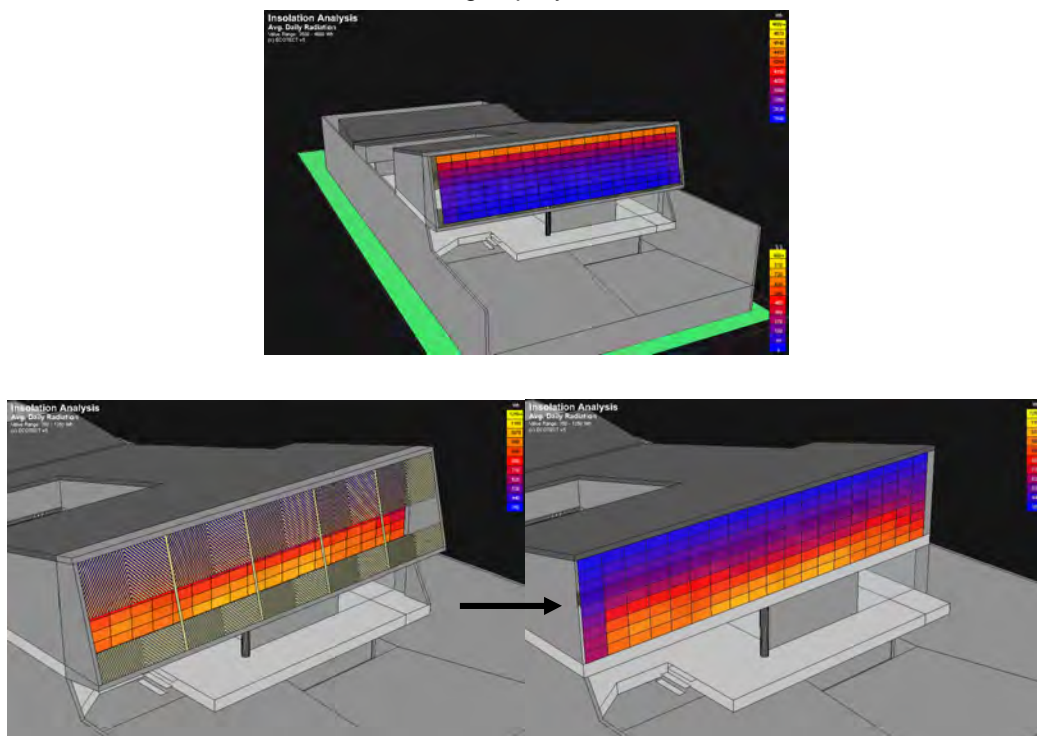
A partir de la superficie seleccionada, a través del Potencial de Sombra, el Ecotect traza rayos hasta la posición del sol para el período de tiempo deseado. Entonces, se muestran puntos que se interponen en la trayectoria y se colorean según la radiación solar recibida.

Para el estudio, fueron seleccionadas las ventanas de los dormitorios para todo el año, ya que la protección hay que ser total. El resultado fue que el arquitecto probablemente hacía el uso de la carta solar y el estudio de sombras ya que la protección de terraza y *muxarabi* fue diseñada exactamente donde los puntos están ubicados (Figuras 54 y 55).

6.1.2 Radiación Solar

La radiación solar es un vilano para esta vivienda. Hay que ser evitado al máximo para un mayor confort. El ecotect puede hacer el calculo de la Insolacion que seria la cantidad de radiacion incidente en un punto o superficie a lo largo de un período de tiempo, este calculo es posible a partir de una malla de análisis. Tambien puede ser hecho el calculo de la exposicion solar en que se determinan para un objeto del modelo la radiación solar recibida para cada hora, como media diaria o mensual.

Figuras 56-57-58. Análisis insolación en la fachada (sin protección) y análisis con la fachada según proyecto



Para el analisis de insolacion fue elegida la fachada este donde se fue posible sacar el dato que en esta orientacion, en la ciudad de Recife, a través de una média diaria, una cara totalmente desprotegida puede llegar a recibir 4.800Wh.

Haciendo una nueva malla de analisis para la cara protegida con la terraza y el muxarabi se percibe el mas grande nivel alcansado fue de 1.600Wh y en que la gran parte está entre 300 y 1.500Wh la distribucion grafica se interpreta de forma que la escala azul es la mas baja de insolacion hasta la amarilla que seria la mas elevada. Así se percibe la eficacia de los elementos de protección (Figuras 56 hasta 58 y Tabla 5).

Tabla 5. Sombra en la ventana selecciona Solsticio de Verano.

| Avg. Daily Radiation | | Within | | Above | |
|----------------------|-----|--------|-----|-------|--|
| (from-to) | Pts | (%) | Pts | (%) | |
| 0-100 | 0 | 0 | 200 | 100 | |
| 100-200 | 0 | 0 | 200 | 100 | |
| 200-300 | 0 | 0 | 200 | 100 | |
| 300-400 | 29 | 14.5 | 200 | 100 | |
| 400-500 | 20 | 10 | 171 | 85.5 | |
| 500-600 | 17 | 8.5 | 151 | 75.5 | |
| 600-700 | 10 | 5 | 134 | 67 | |
| 700-800 | 13 | 6.5 | 124 | 62 | |
| 800-900 | 18 | 9 | 111 | 55.5 | |
| 900-1000 | 16 | 8 | 93 | 46.5 | |
| 1000-1100 | 26 | 13 | 77 | 38.5 | |
| 1100-1200 | 15 | 7.5 | 51 | 25.5 | |
| 1200-1300 | 9 | 4.5 | 36 | 18 | |
| 1300-1400 | 11 | 5.5 | 27 | 13.5 | |
| 1400-1500 | 11 | 5.5 | 16 | 8 | |
| 1500-1600 | 5 | 2.5 | 5 | 2.5 | |
| 1600-1700 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1700-1800 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1800-1900 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1900-2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

| Avg. Daily Radiation | | Within | | Above | |
|----------------------|-----|--------|-----|-------|--|
| (from-to) | Pts | (%) | Pts | (%) | |
| 3500-3630 | 90 | 45 | 200 | 100 | |
| 3630-3760 | 28 | 14 | 110 | 55 | |
| 3760-3890 | 39 | 19.5 | 82 | 41 | |
| 3890-4020 | 3 | 1.5 | 43 | 21.5 | |
| 4020-4150 | 20 | 10 | 40 | 20 | |
| 4150-4280 | 0 | 0 | 20 | 10 | |
| 4280-4410 | 0 | 0 | 20 | 10 | |
| 4410-4540 | 0 | 0 | 20 | 10 | |
| 4540-4670 | 0 | 0 | 20 | 10 | |
| 4670-4800 | 20 | 10 | 20 | 10 | |

Figura 59. Análisis exposición solar ventana –sin protección

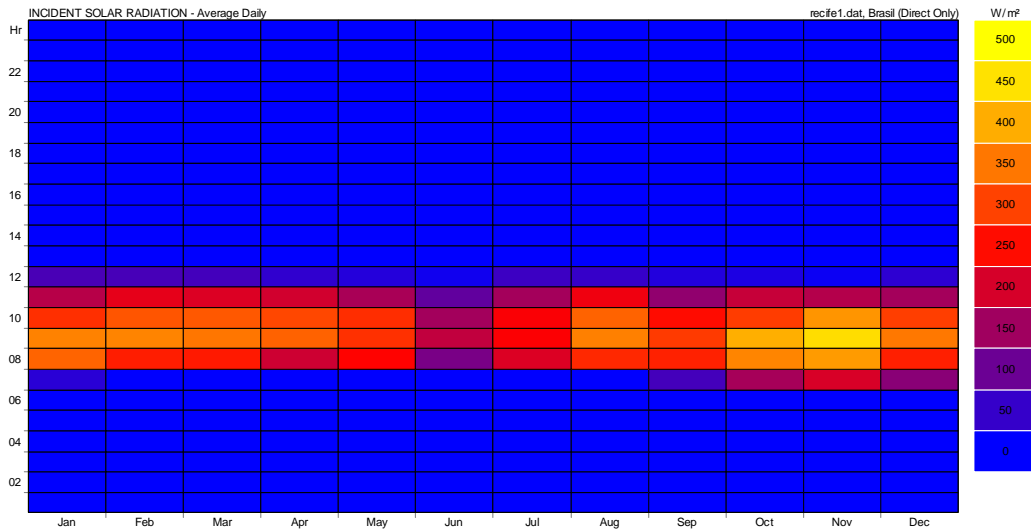
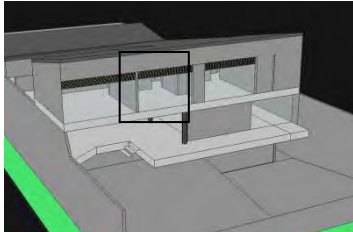


Tabla 6. Análisis exposición solar ventana –sin protección.



| AVERAGE DAILY SOLAR EXPOSURE | | | | | | | | | |
|---|----------------|--------------|------------------|-------------------|----------|-------|-------------|-------|--------|
| recife1.dat, Brasil (Direct Only) | | | | | | | | | |
| Object: 2352 (4.055 m2) (Azi: 89.98 °, Alt: 0.00 °) | | | | | | | | | |
| MONTH | AVAIL Wh/m2 | AVG SHADE | REFLECT Wh/m2 | INCIDENT Wh/m2 | ABSORBED | | TRANSMITTED | | |
| | | | | | TOT.Wh | Wh/m2 | TOT.Wh | Wh/m2 | TOT.Wh |
| Jan | 5361 | 45% | 0 | 1253 | 5081 | 252 | 1021 | 767 | 3111 |
| Feb | 5142 | 50% | 0 | 1225 | 4969 | 248 | 1005 | 756 | 3064 |
| Mar | 5195 | 50% | 0 | 1201 | 4870 | 243 | 986 | 742 | 3007 |
| Apr | 4976 | 50% | 0 | 1068 | 4330 | 210 | 853 | 641 | 2601 |
| May | 4858 | 50% | 0 | 997 | 4045 | 197 | 800 | 601 | 2439 |
| Jun | 2570 | 50% | 0 | 553 | 2243 | 111 | 449 | 337 | 1368 |
| Jul | 4446 | 50% | 0 | 886 | 3593 | 176 | 714 | 537 | 2178 |
| Aug | 5605 | 50% | 0 | 1240 | 5029 | 246 | 997 | 750 | 3041 |
| Sep | 4190 | 45% | 0 | 1043 | 4230 | 210 | 851 | 640 | 2595 |
| Oct | 5647 | 45% | 0 | 1426 | 5784 | 290 | 1176 | 884 | 3586 |
| Nov | 7054 | 45% | 0 | 1586 | 6432 | 323 | 1311 | 986 | 3997 |
| Dec | 5487 | 45% | 0 | 1239 | 5026 | 246 | 998 | 751 | 3044 |

El análisis de exposición solar de la ventana sin protección enseña que la misma sufre una radiación excesiva por la mañana, desde las 08:00 hasta las 11:00 todo el año y por supuesto con mas intensidad en verano (Figura 59 y Tabla 6).

Figura 60. Análisis exposición solar ventana –con protección

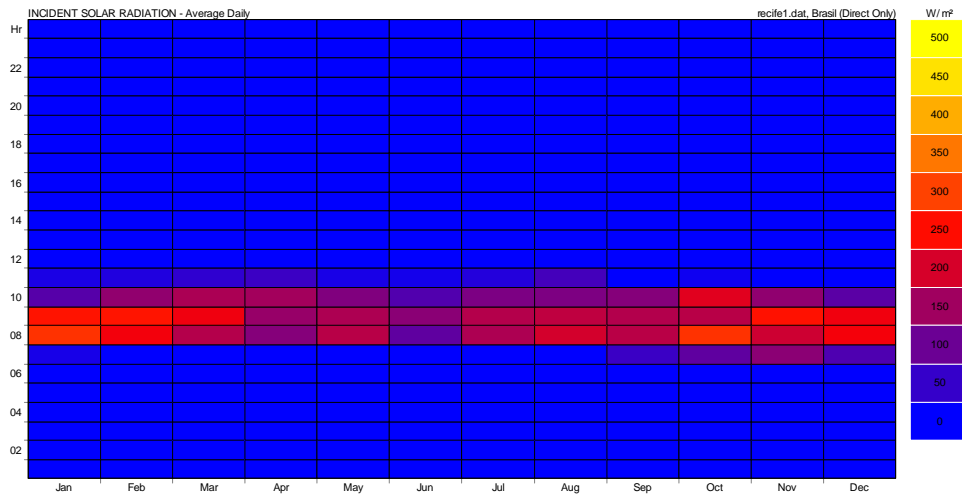
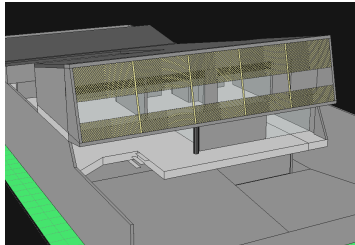


Tabla 7. Análisis exposición solar ventana –con protección



| AVERAGE DAILY SOLAR EXPOSURE | | | | | | | | | |
|---|----------------|--------------|------------------|-------------------|----------|-------|-------------|-------|--------|
| recife1.dat, Brasil (Direct Only) | | | | | | | | | |
| Object: 2352 (4.055 m2) (Azi: 89.98 °, Alt: 0.00 °) | | | | | | | | | |
| MONTH | AVAIL Wh/m2 | AVG SHADE | REFLECT Wh/m2 | INCIDENT Wh/m2 | ABSORBED | | TRANSMITTED | | |
| | | | | | TOT.Wh | Wh/m2 | TOT.Wh | Wh/m2 | TOT.Wh |
| Jan | 5361 | 77% | 0 | 669 | 2712 | 142 | 574 | 431 | 1749 |
| Feb | 5142 | 79% | 0 | 652 | 2645 | 138 | 560 | 421 | 1707 |
| Mar | 5195 | 80% | 0 | 597 | 2422 | 126 | 511 | 384 | 1558 |
| Apr | 4976 | 81% | 0 | 473 | 1918 | 98 | 399 | 300 | 1217 |
| May | 4858 | 81% | 0 | 477 | 1935 | 100 | 406 | 305 | 1238 |
| Jun | 2570 | 78% | 0 | 314 | 1274 | 66 | 267 | 201 | 814 |
| Jul | 4446 | 78% | 0 | 480 | 1946 | 101 | 408 | 307 | 1243 |
| Aug | 5605 | 81% | 0 | 558 | 2264 | 117 | 474 | 357 | 1446 |
| Sep | 4190 | 77% | 0 | 520 | 2108 | 110 | 448 | 337 | 1366 |
| Oct | 5647 | 77% | 0 | 770 | 3122 | 162 | 659 | 495 | 2008 |
| Nov | 7054 | 81% | 0 | 710 | 2881 | 151 | 610 | 459 | 1861 |
| Dec | 5487 | 79% | 0 | 613 | 2486 | 130 | 528 | 397 | 1609 |

Percibe que la protección funciona muy bien, pues los valores disminuyen por casi la mitad y la incidencia que antes iba hasta las 11:00 de la mañana solo llega hasta las 10:00. (Figura 60 y Tabla 7).

6.1.3 Iluminación

La iluminación es muy importante para un buen diseño bioclimático, ya que además de disminuir las cargas eléctricas de iluminación artificial, proporciona un bienestar para la persona que ahí va a vivir. En el clima de Recife que hay mucha luz, hay que tener en cuenta que los excesos pueden crear problemas como el deslumbramiento.

En Ecotect es posible calcular el nivel de iluminación natural como también el artificial, y así poder determinar la mejor distribución de ventanas o aperturas para lograr un mayor ahorro energético en iluminación.

Figura 61. Malla de análisis iluminación en 80 cm del suelo.

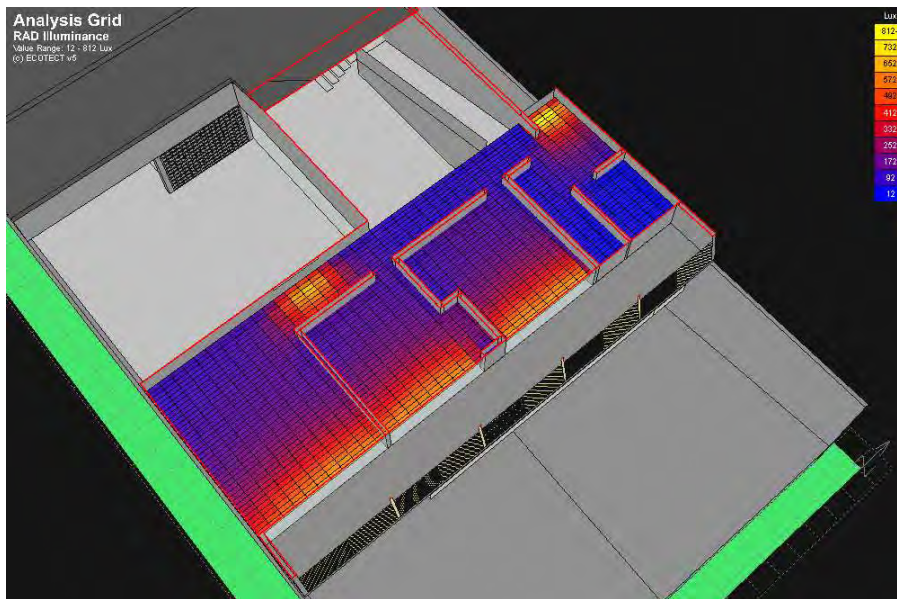
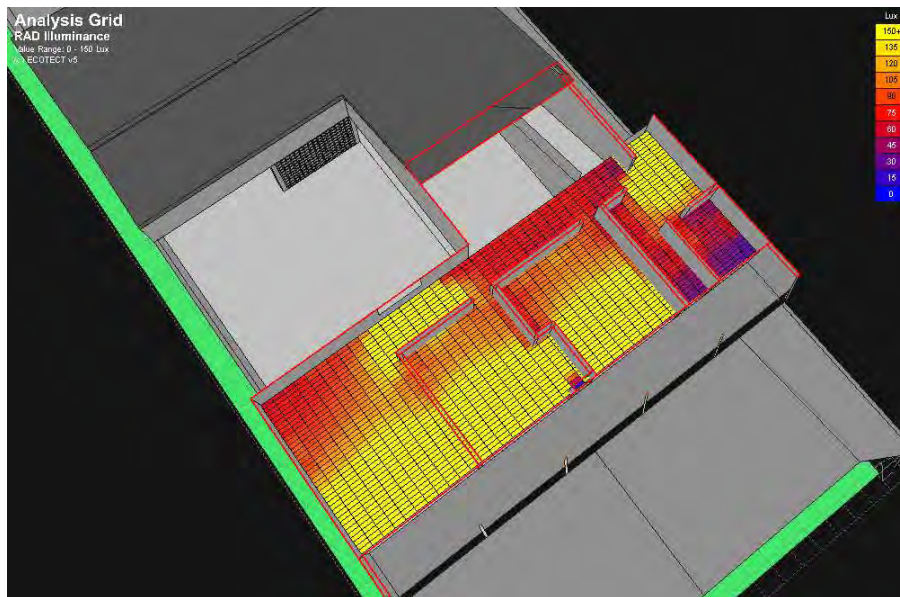


Tabla 8. Tabla con nivel mínimo de Factor de iluminación FIN(%)

| Actividad característica | Factor de Iluminación Natural FIN (%) | Alumbrado artificial (lux) [día] y noche | Control de luz | Oscuridad | Intimidad |
|--------------------------|---------------------------------------|--|----------------|-----------|-----------|
| Muy detallada | >8 | >900 | X | | |
| Cocinar | 6 - 8 | 600 | | | |
| Aseo | 5 - 7 | [500] - 250 | | | X |
| Leer | 4 - 6 | 400 | X | | |
| Comer | 3 - 4 | 300 | X | | |
| Estancia / TV | 2 - 3 | 200 | X | X | X |
| Descanso / Dormir | 1.5 - 2.0 | 150 | X | X | X |
| Circulación interior | 1.0 - 1.5 | [100] - 50 | | | |
| Tránsito dentro-fuera | 10 - 20 | [500] - 50 | | | |

Martin Monroy, Manuel. "Manual de la iluminación"

Figura 62. Malla de análisis iluminación en 80 cm del suelo con la escala en el nivel mínimo.



Al crear una malla de análisis desplazada 80 centímetros del suelo (más o menos lo que sería una altura de una mesa de trabajo) se puede obtener resultados en lux. Pero ahora hay que saber si en el dormitorio tiene el nivel mínimo de iluminación recomendado, para eso, se usó como referencia la tabla arriba (Figura 61)

Al cambiar la escala para como máximo el valor de la tabla se percibe que el dormitorio está muy bien, pues tiene el valor mínimo recomendado (Figura 62 y Tabla 8). El próximo paso es saber si hay falta de iluminación, deslumbramiento o exceso de brillo. Que según Manuel Martín Monroy con su Manual de la iluminación es posible calcular con el FINmax, FINmedio y FINmin, que también pueden ser calculados por el programa (Figura 63).

FINmax= 10,2%

FINmedio= 5,2%

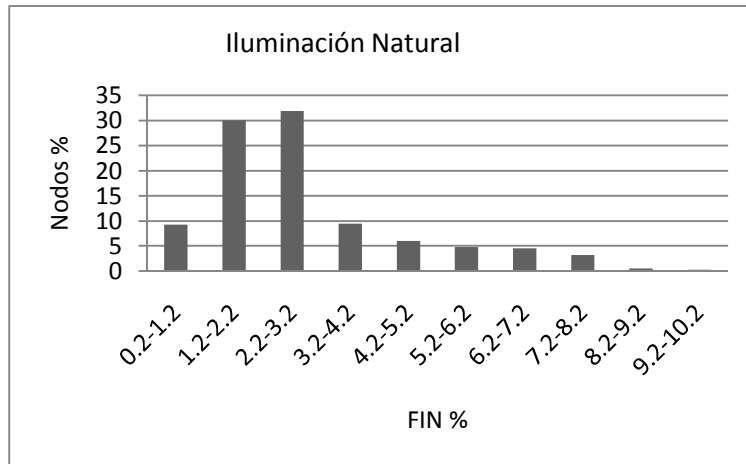
FINmin= 1,2%

- Falta de iluminación
 $FINmin/FINmed = 0,23 > 0,33 \Rightarrow$ FALSO
 O sea, hay zonas con falta de iluminación. Probablemente por el exceso de protección solar, en la primera planta por ejemplo, el baño podría tener ventanas más largas para proporcionar una mayor entrada de luz.
- Exceso de brillo
 $FINmax/FINmed = 1,96 < 3 \Rightarrow$ BIEN

O sea, no tenemos problema con exceso de brillo

- Posible deslumbramiento
 $FIN_{max}/FIN_{min} = 8,5 < 10 \Rightarrow$ BIEN
 O sea, no hay problemas de deslumbramiento

Figura 63. Gráfica con los niveles de iluminación natural

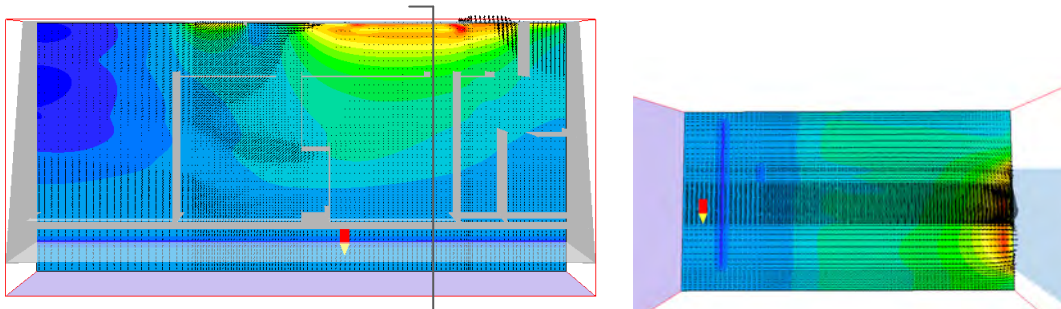


6.2 Phoenics

El Phoenics es un programa de dinámica computacional de Fluidos que permite la simulación de ventilación natural y forzada, estudio aerodinámico alrededor de edificios, cálculo y dimensiones de elementos de climatización pasivos, de temperaturas, velocidades y presiones de corrientes de aire en edificios, simulación de torres de viento, entre otros.

Para el estudio, será hecho el análisis de la eficacia de la ventilación cruzada en la planta primera a través de la simulación de ventilación natural del programa. En el plano referente a la entrada de aire, fue colocada una velocidad de 5,5m/s (valor obtenido por weathertoo, ver figura 27).

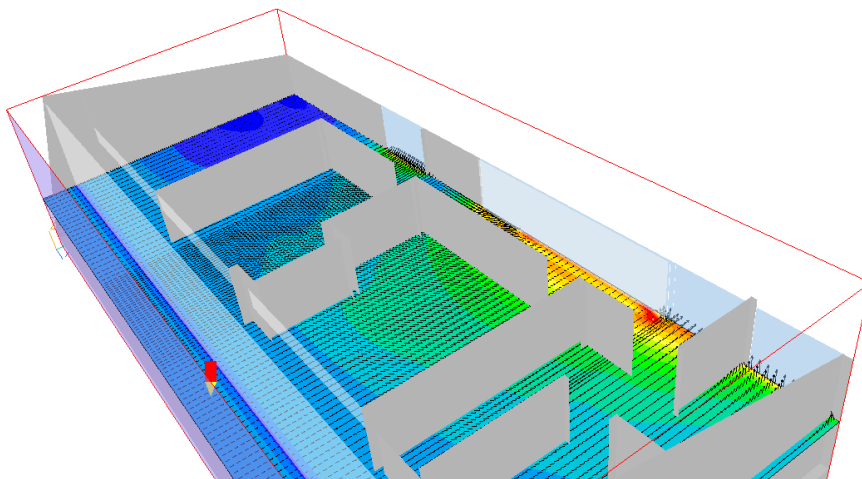
Figuras 64-65. Velocidad y dirección del viento en planta y en corte.



El análisis enseña que hay una ventilación cruzada eficiente. Para efecto de estudio, fueran todas las puertas y ventanas fueran consideradas abiertas. Pero para mantener una ventilación constante, como ya dicho, el arquitecto uso lamas arriba de las ventanas y puertas, así que mismo con todo encerado, el aire circula. Las celosías, muxarabis y lamas fueran considerados como elementos de porosidad pues solamente un porcentaje del aire exterior es lo que entra.

Las flechitas negras enseñan la dirección del viento y los colores, la velocidad. En la medida que el color si vuelve verde la velocidad aumenta hasta llegar al amarillo, naranja y rojo. Eso pasa debido a la diferencia de presión y temperatura interior con el exterior. Si percibe bien donde están las salidas de aire pues es ahí que la velocidad estará más fuerte. (Figuras 64, 65 y 66)

Figura 66. Ventilación cruzada eficiente



7 CONCLUSIÓN

El ejemplar analizado además de ser un buen ejemplo de la arquitectura modernista de los años 50 en Pernambuco, también lo es desde el punto de vista bioclimático. Si percibe claramente que Borsoi tenía muy buen conocimiento del clima y que probablemente hizo algún estudio con carta solar o hasta mismo con los ángulos de inclinación del sol juntamente con una sensibilidad arquitectónica genial al crear el patio interno con sus plantas tropicales totalmente integrado la casa, así como el uso inteligente de los elementos de protección solar como los *muxarabis*, lamas y celosías y hasta mismo los materiales elegidos, como el azulejo que es muy buena alternativa para climas como estos y la madera del *muxarabi*, pues la madera no absorbe mucho calor y el aire que entra no es caliente.

La casa cumplió con todos los requisitos bioclimáticos comprobados desde los softwares Ecotect y Phoenics, quizá de todo que fue analizado el único problema encontrado fue que se obtuvo un bajo grado de iluminación según la fórmula de Manuel Martín Monroy por toda la protección solar que hay en la casa y que paso probablemente debido a las ventanas de los baños. Otro punto es que poner aislante en los muros, en especial en el oeste hay que ser considerado.

Lo que pasa, de forma general es que muchos de los arquitectos contemporáneos de Recife y quizá de Brasil están dejando hacia el pasado enseñanzas de valor como esta. Pues hoy es muy tranquilo tener una piel de vidrio en la fachada porque cuando si quiere si prende el aire acondicionado para crear el confort deseado.

Por fin, es fundamental tener conocimiento del lugar y del clima donde se va proyectar para obtener así las estrategias a seguir y poder proyectar desde en principio con eso en mente, logrando un diseño pasivo adecuando ahí sí entran los métodos activos como el uso de aire acondicionado, calefacción, paneles solares y fotovoltaicos, aprovechamiento de aguas residuales y agua de lluvia que no fueran contemplados en el proyecto de análisis seguramente por su fecha de construcción pero que hoy en día pueden ser usados para auxiliar aun mas en el ahorro energético y en la sostenibilidad.



8 BIBLIOGRAFÍA

AMARAL, Izabel Fraga (2004). *Um olhar sobre a obra de Acácio Gil Borsoi. Obras e Projetos residenciais 1953-1970*. Tesis de máster em Projeto de arquitetura. Natal: UFRN

AMORIM, Delfim. (1991). *Delfim Amorim Arquiteto*. [equipe: Djanira Oiticica. et alli.] IAB. PE

AMORIM, Luiz Manuel Eirado. *Modernismo recifense: uma escola de arquitetura, três paradigmas, e alguns paradoxos*. São Paulo: Vitruvius, 2001b. Disponible en: http://www.vitruvius.com.br/arq012/arq012_03.asp. Aceso en 13 feb. 2011.

BRUAND, Yves. *Arquitetura Contemporânea no Brasil*. 4 ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.

CAVALCANTI, Lauro (org.). *Quando o Brasil era moderno: Guia de arquitetura 1928-60*. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2001

CORRADO, Maurizio. *La Casa Ecológica: Manual de Arquitectura bioclimática*. 1 ed. Barcelona: Editorial De Vecchi, 1999.

COSTA, Alcília Afonso de Albuquerque. *La Consolidación de la Arquitectura Moderna en Recife en los Años 50*. Tesis de doctorado en proyectos arquitectónicos en la Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, 2006.

FREIRE, Adriana. *Cerramientos en la arquitectura moderna de Recife*. Tesis en la Universidad Politecnica de Catalunya. Barcelona : ETSAB/UPC, 2006.

HOLANDA, Armando. *Roteiro para Construir no Nordeste: arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados*. Recife, MDU/ UFPE, 1976.

MOREIRA, Fernando Diniz (org). *Arquitetura moderna no Norte e Nordeste do Brasil: Universalidade e diversidade*. Recife: FASA, 2007.

MOREIRA, Fernando Diniz y Freire, Ana Carolina de Mello. *O edifício quintal de Wandenkolk Tinoco: reflexões sobre moradia em altura nos anos 1970*. Brasil, febrero de 2011. Disponible en: www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.129/3749

NASLAVSKY, Guilah. *Arquitetura Moderna em Pernambuco entre 1945-1970: uma produção com Identidade Regional?* São Carlos: 5º Seminario DOCOMOMO Brasil, 2003. Disponible en: <http://www.docomomo.org.br/seminario%20%20pdfs/055R.pdf>



NASLAVSKY, Guilah. *Escola Pernambucana ou Tradição Inventada? A construção da história da Arquitetura Moderna em Pernambuco, 1945-70*. Niterói: 6º Seminário DOCOMOMO Brasil, 2005. Disponible en:<http://www.docomomo.org.br/>. Acceso en 03 feb. 2011. OLGAYAY, Victor. *Arquitetura y Clima*. 1 ed.: Gustavo Gili, 2006.

SILVA, Paula; LUNA, Romena; LUCENA, Alex. *Metodologia para análise do desempenho térmico de edificações residenciais verticais em regiões de clima quente-úmido. Exemplos da arquitetura moderna de Pernambuco*. In: Moreira, Fernando Diniz (Org.). *Arquitetura moderna no Norte e Nordeste do Brasil: Universalidade e diversidade*. Recife: FASA. 2007. p. 279-289.

XAVIER, Alberto. *Depoimento de uma Geração: Arquitetura Moderna Brasileira*. São Paulo: Cosac Naify, 2003. 402p.