XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

# MODELO PARA INVESTIGAÇÃO DE RADIAÇÃO INCIDENTE EM PÁTIOS

**Tarso de Oliveira Hoffmeister (1); Heitor da Costa Silva (2)**
(1) Arquiteto e Urbanista, Mestrando do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, tarsohoffmeister@gmail.com
(2) PhD, Professor associado do Departamento de Arquitetura, heitordcs@gmail.com
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rua Sarmento Leite, 320/202, Porto Alegre/RS, Tel.: 55 51 3308-3485

## RESUMO
Pátios podem proporcionar controle da radiação solar e refletir a luz para as superfícies adjacentes. O objetivo deste estudo é qualificar a radiação solar incidente em um modelo geométrico, considerando a orientação das faces. A simulação computacional foi utilizada para o registro da insolação nas faces do modelo geométrico. A quantidade de radiação incidente foi calculada a partir do produto entre as áreas atingidas por radiação solar direta e difusa e o fluxo de radiação solar correspondente. Os resultados mostraram que a orientação afeta a quantidade de radiação incidente no modelo. Entretanto, a quantidade total de radiação na superfície interna do modelo não apresentou variação significativa em função da orientação. O presente trabalho é parte de um estudo mais amplo, no qual outros parâmetros, orientação e áreas foram explorados para qualificar um modelo genérico para o entendimento do pátio como estratégia de controle da radiação solar.
Palavras-chave: pátio; radiação solar; orientação.

## ABSTRACT
Courtyards can provide solar radiation control and reflect light to the adjacent surfaces. The aim of this study is to qualify solar radiation on a geometric model, considering the orientation of its faces. Computer modeling was used to calculate solar radiation. The results showed that orientation affects the amount of solar radiation on the model. However, total amount of solar radiation on the inner surface of the model does not change significantly due to orientation. This work is part of a broader study in which other parameters, orientation and areas were explored to qualify a generic model for the comprehension of the courtyard as a strategy for the solar radiation control.
Keywords: courtyard; solar radiation; orientation.

## 1. INTRODUÇÃO

Os pátios são reconhecidos como indutores de microclimas em função de seu potencial para o amortecimento e filtragem climática (ALMHAFDY, 2013). São espaços de transição – assim como varandas, galerias e átrios – que favorecem as condições de conforto do próprio recinto e dos ambientes circundantes (YANNAS, 2015).

As condições microclimáticas em um pátio decorrem, majoritariamente, da radiação solar incidente (AL-MASRI e ABU-HIJLEH, 2012). A radiação solar, que é fonte de calor e luz, tem como efeito na edificação o aquecimento e a iluminação natural. Maiores quantidades de radiação significam maior aquecimento e mais luz natural disponível.

Os pátios, devido às características arquetípicas, oferecem controle da radiação solar direta e ao mesmo tempo refletem a luz para as superfícies adjacentes. A menor área de exposição à radiação solar mantém mais frias as superfícies. Simultaneamente, a reflexão de parcela da radiação pelas superfícies adjacentes permite a iluminação natural dos espaços ligados ao pátio. Assim, o pátio pode ser um recurso para reduzir o consumo energético nos edifícios.

A radiação incidente em uma face depende do azimute e da inclinação da mesma, bem como da altura solar e do azimute solar. Estes ângulos determinam o fluxo de radiação incidente e o período de exposição ao sol no decorrer do dia (OLGYAY, 1998). Além disso, a radiação incidente depende das condições de transparência da atmosfera. A radiação incidente nas faces de um pátio depende também da obstrução do sol e da abóbada celeste que pode ser ocasionada pelas faces circundantes que bloqueiam a radiação direta e a radiação difusa.

A quantificação e caracterização da radiação nas superfícies de um pátio pode auxiliar os arquitetos em projetos que o empreguem como estratégia para o controle solar. A quantidade de energia que atinge as faces circundantes pode ser um indicativo para orientar decisões iniciais de projeto com vistas ao conforto e eficiência energética nas edificações.

## 2. OBJETIVO

Qualificar a radiação incidente em um modelo, considerando a orientação das faces circundantes representando a geometria para estudo de um pátio genérico.

## 3. MÉTODO

Um modelo (Figura 1) foi construído para a estimativa da radiação incidente. O modelo é composto por faces internas. Cada face interna possui uma correspondente externa com a mesma área. Assim, as áreas das faces são comparáveis.

A superfície interna do modelo está sujeita aos efeitos das obstruções características de um pátio, ao contrário da superfície externa, que é livre de obstruções.

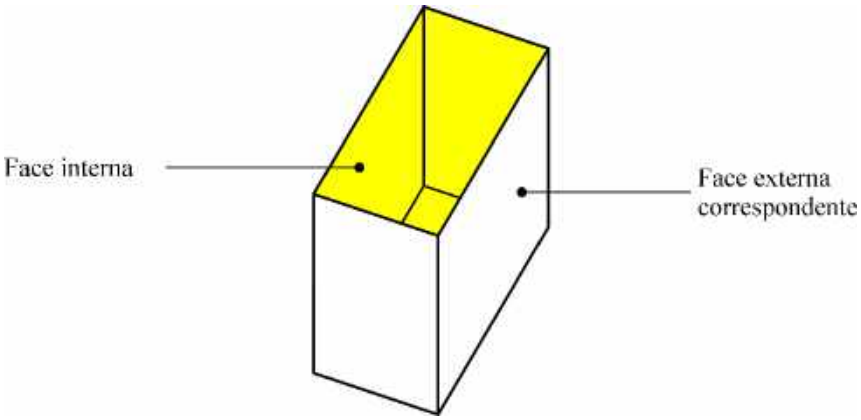


Figura 1 – Modelo para avaliação.

Para a observação do efeito da orientação na radiação incidente nas superfícies, o modelo foi avaliado em três orientações distintas. O modelo foi submetido a três orientações denominadas Cenário I, Cenário II e Cenário III, com referência no eixo longitudinal da base (Figura 2). Em cada cenário, as faces do modelo assumiram diferentes azimutes e diferentes obstruções ao sol.

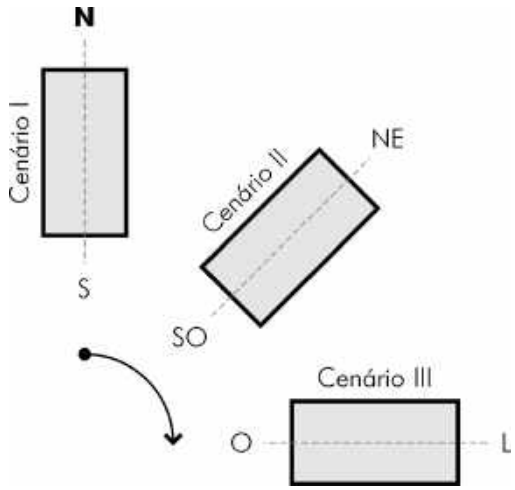

Figura 2 – Orientações do modelo avaliadas.

O estudo foi realizado para três dias do ano: 21 de dezembro, 21 de março e 21 de junho.

O cálculo da radiação nas faces do modelo estabeleceu "zonas" atingidas por radiação direta em intervalos de tempo regulares. Estas zonas foram reveladas por meio da simulação da insolação no modelo no ambiente do software SketchUp 2016 em intervalos horários (entre 6h e 18h).

Assim, foram realizadas 13 simulações da insolação no modelo para cada dia representativo do ano, em três orientações distintas. O número total de simulações realizadas foi de 117 (Tabela 1).

Tabela1 – Súmula das simulações.

| | **Horas (6h-18h)** | **Cenários (I, II e III)** | **Dias (21/12, 21/03 e 21/06)** | **Simulações** |
|---|---|---|---|---|
| **Simulações** | 13 | 3 | 3 | 117 |

Os dados de radiação solar incidente utilizados para estimar a radiação incidente nas faces do modelo foram extraídos do "software" Luz do Sol.

## 3.1. Construção do modelo

O modelo foi construído com o "software" SketchUp 2016. Para a coordenação geométrica do modelo, uma área mínima quadrada foi adotada (Figura 3a). A partir desta unidade foram definidas as proporções do modelo.

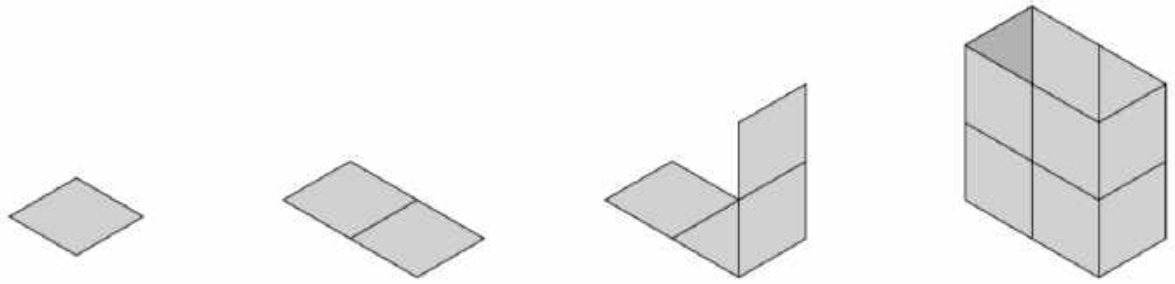

Figura 3 – Definição geométrica do modelo.

O cálculo da quantidade de radiação incidente (Wh) foi feito a partir do fluxo de radiação solar (Wh/m²) e da área da superfície atingida. Para a estimativa da quantidade de radiação incidente nas faces, foi necessário atribuir dimensões ao modelo. As dimensões 3x3m foram atribuídas. Consequentemente, as duas faces verticais maiores resultaram em faces 6x6m, com 36m², e as duas faces verticais menores e a face horizontal resultaram em faces 3x6m, com 18m².

## 3.2. Simulação da insolação no modelo

A simulação da insolação foi realizada para determinar a área das zonas expostas à radiação direta em cada face interna do modelo no decorrer dos dias escolhidos. A insolação nas faces do modelo foi simulada com o software SketchUP 2016. O modelo foi georreferenciado para a latitude 30°S. O georreferenciamento vincula o modelo a uma determinada latitude e, consequentemente, a uma geometria solar específica, fazendo com que a simulação do movimento aparente do sol na abóboda celeste corresponda à latitude em estipulada.

O conjunto de imagens horárias simulado (Figura 4) foi registrado em forma, área e posição. Os polígonos foram desenhados sobre as superfícies do modelo. O procedimento foi realizado para os três cenários.

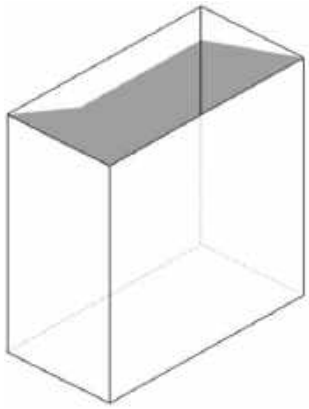

Figura 4 – Simulação da insolação no modelo.

## 4. RESULTADOS

A quantidade de radiação incidente nas superfícies do modelo foi estimada para intervalos de uma hora. Para isso foram somadas as quantidades de radiação incidente nas cinco faces em cada horário avaliado.

As faces do modelo recebem a radiação disponível para os respectivos azimutes. Assim, a quantidade de radiação em cada face corresponde ao produto da área dos polígonos (m²) pelo fluxo de radiação (Wh/m²), resultando em Wh como total para o período entre 6h e 18h para o total das faces do modelo. A Tabela 2 apresenta o somatório da radiação no cenário I, no dia 21 de dezembro, para a superfície interna.

Tabela 2– Quantidade de radiação incidente (Wh) na superfície interna do modelo no dia 21 de dezembro, no cenário I.

| Hora | Orientação das faces | | | | | Somatório das faces internas do modelo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | L | S | O | N | Face horizontal | |
| 06h | 1.539 | 203 | 129 | 53 | 23 | 1.946 |
| 07h | 4.813 | 386 | 208 | 86 | 37 | 5.529 |
| 08h | 8.913 | 418 | 263 | 108 | 46 | 9.748 |
| 09h | 12.102 | 214 | 300 | 123 | 53 | 12.792 |
| 10h | 14.324 | 136 | 330 | 554 | 58 | 15.402 |
| 11h | 7.885 | 144 | 349 | 1.408 | 7.474 | 17.260 |
| 12h | 361 | 149 | 361 | 2.093 | 15.010 | 17.973 |
| 13h | 349 | 144 | 7.885 | 1.408 | 7.474 | 17.260 |
| 14h | 330 | 136 | 14.324 | 554 | 58 | 15.402 |
| 15h | 300 | 214 | 12.102 | 123 | 53 | 12.792 |
| 16h | 263 | 418 | 8.913 | 108 | 46 | 9.748 |
| 17h | 208 | 386 | 4.813 | 86 | 37 | 5.529 |
| 18h | 129 | 203 | 1.539 | 53 | 23 | 1.946 |
| Total | **51.515** | **3.148** | **51.515** | **6.758** | **30.393** | **143.328** |

O gráfico na figura 5 exibe a quantidade de radiação solar nas superfícies interna e externa do modelo ao longo do ano em função do cenário.

Este resultado mostra que as quantidades de radiação que chegam à superfície interna foram expressivamente menores do que na externa durante todo o ano. No período de um ano a superfície interna recebeu em média, cerca de 70% menos radiação do que a superfície externa.

As linhas que descrevem a radiação incidente na superfície interna nos três cenários resultaram sobrepostas. Isto indica que em qualquer dia do ano, independentemente da orientação, a quantidade de radiação que atinge a superfície interna é similar. Já na superfície externa do modelo, a quantidade radiação na superfície varia ao longo do ano em função do cenário.

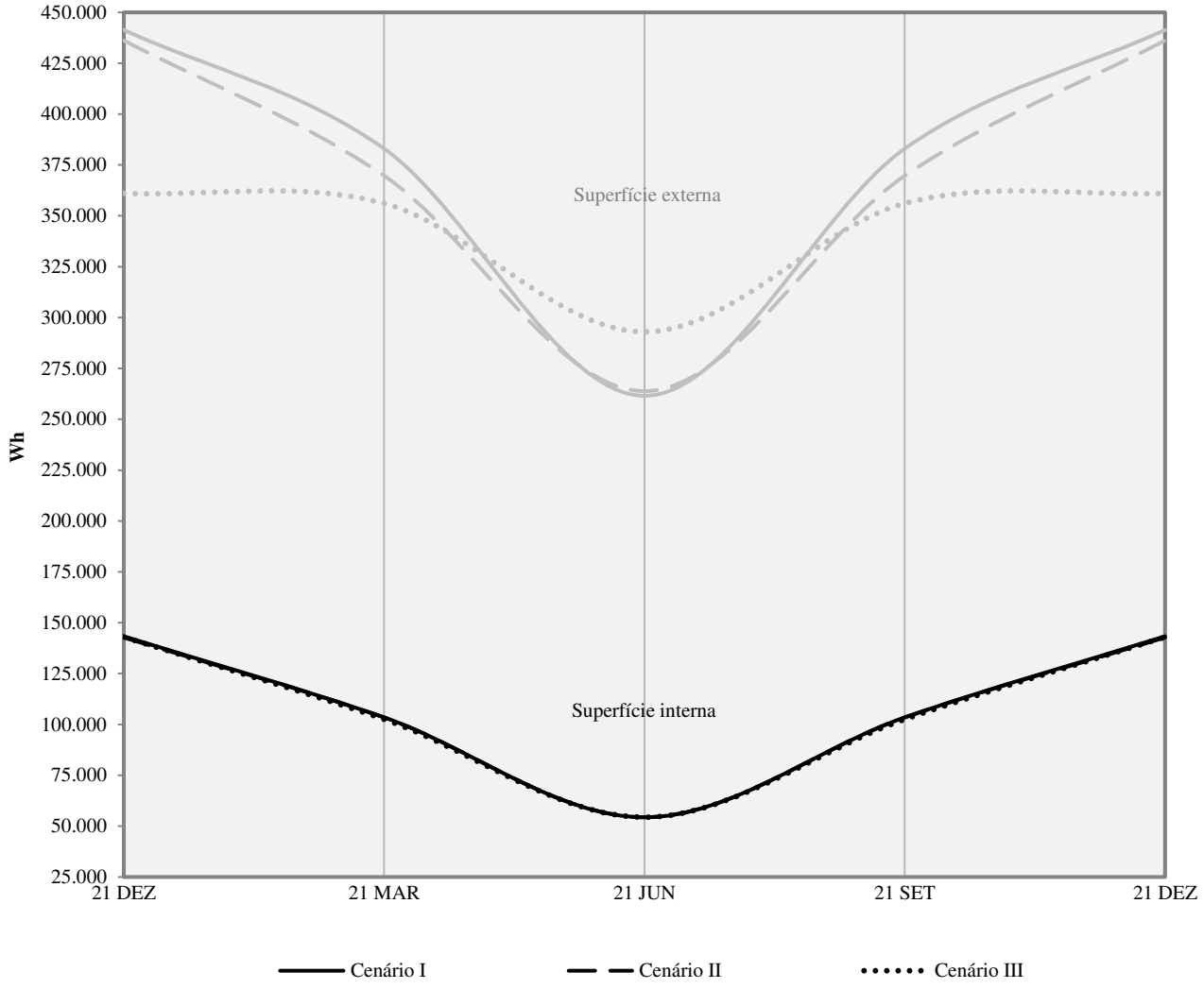


Figura 5 – Radiação incidente nas superfícies do modelo ao longo do ano.

Os gráficos nas figuras 6 e 7 exibem a quantidade de radiação solar nas superfícies interna e externa do modelo ao longo do dia em função do cenário.

Nos dois dias extremos do ano, 21 de dezembro e 21 de junho, observou-se que a superfície externa recebeu diferentes quantidades de radiação solar ao longo do dia em função do cenário. A superfície interna recebeu quantidades similares de radiação, independentemente do cenário.

Na superfície externa, em 21 de dezembro, a quantidade de radiação na superfície alcançou os valores máximos entre 8h e 9h, e novamente entre 15h e 16h nos cenários I e II. Ao meio-dia, os três cenários apresentaram redução na quantidade de radiação incidente. Na superfície interna, a quantidade máxima de radiação foi observada ao meio-dia em todos os cenários. A comparação entre as superfícies interna e externa mostra que a quantidade de radiação na interna aumenta gradualmente do início da manhã até o meio-dia. Já na superfície externa, a quantidade de radiação alcança seus valores máximos ainda no início da manhã. Portanto a superfície externa recebe as maiores quantidades de radiação já no início do dia. Já na interna, quantidades menores de radiação atingem a superfície tanto no início da manhã, quanto no fim da tarde.

No dia 21 de junho, a quantidade de radiação na superfície externa é maior às 10h e às 14h no cenário I, às 11h e às 13h no cenário III, e às 13h no cenário II. Na superfície interna, em qualquer cenário, observou-se a maior quantidade de radiação incidente ao meio-dia.

Assim, nos períodos extremos do ano, o parâmetro orientação apresentou o mesmo efeito na superfície interna. Já na superfície externa, a radiação varia significativamente em função da orientação do modelo.

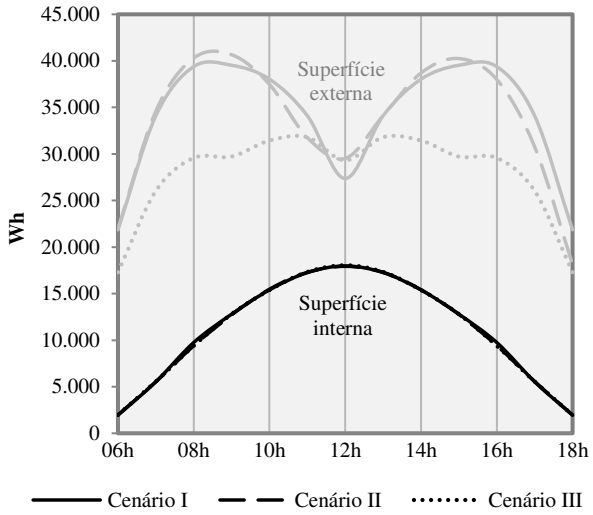


Figura 6 – Radiação incidente nas superfícies do modelo ao longo do dia 21 de dezembro.

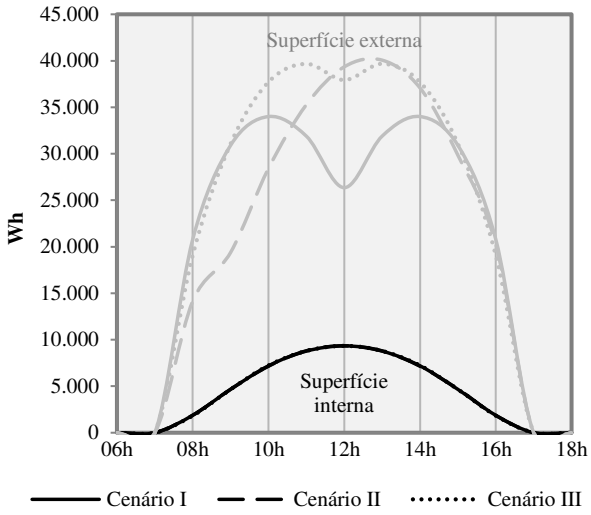


Figura 7 – Radiação incidente nas superfícies do modelo ao longo do dia 21 de junho.

## 5. CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que a orientação de um pátio retangular afeta a quantidade de radiação incidente, entretanto não é significativo se levado em consideração a totalização da radiação. Este estudo pode orientar arquitetos nas tomadas de decisões, quanto ao aspecto formal, geométrico, materialidade e atividades em pátios, nas etapas iniciais de projeto, como estratégia para o controle da radiação solar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


AL-MASRI, N; ABU-HIJLEH, B. Courtyard housing in midrise buildings: An environmental assessment in hot-arid climate. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 4, p. 1892-1898, 2012.

ALMHAFDY, A. et al. Courtyard design variants and microclimate performance. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, n. 101, p. 170-180, 2013.

FROTA, A. B.. **Geometria da Insolação**. São Paulo: Geros, 2004.

OLGYAY, V. **Arquitectura y Clima**: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

YANNAS, S.; LUMBRERA, M. Re-Activating the Courtyard Typology for Work Environments in Mediterranean Regions. In: PLEA, 2015, Bolonha. **Anais do Congresso Internacional Architecture in (R)evolution**.