

ILUMINAÇÃO NATURAL E INSOLAÇÃO: O PIONEIRISMO DE PAULO SÁ REVISITADO

Paulo S. SCARAZZATO,⁽¹⁾ e Lucila Chebel LABAKI,⁽²⁾

(1) UNICAMP, Faculdade de Engenharia Civil, Departamento de Arquitetura e Construção.
e-mail: paulosca@fec.unicamp.br

Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia da
Arquitetura. Rua do Lago, 876, CEP 05508 900, São Paulo, SP, Brasil.
Tel. 55 (11) 818 4571, Fax 55 (11) 818 4539 e-mail: pasezato@usp.br

(2) UNICAMP, Faculdade de Engenharia Civil, Departamento de Arquitetura e Construção.
Caixa Postal 6021 CEP 13083 970 - Campinas, SP – Brasil.
Tel. 55 (19) 3788 2384. FAX 55 (19) 3788 2411 e-mail: lucila@fec.unicamp.br

RESUMO

No momento em que no Brasil assistimos a um - sempre bem vindo - crescente interesse pelas questões ligadas ao conforto do ambiente construído e à sua sustentabilidade, seja por razões de ordem econômica ou mesmo pelo crescimento da conscientização da importância da preservação do meio ambiente, é mais do que oportuno termos a oportunidade de resgatar estudos feitos ainda na primeira metade do século XX, pelo engenheiro Paulo Sá, do Instituto Nacional de Tecnologia. A importância deste resgate reside não apenas no fato de poder trazer novamente à luz, estudos feitos há cerca de setenta anos, hoje raros e, quando disponíveis, provavelmente esquecidos como velharias nas estantes das poucas bibliotecas brasileiras que os possuem. Reside também no valor dos estudos em si, de uma rara lucidez pelo seu caráter extremamente operacional, passível de ser aplicado com muita facilidade pelos arquitetos no seu dia-a-dia profissional, sem a necessidade de qualquer “especialização” ou conhecimento mais aprofundado sobre o tema, além de um mínimo de sensibilidade e de vontade de trabalhar, de forma consciente, a utilização da luz natural. Esta "redescoberta" pode vir a auxiliar, quem sabe, também nos desdobramentos do processo de redação de importantes normas brasileiras sobre iluminação natural e condicionamento passivo de edifícios, cujos projetos já foram elaborados e estão no aguardo de aprovação por parte da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABSTRACT

The interest about questions related to the comfort in the built environment has experienced a growth in Brazil at the present moment, both due to the economic aspects of the matter and even to the best comprehension of its importance for the environmental preservation. So, the rescue of studies of daylighting and solar heating made in the 1930 decade by engineer Paulo Sá, from the Instituto Nacional de Tecnologia (National Technology Institute), is pertinent, not only due to its historical aspects, but due its practical proposition, which can be easily used even by not specialised architects. Maybe this “re-discovery” can help the approval of important Brazilian standards concerning the daylighting and passive conditioning of buildings, like those ones, which are now presented to the ABNT – Brazilian Association of Technical Standards.

1. INTRODUÇÃO

No início de um novo século e de um novo milênio, no qual as questões de conforto e sustentabilidade do ambiente construído vêm despertando cada vez mais o interesse dos agentes envolvidos em sua produção, tanto nos meios técnico-acadêmicos como nos diferentes níveis de governo e na sociedade civil de uma maneira geral, cremos bastante oportuna a possibilidade de resgatar parte da história dos estudos de conforto ambiental que foram desenvolvidos no Brasil na primeira metade do século XX. Assim, estamos abordando neste texto os estudos sobre iluminação natural e insolação dos edifícios desenvolvidos no Rio de Janeiro pelo engenheiro Paulo Sá, na década de 1930, junto ao Instituto Nacional de Tecnologia (INT) (SÁ, 1937).

Entendemos que este resgate é importante não apenas pelo seu valor histórico, mas também pelas propostas contidas naqueles estudos, que mesmo eventualmente superadas pelo avanço inquestionável da ciência, não deixam de indicar caminhos práticos para compreensão dos fenômenos associados à iluminação natural e ao conforto termohigrométrico dos edifícios, principalmente se considerarmos que o objetivo de Sá foi o de criar, a partir de resultados experimentais, uma ferramenta simplificada para a determinação das áreas das janelas necessárias à iluminação natural dos edifícios e da melhor orientação dos mesmos sob o ponto de vista da insolação e, conseqüentemente, dos ganhos térmicos.

Os estudos de Sá não foram continuados e hoje aparentemente não mais estão no rol das pesquisas e áreas do INT, conforme pode ser constatado no site da instituição (www.int.gov.br). É uma pena porque, na sua época, eles estavam em sintonia com o que de melhor estava sendo produzido naquele campo investigativo. Neste início do século XXI, no qual as questões energéticas mais do que nunca são o alvo das atenções no mundo todo, e quando no Brasil há uma crise de energia elétrica sem precedentes na nossa história, voltar a se ocupar de estudos e experimentações no campo da iluminação natural é, mais do que oportuno, extremamente recomendável.

2. OS ESTUDOS SOBRE ILUMINAÇÃO NATURAL

Atualmente métodos consagrados de cálculo da iluminação natural no interior dos edifícios trabalham no sentido de fixar o valor (absoluto ou relativo) da iluminação num ponto determinado, a partir do tamanho e orientação da janela adotada. O mesmo procedimento é recomendado no projeto de norma brasileira sobre iluminação natural que aguarda aprovação da ABNT. Ao estudar a questão, Paulo Sá levantou o estado-da-arte então vigente e constatou que havia três caminhos universalmente aceitos para a inclusão da luz natural no desenvolvimento do projeto de edifícios, a saber: 1) o que fixava a área das janelas em relação à área dos ambientes que elas devessem iluminar, 2) aquele que estabelecia uma determinada relação mínima entre a iluminação exterior e a iluminação interior, medidas simultaneamente e 3) aquele que impunha um certo mínimo para o valor do ângulo sólido do céu visível a partir de um ponto prefixado no interior.

Dos três caminhos, na pesquisa referida, o autor descartou o segundo porque, segundo ele, sem muitas experiências, até então não realizadas, é impossível “*qualquer previsão quanto às condições de iluminamento natural de um edifício a construir*” (SÁ, 1937, p.14). Descartou igualmente o terceiro caminho, que teve origem a partir de pesquisas de Weber (1883)¹, apesar de reconhecer que sua vantagem reside no fato de ser previsível, ainda na fase de desenvolvimento do projeto, a apuração do ângulo sólido que enxerga o céu a partir de qualquer ponto no interior do edifício, mesmo porque o problema é geometricamente passível de solução a partir das plantas e cortes. Para justificar sua posição, argumenta, com bastante lucidez, que “*um mesmo ângulo sólido visível de céu produzirá um iluminamento maior ou menor conforme o brilho.....do céu*”. Pode ele constatar também que, segundo pesquisas desenvolvidas por Liese (“*Gesundheits Ingenieur*”, 1936), existe uma relação linear entre o ângulo sólido visível do céu e a razão entre as iluminâncias interna e externa medidas simultaneamente, ou seja, entre o segundo e o terceiro caminhos acima referidos. Feitas tais

¹ Sem a referência no original

observações, Sá optou por direcionar seus estudos para o primeiro caminho – o da área relativa das janelas, pela sua simplicidade e exequibilidade.

Assim, seu objeto de estudo passa a ser o representado por um ambiente iluminado por uma janela única, que faz as vezes de uma “*lâmpada plana vertical de determinada intensidade luminosa, ... constante e igual a B velas por cm² a intensidade superficial luminosa da janela*”. Não há dúvida de que ao admitir que a janela apresente uma luminância constante, simplifica-se o problema, fato reconhecido por ele, mas preserva-se o objetivo procurado de encontrar um meio de permitir solução a possíveis problemas do dia-a-dia na prática do projeto, com razoável confiabilidade. E isto, a nosso ver, é o que importa. Antes de prosseguir, observamos que a nomenclatura e valores que se adotará para grandezas e unidades fotométricas referidas daqui em diante, seguirão a nomenclatura atualmente em uso.

Partindo do raciocínio acima expresso, Sá chama de A a área da janela e considera que sua luminância total (L) será AL (produto da área pela luminância), E a iluminância horizontal no ponto M do ambiente, em que M corresponde ao ponto da parede oposta à janela, no plano normal que corta o eixo desta e a uma altura igual ao do peitoril da janela, D a distância da parte central da janela ao ponto m, h a distância horizontal, v a distância vertical entre M e o centro da janela (h normal à parede).

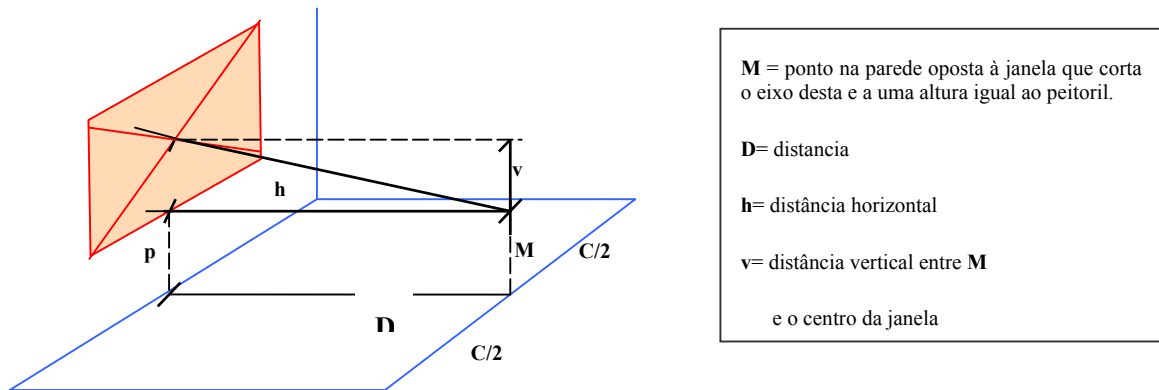


Figura 1. Identificação dos pontos utilizados para o cálculo da iluminação natural (SÁ, 1937)

Nestas condições, pelas leis do quadrado da distância (aplicadas à propagação da luz), e do cosseno da incidência, tem-se:

$$E = \frac{AL}{D^2} \times \frac{vh}{DD} = \frac{ALvh}{D^4} \Rightarrow A = \frac{E}{L} \times \frac{D^4}{vh}$$

onde E é o valor desejado, em lux..

Com um modelo extremamente simplificado como este, Sá sugeriu áreas de janelas para ambientes com diferentes tamanhos e orientações, para a cidade do Rio de Janeiro. O interessante do modelo é o fato de poder determinar a área da janela, o que na prática é o que interessa ao arquiteto que trabalha com projeto de edifícios. Consciente das limitações do modelo, ele observa que:

- 1) A iluminância para sistemas de iluminação natural no Brasil deve levar em conta nossas características de climas luminosos e, portanto, valores sugeridos para outros países não devem simplesmente ser adotados sem avaliação criteriosa. Por estarmos acostumados a uma disponibilidade abundante de luz natural, naturalmente somos mais exigentes em termos quantitativos – desejamos ambientes mais bem iluminados também por luz natural.
- 2) No Brasil, as janelas devem ser tidas não só como superfícies iluminantes, mas também como elementos por excelência para garantia da ventilação natural.

3. OS ESTUDOS SOBRE INSOLAÇÃO

A preocupação de Paulo Sá com a insolação dos edifícios se manifesta inicialmente pelos dois modos como a ação solar se faz sentir *sobre "...as características que importam à vida e ao conforto do homem: a) age o sol pelos seus efeitos actínicos que têm sua origem concentrada na extremidade ultra violeta do espectro; b) e age pelos seus efeitos thermicos, causados sobretudo pelas radiações do outro extremo do espectro"*.

Analisando esses dois efeitos, conclui que a ação actínica fixa um mínimo de insolação abaixo do qual fica prejudicada a saúde humana; fixa, por outro lado, um máximo acima do qual pode causar efeitos perniciosos ao sistema nervoso. A ação térmica, analogamente, determina um máximo acima do qual *"a vida confortável e higiênica, ou mesmo a vida pura e simples se tornaria impossível"*.

Os códigos sanitários ou construtivos que apareceram primeiramente na técnica universal tiveram sua origem em países de clima temperado ou frio. Nesse caso, seria natural que se cogitasse apenas do mínimo de insolação a ser exigido. Num país tropical como o nosso, analisa Paulo Sá, a questão do máximo é a mais importante. Segundo Sá, (SÁ, 1942) a fixação de um mínimo corresponde a admitir que em nosso país a ação do sol é tanto mais benéfica quanto mais prolongada. Não o será, com certeza, pelo seu efeito térmico: já que no Brasil (na parte tropical do país) há calor em excesso e o objetivo será sempre diminuí-lo quanto se possa.

Além da importância dos máximos nos problemas de insolação, outra questão que se colocava na época era a unidade em que se costumava exprimir a insolação: número de horas de insolação. Em uma análise bem humorada, Sá comenta que, *"fosse a hora de insolação uma unidade adequada e chegar-se-ia ao absurdo de concluir que o polo é mais insolado do que o equador"*. Levando em conta a absorção da energia solar pela atmosfera, considera que a espessura da mesma é medida tomando como unidade a espessura vertical da atmosfera, isto é, aquela que os raios solares atravessam quando o sol está no zênite. A partir dessa análise, conclui que a quantidade de energia solar recebida por uma superfície qualquer sobre o solo varia com a posição, ou melhor, com a altura do sol, pois com esta varia a espessura de atmosfera atravessada pelos raios.

Tomando como unidade a quantidade de energia recebida quando o sol está no zênite, Sá propõe que se adote o chamado "coeficiente de insolação", isto é, a relação entre a quantidade de energia recebida, com o sol em outras posições, e a energia recebida correspondente ao sol no zênite. Desse modo, a quantidade de energia realmente recebida por uma superfície qualquer expressa em função da energia com o sol no zênite será função de três fatores:

- a) o tempo de insolação;
- b) a projeção da superfície sobre uma normal à direção dos raios;
- c) o coeficiente de insolação.

Levando em conta que a insolação varia a cada instante, Sá propõe o seguinte cálculo:

1. Calcula-se em várias épocas do ano as áreas normais à direção do sol para as superfícies em várias direções, tomando-se no caso paredes voltadas para N, S, E e O. Para isso valem as conhecidas fórmulas de astronomia:

$$S_e \text{ ou } S_w = S \cosh \text{ sen}A \quad \text{para as faces leste e oeste}$$

$$S_s = S \cos A \cosh \quad \text{para a face sul} \quad A < 90^\circ$$

$$S_n = S \cosh \cos A \quad \text{para a face sul} \quad A > 90^\circ$$

sendo A o azimute do sol e h sua altura no instante considerado. Para S = 1, isto é, para a área unitária, vem:

$$S_e \text{ ou } S_w = \cosh \operatorname{sen} A$$

$$S_s = \cos A \cosh \quad A < 90^\circ$$

$$S_n = \cos A \cosh \quad A > 90^\circ$$

A fórmula geral é:

$S' = S \cos h \operatorname{sen}(A - A_p)$, sendo A_p o azimute da parede.

2. sendo necessário considerar a quantidade de calor recebida à superfície da terra, Q , baseia-se na lei de Bonguer Lambert, que expressa Q em função da espessura e da camada atmosférica atravessada:

$$Q = A a^e$$

onde A é a constante solar e a um coeficiente que mede a absorção atmosférica.

No zênite, $Q_1 = A a^1 = A a$

Assim, o coeficiente de insolação é calculado como:

$$i = \frac{Q_1}{Q}$$

sendo

$$e = 100 \frac{\cos(h + S)}{\operatorname{sen} S}$$

onde h é a altura do sol e S é dado pela fórmula:

$$\operatorname{sen} S = \frac{100}{101} \cosh$$

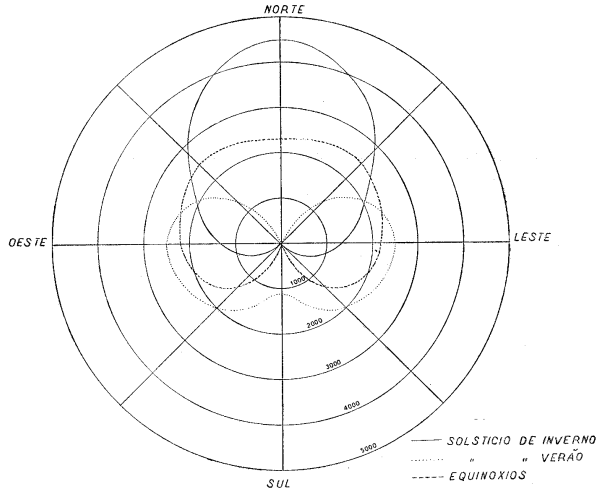
A seguir, Sá fornece uma série de procedimentos que permitem obter tabelas e gráficos, como os apresentados na figura 2.

O método desenvolvido por Paulo Sá foi aplicado para a cidade do Rio de Janeiro, inicialmente. Posteriormente, Sá, 1942, publica novo livro sobre a orientação dos edifícios nas cidades brasileiras, para cujo estudo foram escolhidas as cidades de Belém do Pará, Fortaleza, Recife, Cidade do Salvador da Baía, Belo Horizonte, Juiz de Fora, São Paulo e Porto Alegre.

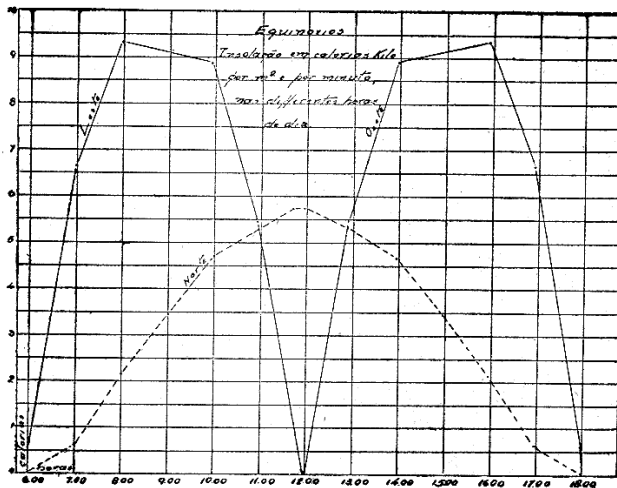
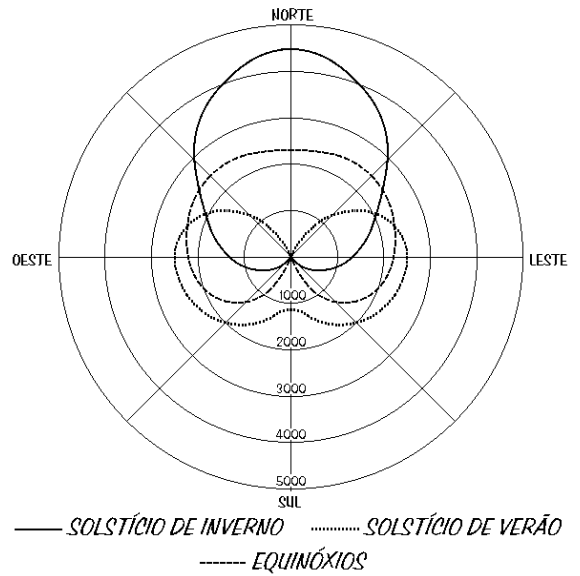
Nesse trabalho, primeiramente Paulo Sá cita alguns exemplos de edificações construídas naquela época, onde o problema da insolação não é analisado, ou, quando isso acontece, é analisado erroneamente, adotando-se critérios do hemisfério norte para nossa realidade. Há uma citação referente ao prof. Ernesto de Souza Campos, que comentava sobre um hospital que acabara de ser construído em capital brasileira e no qual "...de tal modo se acumulavam os erros e os dispautérios com referência à orientação que, instado para opinar sobre o assunto, se limitara a aconselhar que na fachada do edifício se gravasse um enorme "Don't": o hospital era a sùmula e a enciclopédia de tudo o que não se devia fazer (don't do)".

Cita também exemplos de defeitos de orientação de uma série de escolas públicas recentemente construídas e que depois de prontas ficaram inaproveitáveis. Os problemas eram tantos que houve quem chegasse a sugerir a possibilidade de demolir alguns dos edifícios recém-construídos, porque lhes parecia essa solução radical a mais adequada.

INSOLAÇÃO TOTAL EM CALORIAS KILOS POR M² E POR DIA EM
DIFFERENTES EPOCHAS E DIVERSAS ORIENTAÇÕES.



INSOLAÇÃO TOTAL EM CALORIAS KILOS POR M² E POR DIA
EM DIFFERENTES ÉPOCHAS E DIVERSAS ORIENTAÇÕES



Equinócios: Insolação em calorias Kilo por m² e por minuto,
nas diferentes horas do dia.

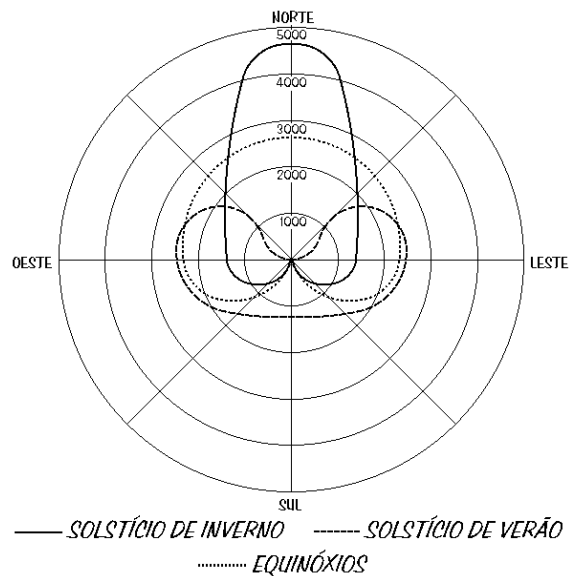
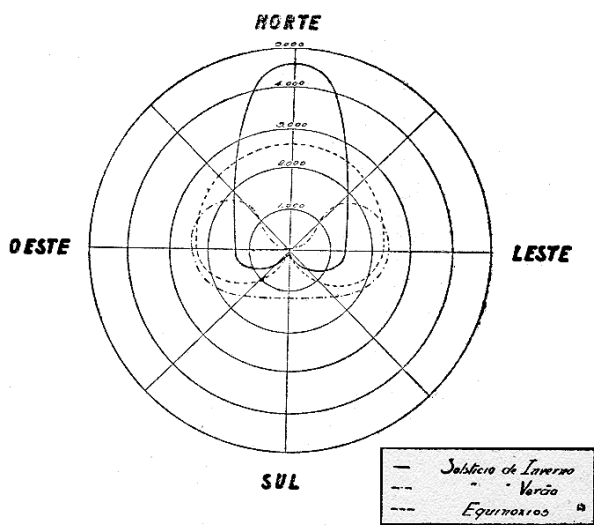
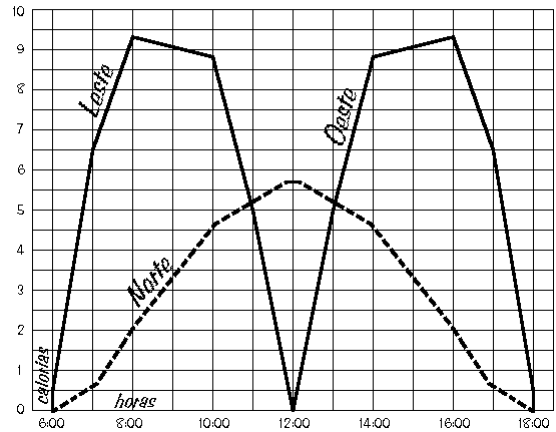


Figura 2: Insolação total em calorias kilos (sic) por m² e por dia em diferentes épocas e diversas orientações (SÁ, 1937). À esquerda, a figura original, à direita, a mesma figura redesenhada.

O que torna muito interessante o trabalho de Paulo Sá sobre a insolação dos edifícios é que, além da análise técnica para as várias cidades, são apresentados no final sugestões para solução na planta, onde são discutidas as possibilidades do bom aproveitamento da insolação, de acordo com a finalidade a que se destina cada cômodo. Prevê soluções como, por exemplo, a “*especialização das fachadas*”.

A seguir, vem a proteção pela escolha dos materiais. São levadas em conta três propriedades dos materiais: “*o poder de reflexão em relação às ondas caloríficas; a sua condutibilidade térmica, e o fator de irradiação de sua parede externa*”. Com isso, propõe que, quando não é possível uma conveniente orientação das fachadas, ou mesmo como complemento a essa orientação, que se projete de modo que o calor ou seja refletido na superfície externa, ou não atravesse a parede, ou não se irradie na superfície interna.

Finalmente, apresenta um estudo sobre os dispositivos construtivos que cubram e protejam a parede insolada, mantendo-a parcial ou totalmente na sombra.

3. CONCLUSÃO

A importância no resgate dos trabalhos de Paulo Sá, a nosso ver, extrapola o resgate histórico de textos que, apesar de seu valor não resultaram na continuidade de pesquisas neles apoiadas. Merece nossa atenção sobretudo pela simplicidade, que permite sua utilização mesmo pelos não especialistas, profissionais de projeto do dia-a-dia, e não necessariamente acadêmicos. Mesmo nos dias de hoje, quando dispomos de tantas ferramentas sofisticadas de avaliação, é necessário que essa lucidez esteja presente entre nossos pesquisadores e profissionais da área de conforto no ambiente construído.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SÁ, P., (1937) *O problema da iluminação natural e o da insolação dos edifícios no Rio de Janeiro*, Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro.
- SÁ, P., (1942) *A orientação dos edifícios nas cidades brasileiras*, Instituto Nacional de Tecnologia, Imprensa Nacional, Rio de Janeiro.