

O ESTUDO DA GEOMETRIA DA INSOLAÇÃO COMO FERRAMENTA DE PROJETO

Zeilmann, S.M.L. (1); Claro, A. (2); Pereira, F.O.R. (2)

(1) Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Pós Graduação Engenharia Civil

88040 900 Florianópolis

e-mail: szeilmann@yahoo.com.br

(2) Pós Graduação Arquitetura UFSC

LabCon – Laboratório de Conforto Ambiental

e-mail: ander@arq.ufsc.br, feco@arq.ufsc.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia de estudo da insolação que utiliza gráficos das máscaras de obstrução do entorno e diagramas da trajetória solar como auxílio no desenvolvimento do projeto arquitetônico. O programa Máscara, desenvolvido no Laboratório de Conforto Ambiental – ARQ - UFSC, é apresentado como uma ferramenta computacional que pode ser utilizada na geração das máscaras de obstrução do entorno e diagramas da trajetória solar. O exercício realizado como exemplo analisa uma situação no campus universitário da UFSC onde se prevê em breve a construção de uma nova edificação, com o uso do programa foi possível de forma rápida e eficiente analisar a insolação mínima no inverno, máxima insolação para captação solar e o sombreamento desejável.

ABSTRACT

This work presents a methodology for insolation study that uses obstruction graphics and sunpath diagrams as an aid for architectural design development. The Máscara program, developed at the Laboratory of Ambient Comfort ARQ - UFSC, is presented as a computational tool to be used in the construction of the obstructions graphics and sunpath diagrams. A sample exercise is developed, analysing a situation at the university campus, where a new building is been planned, with the use of the Mascara program it was possible a fast and efficient verification of the minimum insolation in the winter, maximum insolation for solar collection and desirable shading.

1. INTRODUÇÃO

Conhecer o terreno onde se pretende construir é um dos primeiros passos ao iniciar-se o projeto de um edifício. A observação do entorno construído, da vegetação existente, da topografia local e o posicionamento em relação ao norte, são subsídios básicos para o entendimento das condições de insolação do terreno. Esse entendimento deve auxiliar as decisões de aceitação ou rejeição da radiação solar, que por sua vez, influenciam muito no comportamento ambiental da futura edificação.

A obstrução do céu produzida pelo entorno construído ou natural, para um ponto em análise, pode ser representada graficamente e é denominada de máscara de obstrução do céu ou entorno. Superpondo sobre a máscara de obstrução a projeção da trajetória solar, tem-se um gráfico sobre o qual podem ser observados além da porção do céu obstruída também os períodos do ano em que determinado ponto

receberá, ou não, luz solar direta, ou seja, analisar de forma simplificada a insolação de um determinado ponto. A partir dessa análise é possível definir as estratégias de controle solar mais adequadas à situação em estudo. A proposta apresentada é a inserção dessa análise na fase inicial do projeto.

Estudos utilizando a análise dos gráficos de obstrução do entorno juntamente com a trajetória solar são bastante conhecidos no desenvolvimento do envelope solar, termo designado ao volume que uma edificação poderia apresentar dentro de uma condição de insolação considerada como satisfatória ou mínima. CAPELUTO e SHAVIV (2001) dividem o envelope solar em duas categorias:

- a) Envelope do direito solar – garantia sobre um mínimo de insolação em período crítico, normalmente associada a estudos do clima e condições locais.
- b) Envelope de captação solar – garantia do máximo de insolação possível, associada a possibilidade do uso de coletores solar, placas de células fotovoltaicas e aquecimento passivo.

Além da divisão apresentada acima, acrescentaríamos a necessidade de sombreamento, considerando-se que em climas quentes freqüentemente a luz solar direta torna-se indesejável. Poderíamos denominar de “envelope de sombreamento”, ou seja, volume responsável pelo sombreamento desejável.

No desenvolvimento do projeto arquitetônico esses mesmos conceitos podem ser analisados para observar se edificação terá atendido suas necessidades de: mínimo de insolação no inverno, máximo de insolação nos locais de interesse e necessidade de sombreamento. A avaliação da geometria da insolação do lote fornece subsídios que devem nortear decisões como: implantação do edifício no lote, orientação das fachadas, zoneamento interno, escolha do conceito de iluminação natural (zenital, lateral e átrio) e posicionamento dos elementos de captação solar. A análise do sombreamento decorrente da futura edificação em conjunto com seu entorno deve nortear decisões relativas ao posicionamento de piscinas e áreas de lazer. Como exemplo: a análise do sombreamento que prédios de um conjunto habitacional gerariam sobre si mesmos, permite a escolha da melhor implantação e gabarito dos mesmos.

Os espaços abertos estão também incluídos na metodologia proposta. Passeios para pedestres e estacionamentos podem e devem proporcionar conforto aos usuários. Para tanto, o sombreamento é uma alternativa, visto que, espaços abertos sombreados apresentam maiores índices de conforto (CORBELLA, 2001). É justamente na análise dos espaços abertos que o conceito de envelope de sombreamento tem sua maior aplicabilidade, ou seja, o volume de vegetação responsável pelo sombreamento desejável nos espaços abertos como ruas ou praças.

Outro método de análise aplicado no desenvolvimento desse trabalho foi o uso da estratégia de controle baseada na aceitação ou rejeição da radiação solar incidente sobre um plano vertical ou horizontal (PEREIRA, 1994). Representada através de um sistema de ponderação da radiação solar, como uma função da diferença entre a temperatura do ar externo e a temperatura neutra. A diferença entre as duas temperaturas é traduzida em fatores de ponderação, que serão negativos quando a temperatura do ar for maior que a temperatura neutra, e positivos, na situação inversa, Figura 1.

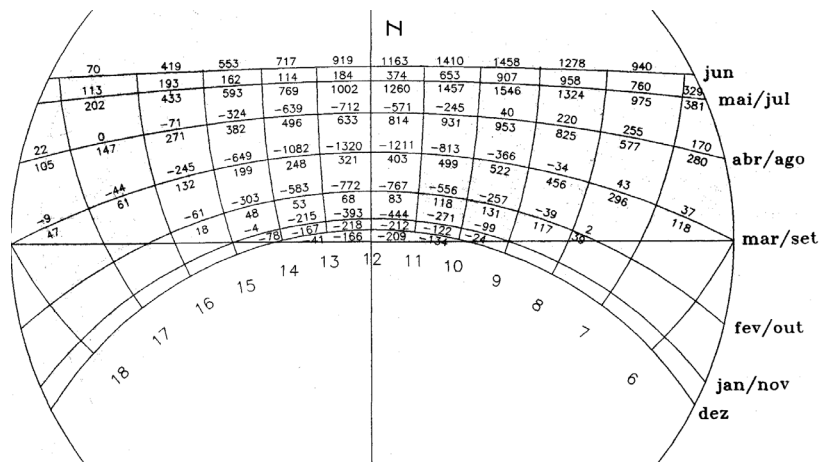


Figura 1 – Gráfico da trajetória solar para Florianópolis com os fatores de ponderação

O uso do gráfico solar ponderado auxilia na identificação dos horários onde haveria necessidade de sombra sobre as aberturas. Com a utilização em paralelo do programa que gera as máscaras de sombra da abertura é possível o desenvolvimento de soluções que atenderiam ao sombreamento desejado. Esta proposta de caracterização das condições de desejabilidade/indesejabilidade da insolação também pode ser utilizada para geração do envelope solar (PEREIRA, 1994).

2. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O método apresentado consiste no desenvolvimento do projeto utilizando interativamente uma ferramenta de diagnóstico e análise: os gráficos de obstrução do entorno e sombreamento, em conjunto com a trajetória solar. Utilizando-se de recursos computacionais através do programa Máscara é possível de forma rápida e precisa confeccionar os gráficos de obstrução e trajetória solar.

O programa Máscara é ainda um protótipo experimental, tendo sido desenvolvido com base no Modelo Vetorial Esférico para Radiosidade, apresentado na tese de doutorado de CLARO (1998). O programa produz uma máscara solar através da projeção de planos geométricos em uma esfera de referência, sobre a qual também são projetadas luminâncias celestes calculadas por fórmulas padronizadas. Além da máscara gráfica que permite a análise da insolação, é possível também se obter a quantidade inicial de luz incidente em um determinado ponto do ambiente estudado, provenientes do céu e do sol. Na Figura 2 são apresentadas comparações entre uma fotografia obtida com a lente olho de peixe e a máscara do entorno gerada pelo programa para o mesmo ambiente fotografado. Com a sobreposição das duas verifica-se a semelhança entre as mesmas, a vegetação que aparece na fotografia não foi incluída no modelo computacional utilizado pelo programa Máscara.

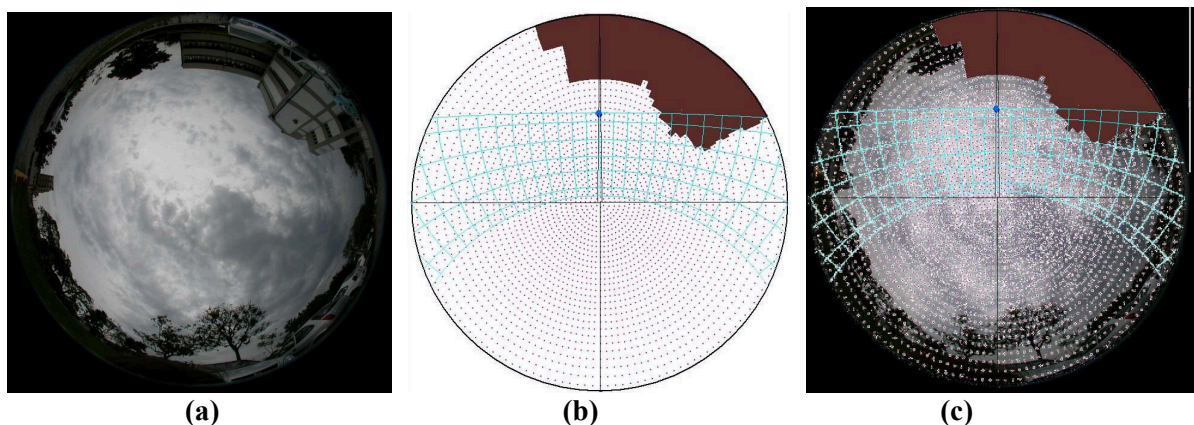


Figura 2 – Fotografia com lente olho de peixe (a); Gráfico de obstrução do entorno gerado pelo Máscara para a mesma situação fotografada (b); Gráfico da sobreposição das figuras a e b (c)

O terreno ou ambiente em estudo deve ser inicialmente construído em um modelo computacional tridimensional, gerado através de programa CAD e salvo em formato DXF. O modelo computacional de análise deve incluir elementos do entorno (construído e natural) que apresentem projeção sobre o terreno, dimensões do lote e ruas e passeios adjacentes.

Para o desenvolvimento desse trabalho optou-se por analisar uma situação existente no Campus Universitário da UFSC, pela proximidade e facilidades na busca dos dados necessários. O Campus não possui plano diretor, cada nova edificação a ser construída só é permitida após a análise de um grupo de profissionais da Prefeitura do Campus que definem diretrizes ou condicionantes básicas que o futuro projeto deve atender. O local definido para o estudo trata-se de uma área com aproximadamente 3.000 m², onde se prevê em breve a construção de nova edificação.

As condicionantes impostas pela Prefeitura do Campus ao local em estudo referem-se ao volume que a edificação poderia ocupar, ou seja, a área da edificação sobre o lote (projeção em planta do volume) juntamente com seu gabarito máximo e a implantação da mesma sobre o lote. Foram feitas análises da insolação sobre esse volume proposto, bem como o sombreamento que o mesmo provocaria nas edificações vizinhas, análises do sombreamento nos espaços abertos adjacentes e proposta de proteção solar para uma abertura.

O primeiro passo foi uma visita ao terreno, onde se pretendia verificar quais elementos do entorno construído e natural deveriam ser inseridos no modelo e a orientação norte. Feita essa análise e de posse das informações sobre o terreno e edificações adjacentes, fornecidas pela Prefeitura, o modelo de estudo é construído e exportado para o programa Máscara, ver Figura 3, perspectiva do modelo.

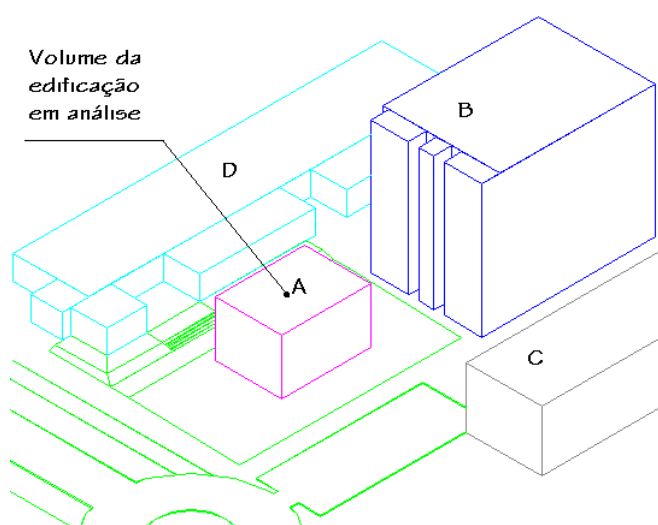


Figura 3 – Perspectiva do modelo de estudo, localizado no Campus da UFSC

Com algumas análises das máscaras geradas pelo programa foi possível identificar que a fachada Norte da edificação proposta receberia pouca insolação no inverno e uma parte da cobertura não receberia insolação justamente no inverno, onde seria mais necessária, Figura 4. Como solução optou-se pelo recuo de 25,00 m da edificação em análise (A) em relação à edificação B, sendo o recuo proposto inicialmente pela Prefeitura de apenas 15,00 m, Figura 5. As alterações e modificações no modelo foram realizadas com o programa CAD, o modelo refeito foi novamente analisado com o Máscara. Na Figura 5 aparecem os volumes propostos para a vegetação.

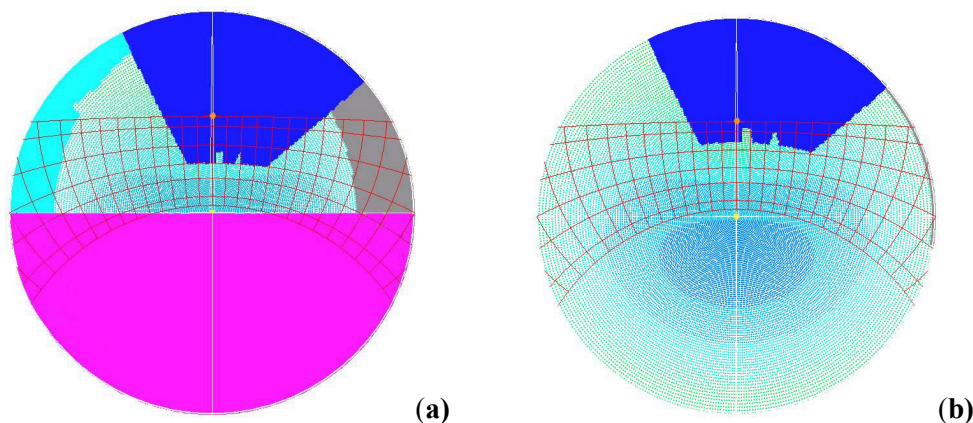


Figura 4 – Máscara fachada Norte da edificação em análise a 1,50 m altura (a); Máscara sobre a cobertura da edificação em análise (b)

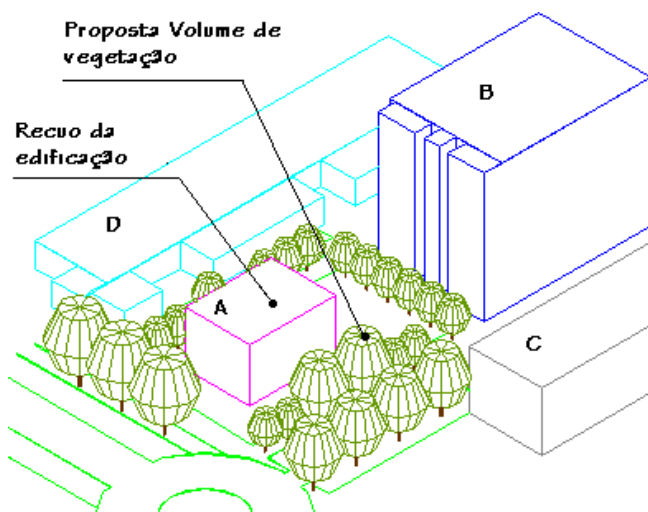


Figura 5 – Perspectiva do modelo de estudo com recuo da edificação e vegetação proposta

Na definição dos volumes da vegetação, diferentes volumetrias foram analisadas até se chegar àquela que fornecesse sombreamento nos períodos críticos de verão. É a definição do volume ideal de sombreamento que fornecerá subsídios para a escolha das espécies a serem implantadas no local.

Também foram realizados estudos de sombreamento para abertura na fachada Norte. A utilização do método de ponderação (PEREIRA, 1994), auxiliou na identificação dos períodos onde haveria necessidade de sombreamento. A fachada Norte, segundo o método, apresenta valores negativos (indesejabilidade do sol) nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro; março e abril, e valores positivos (desejabilidade do sol) para os meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro.

O sistema de sombreamento proposto para a abertura (fachada Norte) consiste em um sistema de sombreamento fixo para os meses de verão e sombreamento móvel para os outros meses, composto de uma prateleira de luz fixa e de persianas horizontais retráteis, Figura 6.

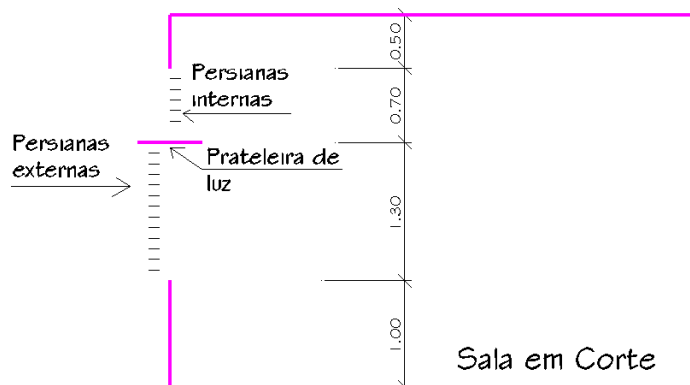


Figura 6 – Proposta desenvolvida para sombreamento da abertura localizada na fachada norte

3. ANÁLISES

A proposta de metodologia apresentada consiste no uso interativo do programa Máscara, de tal forma que o projetista analise os resultados obtidos através das máscaras tantas vezes quanto for necessário até se chegar ao objetivo pretendido. As máscaras que apresentamos nessa fase de análises consistem no resultado final de algumas propostas desenvolvidas.

A escolha dos pontos para os quais serão geradas as máscaras de obstrução deve atender ao tipo de análise pretendido. Na Figura 7 podem ser visualizadas em planta baixa as posições dos pontos definidos como estratégicos.

- Pontos de análise da insolação mínima, localizados sobre as fachadas dos edifícios existentes e o edifício projetado, altura 1,50 m acima do nível do piso, denominados de A, B, C e D. Definiu-se como critério mínimo duas horas de insolação no inverno.
- Pontos de análise da insolação máxima, localizados sobre a cobertura do edifício projetado, altura 12,50 m, denominados de A1m, A2m, A3m, A4m.
- Pontos de análise do sombreamento, localizados ao longo do passeio e estacionamento, altura 0,30 m acima do nível do piso, denominados de P e E.

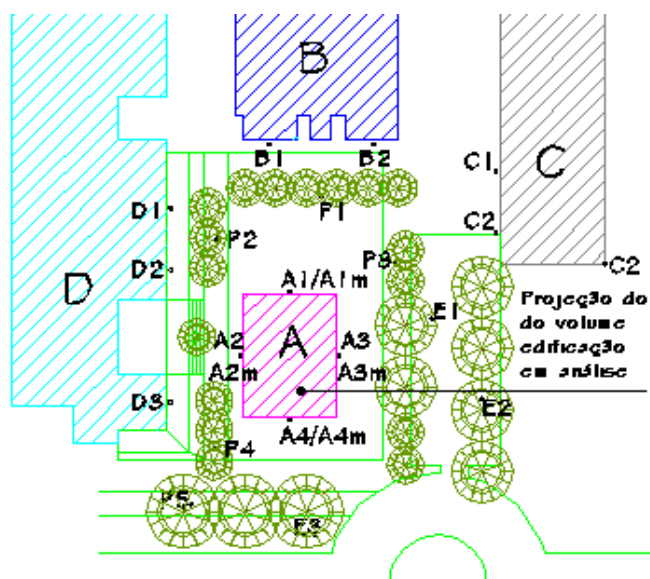


Figura 7 – Planta baixa do modelo com a localização dos pontos de análise

Algumas das máscaras geradas para os pontos apresentados na Figura 7 podem ser visualizadas nas Figuras 8 a 15. Comparando-se as figuras 8 e 9 com aquelas da figura 4, pode-se perceber que a

fachada Norte (Figuras 8 e 9) passa a receber mais sol no período de inverno, principalmente no período da manhã. A cobertura, por sua vez, recebe sol o ano inteiro, adequando a mesma ao uso de coletores solar ou células fotovoltaicas.

As Figuras 10 e 11 correspondem às fachadas Oeste e Leste da edificação em análise. As fachadas recebem insolação suficiente (mínimo de duas horas no inverno), enquanto a vegetação oferece algum sombreamento. Pode-se perceber claramente a necessidade de sombreamento nas aberturas da fachada oeste, já que a mesma recebe luz solar direta em todo o período da tarde.

Nas Figuras 12 e 13 o objetivo era identificar se a nova edificação ofereceria sombreamento indesejável sobre o entorno edificado. Verifica-se que a edificação A (representada pela cor rosa) não projeta sombra tanto na fachada da edificação B quanto D. Também o volume da vegetação proposto não projeta sombreamento indesejável.

As Figuras 14 e 15 apresentam o sombreamento resultante dos volumes de vegetação propostos para o local. No passeio o objetivo era obter o máximo de sombreamento, enquanto no estacionamento a prioridade no sombreamento era o período da tarde no verão.

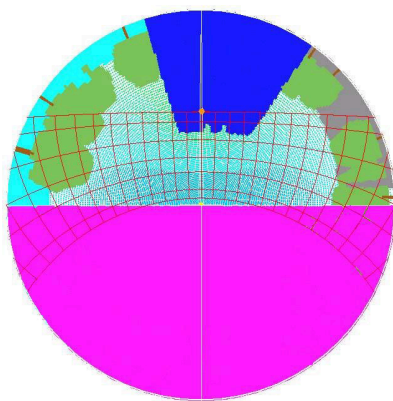


Figura 8 – Máscara ponto A1

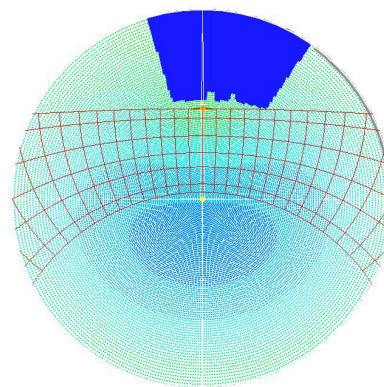


Figura 9 – Máscara ponto A1m

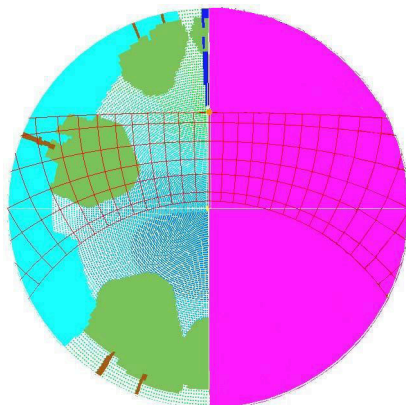


Figura 10 – Máscara ponto A2

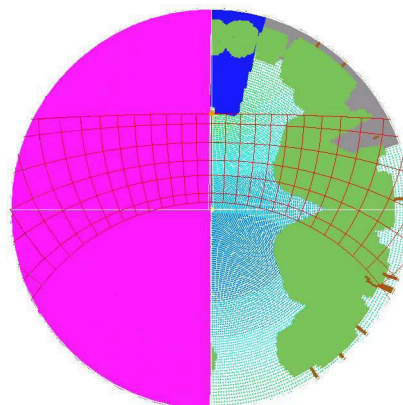


Figura 11 – Máscara ponto A3

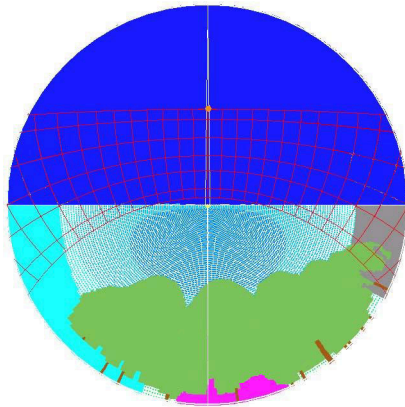


Figura 12 – Máscara ponto B2

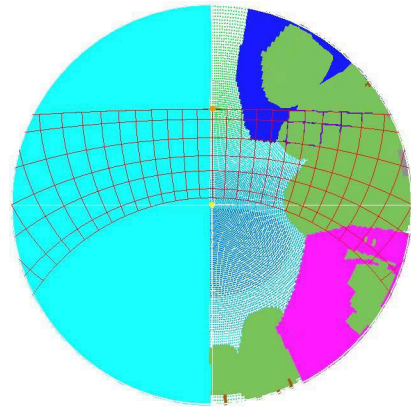


Figura 13 – Máscara ponto D2

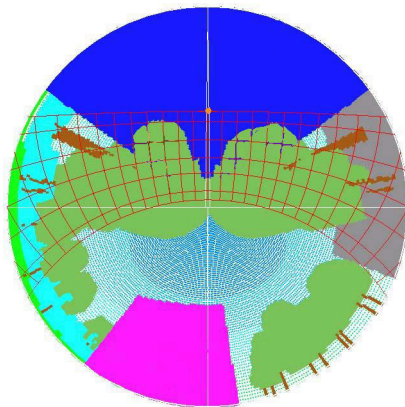


Figura 14 – Máscara ponto P1

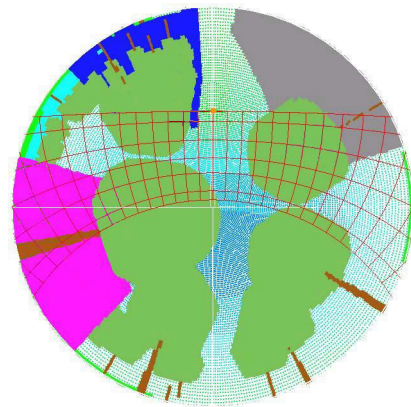


Figura 15 – Máscara ponto E1

A análise da proposta de sombreamento para a abertura (fachada Norte) foi feita em um ponto localizado no centro da abertura a uma altura de 1.0 m. Na Figura 16 são apresentadas as máscaras produzidas pela abertura sem proteção, com a proteção da prateleira de luz e a proteção da prateleira com as persianas. O sombreamento em rosa (sobre os meses de dezembro, janeiro e fevereiro) corresponde àquele produzido pela prateleira de luz (elemento fixo). O sombreamento em cinza corresponde ao produzido pelas persianas retráteis. A vantagem do uso de elementos móveis é que os mesmos podem ser recolhidos nos períodos onde o sol é desejável.

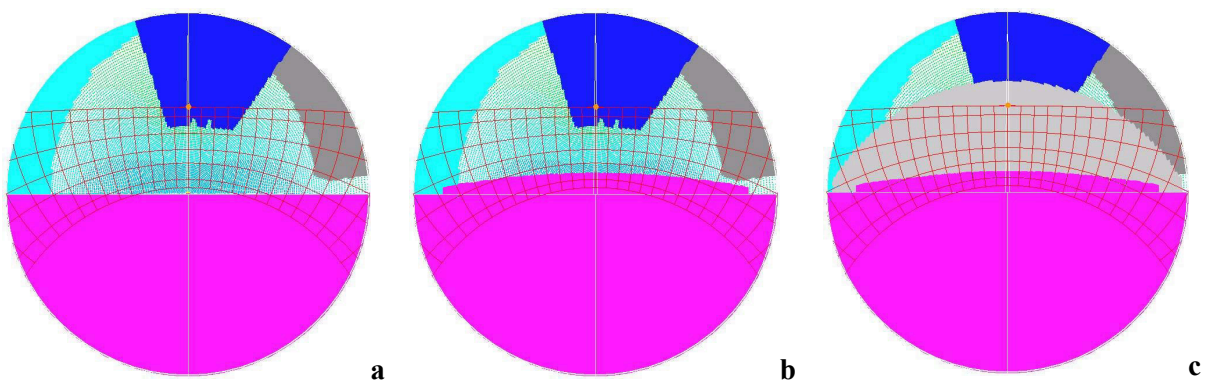


Figura 16 - Máscara de obstrução da abertura sem sistema de controle (a), com prateleira de luz (b) e com prateleira de luz + persiana externa (c)

4. CONCLUSÕES

A proposta apresentada neste trabalho consiste no uso de uma ferramenta computacional simplificada, que fornece de forma rápida e eficiente subsídios para o desenvolvimento do projeto em sintonia com a geometria da insolação presente no local, gerando dessa forma soluções comprometidas com o conforto ambiental e o consumo de energia que a futura edificação apresentará.

O programa Máscara encontra-se em fase de desenvolvimento, sendo um dos objetivos desse trabalho contribuir no aperfeiçoamento dessa ferramenta, através da análise de suas potencialidades e limitações. O desenvolvimento do exercício proposto mostrou que as máscaras geradas pelo programa possibilitam de forma rápida e eficiente a verificação de aspectos como: identificação de fachadas ou locais no terreno que recebem pouca insolação no inverno, identificação dos pontos onde ocorrem as máximas insolações para escolha de pontos de coleção solar e definição das estratégias de sombreamento (elementos fixos ou moveis).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAPELUTO, J.G., SHAVIV, E. (2001) On the use of solar volume for determining the urban fabric. *Solar Energy*, v.70, nº 3, p. 275-280, 2001.
- CLARO, A. (1998) Modelo vetorial esférico para radiosidade aplicado à iluminação natural. Florianópolis, 177p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- CORBELLA, O.D., CORNER, V.N., YANNAS, S. (2001) Outdoor spaces and urban design case studies of two plazas in Rio de Janeiro. In: 18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, Florianópolis. *Anais*. p 655-659.
- PEREIRA, F. O. R. (1994) Uma metodologia para indicações de ocupação do ambiente urbano: Controle da Obstrução do Sol e da Abobada Celeste, Monografia de Concurso para Professor Titular de Depto. de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. 29p.