

SIMULAÇÕES EM MALHAS URBANAS: PROJEÇÕES DE CRESCIMENTO COM FOCO NA INSOLAÇÃO

D. Sonza, A. E. B. Lins e V. H. M. Bins Ely

RESUMO

Este estudo visa aplicar os índices do Plano Diretor de Florianópolis (Brasil) no *software* de simulação *Cityzoom*, produto em desenvolvimento pelo SimmLab/UFRGS, e apontar o melhor aproveitamento do potencial energético solar. Utilizou-se a ferramenta “vista estereográfica” em dois diferentes desenhos de malha urbana – uma ortogonal e outra rádio-concêntrica – trabalhando também com os seguintes parâmetros: taxa de ocupação, índice de aproveitamento, gabarito, afastamentos e recuos. Foram estudados tipos de zoneamento, vias e quadras existentes no centro de Florianópolis para estipular critérios para a definição dos cenários. Foram geradas duas máscaras, uma no solstício de verão e outra no solstício de inverno, em três horários, a fim de obter uma análise precisa do comportamento da insolação no decorrer do dia. Desta maneira, além de estudar novas alternativas de análise do conforto da insolação no ambiente urbano, também se pesquisou a influência das malhas urbanas nesse quesito.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico e tecnológico levou grande parte das cidades contemporâneas a sofrer um processo de crescimento urbano acelerado e desordenado. Esta transformação reflete diretamente no contexto urbano, ecológico e habitacional, devido à profunda relação entre os mesmos; logo, uma vez que há desrespeito das condições naturais dos sítios e ausência de planejamento e infra-estrutura há comprometimento dos ecossistemas. O modo de ocupação e suas implicações são um complexo produto social, que afetam a forma do lugar e a qualidade do espaço. Se uma determinada área urbana é projetada adequadamente, aproveitando suas potencialidades naturais, conseqüentemente será um local com qualidade de vida.

Nesse contexto, avaliar o desenho das cidades a partir da definição de áreas de ocupação e índices a serem seguidos pelos Planos Diretores (PD) é de suma importância, tanto para a preservação da paisagem quanto para um melhor aproveitamento da energia solar. Uma forma de avaliar o comportamento de malhas urbanas é a utilização de modelos simplificados em 3D, que simulam situações reais. Apesar de não considerarem todas as variantes do ambiente urbano, os modelos tornam-se eficientes quando utilizam dados relevantes, como os índices adotados pelo PD.

Este artigo é o resultado de uma pesquisa que pretende justamente questionar se há uma interferência direta entre o desenho de malhas urbanas, índices de PD e a insolação. Para tanto foram definidos quatro cenários urbanos representativos com índices do PD de Florianópolis. Utilizou-se o *software Cityzoom*, ainda em desenvolvimento pelo laboratório “SimmLab” da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tanto para a simulação desses cenários em 3D, através de sua ferramenta “*block magic*”, quanto para a avaliação da insolação, com a ferramenta “vista estereográfica”.

O artigo está dividido em seis seções, além desta introdução. A segunda seção discute a relação da forma urbana com o aproveitamento do potencial energético solar. A terceira aborda critérios para a escolha das malhas urbanas simuladas, enquanto a seção seguinte explica como é o funcionamento do *software*. Na quinta parte estão apresentados os cenários simulados, bem como uma comparação dos resultados obtidos. Na sexta, é feita uma conclusão e sugestões para desenvolvimento do software e estudos futuros. Por último a bibliografia estudada.

2 FORMA URBANA E APROVEITAMENTO ENERGÉTICO SOLAR

A partir da forma urbana, que é condicionada as características do sítio, ao modo de ocupação e aos índices do PD, pode-se tirar melhor proveito das condicionantes naturais de um determinado local e, por sua vez, determinar o consumo energético dos edifícios. Artificios como espaços abertos – seja no afastamento entre edifícios, na existência de áreas verdes e vias mais largas – aliados com a posição geográfica, a análise dos ventos predominantes e da insolação, fazem com que seja possível um uso racional e sustentável de energia.

O desenho inadequado da malha urbana, aliado a um mau planejamento urbano, se relaciona diretamente com o desperdício energético, já que ocasiona o uso de aparelhos de ar condicionado e iluminação artificial. A interação entre edificações e entorno é complexa, sendo necessários estudos nos dois sentidos: tanto da influência do desenho urbano e das características geomorfológicas sobre as edificações, quanto o impacto destas no entorno.

Uma maneira de analisar a relação entre as áreas edificadas e o sítio é através do FVC, que é a porcentagem de área do céu que é visível para pontos de referência no espaço e, que varia conforme a morfologia urbana devido à correlação entre o FVC, taxa de ocupação (TO) e insolação. Através do FVC pode-se analisar a quantidade de radiação solar incidente na superfície e assim definir estratégias que garantam condições mínimas de insolação.

Um cenário urbano é delimitado por dois planos – horizontal e vertical – no caso piso e parede, gerados pelas edificações resultantes da ocupação urbana. Portanto o FVC é determinado pela relação entre altura e largura do cenário urbano, que estão diretamente ligadas aos índices do plano diretor – IA, TO, largura da caixa da rua e afastamentos mínimos. Logo é fundamental, para um adequado controle ambiental, a existência de um PD que reflita em seus índices a preocupação com o aproveitamento do potencial energético solar.

Outro fator que deve ser considerado no planejamento urbano é a altura solar, pois ela é o ângulo gerado entre o sol e o plano do horizonte. A altura solar determina o lugar do sol

em sua trajetória aparente em torno da Terra. Conforme a inclinação do eixo de rotação do globo terrestre acontecem as estações do ano e a variação da altura solar. A altura solar estabelece o ângulo de incidência dos raios solares e a área de concentração destes.

Durante o verão a altura solar é maior e os dias mais longos e, no hemisfério em que acontece esta estação, a incidência de radiação solar é maior. Já no inverno, o hemisfério em que esta estação ocorre se comporta de maneira oposta, tendo menor altura solar, dias curtos e menor ganho de radiação solar. A altura solar ainda varia de acordo com a latitude e as horas do dia.

3 DEFINIÇÃO DAS MALHAS URBANAS

Para a seleção das tipologias de malhas urbanas, a serem utilizadas na construção dos cenários, foram adotados dois critérios: uso de um terreno plano – por limitação do próprio *software* – e escolha de uma malha fechada – devido à organização dos fluxos e dos serviços como correios, coletas de lixo e entrega em domicílio – legibilidade do traçado e conseqüente orientabilidade.

A primeira malha, mostrada na figura 1, é do tipo ortogonal e constitui-se de nove quadras. Foi eleita por permitir construção de lotes regulares que, segundo Mascará (1997), possibilita um maior aproveitamento de área construída total. Além disso, este desenho encontra-se com maior frequência não só no tecido urbano de Florianópolis, mas também em todas as cidades de colonização portuguesa no Brasil. Já a malha rádio-concêntrica (figura 2), constituída de oito quadras, é bastante utilizada nas últimas décadas nos novos projetos de loteamentos e tem como facilidade a circulação entre dois pontos quaisquer.

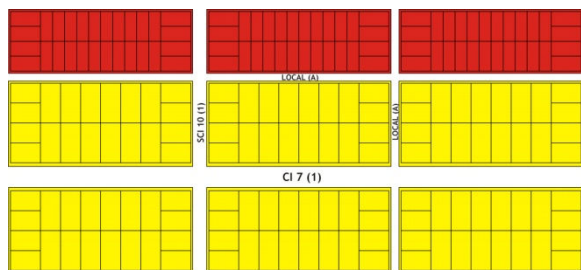


Fig. 1 Malha ortogonal

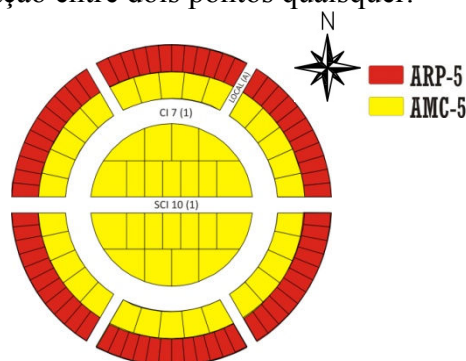


Fig. 2 Malha rádio-concêntrica

Com o objetivo de tornar os cenários o mais próximo possível da realidade dos índices do PD, foram indicados: o tipo de zoneamento, a dimensão das macro e micro-parcelas, a dimensão das vias e passeios. Para tanto, foi realizado um levantamento sobre a configuração predominante no centro urbano de Florianópolis, a partir de seus principais eixos viários.

Analisando o zoneamento da área central de Florianópolis, constatou-se a predominância de duas distintas áreas: área mista central (AMC), que permite uso misto comercial e residencial, e área residencial predominante (ARP).

Após este levantamento e análises de cada zona do PD de Florianópolis, optou-se por utilizar dois tipos de áreas para as simulações: ARP-5 e AMC-5 (ver tabela 2). Esta escolha levou em consideração a dimensão das macro-parcelas existentes no centro da cidade –

valor médio de 80x180 metros – e pela diversidade no desenho das micro-parcelas que respeitam os padrões estabelecidos (dimensão de lote e testada mínimos), possibilitando edificações de portes diferentes. A disposição do zoneamento (figura 1 e 2) se deu através da dimensão das macro e micro-parcelas: áreas com lotes maiores para uso misto comercial e lotes menores para uso residencial.

Tabela 2 Zonas escolhidas no PD de Florianópolis

Zona	Lote Mínimo	Testada Mínima	Nº Max. de pavimentos		IA Máx.	TO Máx.
				(F)		
AMC – 5	600m ²	20m	8	12	2,3/3,3(B)	(G) (A)
ARP – 5	360m ²	12m	4	6	1,3	(G)

A – Até 80% nos dois primeiros pavimentos quando destinados a comércio e serviços.
 B – Índice mais elevado somente para edificações exclusivamente comerciais.
 F – Gabarito máximo diferenciado para áreas de mesmo limite de ocupação.
 G – As taxas de ocupação variam conforme a fórmula:
 $TO = (37 - NP)\%$, em que NP é Número de Pavimentos

No sistema viário, o levantamento na região central de Florianópolis, demonstrou que a hierarquia das vias é modificada conforme o zoneamento previsto. Para as AMC, locais de maior fluxo de veículos no trânsito, foram escolhidas vias mais largas como a coletora insular CI7(1), com faixa de domínio de 28 metros, e a sub-coletora insular SC10 (1), com faixa de domínio de 18 metros. Já para a ARP foi eleita a via local A, de acesso residencial e trânsito brando, possuindo faixa de domínio de 12 metros, estacionamento e largura do passeio de 2 metros (ver tabela 3).

Tabela 3 Dimensões das vias utilizadas

Via	Faixa de Domínio (m)	Pista de Rolamento Largura (m)	Pista de Rolamento: nº de Faixas p/ pista	Canteiro central	Acostamento Estacionamento	Largura Passeio (m)
CI7(1)	28	7	2	3	2	3,5
SC10(1)	18	5,5	2	3	-	2
Local A	12	6	2	-	2	2

4 UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE CITYZOOM

Para gerar um cenário no *CityZoom* – com os índices do PD de Florianópolis para cada uma das malhas urbanas propostas – é necessário o suporte do *software AutoCAD*, no qual se desenha o traçado, as quadras e os lotes. O desenho deve estar separado em *layers* distintos, uma vez que neste programa serão associados aos tipos de objetos – quadras, lotes e edificações.

Na figura 3 pode-se ver como é a interface do programa. Primeiramente inserem-se dados do PD na tabela da aba direita (ferramenta “Plan rule editor”) – como o número de pavimentos, índice de aproveitamento, afastamentos e taxa de ocupação – para a geração do zoneamento. Em um segundo momento, o programa insere automaticamente os dados

do zoneamento na aba da esquerda (ferramenta “Block Magic”) e, a partir disso, aplica-se o zoneamento nas parcelas correspondentes.

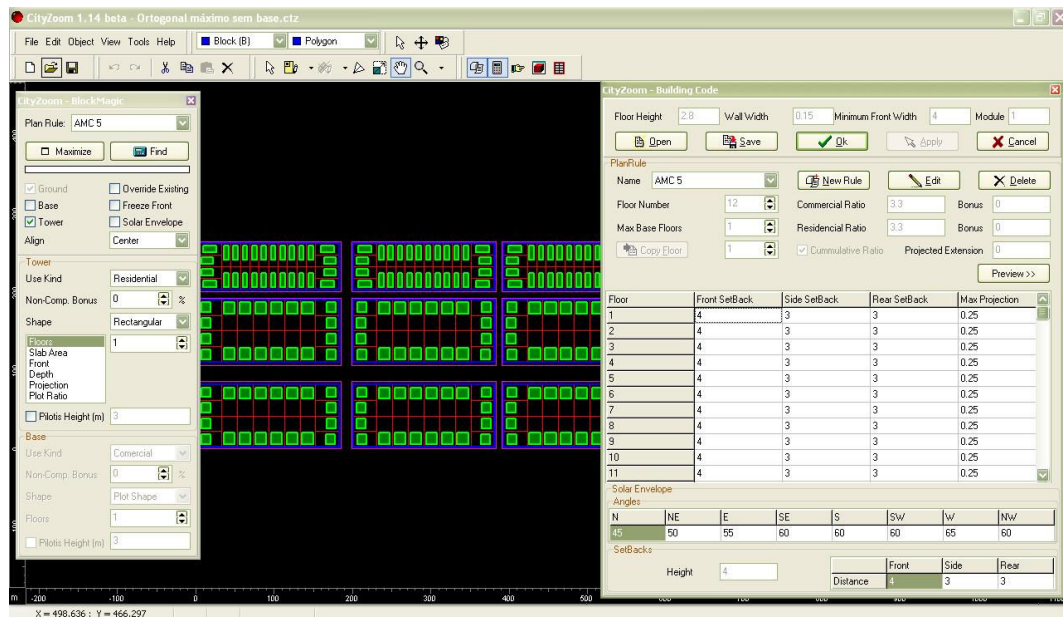


Fig 3. Interface do programa para aplicar índices do PD

Após estas etapas, o programa gera automaticamente os volumes das edificações e forma o cenário urbano, conforme pode ser visualizado nos modelos 3D das figuras 4 e 5. No entanto, a ferramenta 3D ainda é muito rudimentar nos movimentos de rotação e zoom, exigindo o uso do teclado quando o emprego do *mouse* seria mais indicado.

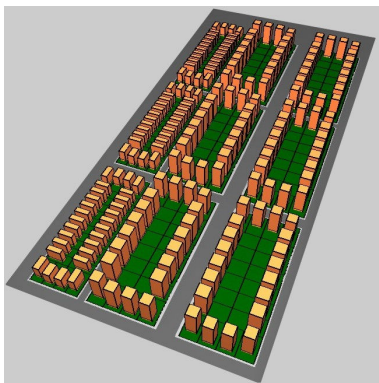


Fig 4. Modelo 3D do cenário 3



Fig 5. Modelo 3D do cenário 4

Na malha rádio-concêntrica, mostrada na figura 5, não foi possível simular as edificações no formato irregular dos lotes das quadras centrais, pois o programa só aceita lotes com quatro faces de linhas retas, ignorando linhas curvas por considerar que estas sejam linhas de infinitos segmentos. Dessa forma geraram-se terrenos residuais, que poderiam ter sido mais bem ocupados se o volume da edificação acompanhasse o desenho do terreno. Cabe salientar que nesse caso as simulações das edificações foram realizadas lote a lote, e não por meio da ferramenta “*block magic*”.

O programa também possui ferramentas para estudo da insolação. Neste trabalho foi utilizada apenas a “vista estereográfica” para análise do aproveitamento do potencial

energético solar. Primeiramente inserem-se dados – como o dia, mês, hora e localização da área – na ferramenta demonstrada na figura 6. Logo, o programa gera o mascaramento da malha, conforme o ponto do observador pré-determinado pelo pesquisador, além de informar dados como a hora solar, altitude, azimuth, FVC e horas de sol no local selecionado.

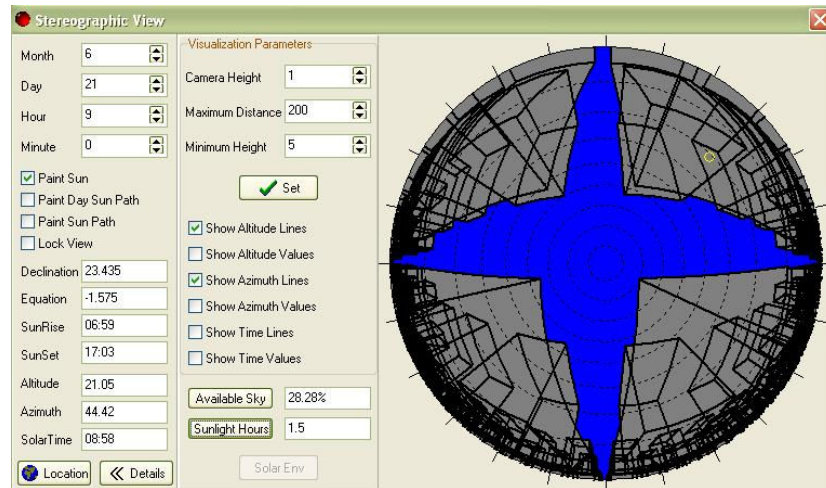


Fig 6. Interface do programa para formar o mascaramento

5 SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS URBANOS

5.1 UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA “BLOCK MAGIC”

Foram gerados dois cenários para cada tipologia de malha: um com maior taxa de ocupação e menor gabarito, conforme se pode ver nas figuras 7 e 8 e, outro com menor taxa de ocupação e maior gabarito, como verifica-se nas figuras 9 e 10.

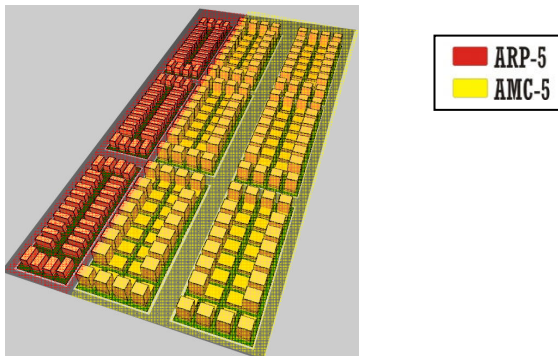


Fig 7 Cenário Urbano 1

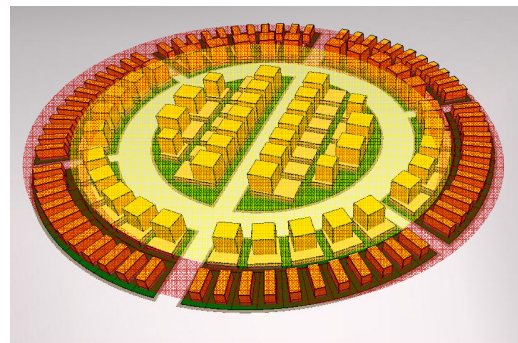


Fig 8 Cenário Urbano 2

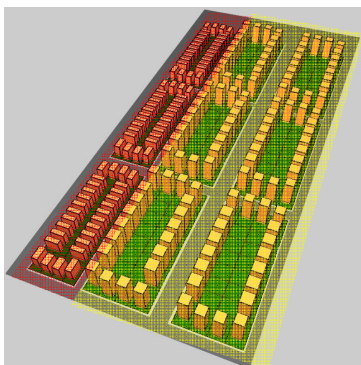


Fig 9 Cenário Urbano 3

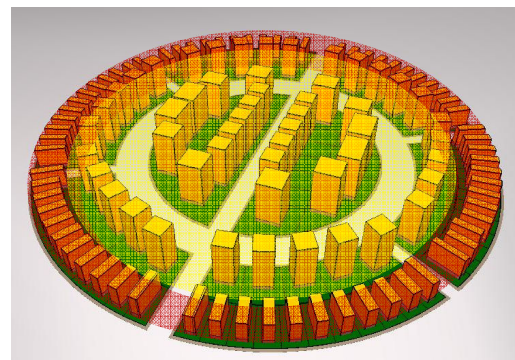


Fig 10 Cenário Urbano 4

Os cenários 1 e 2 (figura 7 e 8, respectivamente) utilizam na área AMC-5 o número máximo de 8 pavimentos, índice de aproveitamento 3,3 e taxa de ocupação de 29% para a torre (segundo a fórmula $TO = (37 - NP)\%$) e 80% para base, definindo-a como comercial. Já na área ARP-5 utiliza-se o número máximo de 4 pavimentos, índice de aproveitamento 1,3 e taxa de ocupação de 33%. O Cenário 1 possui uma área total de quadras de 118.800 m² e computa uma área total construída de 283.776 m². Já o Cenário 2 possui uma área total de quadras de 74.129 m² (37,60% menor que o cenário 1) e computa uma área total construída de 151.846 m² (46,5% menor).

Os cenários 3 e 4 (figura 9 e 10, respectivamente) utilizam na área AMC-5 o número máximo de 12 pavimentos (conforme a exceção F da tabela 1), índice de aproveitamento 2,3 e TO de 25%. Já na área ARP-5 utiliza-se o número máximo de 6 pavimentos (segundo a exceção F da tabela 1), índice de aproveitamento de 1,3 e TO de 31%. O Cenário 3 totaliza uma área total de quadras de 118.800m², ocupa 26% do solo e computa uma área total construída de 310.680m². Já o cenário 4 possui uma área total de quadras de 74.129m² (redução de 37,60% em relação ao cenário 3), ocupa 28% do solo e computa uma área total construída de 193.408m² (redução de 37,74%).

5.2 UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA “VISTA ESTEREOGRÁFICA”

Para realizar análise do potencial energético solar foram obtidas, para cada tipo de malha, duas máscaras dos cenários urbanos bem como FVC e as horas de sol. As horas de sol nos pontos de referência determinados correspondem ao período de incidência solar nos dias de solstício. Os pontos escolhidos situam-se no centro das malhas, a fim de obter um mascaramento mais homogêneo. Na malha ortogonal este ponto se encontra exatamente no meio da quadra central, e na malha rádio-concêntrica situa-se na via central.

A seguir serão demonstradas apenas as simulações dos cenários 1 – malha ortogonal com máxima taxa de ocupação e menor gabarito – e cenário 4 – malha rádio-concêntrica com o máximo gabarito e mínima taxa de ocupação – por exemplificarem situações com mudanças significativas nas variáveis (tipo de malha e de ocupação no lote).

A figura 11 mostra os dados referentes às simulações para o cenário 1 e seu comportamento no solstício de verão e no solstício de inverno, o mesmo ocorrendo na figura 12 para o cenário 4. Pode-se observar que, como a volumetria e ponto de referência não modificaram para o solstício de inverno e verão, o FVC permanece o mesmo, variando apenas as horas de sol recebidas diariamente pelo ponto. Através da máscara constata-se que no solstício de verão as horas de incidência do sol no ponto referenciado, é cerca de nove horas a mais que no solstício de inverno para o cenário 1. Já para o cenário 4, o ponto de referência não recebe qualquer insolação.

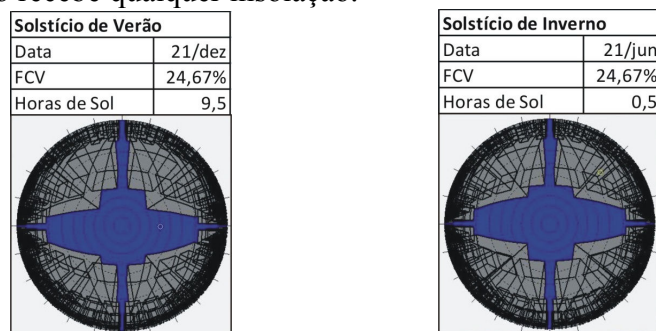


Fig 11. Máscaras obtidas da vista estereográfica para o Cenário 1

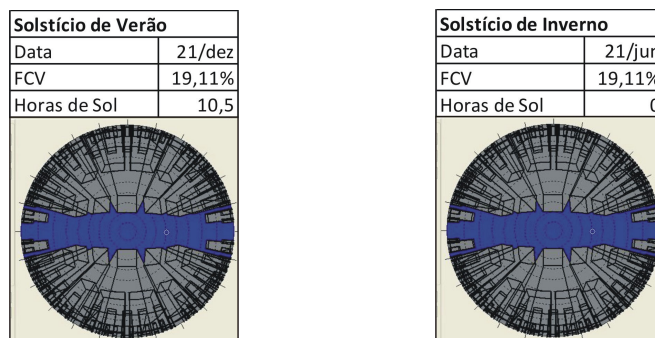


Fig 12. Máscaras obtidas da vista estereográfica para o Cenário 4

Comparando os cenários das diferentes malhas, foi confirmado o fato que quanto maior o índice de aproveitamento e menor a taxa de ocupação, mais reduzido será o valor do FVC. Como consequência, há uma redução da insolação nas fachadas dos edifícios, o que pode ocasionar, no inverno, mudanças micro-climáticas devido ao impacto negativo no aquecimento local prejudicando a convecção e, conseqüentemente, a troca de calor.

5.3 UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA ‘BLOCK MAGIC’

Nas simulações, automaticamente são lançados dados como altitude e azimuth que, segundo Lamberts *et al* (2005), são as informações necessárias para projetar uma sombra em uma determinada hora. Ao gerar imagens em 3D, o programa fornece opção de visualizar o sombreamento conforme o horário estipulado. Para fazer uma análise precisa do comportamento da insolação no decorrer do dia, em cada solstício e para cada cenário, foram simulados 3 horários distintos: 9h, 12h e 16h. Continuaremos aqui exemplificando as simulações dos cenários 1 e 4.

As figuras 13, 14 e 15, mostram o estudo para o cenário 1, de malha ortogonal com maior taxa de ocupação e menor índice de aproveitamento.

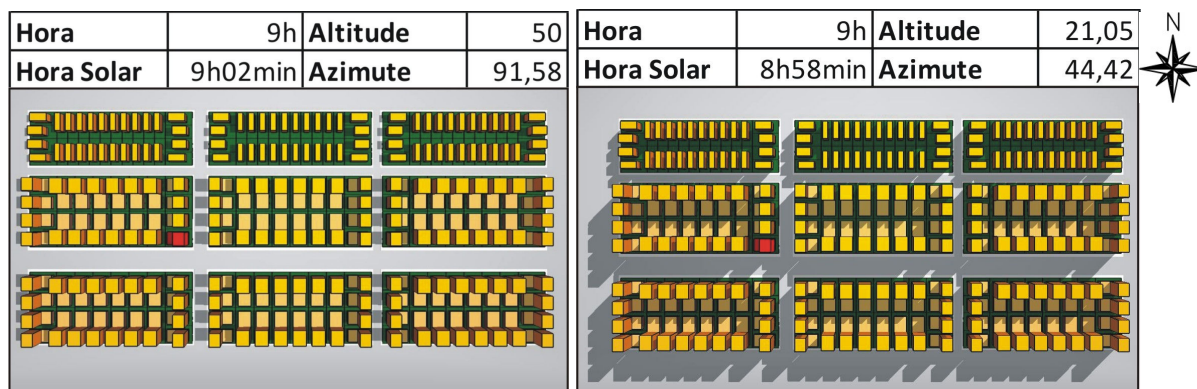


Fig 13. Cenário 1 no solstício de verão e inverno às 09:00 horas

A diferença entre o solstício de verão – onde se tem maior altitude e maior ângulo de azimuth – e o solstício de inverno – com ângulo de azimuth e altitude menores – é bem visível na figura 13. No verão as sombras atingem apenas as vias do sentido norte/sul, sem prejudicar a insolação nas fachadas leste das edificações, no horário das 9 horas, quando o sol é bem vindo. No inverno as vias são sombreadas em quase toda sua extensão, e as

fachadas leste e norte voltadas para as vias são parcialmente sombreadas. Exceção ocorre nas fachadas norte, voltadas para o centro das quadras, que permanecem ensolaradas.

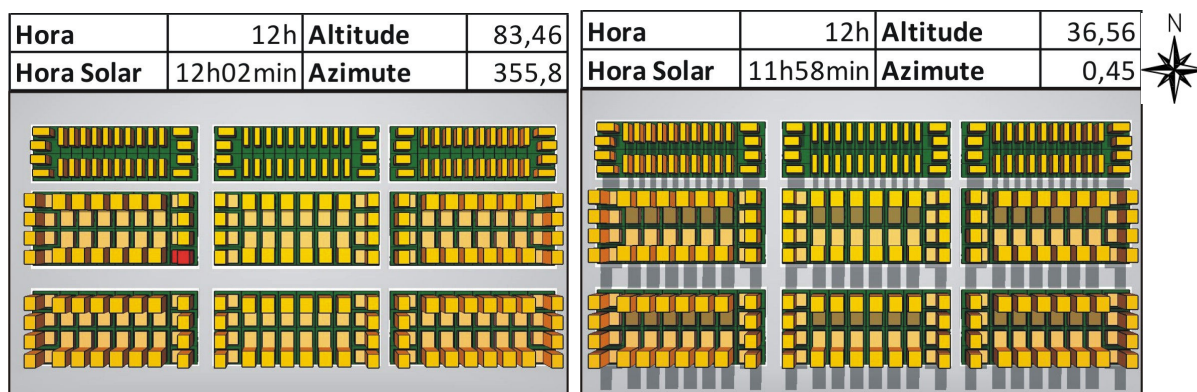


Fig 14. Cenário 1 no solstício de verão e inverno às 12:00 horas

No verão, a figura 14 constata que os raios solares, ao atingirem perpendicularmente a superfície, fazem com que não haja projeções de sombra nas superfícies verticais. Já no inverno, o sombreamento atinge apenas as vias do sentido leste / oeste, sem afetar as edificações. Isso ocorre devido à relação entre a altura das edificações e a largura das vias.

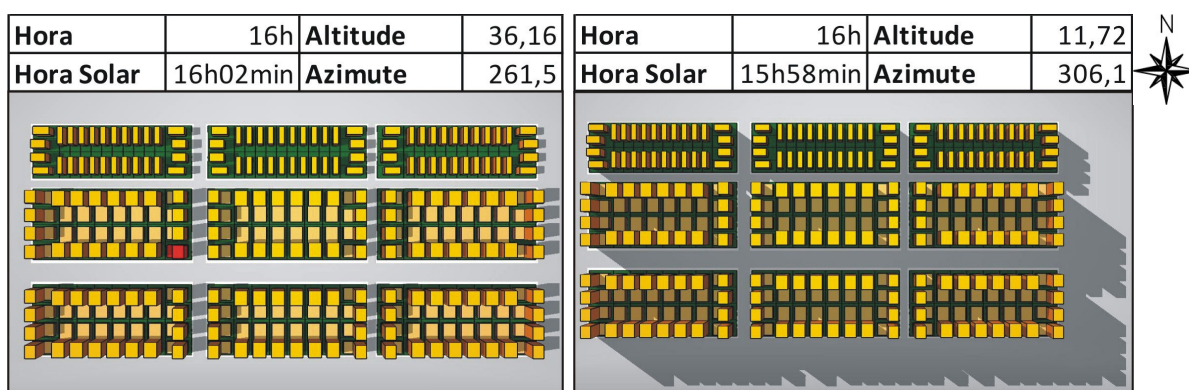


Fig 15. Cenário 1 solstício de verão e inverno às 16:00 horas

Foi constatado excesso de insolação nas vias e fachadas oeste dos edifícios no período do verão. Além disso, no período do inverno há um sombreamento demasiado nas fachadas, que se agrava nas vias mais estreitas.

Já as figuras 16, 17 e 18 exemplificam as simulações referentes ao Cenário 4 – malha rádio-concêntrica com menor taxa de ocupação e maior gabarito – e seu comportamento nos solstícios de verão e inverno.

Às 9 horas, figura 16, as sombras dos edifícios no solstício de verão atingem pequena porção das vias, fazendo com que a insolação nas fachadas leste e norte – quando os raios solares são desejáveis – não sejam prejudicadas. Já as fachadas leste, dos edifícios localizados nas duas quadras centrais, são sombreadas pelas edificações vizinhas. Para o solstício de inverno, quando há maior desejabilidade de insolação, as vias são sombreadas em quase toda sua extensão e, a quase totalidade das fachadas leste e norte, estão sombreadas pelos edifícios vizinhos.

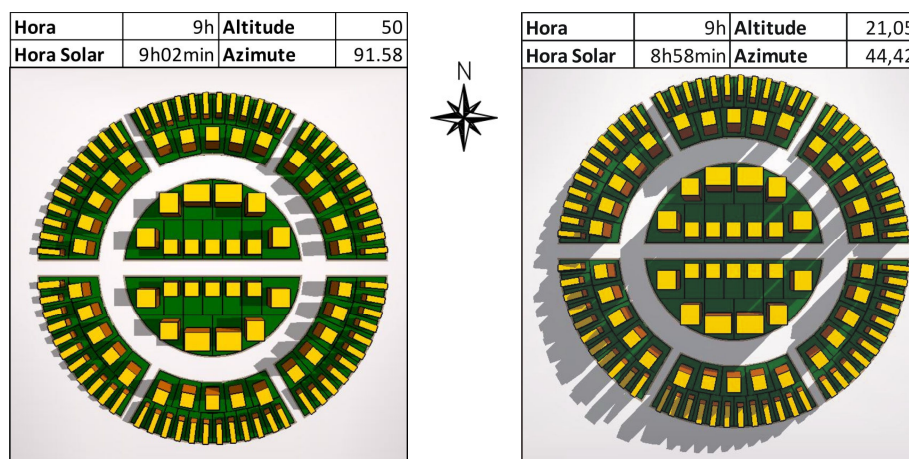


Fig 16. Cenário 4 no solstício de verão e inverno às 09 horas

Para as 12 horas de verão (Figura 17), conforme o esperado, as ruas recebem insolação total além de não haver projeção de sombra nas fachadas. Já no inverno o sombreamento atinge parcialmente as vias e as fachadas dos edifícios voltadas para o norte.

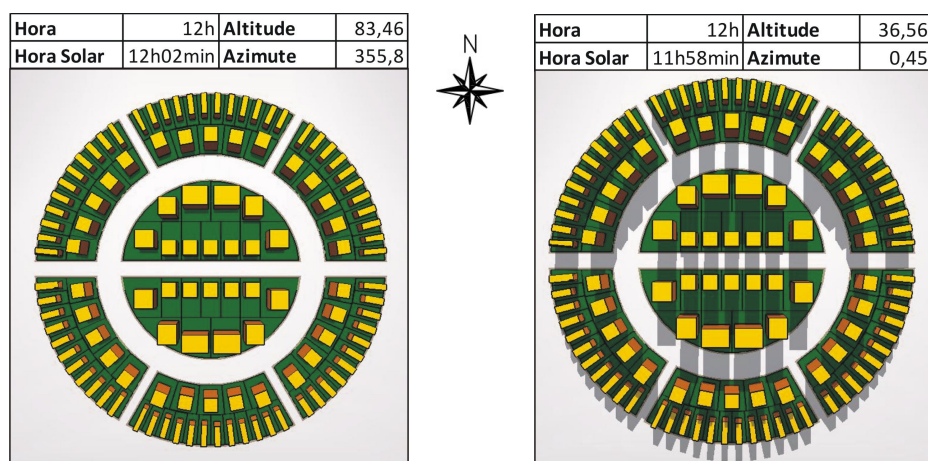


Fig 17. Cenário 4 no solstício de verão e inverno às 12 horas

A figura 18 mostra que às 16 horas, no solstício de verão, a metade oeste da via concêntrica se encontra parcialmente sombreada, assim como as fachadas voltadas para o oeste, o que é desejável. No inverno tanto as vias quanto as fachadas oeste se encontram mais sombreadas que no verão.

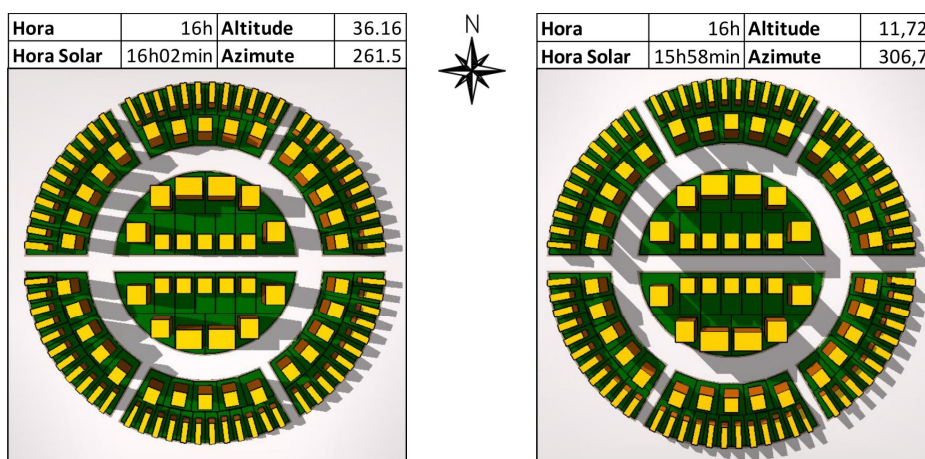


Fig 18. Cenário 4 no solstício de verão e inverno às 16 horas

Comparando os resultados obtidos nas diferentes malhas nos cenários 1 e 4, pode-se afirmar que, na malha rádio-concêntrica, houve um maior número de edificações cujas fachadas receberam insolação, nos diferentes horários do dia, tanto no inverno quanto no verão. Isso não seria o esperado, já que no cenário 4 utilizou-se um índice de aproveitamento maior que o do cenário 1, mantendo o mesmo afastamento entre as edificações, havendo, portanto, maior possibilidade de interferência da sombra de um edifício no outro. Essa afirmação pode ser comprovada no cenário 3 – malha ortogonal com maior índice de aproveitamento e menor índice de ocupação – para o solstício de inverno as 16 horas, onde temos o caso mais crítico de todos cenários.

No entanto, a maior insolação do cenário 4, pode ser explicada pelo fato da malha rádio-concêntrica ter possibilitado um maior número de lotes voltados para as vias com maior largura, facilitando a penetração dos raios solares. Deve-se ressaltar a importância da relação entre a altura da edificação, afastamentos e a largura da via. Essa relação é também comprovada, em ambas as malhas, pela insolação menor nas fachadas voltadas para as vias mais estreitas e nas fachadas das divisas entre lotes.

6 CONCLUSÃO

Nota-se, em todas as simulações, que os índices utilizados do PD de Florianópolis não são eficientes para um melhor aproveitamento do potencial energético solar. A partir dos resultados expostos, concluiu-se que não é possível definir qual tipologia de malha pode proporcionar melhor desempenho que vise um melhor aproveitamento energético. As observações relacionadas à insolação demonstraram que, nas distintas malhas urbanas, não é o desenho do traçado que interfere diretamente na exposição dos edifícios ao sol, mas sim os índices do PD. Portanto, para cada sítio, é fundamental aliar o desenho da malha urbana aos índices previamente definidos por um planejamento adequado às características naturais. Só assim, é possível proporcionar um equilíbrio no aproveitamento do potencial energético em todas as estações do ano.

Para a realização de futuros trabalhos que utilizem o *software CityZoom* em simulações de malhas urbanas, foram levantadas algumas considerações para facilitar sua manipulação.

Primeiramente, como o programa encontra-se em desenvolvimento, é mais interessante simular malhas urbanas com formatação simples, fazendo uso de linhas retas, evitando a

construção manual dos edifícios e obtendo uma maior credibilidade nos resultados. Outra questão é em relação aos pontos do observador, pois para se ter uma análise mais precisa, o ideal seria aplicar o ponto do observador em mais locais de cada malha. Dessa forma, a diversidade de simulações comprovaria os resultados já obtidos.

Finalmente, para que o programa possa ser utilizado em larga escala, sugerimos o seu aprimoramento. É primordial que o mesmo aceite a leitura de todos os tipos de malhas possíveis, bem como sua aplicação em qualquer topografia. Uma análise mais realista também requer diferentes possibilidades volumétricas para os edifícios, adaptando-os a diversidade morfológica dos lotes.

8 BIBLIOGRAFIA

Instituto de planejamento urbano de Florianópolis (1998) **Florianópolis: Plano Diretor do Distrito Sede**. Florianópolis: IPUF.

Kranz, Patrícia (1997) **Agenda 21: Vitória do Futuro**. Vitória: Secretaria Municipal do Meio Ambiente.

Lamberts, Roberto; Ghisi, Enedir; Abreu, Ana Lígia Papst de; Carlo, Joyce (2005) **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: LabEEE, p.43, 90pgs.

Leder, Solange Maria (2007) **Ocupação urbana e luz natural: proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade de luz natural**. UFSC. Florianópolis.

Mascaró, Juan Luís (1997) **Manual de Loteamentos e Urbanização**. 2 ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto.

Mascaró, Lúcia (1996) **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: SAGRA.

Moretti, Ricardo de Sousa (1986) **Manual de recomendações para a elaboração de projetos**. São Paulo, IPT.

Pereira, F. O. R.; Silva, C. A. N.; Turkienicz, B (2001) **A methodology for sunlight urban planning: a computer based solar and sky vault obstruction analysis**. *Solar Energy*, Great Britain, jan. 2001, p.217-226.

SIMMLAB, FAU/UFRGS **Manual CityZoom 14.3**. Porto Alegre.

Spirn, Anne Whiston (1995) **O Jardim de Granito: A Natureza no Desenho da Cidade**. Tradução de Paulo Renato Mesquita Pellegrino. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.