



IMPACTO DE PARÂMETROS DE OCUPAÇÃO URBANA NA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA COM SISTEMAS INTEGRADOS ÀS FACHADAS

Laura Rendón Gaviria (1); Fernando Oscar Ruttkay Pereira (2); Martín Ordenes Mizgier (3)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, supergirl_887@hotmail.com

(2) PhD, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, feco@arq.ufsc.br

(3) PhD, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, martin@arq.ufsc.br
Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Labcon

RESUMO

O processo de adensamento das cidades, somado ao aumento no consumo de energia fazem dos centros urbanos um dos setores de maior impacto no balanço energético mundial. A geração de energia fotovoltaica apresenta uma grande vantagem visto que geração e consumo podem ter coincidência espacial e temporal. Além disso, no caso das cidades, as edificações apresentam formatos principalmente verticais e existe escassez de áreas horizontais disponíveis para a instalação de painéis fotovoltaicos. O objetivo do presente trabalho é então, avaliar o potencial de aplicação de painéis fotovoltaicos em fachadas de edificações dentro de diferentes configurações urbanas, considerando o impacto do entorno construído. Foram analisados diferentes modelos variando parâmetros arquitetônicos e urbanos, por meio de simulações dinâmicas no plug-in Diva dentro do programa Rhinoceros. Estabeleceu-se para cada configuração urbana o potencial de geração fotovoltaica das superfícies verticais opacas e finalmente foram identificados os modelos Miolo de Quadra como aqueles que apresentam a melhor relação entre demanda e geração. Os resultados desse estudo indicam que a determinação da eficiência dos modelos depende em grande medida da disponibilidade de superfícies para a geração FV (Fachadas ou Fachadas e Cobertura). Comprovou-se que conforme a Taxa de Ocupação aumenta, a razão entre geração e consumo possui uma tendência de aumento quando a conversão é realizada em fachadas e cobertura. No entanto, quando a integração FV se realiza apenas nas fachadas essa tendência se inverte. Observou-se que com a mudança da Taxa de Ocupação a influência dos parâmetros de construção no potencial de geração é variável.

Palavras-chave: Irradiação solar, Potencial fotovoltaico, Sistemas integrados, Contexto urbano, Relação geração/consumo.

ABSTRACT

Cities densification process and increasing energy consumption make the urban environments one of the greatest influences on energy balance, being responsible for 70% of the total energy consumption. Regarding PV energy conversion, the great advantage is the possibility of spatial and temporal coincidence of generation and consumption. In cities, buildings present mainly vertical formats and there are not enough horizontal areas available for PV installation. Thus, the objective of this work is to assess the PV application potential in building facades within different urban contexts, considering the surroundings impact on the solar radiation availability. Different occupation models were analyzed varying architectural and urban parameters, through dynamics simulation using the plug-in Diva, for Rhinoceros. There was established the PV conversion potential for every non-glass vertical surface and finally the Cloister's models were identified like the most efficient ones. The survey results indicated that the determination of the model's efficiency highly depends on the type of surface available for PV integration. Was proof as well, that whit the increasing of occupation rate, the potential for energy generation have a growing tendency when the conversion occur on the facades and on the roof. However, when the conversion occurs just on facades, the tendency inverts. It was observed that when the occupation rate is modified, the influence of construction parameters on the energy generation potential is variable.

Keywords: Solar radiation, Photovoltaic generation, Building Integrated Photovoltaic, Urban environment, Generation/consumption ratio.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de urbanização dos territórios vêm ocorrendo com uma tendência crescente e ocasionando significativos acréscimos nos consumos energéticos, simplesmente pelo aumento na quantidade de pessoas e equipamentos estabelecidos no mesmo território. Conforme Assis (2002), o adensamento dos núcleos urbanos pode ocasionar reduções importantes nos desempenhos dos edifícios e, conseqüentemente, aumentos sensíveis no consumo de energia referente à iluminação artificial e condicionamento do ar das edificações.

De acordo com Ruano (1999), os centros urbanos são responsáveis por 70% do total da energia consumida no mundo. Por sua vez, as edificações comerciais e residenciais computam 52% da energia elétrica consumida na América Latina (IEA, 2011). Fica claro então, o impacto significativo que têm as cidades, como unidades e como sistemas, sobre o consumo final da energia e, conseqüentemente, o potencial existente para diminuição de forma significativa de grande parcela de energia que é consumida pelas edificações residenciais e comerciais, considerando que pequenas diminuições no consumo, podem representar grandes economias energéticas.

O consumo final de energia no planeta tem apresentado uma tendência de crescimento de aproximadamente 2% por ano, porém, a parcela dessa energia que é gerada por fontes renováveis só experimentou um crescimento de 1,7% desde 1973 até 2009 (IEA, 2011).

No caso do Brasil, por se tratar de um país tropical com alta disponibilidade de irradiação solar, a geração de energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico tem um grande potencial. Além de ser uma fonte renovável e praticamente inesgotável, a radiação solar é não poluente, silenciosa e não causa efeitos negativos sobre o meio ambiente. Os centros urbanos apresentam as maiores densidades construídas, com predominância de edificações de grande altura com usos comerciais e residenciais; estas são responsáveis por 11% e 23% do total da energia elétrica consumida no Brasil, respectivamente (LAMBERTS; PEREIRA; DUTRA, 1997). Nesses casos, devido à reduzida disponibilidade de superfícies horizontais para a instalação de painéis fotovoltaicos, urge a avaliação do potencial das superfícies verticais como local de instalação dos painéis.

À luz da resolução normativa No. 482 (ANEEL, 2012), as edificações com instalação de sistemas fotovoltaicos têm a possibilidade de interligação à rede elétrica pública de forma a usufruir da energia quando a geração fotovoltaica não seja suficiente e injeta-la quando a geração supere o consumo. Por essa razão foram comparados os dados compilados de geração e consumo de um ano completo. Desta forma, o objetivo principal do presente trabalho é avaliar o potencial de geração de energia elétrica através de sistemas de painéis fotovoltaicos nas fachadas de edificações em função de diferentes configurações urbanas, considerando o impacto do entorno construído sobre a disponibilidade de irradiação solar no meio urbano.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar o potencial de geração de energia elétrica através da aplicação de painéis fotovoltaicos em fachadas de edificações em diferentes configurações urbanas.

3. MÉTODO

A seguir são descritos os procedimentos desenvolvidos ao longo da pesquisa.

3.1 Definição dos cenários urbanos

Os modelos dos cenários urbanos foram construídos com o intuito de avaliar a influência dos principais parâmetros utilizados no controle da ocupação urbana.

Estão listadas a seguir as variáveis utilizadas para a geração dos diferentes cenários:

- **Área de análise dos cenários.** Foi estabelecida uma área quadrada de 100 m x 100 m, representando uma porção de cidade onde foram inseridas 25 edificações uniformemente espaçadas entre si.
- **Área construída.** Esse parâmetro foi mantido constante e estabelecido em 35965,62 m². Refere-se à área total construída de cada modelo.
- **Taxa de ocupação (T.O).** É definida como a razão entre a projeção horizontal da área construída e a área total do terreno/lote, expressa percentualmente. Foram definidas três porcentagens diferentes, 20%, 30% e 40%.

- **Tipologia urbana.** Foram definidas três tipologias urbanas a serem aplicadas nas três plantas urbanas base geradas: Uniforme, Pirâmide, Mista, Miolo de Quadra e Crescente (Figura 1).
- **Largura das ruas.** Os modelos foram construídos replicando-se a quadra base nove vezes e avaliando só a quadra central, garantindo assim a representação de vizinhança de um contexto urbano. As separações entre as quadras (ruas), foram definidas como vias de 16 metros.

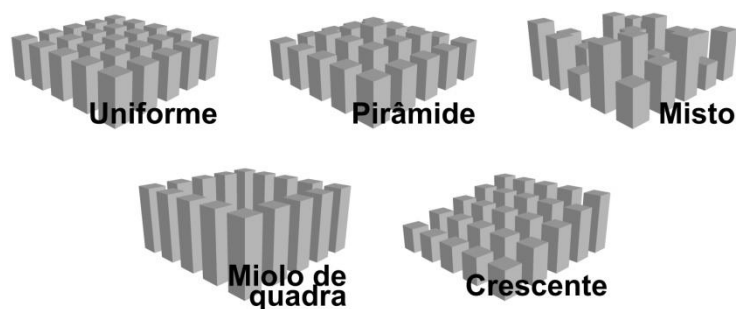


Figura 1.Tipologias urbanas selecionadas para a criação dos modelos.

Com estas escolhas e a combinação das tipologias e taxas de ocupação, foram produzidos 24 cenários urbanos.

3.2 Simulações da disponibilidade de radiação solar

A partir da construção dos 24 modelos urbanos no programa Rhinoceros, foram feitas simulações de disponibilidade de radiação solar nas superfícies das edificações da quadra central, por meio do Plug-in DIVA. As simulações foram realizadas com base no arquivo climático TRY (Test Reference Year), da cidade de Florianópolis, possibilitando a realização de simulações dinâmicas.

3.2.1 Criação das Faixas de Disponibilidade Solar

As superfícies de cada edificação foram divididas em três faixas de Disponibilidade de Radiação Solar (DRS). As faixas foram estabelecidas com base nos níveis mínimos de radiação para aproveitamento FV recomendados na Europa. Segundo Cronemberger; Caamaño-martín e Sánchez, (2012), o limite mínimo europeu é recomendado como 60% do valor máximo disponível.

Levando-se em consideração a grande quantidade de obstruções que apresentam as superfícies verticais nos diferentes cenários, adotou-se, como limite mínimo de radiação solar disponível para aproveitamento fotovoltaico, 40% do máximo total disponível. A definição das faixas DRS é indicada na Tabela 1.

Tabela 1– Definição das faixas DRS segundo a disponibilidade de radiação solar.

Faixas DRS	Disponibilidade de radiação solar
Baixa	0 – 550 kWh/m ² /ano
Média	551 – 800 kWh/m ² /ano
Alta	> 800 kWh/m ² /ano

3.2.2 Definição do PAF

Para avaliar o real potencial que tem uma determinada fachada para receber módulos fotovoltaicos opacos integrados à fachada, é necessário considerar o espaço disponível, descontando-se a área das aberturas. Para a definição dos valores do Percentual de Abertura de Fachada (PAF) a serem aplicados nas fachadas, foram consideradas as três Faixas de Disponibilidade Solar, conforme a Tabela 2.

3.2.3 Escolha das características do sistema FV

Foi escolhido um módulo de Silício Multicristalino do fabricante Yingli Solar, modelo YL 180P-23b, com uma eficiência de 13,9% e uma potência nominal de 180 W.

Tabela 2 - Atribuição dos valores de PAF às faixas DRS

Faixa DRS	PAF
Baixa	75%
Média	50%
Alta	25%

3.2.4 Cálculo da geração de energia

A área de superfície disponível para a instalação dos painéis foi calculada para cada um dos cenários urbanos, já com os valores de PAF correspondentes, dependendo da faixa DRS na qual as porções das fachadas foram classificadas.

A partir dos dados de disponibilidade de irradiação solar e levando em consideração o sistema FV adotado, foi calculada a quantidade de energia produzida por cada bloco no período de um ano. Por fim, as gerações energéticas das 25 edificações de cada contexto foram somadas, resultando na quantidade total de energia gerada em cada modelo urbano. O cálculo foi realizado por meio da seguinte equação:

$$E = G \times r \times Pcc \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

E é a energia gerada, em kWh/ano,

G é a irradiação anual recebida no plano do painel fotovoltaico (kWh/m²), dividida pela irradiância de referência de 1 kW/m², expressa em número de horas (h)

r é o rendimento ou coeficiente de desempenho do sistema fotovoltaico como um todo. Foi adotado 0,80 por ser um valor comumente recomendado na literatura (RÜTHER, 2004; ZOMER, 2010).

Pcc é a potência do sistema em corrente contínua (kW).

A faixa DRS Baixa não foi levada em consideração como superfície aproveitável para instalação de painéis FV, visto que os níveis de irradiação são inferiores ao limite calculado como mínimo recomendado para o caso de Florianópolis. Adotou-se um consumo constante, baseado no estudo de Santana (2006). Conforme a autora, para a tipologia predominante de edificações comerciais em Florianópolis, pode-se estabelecer um consumo de 89 kWh/m²/ano.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesse item serão apresentados os principais resultados encontrados no desenvolvimento da metodologia proposta. Inicialmente, foi indicada a distribuição das áreas nas diferentes Faixas DRS. Em seguida foram calculadas as áreas das edificações disponíveis para conversão FV, após diminuir a porcentagem de PAF. Finalmente, foi calculada a geração energética de cada modelo e realizada a comparação de geração e consumo de forma a encontrar o desempenho de cada cenário.

4.1 Divisão das Faixas de Disponibilidade de Radiação Solar

Foram calculadas as áreas de cada modelo pertencentes a cada faixa DRS. A Figura 2, apresenta a comparação das áreas dos modelos e a subdivisão nas diferentes faixas.

Conforme a Figura 2, nos modelos com T.O de 20%, em torno de 78% da área total das superfícies foi classificada na faixa DRS Baixa; nos modelos de T.O de 30% esta porcentagem caiu para 72% e finalmente nos modelos com T.O de 40%, a faixa Baixa representou entre 66 e 70% da área total. É verificado também, que conforme o nível de T.O aumenta, as áreas classificadas na Faixa Baixa variam em maior grau. O elevado nível de obstrução apresentado pelas fachadas nos cenários com menores afastamentos entre os prédios é provavelmente o aspecto responsável por este efeito. Já na Faixa Alta, as áreas das fachadas não apresentam uma distribuição tão equilibrada. A porcentagem da área nos modelos com T.O 20% varia desde 3,2% (20_cre_N e 20_mio_T) até 4,3% (20_mis_T), nos modelos de 30% de T.O, o valor se amplia para 4% no modelo 30_mio_T, até 5,6% no modelo 30_mis_T. Finalmente, entre os cenários com 40% de T.O, a diferença aumenta ainda mais indo desde 3,6% (40_uni_T) até 6,9% (40_mis_T). As maiores porcentagens de área classificadas na Faixa DRS Alta, ocorrem nos modelos Mistos, para todos os níveis de T.O. Os modelos com menor T.O possuem um comportamento mais previsível, porém, conforme a taxa aumenta, o comportamento dos cenários apresenta maiores variações. Isto indica que a influência da tipologia urbana utilizada, aumenta conforme o nível de T.O vai crescendo.

Os modelos que possuem as maiores diferenças entre as áreas correspondentes a cada Faixa DRS, são os cenários Miolo de Quadra, visto que a menor quantidade de edificações reduz significativamente a área disponível de cobertura. Contudo, nos modelos de T.O 20%, a faixa Alta apresenta áreas similares nas fachadas e nas coberturas, visto que é um modelo com uma área de cobertura bastante reduzida. Embora a cobertura seja usualmente a superfície com maior irradiação solar, nesses casos, considerando a divisão das faixas, as fachadas dos últimos andares apresentam uma disponibilidade de área com um potencial de

conversão próximo ao da cobertura.

Cabe salientar que, embora os modelos com taxas de ocupação mais baixas apresentam maiores áreas disponíveis para a instalação de painéis FV e maiores afastamentos entre edificações, a relação entre a área total externa dos modelos uniformes e a área pertencente à faixa Média (entre 551 e 800 kWh/m²/ano) não é diretamente proporcional. Dentre os cenários Uniformes, é no modelo 20_uni_T onde se encontra a maior área na faixa Média; já na faixa Alta, é o modelo 30_uni_T que apresenta maior área, quando levadas em consideração as superfícies das fachadas e cobertura. É evidente que com o aumento da T.O, a área classificada na Faixa Alta se reduz drasticamente, nas edificações ao interior do modelo. Porém, as edificações do perímetro, mantêm as condições de radiação praticamente inalteradas, visto que a separação entre o modelo e o contexto permanece constante.

Nos cenários Pirâmide, é evidente o benefício que apresenta o aumento gradativo das alturas, sobretudo nas áreas correspondentes à Faixa DRS Alta, que apresentam aumentos de 0,7%, 0,5% e 1,6% (para os T.O de 20, 30 e 40%, respectivamente), quando comparados com os modelos Uniformes.

No caso dos modelos Mistos, pela aleatoriedade nas alturas das edificações observam-se amplas áreas de fachada bastante expostas e outros prédios com níveis de radiação bastante restritos pelo sombreamento. Infere-se que a disponibilidade de radiação solar nas superfícies externas teria um comportamento menos previsível, porém, é conferido um efeito de compensação entre os níveis máximos e mínimos de radiação solar. Este fenômeno traz como consequência que a quantidade total de irradiação solar é similar à recebida nos cenários Uniformes.

Vale a pena salientar que embora as condições de acessibilidade solar sejam bastante superiores nas fachadas dos modelos Miolo de Quadra, a diminuição no número de blocos, e conseqüentemente, na área de superfícies externas disponíveis para integração FV é um fator de peso na disponibilidade de radiação solar. Nesses cenários é observado também que as edificações que apresentam melhores desempenhos não pertencem ao lado Norte da quadra. Isto pode ser explicado pelo fato de que a maior quantidade de radiação vinda do Norte tem mais fácil acesso aos blocos do lado Sul por meio do vazio da quadra. Similarmente as edificações no Leste e Oeste recebem apreciáveis quantidades de radiação através do vazio. Pode-se conferir então, que as fachadas voltadas para o interior do cenário são as que contam com os melhores desempenhos. No caso do modelo 40_mio_T, embora tenha a mesma área de cobertura em cada edificação, o número reduzido de edificações traz como decorrência um decréscimo significativo na disponibilidade de radiação solar.

Nos cenários Crescentes, poderia se inferir que o melhor desempenho se apresentaria nos casos voltados para o Norte, visto que as maiores edificações estariam voltadas para esta orientação. Porém, é interessante constatar que a situação se inverte, ou seja, é a orientação Sul que conta com os melhores desempenhos. Isso está explicado pelo fato de que as áreas superiores das fachadas de cada edificação não apresentam bloqueio algum por causa da redução da altura das edificações contíguas. Assim, a soma dessas pequenas áreas sem restrições na insolação é maior do que a área de fachada, desprovida de bloqueios, das edificações mais altas. É interessante ressaltar, que são nos cenários orientados para o Norte, que as coberturas das edificações mais baixas apresentam melhores desempenhos. Novamente, poderia parecer contraditório, visto que nestes casos estas edificações estão viradas para o Sul. Contudo, é a influência do entorno o que acarreta o fenômeno.

Contudo, na somatória das áreas de fachadas e cobertura, o modelo com maior área na faixa Alta é o 40_mis_T, o que pode ser explicado pelo maior tamanho das coberturas e as grandes áreas verticais que não apresentam bloqueios por causa da variação dos gabaritos.

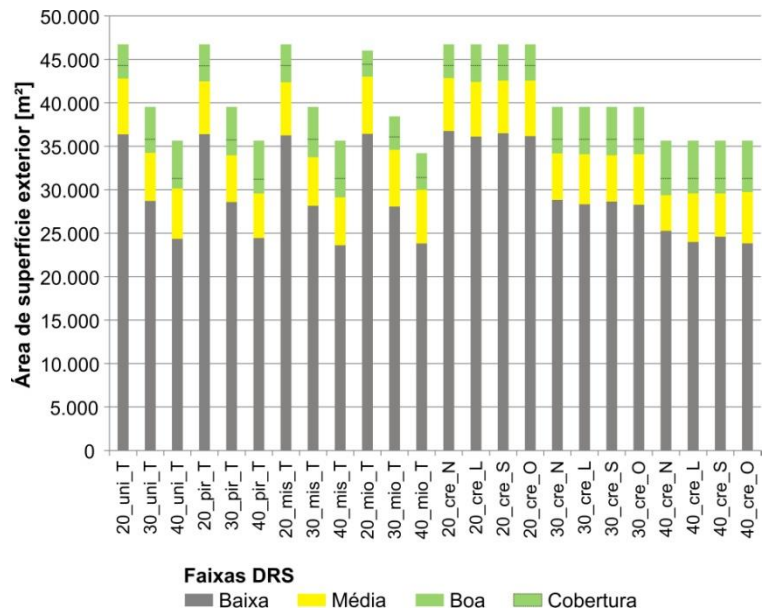


Figura 2. Divisão das áreas dos modelos nas diferentes faixas DRS.

4.2 Cálculo da área opaca disponível para instalação dos painéis

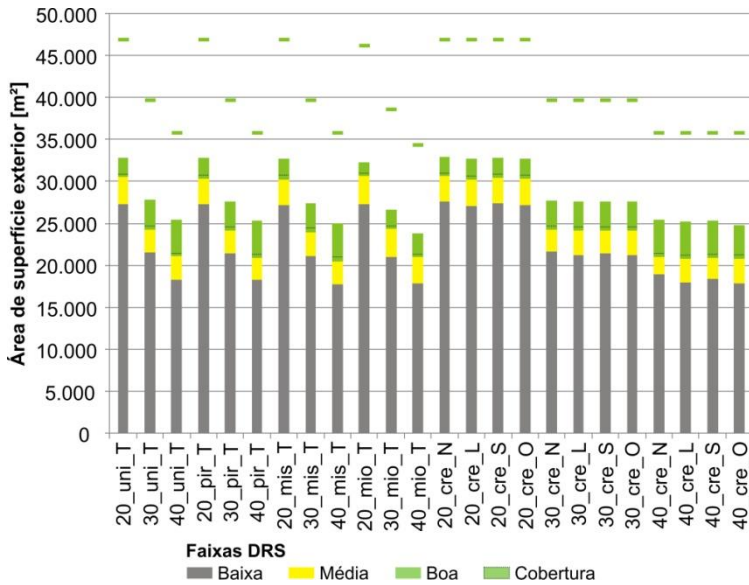


Figura 3. Divisão das áreas efetivas para integração FV dos modelos nas diferentes faixas DRS, subtraindo o PAF.

Como já colocado anteriormente, para o cálculo da geração fotovoltaica é importante levar em consideração a presença de aberturas, nas quais não é possível a instalação de painéis FV. Na Figura 3 são apresentadas as áreas resultantes da redução do PAF em cada faixa DRS.

Depois do recálculo das áreas, são os modelos Mistos os que têm maior disponibilidade de radiação solar na Faixa Alta das superfícies verticais, e esta apresenta aumentos diretamente proporcionais ao aumento no T.O. Já no caso dos modelos Miolo de Quadra e Uniformes, o cenário com T.O de 30% apresenta a maior quantidade de área correspondente à Faixa Alta.

4.3 Cálculo da geração de energia elétrica

Conforme Figura 4, em todos os modelos, à medida que a Taxa de Ocupação aumenta, a quantidade de energia gerada (fachadas + cobertura) também aumenta, em especial devido às coberturas. Porém, o aumento na geração de energia não registra uma tendência linear como apresenta o aumento dos níveis de T.O. Também é percebido que o aumento da Taxa de Ocupação não representa aumentos diretamente proporcionais na geração energética, mostrando uma curva de crescimento não linear e com tendência à estabilização. Esta condição deve acontecer em torno da condição de edificações térreas com T.O teórica de 100%, quando a geração seria máxima através das coberturas. Entretanto, quando é verificada a geração de energia só das fachadas, o aumento do T.O provoca uma leve tendência de diminuição na produção de energia.

É interessante apontar que dependendo do tipo de integração FV, unicamente nas fachadas ou tanto em fachadas quanto em coberturas, resultará conveniente ou não o aumento da Taxa de Ocupação. No caso dos modelos que possam integrar os sistemas FV em fachadas e coberturas, resulta mais vantajoso uma tipologia com T.O maior. Contudo, se a integração FV for realizada unicamente nas fachadas, são recomendados modelos com níveis de T.O menores para alcançar maior geração. É evidente, na Figura 4 a tendência da geração de energia dos modelos quando consideradas as coberturas como superfícies conversoras e quando consideradas só as fachadas.

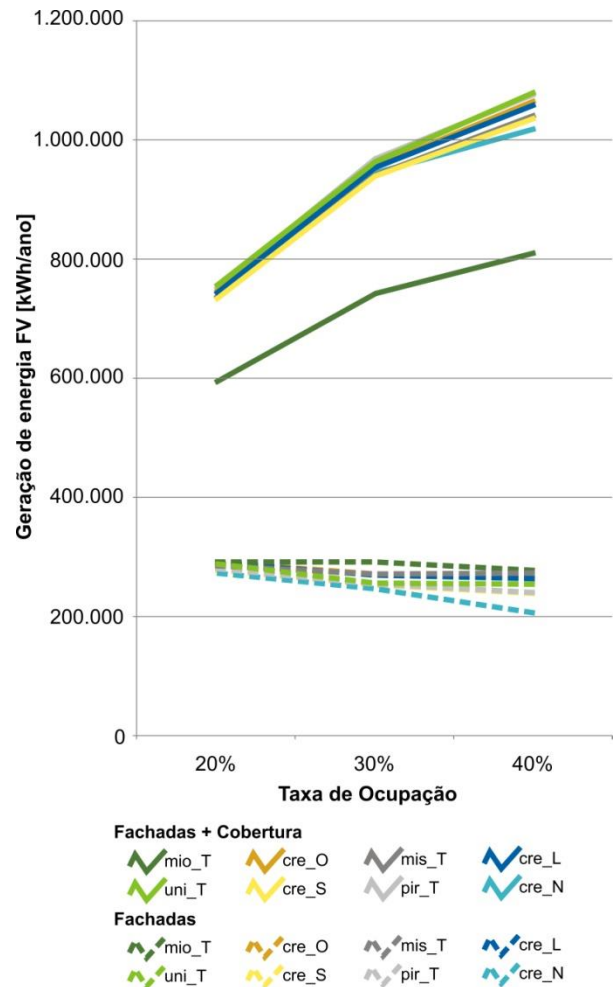


Figura 4. Comparação da geração de energia dos modelos.

4.4 Comparação entre geração e consumo

A Figura 5 apresenta a razão entre geração/consumo de energia para os diferentes cenários. Isto significa que quanto maior o valor, uma maior porção do consumo estará sendo atendido pela geração local.

Os modelos do cenário Pirâmide apresentam razões levemente superiores que as dos outros cenários, seguidos pelos modelos Crescentes. Já os modelos dos cenários Uniformes e Mistos possuem comportamentos similares e levemente inferiores do que observados nos Crescentes. Finalmente, e com uma relação geração/consumo apreciavelmente inferior, estão os modelos Miolo de Quadra. Um aspecto relevante é que a razão aumenta com a T.O quando se considera a energia gerada nas fachadas e nas coberturas, mas a tendência se inverte quando se computa apenas a energia gerada nas fachadas, como já foi observado na Figura 5, com as fachadas apresentando uma participação na geração total de energia de aproximadamente 10%.

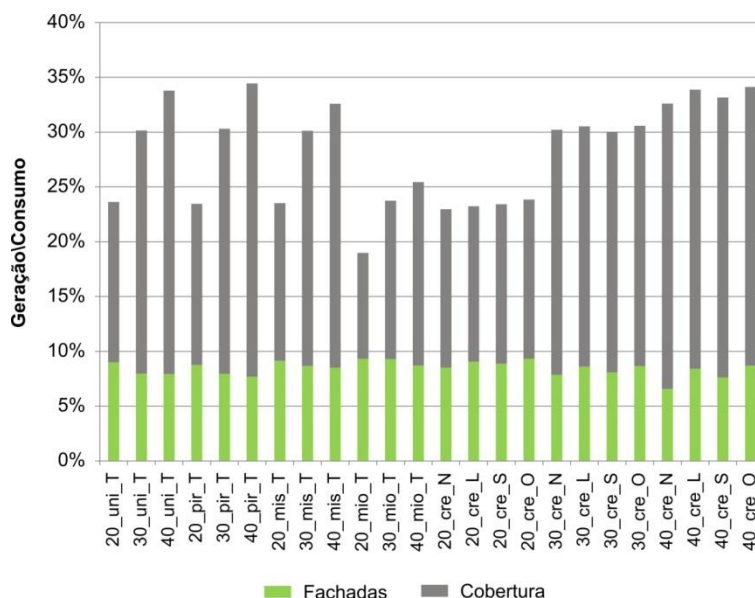


Figura 5. Relação entre geração e consumo. Percentagem do consumo gerado pela produção FV.

4.5 Fichas resumo da eficiência geral dos modelos

Nesta seção são apresentadas as fichas resumo da relação entre geração e consumo de cada cenário. Na parte esquerda da ficha apresenta-se a planta do modelo, ressaltando os cinco prédios que possuem as maiores contribuições na geração energética. No lado direito são apresentadas as contribuições de cada edificação na produção de energia total. Finalmente, na parte superior, encontram-se a identificação do modelo e a porcentagem do consumo total anual que a geração FV consegue atender.

Percebe-se na Figura 6, que no caso dos cenários Uniformes com T.O de 20%, as edificações que contribuem em maior medida à geração de energia, são edificações perimetrais, na sua maioria nas esquinas do modelo, porém só uma delas está orientada para o Norte. Levando em consideração que o afastamento entre edificações, nesse caso é similar ao afastamento entre o modelo de quadra e o contexto edificado, é conferida uma influência importante da orientação e da localização dos prédios dentro do próprio cenário. Já nos modelos 30_uni_T e 40_uni_T o desempenho das edificações se vê influenciado pela redução do afastamento entre blocos, incorrendo em uma tendência clara dos prédios perimetrais orientados ao Norte apresentarem melhores desempenhos.

Nos cenários Pirâmide, é clara a variação da influência dos parâmetros segundo o valor da T.O. Conforme a Figura 6, nos modelos com taxa de ocupação 20% é evidente a influência do gabarito, visto que as edificações com melhores desempenhos são os prédios de altura maior e média, nenhum deles é um dos prédios mais baixos. No caso dos cenários com 40% de taxa de ocupação, acentua-se a influência da orientação no desempenho do cenário, visto que dois dos prédios mais baixos fazem parte dos blocos que mais contribuem na geração. Isto é explicado pelo fato de que, conforme o nível de T.O aumenta, o afastamento dos prédios vai diminuindo e então a acessibilidade solar nas fachadas diminui drasticamente.

As edificações que expõem os melhores desempenhos nos Modelos Mistos são na maioria, aquelas que contam com gabaritos mais altos e por tanto possuem maior exposição solar (Figura 7).

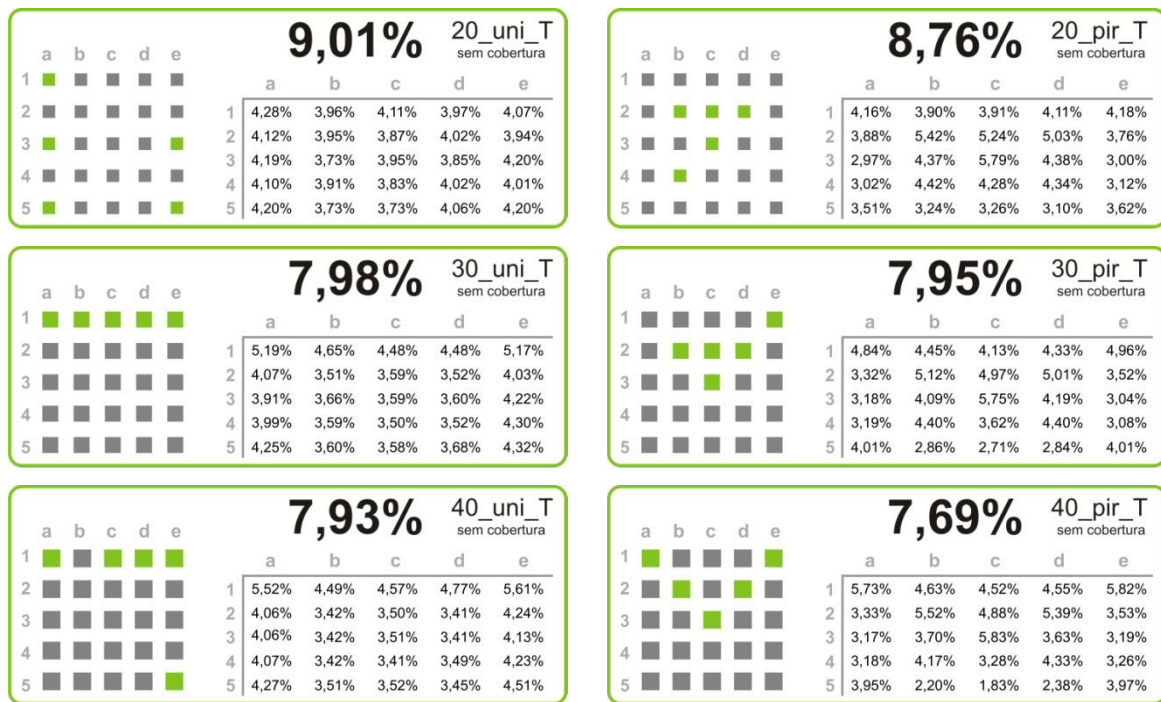


Figura 6. Fichas resumo do desempenho particular das edificações e da relação Geração/Consumo dos modelos Uniformes e Pirâmide.

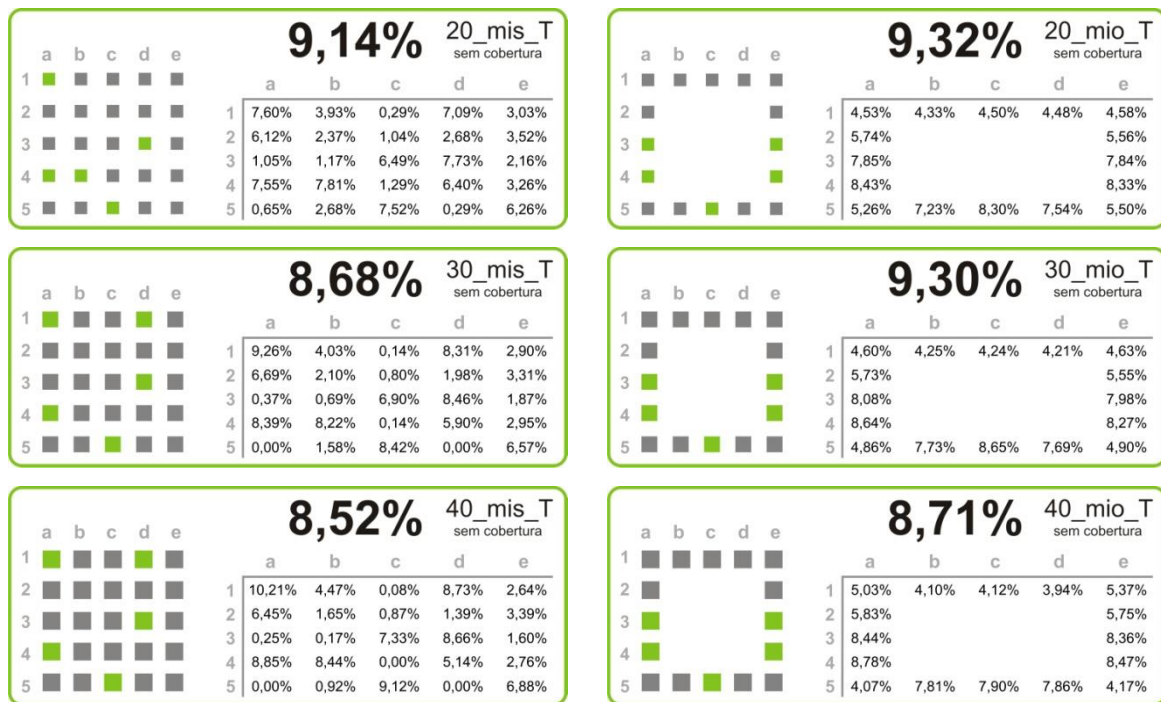


Figura 7. Fichas resumo do desempenho particular das edificações e da relação Geração/Consumo dos modelos Mistos e Miolo de Quadra.

Todavia, conforme a Figura 7, o grupo dos modelos Miolo de Quadra possui os melhores desempenhos quando consideradas unicamente as superfícies verticais como superfícies de conversão. É importante salientar que dependendo das condições de obstrução do entorno, torna-se fundamental levar em consideração a radiação solar vinda de Leste e Oeste, visto que é uma parcela importante da radiação total.

No caso dos cenários Crescentes, são os orientados para o Oeste, os que apresentam os melhores desempenhos, com as três taxas de ocupação. Na totalidade dos modelos orientados para o Norte, o Leste e o Oeste, os prédios mais altos (virados para a orientação indicada em cada caso), são os que apresentam os

melhores desempenhos de cada cenário. Porém, nos modelos 30_cre_S e 40_cre_S, por se tratar de uma orientação pouco vantajosa para os prédios maiores, a influência da insolação proveniente de Leste e Oeste supera a contribuição dos blocos mais altos (Figuras 8 e 9).

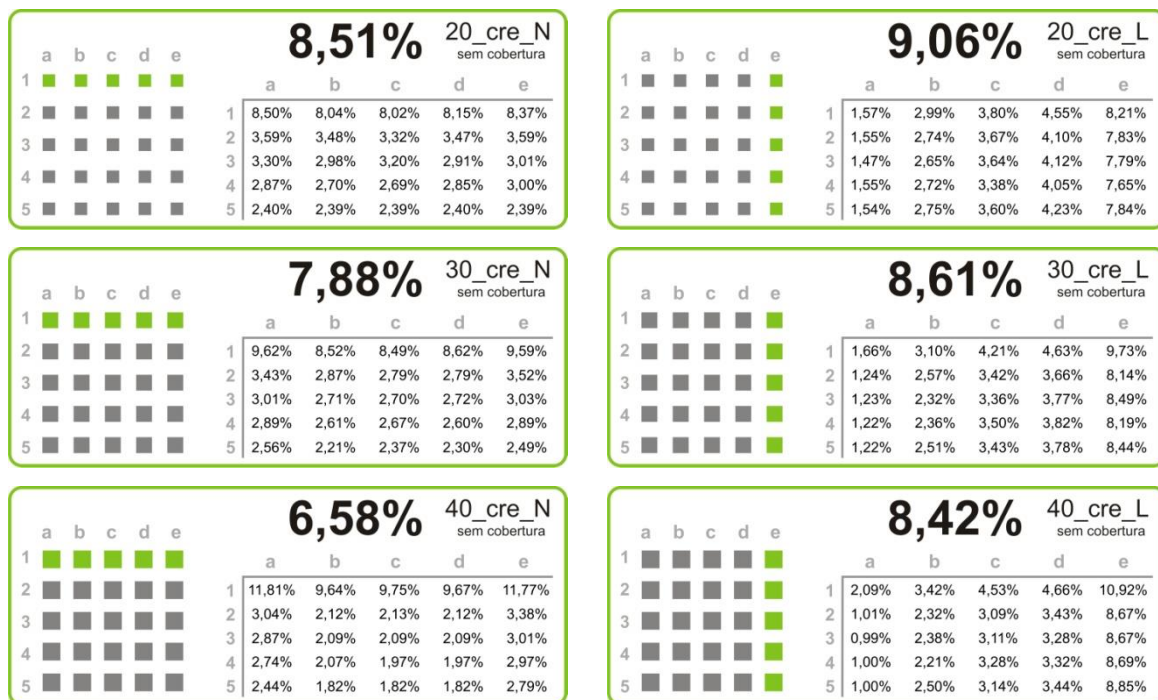


Figura 8. Fichas resumo do desempenho particular das edificações e da relação Geração/Consumo dos modelos Crescentes, orientados para o Norte e Leste.

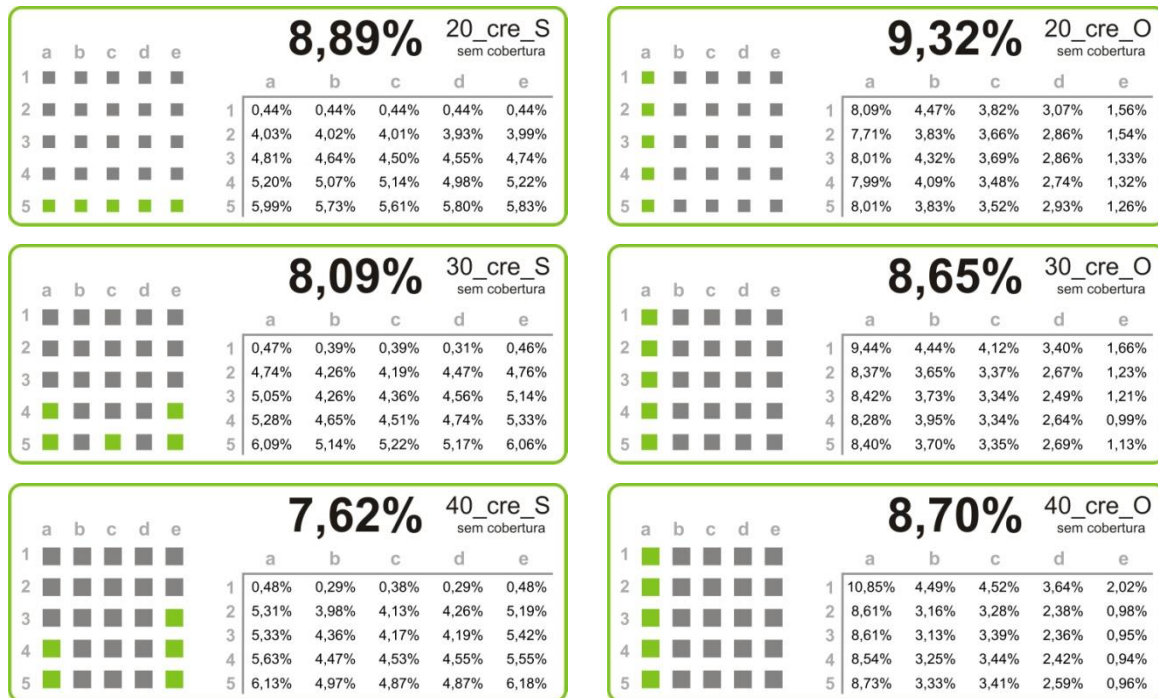


Figura 9. Fichas resumo do desempenho particular das edificações e da relação Geração/Consumo dos modelos Crescentes, orientados para o Sul e Oeste.

5. CONCLUSÕES

A diferença de altura das edificações apresenta-se como um parâmetro fundamental na acessibilidade solar, quando se analisam os desempenhos das edificações separadamente. Porém, quando avaliado o conjunto, o parâmetro passa a ser menos influente.

A taxa de ocupação também é um parâmetro com bastante peso na determinação da eficiência dos diferentes cenários. Contudo, quando a geração FV é realizada em fachadas e coberturas, o aumento do T.O resulta no aumento da relação geração/consumo. Já no caso de limitar a integração FV unicamente às fachadas, o aumento do T.O é inversamente proporcional ao desempenho.

Os desempenhos das diversas superfícies das edificações apresentam diferenças importantes, o que indica a orientação como outro parâmetro bastante influente para o cálculo da relação entre geração e consumo.

A influência das coberturas no cálculo da geração energética é bastante importante, porém, o aproveitamento das fachadas apresentou bons resultados, principalmente nos modelos com Taxas de Ocupação menores.

Concluiu-se que a adoção de outro tipo de painel FV com especificações superiores, resultaria no aumento da geração energética dos cenários, e então, no aumento da relação de geração/consumo.

É importante levar em consideração que os dados da quantidade de energia gerada por cada cenário são calculados supondo integração FV unicamente nas superfícies opacas. Contudo, o nível de eficiência dos cenários seria sensivelmente incrementado se fosse quantificado também o potencial de integração FV nas superfícies translúcidas. Isto, além do mais, representa uma continuação interessante para a presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa No 482, de 17 de abril de 2012**. p. 1-4, 2012.
- ASSIS, E. S. D. Critérios de acessibilidade ao sol e à luz natural planejamento urbano. **IX Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construído**, 2002.
- CHERQUI, F. et al. A step toward the global assessment of district projects : Solar indicators and way to quantify them. **Building Simulation**, p. 167-174, 2005.
- CRONEMBERGER, J.; CAAMAÑO-MARTÍN, E.; SÁNCHEZ, S. V. Assessing the solar irradiation potential for solar photovoltaic applications in buildings at low latitudes – Making the case for Brazil. **Energy and Buildings**, set. 2012.
- DI VINCENZO, M. C.; KESTEN, D.; INFELD, D. Assessment of performance of building shading device with integrated photovoltaics in different urban scenarios. **2010 IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET)**, p. 1-5, dez. 2010.
- IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Key World Energy Statistics, 2011**. Acessado em: junho 2012. 2011. Disponível em: <<http://www.iea.org/stats/index.asp>>.
- JAKUBIEC, J. A.; REINHART, C. DIVA 2.0: Integrating daylight and thermal simulations using Rhinoceros 3D , Daysim and Energyplus. **Building Simulation**, p. 14-16, 2011.
- LAMBERTS, R.; PEREIRA, F. O. R.; DUTRA, L. **Eficiência energética na arquitetura**. PW ed. São Paulo: [s.n.], 1997.
- NG, E.; WONG, N. H. Better Daylight and Natural Ventilation by Design. **21th Conference on Passive and Low Energy Architecture**, n. September, p. 19-22, 2004.
- PEREIRA, F. O. R. et al. Analysis of Urban Occupation X Daylighting Availability Using the Preferable Sky Window Parameter. **Conference on Passive and Low Energy Architecture**, n. October, 2008.
- ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES. **Rhinoceros 4.0 User's Guide**. 2008.
- RUANO, M. **Ecourbanismo. Sustainable human settlements: 60 cases studies**. Gustavo Gi ed. Barcelona: [s.n.], 1999.
- RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. USFC/LABSO ed. Florianópolis: 2004.
- SANTANA, M. **Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis - SC**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento da Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- ZOMER, C. **Geração solar fotovoltaica integrada a uma edificação inserida em meio urbano e conectada à rede elétrica**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento da Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.