

CORTINAS VERDES: MÉTODO EXPERIMENTAL PARA QUANTIFICAR A VARIAÇÃO ANUAL DE SOMBREAMENTO PROPORCIONADA PELA VEGETAÇÃO

Minéia Johann Scherer (1); Beatriz Maria Fedrizzi (2)

(1) Doutora em Arquitetura, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo, mineiaarq@gmail.com, Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, RS, (55) 9644 9484

(2) Doutora em Paisagismo, Professora na Faculdade de Agronomia, beatrizfedrizzi@gmail.com, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS

RESUMO

As cortinas verdes caracterizam-se como uma opção no controle solar de edificações, com o uso de vegetação trepadeira que desenvolve-se, com auxílio de suportes, em frente e afastada das superfícies verticais. A capacidade de proporcionar sombra depende de características específicas de cada espécie, como a densidade de sua folhagem ou a condição perene ou caducifólia. Assim, o objetivo deste artigo é avaliar um método para quantificação da variação na capacidade de sombreamento, ao longo de um ano de observação, de espécies trepadeiras adaptadas ao clima subtropical brasileiro, determinando o Percentual de Transmissão Solar (PTS) de sua folhagem. O método utilizado caracteriza-se como experimental, uma vez que tem como base a construção de um protótipo de campo, onde as espécies de vegetação foram plantadas e avaliadas através de fotografias. Os resultados confirmaram o comportamento dinâmico e particular de cada espécie no que diz respeito à capacidade de proporcionar sombra, dependendo da época do ano e de suas características formais. Por este motivo, a escolha adequada da espécie irá depender no contexto climático da edificação, pensada de forma a repercutir em um balanço energético mais natural e passivo, evitando o excesso de consumo de energia com climatização artificial, principalmente para resfriamento. Assim, além de evidenciar os aspectos positivos do uso das cortinas verdes em arquitetura, este estudo demonstra a viabilidade de aplicação da metodologia adotada, com valores plausíveis de utilização em simulações computacionais de desempenho energético.

Palavras-chave: Cortinas verdes; Vegetação; Controle solar; Eficiência energética.

ABSTRACT

Green curtains are characterized as an option for the solar control of buildings, by the use of climbing vegetation that develops, with help of supporters, in front and away from vertical surfaces. The ability to provide shade depends on specific characteristics of each species, as the density of their foliage or evergreen or deciduous condition. Therefore, this paper aims to evaluate a method to quantify the variation in shading capacity, over a year of observation, of climbing species adapted to the Brazilian subtropical climate, determining the Solar Transmission Percentage (STP) of its foliage. The method is characterized as experimental, since it is based on the construction of a field prototype, where the vegetation species were planted and evaluated by using photographs. Results confirmed the dynamic and particular behavior of each species in relation to the ability of providing shade, depending on the time of year and on its formal characteristics. For this reason, the proper choice of the species will depend on the climate context of the building, in order to establish a more natural and passive energy balance, avoiding the excess of power consumption with artificial climate, mainly for cooling. Thus, besides highlighting the positive aspects of the use of green curtains in architecture, this study demonstrates viability of application of the methodology, with plausible values for use in computer simulations of energy performance.

Keywords: Green curtains; Vegetation; Solar control; Energy efficiency.

1. INTRODUÇÃO

As cortinas verdes, objeto de estudo deste trabalho, caracterizam-se pelo plantio e desenvolvimento de uma vegetação trepadeira, com auxílio de suportes, posicionada em frente e afastada das superfícies verticais da edificação, sejam elas fachadas opacas ou transparentes. A denominação vem do termo em inglês “*green curtain*”, mais aceito mundialmente, sendo considerada uma tipologia específica de jardim vertical, que tem como particularidade sua posição estratégica “descolada” das fachadas. Assim, o aspecto funcional mais relevante da utilização das cortinas verdes, está associado à sua capacidade de proporcionar sombra, atuando como dispositivo de controle solar em arquitetura.

O sombreamento proporcionado irá depender da densidade de sua folhagem, sendo que, quando adequadamente planejada, pode repercutir de forma positiva no desempenho termo energético da edificação. Diferente dos sistemas convencionais, o uso da vegetação como proteção solar ainda pode apresentar outros benefícios, na medida em que responde de forma dinâmica às variações do clima e das estações, é um elemento natural e de baixo impacto ambiental, além de representar uma nova possibilidade de revegetação para as cidades. Ainda, enquanto os materiais usualmente utilizados em proteções solares, como plásticos ou metais, absorvem mais calor aquecendo o ar circundante, a vegetação, ao contrário, resfria o ar pelo processo de evapotranspiração.

Kwok e Grondzik (2013) complementam a atuação das cortinas verdes com uma constatação importante: a de que o uso da vegetação pode ser mais eficiente que o sombreamento realizado por elementos de proteção solar fixos, tendo em vista que os ângulos solares nem sempre estão correlacionados com a temperatura do ar e, por conseguinte, com a necessidade de refrigeração ou calefação.

Wong et al (2010) realizou um estudo em Cingapura para avaliar a influência térmica na edificação e entorno de oito diferentes sistemas de jardim vertical. De um modo geral, todos os sistemas apresentaram temperatura superficial menor que a parede sem vegetação utilizada como parâmetro de comparação. Em outro estudo, este de simulação computacional, o mesmo autor (Wong et al, 2009), modelou diferentes sistemas de vegetação em fachadas, comparando os efeitos na temperatura e no consumo energético de um prédio. Os resultados foram favoráveis, tanto pelo sombreamento no caso das fachadas envidraçadas, quanto pela capacidade de isolamento quando em contato com as paredes. Também confirmou que este desempenho está diretamente relacionado à espessura da camada vegetal ou à sua área de cobertura foliar, o que é um indicativo importante no momento de seleção das espécies a serem utilizadas.

No entanto, uma das principais limitações dos estudos envolvendo a aplicação de vegetação como componente de fachada e, particularmente, enquanto elemento de controle solar, é o seu dinamismo. Por ser um elemento vivo, sofre alterações ao longo do seu crescimento, das variações sazonais e por causas adversas, seja interferência humana, mudanças climáticas ou problemas de adaptabilidade. Além disso, cada espécie de vegetal possui características diferenciadas que irão influenciar na sua capacidade de sombreamento, como por exemplo, o maior ou menor grau de fechamento da folhagem, sua velocidade de crescimento, seu porte, folhas perenes ou caducifólias. Estes aspectos também sofrem variações dependendo das condições de plantio, adubação e irrigação, podendo ser intensificados ou apassivados.

Conforme comentam Hopkins e Goodwin (2011), a quantidade de sombreamento a ser fornecido também pode ser manipulada, dependendo das espécies selecionadas, do sistema utilizado para fixação e apoio da planta e da altura definida como área a ser coberta pela vegetação. As densidades podem ser pensadas desde uma camada muito leve com menos de 10% de cobertura, até um fechamento quase total, de 80% ou mais.

Desta forma, observou-se nos últimos anos um aumento significativo de pesquisas que exploram metodologias para caracterizar o potencial de sombreamento de espécies para uso em cortinas verdes, bem como sua influência no desempenho termo energético do edifício. Pela contemporaneidade do tema e indícios do crescente uso como alternativa para controle solar de edificações, como pode-se observar em obras executadas na América do Sul, Europa e Ásia (Figura 1), entende-se como de grande relevância estudos dessa natureza, mesmo considerando as limitações impostas.

Pérez (2010) realizou uma investigação sobre o comportamento de cortinas verdes no clima mediterrâneo continental seco da Espanha. O experimento foi elaborado com o objetivo de comparar o crescimento de quatro diferentes espécies de vegetação trepadeira e sua capacidade de fornecer sombra. Os resultados demonstraram que o desempenho de bloqueio da radiação solar das plantas pode ser comparado aos melhores índices alcançados por barreiras artificiais, o que favorece a sua aplicação como elemento de proteção solar em fachadas.

Outro experimento, realizado na Universidade de Brighton (Reino Unido) por Ip, Lam e Miller (2010), teve como objetivo principal a elaboração de uma metodologia para a determinação de um coeficiente de sombreamento dinâmico, chamado “*Bioshading*”, que refletisse um ciclo anual de crescimento da planta. Para tanto, foram instaladas duas cortinas verdes em salas de escritório, com a espécie *Parthenocissus quinquefolia*,

sendo os dados de radiação solar coletados regularmente, em frente e atrás da vegetação. A transmitância solar chegou a 0,47 no verão, reduzindo gradativamente até 0,95 no período sem folhas.

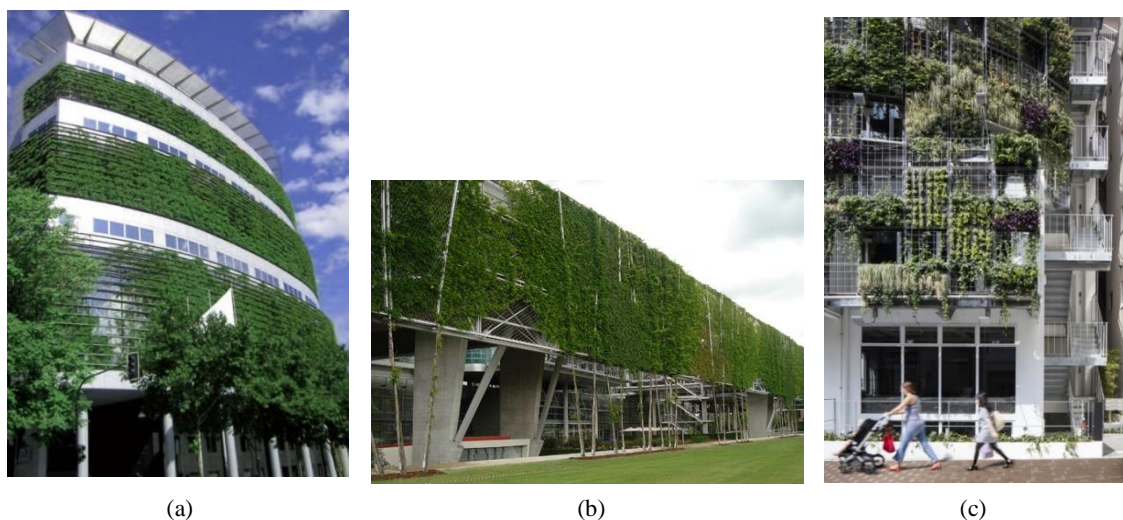


Figura 1 – Edificações com cortinas verdes. a) no Chile; b) na Alemanha; c) no Japão (ENRIQUE BROWNE Y ASOCIADOS, 2013; BRT ARCHITEKTEN, 2013; EDWARD SUZUKI, 2013)

Já na Tailândia, país que vem adotando políticas de incentivo ao uso da vegetação em jardins verticais e, especialmente, na forma das cortinas verdes para sombreamento, os pesquisadores Sunakorn e Yimprayoon (2011) estudaram o uso de plantas trepadeiras como dispositivos de sombra verticais, aplicando a espécie *Thunbergia grandiflora* na fachada oeste de uma sala de aula ventilada naturalmente. O objetivo principal do experimento era comparar a temperatura interna desta sala com outra de mesmas condições, localizada ao lado, porém sem a cortina verde. Os resultados demonstraram que a temperatura interna ficou menor no ambiente com a vegetação, sobretudo durante o dia, devido ao sombreamento causado pela planta e também pelo processo de evapotranspiração do vegetal.

Mais recentemente, Koyama et al (2013) realizou um experimento com cinco diferentes espécies de trepadeiras, a fim de verificar quais as principais características que contribuem para o efeito de resfriamento das cortinas verdes. Uma série de parâmetros foram medidos e analisados durante o experimento, como temperatura na superfície do painel e na superfície das folhas, área de cobertura foliar e transmissão solar pela folha. Os resultados identificaram a área de cobertura foliar como característica fundamental para determinar a influência na diminuição de temperatura no painel. Isto se deve principalmente à capacidade da folhagem de proporcionar sombra. Além disso, outro fator identificado que pode contribuir para o resfriamento são os diferentes percentuais de transmissão solar pelas folhas, que dependem das características genotípicas de cada espécie.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar um método para quantificação da variação na capacidade de sombreamento, ao longo de um ano de observação, de espécies trepadeiras adaptadas ao clima subtropical brasileiro e hábeis para uso em sistemas de controle solar do tipo cortina verde, determinando o Percentual de Transmissão Solar (PTS) de sua folhagem. A principal intenção é obter parâmetros médios para algumas espécies, plausíveis de utilização em simulações computacionais de desempenho energético.

3. MATERIAIS E MÉTODO

O método utilizado para esta pesquisa caracteriza-se como experimental e exploratório, uma vez que tem como base a construção de um protótipo de campo, onde algumas espécies de vegetação trepadeira foram plantadas e avaliadas através de fotografias, a fim de se obter a variação anual de sua capacidade de sombreamento, determinada pelo Percentual de Transmissão Solar (PTS). As etapas de execução do protótipo experimental e de coleta e tratamento dos dados serão detalhadas a seguir.

3.1. Execução do protótipo experimental

O experimento consiste na construção de um protótipo simplificado, que simula a situação de aplicação das

cortinas verdes, em pequena escala. O modelo é considerado simplificado por não agregar o elemento edificação ao arranjo, ou seja, considerar somente a cortina verde, de forma isolada, sem vínculo com uma área construída específica. O protótipo foi executado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, que possui clima subtropical, com as estações do ano bem definidas.

Desta forma, foi construída uma estrutura com tela metálica, destinada ao desenvolvimento de algumas espécies de trepadeiras, adaptadas ao clima subtropical do sul do País. Além do critério da adaptabilidade ao clima e ao uso em sistemas de controle solar do tipo cortina verde, também foram consideradas espécies com diferentes características de folhagem: perene ou caducifólia, grau de fechamento, velocidade de crescimento, plasticidade. Assim, neste artigo serão apresentados os resultados obtidos com duas espécies: *Wisteria floribunda* (Glicínia), que é caducifólia; e *Trachelospermum jasminoide* (*Jasmim-leite*), com folhagem perene.

3.2. Procedimento de coleta e tratamento dos dados

O método para coleta e tratamento dos dados desta pesquisa, teve como objetivo quantificar a capacidade de sombreamento das espécies, verificando sua variação durante um ano de observação, perpassando todas as estações. Através de imagens fotográficas, determinou-se o Percentual de Transmissão Solar (PTS), por metro quadrado de vegetação, como sendo a proporção de vazios entre a folhagem que permitem a passagem direta dos raios solares.

As imagens fotográficas foram tomadas na frontal e ortogonalmente ao protótipo experimental, pelo lado de incidência do sol do período da tarde (Oeste), com câmera digital, modelo DSC-WX7, do fabricante Sony. Para facilitar o tratamento das imagens, com melhor identificação dos cheios e vazios por contraste, foi posicionado atrás da vegetação um painel de madeira pintado na cor branca (Figura 2-a). A localização do painel foi definida como o mais próximo possível da vegetação, sem, no entanto, interferir na disposição dos galhos ou “amassar” suas folhas.

A partir das imagens fotográficas originais do local, foi utilizado o software Adobe Photoshop® para tratamento e compilação dos dados. Conforme o exemplo, inicialmente a imagem é recortada nas dimensões do painel (Figura 2-b) e após é delimitada a região de 1,0 m² que será analisada em cada espécie (Figura 2-c).

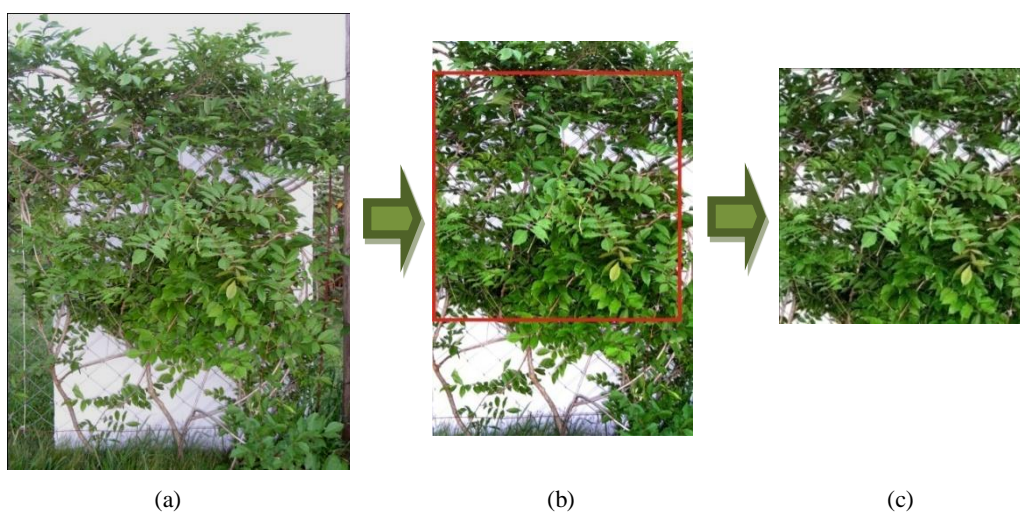


Figura 2 – Exemplo da sequência de obtenção e tratamento das imagens

A partir de então, inicia-se o processo de separação entre o que efetivamente é componente da vegetação e o que está vazado ou faz parte da estrutura metálica entre as folhas. Foi desta forma, subtraído da imagem qualquer elemento ou região visível que não fazia parte da planta, com auxílio das ferramentas do software Adobe Photoshop® “varinha mágica” e “borracha”, como pode ser observado a seguir, na Figura 3. O fundo de cor vermelho foi adotado para facilitar a visualização das regiões vazadas.

De posse das imagens tratadas, com a separação das regiões que compunham o objeto e o fundo, foi utilizada a ferramenta de contagem de pixels, de forma a calcular a área preenchida pela vegetação e a área vazada. Para a contagem dos pixels, inicialmente é necessário dimensionar a imagem, sendo que foi definida a ocorrência de 20 px/cm, ou seja, para a área delimitada de 1,0 m², 2000 pixels na horizontal e 2000 pixels na vertical, totalizando 4,0 x 10⁶ pixels. Após, eram selecionados todos os objetos existentes na imagem, no caso as regiões de folhagem, e realizada a contagem dos pixels, sendo que o resultado já é expresso em fração da área total. Por fim, realizava-se a seleção “inversa”, ou seja, dos vazios entre as folhas e calculava-se

novamente a fração da área total, sendo esta, portanto, o Percentual de Transmissão Solar (PTS) obtido na imagem.

Este valor de PTS pode ser considerado, então, como correspondente à média de transmissão solar direta para cada metro quadrado da cortina verde que compõem uma fachada, considerando uma situação aproximadamente homogênea de distribuição desta mesma espécie, nesta condição de crescimento e época do ano. No exemplo da Figura 3, a área vazada da *Wisteria floribunda* correspondeu a 0,10 m², sendo, portanto, o Percentual de Transmissão Solar igual a: $PTS = 0,10 \text{ m}^2 / 1,0 \text{ m}^2 = 0,10$ ou 10,0%.



Figura 3 – Exemplo da subtração do fundo, na espécie *Wisteria floribunda*

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente será realizada uma análise sobre o método adotado para determinação da capacidade de sombreamento em espécies trepadeiras. Após, serão apresentados os resultados de um ciclo anual de observação, coleta de dados e tratamento das imagens de duas espécies com características diferentes quanto ao ciclo da folhagem: uma caducifólia e outra perene; identificando alguns aspectos relevantes sobre seu uso em cortinas verdes para diferentes situações climáticas.

4.1. Validação e simplificações do método

A escolha da referida metodologia mostrou-se adequada para determinar a área de cobertura foliar e, por conseguinte, os vazados entre as folhas, denominado Percentual de Transmissão Solar (PTS). A variação anual de comportamento da folhagem foi perceptível tanto visualmente através das imagens, como também em termos de percentuais numéricos, como veremos adiante.

Seguindo algumas simplificações, a intenção do método foi caracterizar a pior situação de acesso dos raios solares, atravessando a vegetação no sentido perpendicular às folhas, considerando diferentes situações climáticas e o comportamento das plantas ao longo do ano. Assim, podemos considerar dois casos distintos:

a) 1º Caso: vegetação com folhagem perene

Nesta situação, primeiramente devemos considerar que as espécies perenes, que mantem sua folhagem durante as diferentes estações do ano, são mais adequadas para compor uma cortina verde em regiões de clima quente o ano todo, e também para os períodos com temperaturas mais altas em regiões de clima composto (durante primavera e verão). Isto porque a intenção será aumentar o sombreamento durante estes períodos e, conseqüentemente, reduzir a carga térmica na edificação. Sendo assim, a pior situação de acesso dos raios solares, quando encontrarão maior vazão para atravessar a vegetação de forma direta, acontecerá quando a incidência for perpendicular, resultando em um PTS maior, conforme captado pelas imagens fotográficas. No caso da incidência com ângulos de maior altura solar, as diversas camadas de vegetação formarão uma barreira mais densa para a transmissão dos raios, o que resultará em um PTS menor que o calculado através das imagens. A Figura 4 esquematiza este primeiro caso.

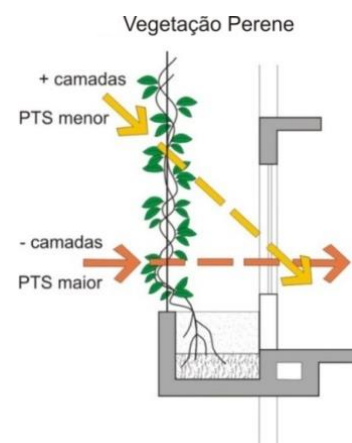


Figura 4 – Esquema elucidativo do primeiro caso

a) 2º Caso: vegetação com folhagem caducifólia

Já para os casos em que a vegetação perde suas folhas no período de inverno, total ou parcialmente, seu uso será mais favorável para edificações localizadas em clima composto, como é o caso do clima subtropical da região sul do Brasil. Isto porque, na época do ano em que prevalece o frio, será necessário aumentar o acesso dos raios solares, proporcionando certo grau de aquecimento para a edificação. Assim, no verão, quando a folhagem está vigorosa, a situação será igual à descrita no primeiro caso. Mas, no inverno, o PTS irá aumentar, uma vez que os vazios prevalecerão em relação à folhagem. Ainda, comparando o resultante da incidência dos raios de forma perpendicular ou com alturas solares maiores, irá se perceber que não ocorre diferenciação tão marcante como no primeiro caso, uma vez que não existirão camadas sobrepostas de folhagem, prevalecendo também os vazios. Este raciocínio está esquematizado na Figura 5, justificando que também neste segundo caso, a metodologia do tratamento de imagens se mostra adequada.

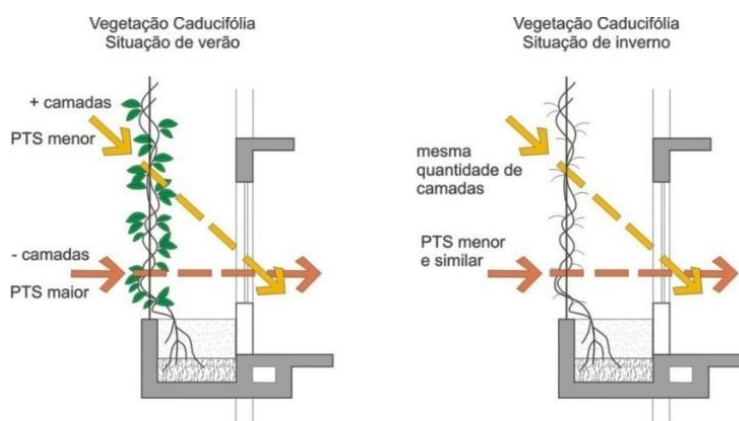


Figura 5 – Esquema elucidativo do segundo caso

Ainda, observou-se que o tratamento dos dados através das imagens mostrou-se de fácil e rápida execução, embora o tempo dispendido para o crescimento da vegetação no experimento tenha sido longo, uma vez que a intenção foi caracterizar um ciclo anual já com a vegetação em seu pleno desenvolvimento. No entanto, este mesmo método pode ser utilizado em situações já consolidadas e em casos de aplicações reais de espécies trepadeiras, o que reduziria o tempo para início das avaliações, alcançando uma variedade maior de espécies.

4.2. Resultados da espécie *Wisteria floribunda* (Glicínia)

O resultado das imagens tratadas e do cálculo do Percentual de Transmissão Solar (PTS) da primeira espécie avaliada encontra-se a seguir, ilustradas pela Figura 6. O período de avaliação ocorreu entre junho de 2013 a maio de 2014.

Observando a sequência de imagens, percebe-se a significativa variação na densidade de folhagem desta espécie ao longo das estações do ano. A glicínia é caducifólia, perdendo suas folhas justamente no período do inverno – junho até agosto, e revelando sua expressiva floração entre o final do inverno e início da primavera. A partir daí, retoma rapidamente a brotação de sua folhagem, até atingir o maior índice de fechamento no verão.

Já o gráfico da Figura 7 expressa esses diferentes períodos através da variação do PTS. Nos meses de inverno em que as folhas caem (junho, julho e agosto), os índices de transmissão solar são maiores, ficando entre 78% e 86%. Em setembro, início da primavera, o PTS é intermediário devido à presença da floração (38%). Já entre outubro e maio, nos períodos mais quentes do ano, os percentuais de transmissão solar ficaram abaixo de 10%, chegando até um mínimo de 4%. Isto indica um alto grau de fechamento da folhagem, com poucos vazios que permitam a passagem direta da radiação solar.

Esta variação sazonal de bloqueio da radiação solar, demonstrado na espécie *Wisteria floribunda*, pode ser considerada um ponto positivo para sua utilização em cortinas verdes no caso do clima temperado ou subtropical, onde há estação fria e quente. Devido ao seu dinamismo, o uso desta espécie como proteção solar pode representar condição favorável para o desempenho energético da edificação, tanto no verão quanto no inverno, em regiões de altitude e para o sul do país, onde o clima é mais apropriado ao seu desenvolvimento.

Na situação de verão, um maior sombreamento da fachada, principalmente das regiões envidraçadas, será desejável de maneira a reduzir a insolação direta e, por conseguinte, a carga térmica que chega ao edifício. Já no período de inverno, o acesso do calor às áreas internas é útil ao aquecimento do prédio, sobretudo em

edificações de uso residencial, onde os ganhos internos de calor são menores. Nestas duas condições extremas, assim como nas situações intermediárias da primavera e do outono, o uso da vegetação caducifólia na cortina verde pode auxiliar na redução do consumo de energia para resfriamento ou aquecimento da edificação.


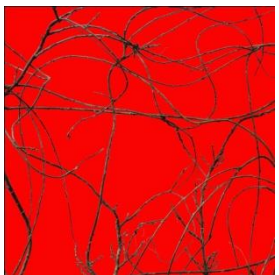
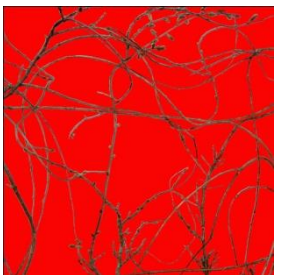
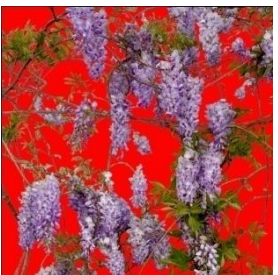








			
JUNHO PTS = 0,78 ou 78%	JULHO PTS = 0,86 ou 86%	AGOSTO PTS = 0,84 ou 84%	SETEMBRO PTS = 0,38 ou 38%
			
OUTUBRO PTS = 0,10 ou 10%	NOVEMBRO PTS = 0,08 ou 8%	DEZEMBRO PTS = 0,07 ou 7%	JANEIRO PTS = 0,05 ou 5%
			
FEVEREIRO PTS = 0,05 ou 5%	MARÇO PTS = 0,04 ou 4%	ABRIL PTS = 0,04 ou 4%	MAIO PTS = 0,06 ou 6%

Figura 6: Resultado das imagens tratadas durante um ano de observação, na espécie *Wisteria floribunda*

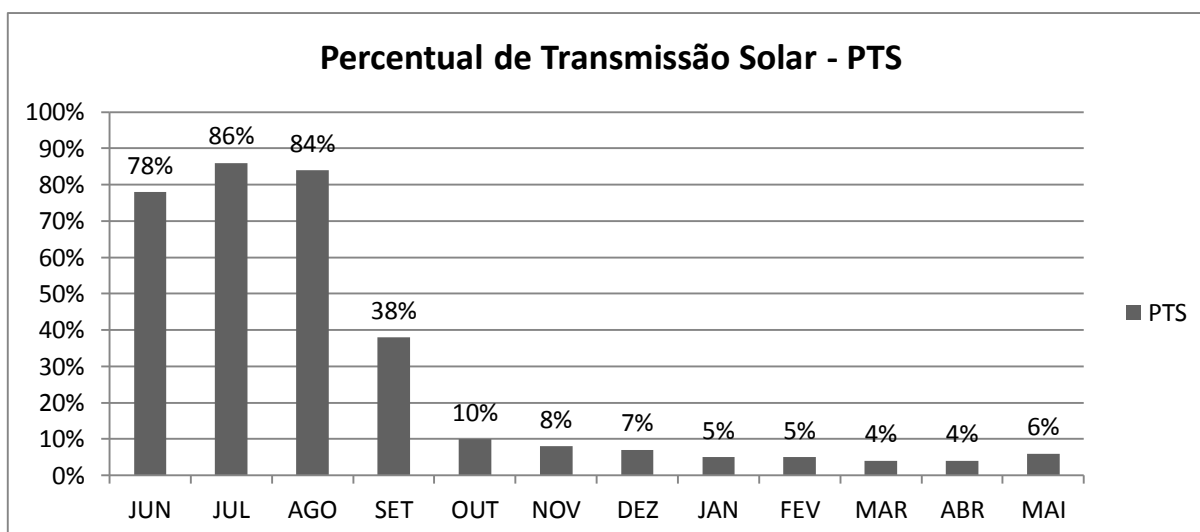


Figura 7: Gráfico do PTS da espécie *Wisteria floribunda*, calculado através das imagens, durante um ano de observação

4.3. Resultados da espécie *Trachelospermum jasminoide* (Jasmim-leite)

O resultado das imagens tratadas e do cálculo do Percentual de Transmissão Solar (PTS) da segunda espécie avaliada, no decorrer de um ano de observação, encontram-se a seguir, ilustradas pela Figura 8. Esta espécie foi avaliada no experimento em um período anterior, iniciando o ciclo em dezembro de 2012 e terminando em novembro de 2013, motivo pelo qual a ordem das imagens está diferente.

Podemos observar, analisando as imagens com tratamento dos cheios e vazios, que esta espécie apresenta uma condição de fechamento da folhagem intermediária durante todas as estações do ano. O PTS possui pouca variação, oscilando em torno dos 50% (mínimo de 42% e máximo de 51%) nos diferentes meses, independente da estação fria ou quente. Portanto, trata-se de uma espécie perene, típica de clima tropical sendo tolerante a temperaturas mais amenas, mas que possui uma velocidade de crescimento e uma vigorosidade menor que a espécie anterior. A floração é perfumada e ocorre nos meses de primavera e verão.

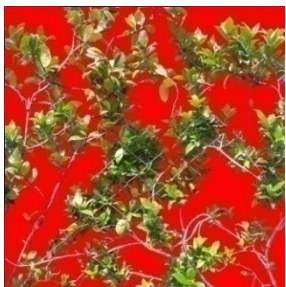



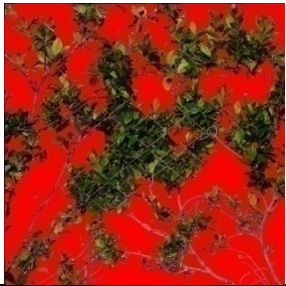





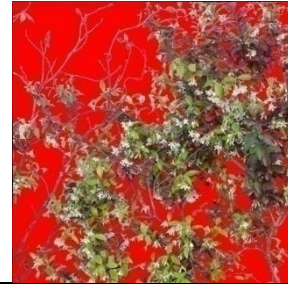

			
DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO
PTS = 0,48 ou 48%	PTS = 0,50 ou 50%	PTS = 0,46 ou 46%	PTS = 0,44 ou 44%
			
ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO
PTS = 0,47 ou 47%	PTS = 0,48 ou 48%	PTS = 0,45 ou 45%	PTS = 0,49 ou 49%
			
AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO
PTS = 0,48 ou 48%	PTS = 0,51 ou 51%	PTS = 0,42 ou 42%	PTS = 0,50 ou 50%

Figura 8: Resultado das imagens tratadas durante um ano de observação, na espécie *Trachelospermum jasminoide*

O gráfico da Figura 9 demonstra a variação do PTS em cada mês ao longo do ano, confirmando a relativa homogeneidade quanto à transmissão solar desta espécie. Ainda em comparação com outras espécies de trepadeiras, podemos considerar que o Jasmim-leite se encontra em uma situação média em relação à capacidade de sombreamento. A folhagem não é tão densa e nem possui períodos de total exposição, como ocorre na espécie caducifólia. Por este motivo, seu desempenho energético enquanto elemento de proteção solar possa ser favorável para uso em diferentes climas, adaptando-se de forma equilibrada tanto para uma condição de calor o ano todo, como também para regiões onde há estação fria.

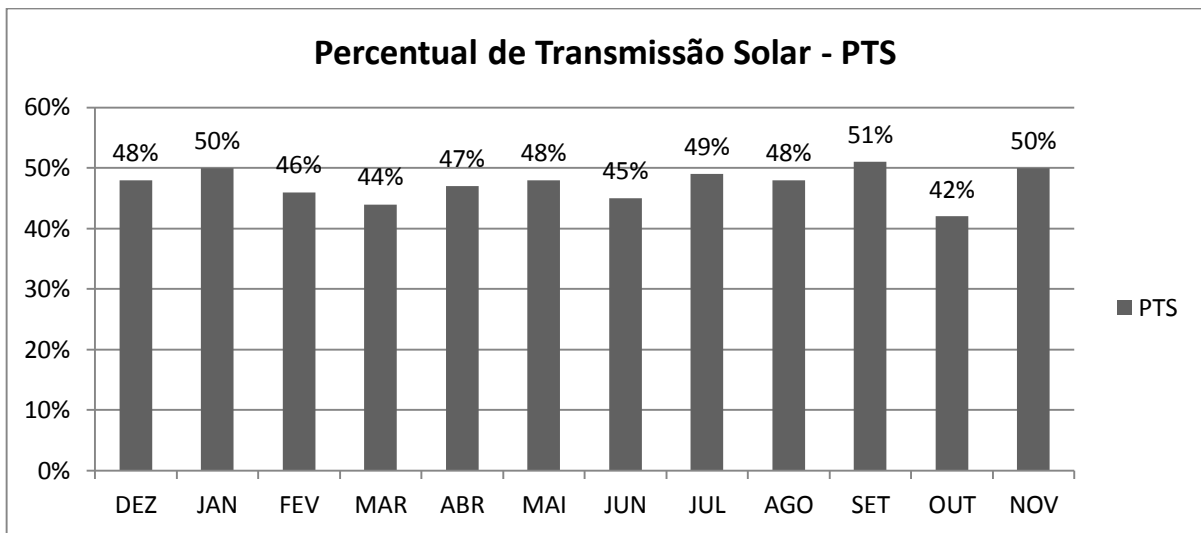


Figura 9: Gráfico do PTS da espécie *Trachelospermum jasminoide*, calculado através das imagens, durante um ano de observação

5. CONCLUSÕES

Sobre o método de avaliação adotado, podemos concluir sobre sua viabilidade e aplicabilidade, passível de ser reproduzido para caracterizar outras situações e espécies de vegetação trepadeira. No entanto, a coleta de um maior número de amostras, mais de uma imagem em cada mês, traria uma maior precisão, sendo possível mensurar a média mensal e seu desvio-padrão. Ainda assim, os dados coletados sobre a variação no Percentual de Transmissão Solar (PTS) das espécies, podem ser utilizados em simulações computacionais que avaliem sua influência na eficiência termo energética de edifícios.

Através do estudo experimental foi possível constatar as principais diferenças na capacidade de sombreamento de cada espécie avaliada, nas diferentes estações do ano, bem como sua adequabilidade para utilização em cortinas verdes, do ponto de vista da eficiência energética para a edificação, em diferentes condições climáticas. Entretanto, é necessário lembrar que as espécies avaliadas talvez não se desenvolvam em outros climas, ou apresentem um comportamento diferente do visto na região de implantação do protótipo experimental. Por este motivo, os parâmetros aqui gerados são válidos para estas espécies e na condição do clima subtropical. No entanto, também são úteis como base para a escolha de outras espécies com características semelhantes, mas que sejam adaptadas em outras regiões, como no clima equatorial ou tropical.

Desta forma, a capacidade de sombreamento de cada espécie irá depender de sua estrutura, tamanho e grau de fechamento da folhagem, condição perene ou decídua, sendo que o Percentual de Transmissão Solar (PTS) pode ser aproximadamente constante ou ter variação acentuada nos diferentes meses do ano. De uma maneira geral, as decíduas são mais indicadas para uso em cortinas verdes de edificações em climas temperados ou subtropicais, onde há estação fria e quente, porque o dinamismo de sua folhagem proporcionará sombra nos períodos quentes e maior acesso da radiação solar nas épocas frias. Isto irá repercutir em um balanço energético mais natural e passivo, evitando o excesso de consumo de energia com climatização artificial, tanto para resfriamento como para aquecimento.

Já as espécies perenes, com maior ou menor grau de densidade da folhagem, serão favoráveis para evitar o aquecimento demasiado de edifícios em climas tropicais ou equatoriais, com temperaturas altas o ano todo. No entanto, seu uso não é descartado para climas compostos, especialmente em edifícios de escritórios que geram elevada carga térmica interna, desde que sejam tomadas medidas de controle nas épocas mais frias, como realização de manutenção com poda.

Vale salientar a influência dos diferentes graus de fechamento da folhagem, na incidência de luz natural nos espaços e, por consequência, na necessidade e consumo com iluminação artificial. Obviamente, uma vegetação mais densa também irá bloquear grande parte da luminosidade natural, o que pode repercutir no balanço energético total, elevando gastos com o sistema de iluminação artificial. Este aspecto pode ser melhor avaliado com a realização de simulações computacionais, de forma a verificar a repercussão do uso das cortinas verdes no balanço energético final da edificação. Assim, podem-se tomar decisões para “manipular” o desenvolvimento das espécies, diminuindo a concentração da folhagem, se necessário, através do maior espaçamento de plantio ou podas regulares.

Por fim, ressalta-se que, dentre as atuais e diversas tipologias de jardim vertical com aplicação em arquitetura, as cortinas verdes se destacam pelo aspecto funcional, e não somente pelo resultado estético. Além

disso, é um sistema mais econômico e sustentável, uma vez que sua execução e manutenção são mais fáceis e menos dispendiosas em termos energéticos, de consumo de água para irrigação e insumos para manutenção da vegetação. Essas vantagens são condizentes com as premissas de uma arquitetura mais sustentável, com baixo impacto ao meio ambiente, eficiente energeticamente e saudável aos usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRT ARCHITEKTEN. Disponível em <<http://www.brt.de>>, acesso em 08 ago. 2013.
- EDWARD SUZUKI. Disponível em <<http://edward.net/>>, acesso em 24 abr. 2013.
- ENRIQUE BROWNE Y ASOCIADOS. Disponível em <<http://www.ebrowne.cl>>, acesso em 18 mar. 2012.
- HOPKINS, Graeme; GOODWIN, Christine. **Living architecture: green roofs and walls**. Collingwood: CSIRO Publishing, 2011. Disponível em <<http://books.google.com.br>>, acesso em 20 mai. 2012.
- IP, K., LAM, M., MILLER, A. Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy. **Building and Environment**, n. 45, p. 81-88, 2010.
- KOYAMA T., YOSHINAGA, M., HAYASHI, H., MAEDA, K. Identification of key plant traits contributing to the cooling effects of green façades using freestanding walls. **Building and Environment**, n.66, p. 96-103, 2013.
- KWOK, Alison G; GRONDZIK, Walter T. **Manual de arquitetura ecológica**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- PÉREZ, G. **Façanes vegetades: estudi del seu potencial com a sistema passiu d'estalvi d'energia, en clima mediterrani continental**. Tese (doutorado). Programa de Doctorado Àmbits de Recerca de la Construcció i l'Energia a l'Arquitectura. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2010.
- SUNAKORN, Pasinee; YIMPRAYOON, Chanikarn. Thermal performance of biofacade with natural ventilation in the tropical climate. **Procedia Engineering**, n. 21, p. 34-41, 2011.
- WONG, N. H.; et al. Energy simulation of vertical greenery systems. **Energy and Buildings**, n. 41, p. 1401-1408, 2009.
- WONG, N. H.; et al. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. **Building and Environment**, n. 45, 663-672, 2010.