

Mata Atlântica e ambiente construído: o potencial de aplicação de soluções bioinspiradas para o aumento dos índices de evapotranspiração na área urbana de São José dos Campos-SP

RESUMO

A evapotranspiração é uma das principais etapas do ciclo hidrológico natural, representada pela parcela de água precipitada que é devolvida para a atmosfera em forma de vapor. A proporção entre o volume de água precipitado e aquele evapotranspirado é maior em áreas cobertas por densa vegetação nativa do que em áreas urbanizadas, especialmente naquelas com alto grau de impermeabilização do solo. Na cidade de São José dos Campos-SP, o índice de água precipitada que é evapotranspirada é dez vezes menor do que aquele observado na Mata Atlântica, bioma que caracteriza a região. Com menos água proveniente das chuvas sendo devolvida à atmosfera, o volume que não chegaria ao solo é transformado em escoamento superficial, contribuindo para o aumento das vazões encaminhadas para a drenagem urbana e, em última instância, para o aumento de enchentes. Este artigo destaca os atributos dos principais elementos naturais responsáveis pela realização da evapotranspiração na Mata Atlântica – os mentores – e como podem ser incorporados em soluções de design bioinspirado, de modo promover sua aplicação na construção do ambiente urbano para ampliar seus índices de evapotranspiração

PALAVRAS-CHAVE: Biomimética; Design Bioinspirado; Evapotranspiração; Mata Atlântica.

Fernanda Lira Freitas

fernanda.freitagas@aluno.ufabc.edu.br

Universidade Federal do ABC. São Bernardo do Campo. São Paulo. Brasil.

Jordana Zola

jordana.zola@ufabc.edu.br

Universidade Federal do ABC. Santo André. São Paulo. Brasil.

Silvia Titotto

silvia.titotto@ufabc.edu.br

Universidade Federal do ABC. Santo André. São Paulo. Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo corresponde à etapa de fundamentação teórica da pesquisa em andamento, Biomimética e Centros Urbanos: o Uso do Projeto Seedkit como Modelo Ecológico de Design na Região de São José dos Campos-SP, em desenvolvimento no Grupo de Pesquisa 4DB, da Universidade Federal do ABC. A pesquisa dedica-se a identificar soluções construtivas e materiais, que, através do design bioinspirado, contribuam para o aumento do índice de evapotranspiração nas cidades, frente à problemática da grande quantidade de escoamento superficial das águas da chuva. A região de São José dos Campos-SP, por estar localizada em meio ao Bioma Mata Atlântica, deve possuir suas soluções baseadas no funcionamento dos processos realizados pela vegetação, a fim de aproximar o ambiente construído do natural.

Os centros urbanos, construídos de forma discrepante ao ambiente natural, representam alterações quanto à realização de processos naturais, como é o caso da evapotranspiração. Uma maneira de reverter essa situação é criar ou redesenhar áreas urbanas de modo que forneçam, integrem ou apoiem os serviços ecossistêmicos e, portanto, reduzam a pressão sobre os ecossistemas naturais (ZARI, 2015). Os serviços ecossistêmicos são, segundo Costanza et al. (1997), as funções que se referem de várias maneiras ao habitat, às propriedades biológicas ou dos processos dos ecossistemas, que são essenciais para o funcionamento do sistema de suporte de vida da Terra. A alteração do ambiente, em desacordo com suas características naturais, pode ocasionar diversos problemas para a população residente e para o próprio meio, em função do seu desequilíbrio.

Não é novidade que o crescimento populacional associado ao desenvolvimento urbano promove profundas alterações no meio ambiente, as quais impactam, principalmente, na deterioração da qualidade dos recursos naturais (BERNARDES; RICARDO, 2010, p. 35). Essas perturbações se manifestam, em grande parte, nos processos associados aos recursos hídricos; algumas dessas manifestações podem ser observadas nas frequentes enchentes e deslizamentos nos centros urbanos, ambos relacionados ao grande índice de escoamento superficial e à impermeabilização do solo nas regiões urbanas.

Segundo Barry e Chorley (2013, apud SOUSA, 2015) fatores abióticos e bióticos interferem diretamente no ciclo hidrológico, sendo a mais incisiva de todas as intervenções humanas. À medida que a economia foi se tornando mais complexa e diversificada, mais usos foram sendo adicionados aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, de tal forma que, ao ciclo hidrológico, superpõe-se um ciclo hidrossocial de grande dimensão e impacto ecológico e econômico (TUNDISI, 2003). Ademais, é de extrema importância, do ponto de vista quantitativo, compreender como o grau de urbanização interfere na drenagem e aumenta o escoamento superficial, diminuindo a capacidade de reserva de água na superfície e nos aquíferos (TUNDISI, 2003).

Essa situação é ocasionada pela presença e alteração realizada pelo homem no ambiente, afetando também o desempenho de muitas das funções que seriam realizadas pelo meio natural. A cidade de São José dos Campos-SP, objeto de estudo para a pesquisa que deu origem a este artigo, é um exemplo representativo desse fenômeno. A cidade, considerada em crescimento, apresentou aumento populacional estimado em 1,07% de 2019 para 2020, totalizando 729.737 habitantes, segundo levantamento feito pelo IBGE (Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística), maior crescimento bruto dentre as 39 cidades da Região Metropolitana do Vale do Paraíba. Além disso, segundo pesquisa da Endeavor (organização de apoio ao empreendedorismo e empreendedores) realizada em 2017, que atua em todo o Brasil, a cidade de São José dos Campos é a mais inovadora do país, a pesquisa leva em consideração aspectos como a média de investimentos na cidade, infraestrutura tecnológica, além da proporção de mestres e doutores em ciências e tecnologia. Segundo a organização, esses são fatores de sucesso para transformar novas ideias em negócios lucrativos (BEVILAQUA, 2019). A perspectiva de manutenção desse crescimento a médio prazo justifica sua escolha, uma vez que pode ser explorada como cenário para a aplicação de alternativas de construção do ambiente urbano baseadas no ambiente natural, incorporando soluções bioinspiradas no planejamento urbano.

A região apresenta como característica física a presença do Bioma Mata Atlântica, que segundo Martins (2011), por meio do sistema florestal, pode evaporar até 5,5mm de água da chuva por dia, não alcançando números inferiores a 2mm mesmo na estação seca, enquanto a área urbana evapora em média 0,25mm de água da chuva por dia.

A evaporação, definida por Miranda, Oliveira e Silva (2010) é o conjunto de fenômenos físicos que condicionam a transformação da água na forma líquida ou sólida, de uma superfície úmida ou de água livre, em vapor, devido à radiação solar e aos processos de difusão molecular e turbulenta. Já a transpiração representa a perda de água para a atmosfera na forma de vapor através dos estômatos e cutículas das plantas, decorrente das ações físicas e fisiológicas dos vegetais (Miranda; Oliveira; Silva, 2010). Esses dois processos, quando compatibilizados de maneira conjunta caracterizam a evapotranspiração, que, ao ser realizada pela vegetação existente na Mata Atlântica, ajuda a evitar a queda direta de um grande volume de água no solo durante as chuvas. Esses processos, unidos à interceptação realizada pelos elementos da floresta e permeabilidade do solo, apresentam-se como interferências que minimizam o volume do escoamento superficial.

A diferença entre os valores apresentados na área urbana e na vegetação nativa evidenciam o distanciamento entre as funções realizadas em ambas as áreas, favorecendo muitas das problemáticas relacionadas à chuva que ocorrem no ambiente urbano, representado no exemplo da cidade de São José dos Campos-SP. Segundo o relatório que determina e classifica as áreas de risco da cidade em questão, realizado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento (2009), grande parte das cidades brasileiras incluindo São José dos Campos-SP, possui parte de seus habitantes ocupando as chamadas áreas de risco, como encostas e locais inundáveis. No Município, em 2009, foram identificadas 53 (cinquenta e três) áreas consideradas de risco de eventos de inundações, alagamentos, entre outros impactos, os quais são fenômenos naturais que ocorrem com frequência nos cursos d'água, geralmente deflagrados por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração (IPPLAN, 2009). Para Braga (2016), estes eventos naturais têm sido intensificados, principalmente nas áreas urbanas, por alterações antrópicas, ocorrendo em função tanto da crescente impermeabilização do solo, decorrente da urbanização acelerada, como da imprevidente ocupação urbana de áreas ribeirinhas, que antes constituíam as várzeas e planícies de inundação (ANA: Agência Nacional de Águas, 2000).

A floresta nativa da Mata Atlântica apresenta a média de 960mm de água evapotranspirada em um ano, o que representa cerca de 78% do total precipitado,

(DINIZ; EUZÉBIO; GRANDO; MERCÊS, 2015). Na área urbana de São José dos Campos-SP o índice é de aproximadamente de 7,4% da água da chuva que é evapotranspirada (MARTINS, 2011), o equivalente a 91,25mm anuais. O baixo índice de evapotranspiração na cidade - equivalente a apenas 10,55% do que é evapotranspirado em áreas onde a vegetação da Mata Atlântica ainda está presente - unido a escassez na existência de projetos estruturais que procurem aproximar e reproduzir os índices e características apresentadas em ambientes naturais, favorecem a manifestação de desequilíbrios ecológicos. Essa desigualdade na realização de processos naturais realizados em áreas urbanas em relação à vegetação nativa local, representa a principal situação problema evidenciada na pesquisa.

Ademais, como descrito no Decreto N. 18.326, de 1º de novembro de 2019, Seção II, da Prefeitura de São José dos Campos-SP, a área urbana da cidade possui a média de 23% de capacidade de infiltração no solo, podendo chegar a apenas 10% em áreas pavimentadas. Esses dados demonstram a necessidade, se impossibilitada a prevenção ou reflorestamento das áreas da vegetação Mata Atlântica, da adaptação de edificações e construções que exerçam algumas dessas funções naturais. Isso ocorre pois, como exemplificado, há diferenças entre os índices apresentados na floresta e nas cidades. Um exemplo é o caso das enchentes, recorrentes em áreas urbanas nos períodos chuvosos, e que se devem ao fato de, segundo Diniz et al. (2015), apesar da precipitação anual da Mata Atlântica se manter entre os 1000 e 2000mm anuais, independente da cobertura vegetal estar intacta ou não, a disparidade entre os valores de água evapotranspirada na região urbana e vegetação nativa implicam no aumento do escoamento superficial nas cidades.

Uma forma de diminuir as problemáticas causadas pelo excesso de escoamento superficial, e que é utilizada não só na cidade de São José dos Campos, mas em todo o estado de São Paulo, é por meio da criação de normas de construção que visem a retenção da água da chuva. Esse é o caso da lei 12.526, de 2 de janeiro de 2007, mais conhecida como Lei das Piscininhas, que estabelece as normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. De acordo com o artigo 1º da Lei, é obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Os objetivos da normativa, segundo o próprio artigo são:

- a) reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem;
- b) controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias e, conseqüentemente, a extensão dos prejuízos;
- c) contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada.

Essa e outras Leis semelhantes não lidam com a verdadeira origem do problema, apenas tentam compensar a alta vazão de água nas cidades por meio da retenção, não havendo mudança no índice de evapotranspiração e conseqüentemente de precipitação efetiva no cenário urbano. A necessidade da

criação dessas Leis demonstra como o distanciamento entre os ciclos hidrológicos urbanos e naturais pode ser prejudicial ao funcionamento dos serviços ecossistêmicos, ocasionando transtornos e a demanda de gastos relacionados ao desenvolvimento e aplicação de projetos de retenção de água.

Em geral, a criação e utilização de normas que tentam lidar com a grande quantidade de escoamento é mais recorrente do que a elaboração de projetos que busquem encontrar alternativas para aproximar o ciclo hidrológico das cidades ao da vegetação nativa de uma determinada área. Entretanto, este é um cenário que vem se desenvolvendo e ganhando força recentemente, como é o caso da iniciativa da Urban GreenPrint denominada SeedKit (2017), documento em forma de catálogo expositivo, no qual são apresentadas soluções biomiméticas e bioinspiradas na vegetação nativa da região de Seattle, com o objetivo de aumentar o índice de evaporação de água nos centros urbanos.

2 A UTILIZAÇÃO DO DESIGN BIOINSPIRADO COMO MEIO DE INTEGRAÇÃO AMBIENTAL NOS CENTROS URBANOS

É possível, a partir do planejamento, encontrar soluções para as problemáticas causada pelo crescimento urbano sem adaptações construtivas que repliquem as funções naturais do ambiente em que se encontra, como é o caso do baixo índice de evapotranspiração na cidade de São José dos Campos – SP.

Identificar e desenvolver soluções para minimizar as alterações ocasionadas pelo homem no ambiente por meio da simulação de funções realizadas na vegetação nativa, são formas de combater as adversidades e proporcionar melhorias tanto para os indivíduos que residem em centros urbanos, como para toda a biodiversidade do Bioma no qual as cidades se encontram. Os Biomas, além de seu valor intrínseco como expressão da variedade de formas de vida e de sistemas ecológicos, possuem valor social, genético, ecológico, econômico, científico, educacional, cultural, recreativo e estético (BUCKUP, 2010), contribuindo com a regulação do clima e ciclos hidrológicos das regiões. Os Biomas, além de seu valor intrínseco como expressão da variedade de formas de vida e de sistemas ecológicos, possuem valor social, genético, ecológico, econômico, científico, educacional, cultural, recreativo e estético (BUCKUP, 2010), contribuindo com a regulação do clima e ciclos hidrológicos das regiões.

Uma das estratégias que vem ganhando cada vez mais espaço no desenvolvimento de projetos é a Biomimética, campo do conhecimento que apresenta uma investigação sistemática das soluções orgânicas e estruturais aplicadas pela natureza aos seus elementos, visando colher dados para responder a problemas técnicos de formas, estruturas ou objetos para o uso do cotidiano humano (GAMARANO; DIAS; RICALDONI, 2017). Ou seja, baseando-se nas características de modelos, sistemas e elementos da natureza por meio dos seres vivos, é possível encontrar artifícios que podem ser aplicados de diversas formas a fim de otimizar a funcionalidade de inúmeros artigos utilizados pela humanidade (PAWLYN, 2019).

A infinidade de possibilidades de inspiração, para a utilização da Biomimética no desenvolvimento de projetos, é proporcionada principalmente pela grande variação de formas de vida presentes no planeta. Isso pois, segundo Antonioli (2017), uma pluralidade de organismos – constituintes da esfera biótica do planeta

representada pelos Biomas e Ecossistemas existentes que envolvem seres microscópicos, macroscópicos, vegetais e animais – possuem configurações e estratégias instaladas evolutivamente, as quais podem revelar soluções para desafios persistentes ou emergentes nos variados domínios da existência (apud SÁ; VIANA, 2020).

Pode-se definir o Ecossistema como sendo o conjunto formado pelas interações entre componentes bióticos, como os organismos vivos: plantas, animais e micróbios, e os componentes abióticos, elementos químicos e físicos complexamente articulados em um determinado espaço e tempo (KATO, KAWASAKI, CARVALHO, et al., 2020). Já o Bioma, segundo o IBGE (2004), é um conjunto de vida (vegetal e animal) constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, o que resulta em uma diversidade biológica própria.

Uma forma de conseguir desenvolver mecanismos que simulem a vegetação nativa e permitam uma maior similaridade em relação às características, e conseqüentemente maior eficiência na realização das funções exercidas pela floresta, é por meio da inspiração fundamentada nos sistemas biológicos presentes na vegetação, baseando-se na morfologia, anatomia e fisiologia vegetal. Segundo Pawlyn (2016), a compreensão das árvores e como as lições delas podem ser aplicadas à engenharia se desenvolveu enormemente nos últimos anos, principalmente ao que se refere a demonstração da ideia de que formas de junção otimizadas podem evitar concentrações de tensão e podem se adaptar com o tempo.

Investigar e reproduzir o comportamento dos organismos nativos dessas áreas, uma vez que cada um deles possui meios de lidar com as pressões ambientais do Ecossistemas que compõem a Mata Atlântica, é uma forma de encurtar o caminho para o desenvolvimento de soluções para problemas cotidianos. Com sua funcionalidade comprovada pelos milhares de anos evolutivos anteriores à formação de um determinado ser vivo, sua sobrevivência representa a garantia de funcionamento de suas atribuições, isso pois, após 3,8 bilhões de anos de pesquisa e desenvolvimento, as falhas são fósseis, e o que nos rodeia carrega os segredos da sobrevivência (BENYUS, 1997).

As florestas exercem papel fundamental sobre o ciclo hidrológico, pois a cobertura florestal influencia diretamente na presença de água do solo, favorecendo os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água; conseqüentemente, diminuindo o escoamento superficial direto e minorando o processo erosivo (PEREIRA, 2009). Ao projetar e aplicar adaptações bioinspiradas na vegetação em construções, é possível alcançar maior semelhança entre ambiente natural e urbano, e conseqüentemente menor alteração de características ambientais como temperatura, índice pluviométrico e evapotranspiração, por exemplo.

Com o desenvolvimento e utilização de técnicas de construção e materiais bioinspirados, partindo da realização de processos similares aos do meio natural, é possível que áreas urbanas contribuam com o melhoramento de questões ambientais como a evapotranspiração e o escoamento superficial. Isso favorece não só os processos ambientais, como também o aumento da qualidade de vida que essas mudanças podem oferecer.

3 MATA ATLÂNTICA

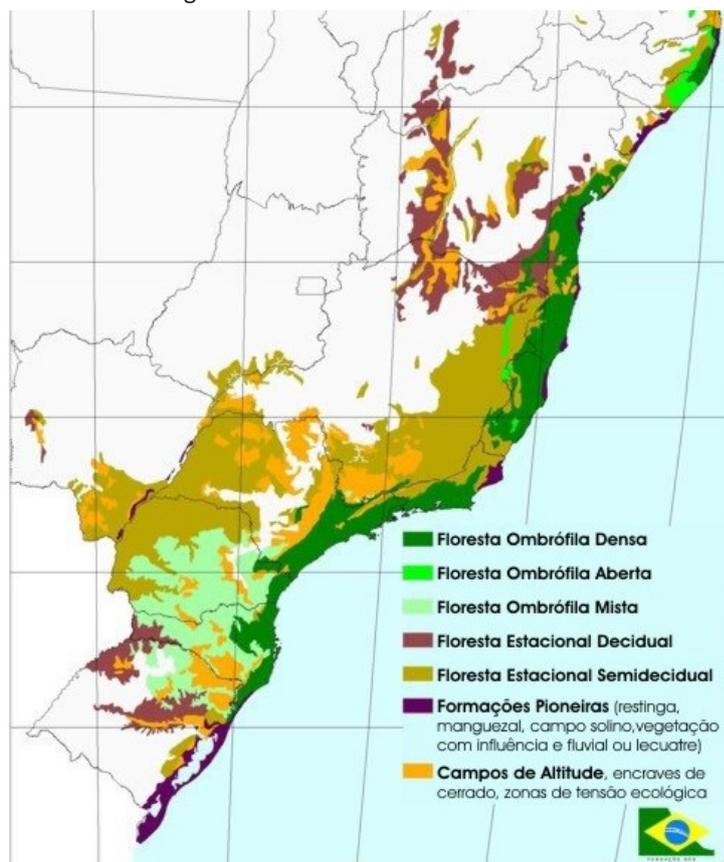
A Mata Atlântica, uma das maiores florestas tropicais do planeta, foi o primeiro Bioma a ser explorado durante a colonização europeia no Brasil. Os sucessivos ciclos econômicos e a contínua expansão da população humana na região durante os últimos cinco séculos comprometeram seriamente a integridade ecológica dos ecossistemas singulares da Mata Atlântica (CASTELETTI; SILVA et al., 2005). Apesar de, segundo Sanquetta (2008), o Bioma corresponder aproximadamente 13% do território brasileiro, vivem na área cerca de 60% da população, isso indica que uma grande área do Bioma foi e está sendo utilizada para suprir as necessidades da população residente, ocasionando o intenso desmatamento e degradação da vegetação. (SANQUETTA, 2008).

A Mata Atlântica, é classificada como um dos cinco hotspots mais importantes do mundo (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2008), que são definidos, segundo Cicco (2009) como áreas prioritárias à conservação da biodiversidade baseado em dois fatores: o número de espécies endêmicas e o seu grau de ameaça. Em alguns hotspots a destruição atinge 90% da paisagem, como a Mata Atlântica, da qual restam apenas 7,3% (CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL, 2005 apud CICCIO, 2009).

Em toda sua extensão, a Floresta Atlântica apresenta uma variedade de formações, e engloba um diversificado conjunto de ecossistemas florestais com estruturas e composições florísticas bastantes diferenciadas, acompanhando as características climáticas e geográficas (SCHWARTSBURD, 2004).

Segundo Nascimento, o Bioma Mata Atlântica é constituído por cinco diferentes tipos de formações vegetais. O primeiro é comumente encontrado nos planaltos interioranos das serras do Mar e Mantiqueira a Mata Atlântica, e é designado tecnicamente como Floresta Estacional Semidecidual. Nas escarpas das serras da Floresta Ombrófila Densa - cobertura de floresta natural secundária, sucessora da vegetação original de Mata Atlântica (MARMONTEL & MARTINS, 2013) - são encontradas outras duas variantes, que, de acordo com a altitude, são classificadas em Montana e Alto-Montana, além da ocorrência da Mata de Araucária, denominada de Floresta Ombrófila Mista, localizada entre as formações citadas anteriormente. Ademais, nas várzeas do rio Paraíba do Sul e de seus afluentes, as Matas de Várzeas (Floresta Estacional Semidecidual Aluvial) predominam (NASCIMENTO, 2005).

Figura 1. Domínios da Mata Atlântica



Fonte: Digitalização do Mapa da Vegetação do Brasil, IBGE, 1993. – Instituto Socioambiental/ Fundação SOS Mata Atlântica.

A região alvo da pesquisa, está inserida na formação vegetal Floresta Ombrófila Densa, com características ecológicas de elevada precipitação bem distribuída ao longo do ano, que, para Schwartzburd (2004) marcam muito bem a "região florística florestal". Assim, a característica ombrotérmica da Floresta Ombrófila Densa está presa a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25º) e de alta precipitação, bem distribuídas durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco (SCHWARTSBURD, 2004).

4 O PAPEL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO CICLO HIDROLÓGICO EM CENÁRIO DA MATA ATLÂNTICA

Define-se como evapotranspiração, segundo Sentelhas e Angelocci (2012), o processo simultâneo pelo qual ocorre a transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e da vegetação úmida por transpiração das plantas. Esses valores são unidos e contabilizados em conjunto devido à grande dificuldade de se distinguir a porcentagem de vapor de água proveniente da evaporação do solo e da transpiração vegetal. O processo da evapotranspiração é relevante para a maioria das funções ambientalmente responsáveis, como a melhoria da qualidade do ar urbano, sumidouros de carbono e biodiversidade, além de melhorar o ciclo da água causado pela chuva (FENG, 2018).

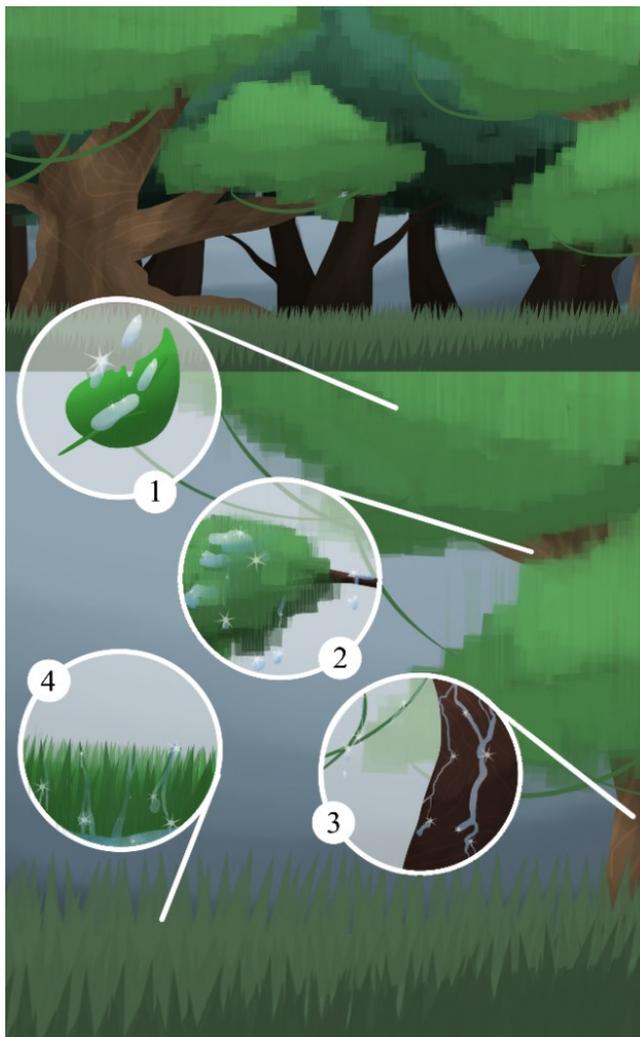
Para compreender a evapotranspiração, é importante ter conhecimento acerca do ciclo hidrológico. Segundo Tundisi (2003), o ciclo hidrológico é marcado pela dinâmica perpétua da água, a característica essencial de qualquer volume de água superficial e subterrânea são sua instabilidade e mobilidade. Essa dinâmica conta com os seguintes elementos: a precipitação, a infiltração, o escoamento superficial, a evaporação e a transpiração (TUNDISI, 2003), apresentando, segundo Pereira (2009), os processos que controlam a distribuição e o movimento de água em diferentes cenários, como no solo, na presença de lençóis freáticos e bacias hidrográficas subterrâneas, na atmosfera, em forma de vapor de água, ou nos rios. Essas diferentes variações são impulsionadas pela ação da gravidade, direcionando os fluídos para o interior do solo, e da variação de energia solar, que aquece a água e a transforma em vapor (PEREIRA, 2009).

A evapotranspiração é uma das etapas do ciclo hidrológico, que consiste na perpétua transferência de água da atmosfera para a superfície da terra pela precipitação, de onde ela escoar para o solo, rios, lagos e oceanos, formando um ciclo fechado no retorno da água evaporando para a atmosfera (BRUTSAERT, 1984; apud MARTINS, 2011). Segundo Martins (2011), esse processo envolve todos os processos de evaporação e transpiração que ocorram simultaneamente numa superfície vegetada, onde manifestam-se diferentes fontes de vapor d'água, como a água livre na superfície, o solo superficial úmido, a água da chuva interceptada pelos dosséis e a transpiração das plantas. Esse ciclo envolve diferentes processos a partir de condições distintas, como variações de pressão e temperatura do ambiente, ocasionando processos como a evaporação, o transporte de vapor de água na atmosfera, a condensação, a sublimação, a precipitação, a infiltração, a percolação, o escoamento superficial, entre outros (SOUSA, 2015).

O processo da evapotranspiração se relaciona com diversos processos e condições da água, uma vez que são unidas a evaporação e a transpiração realizada pelas plantas. Em geral, a evaporação ocorre com a água em contato livre com a atmosfera, da umidade da superfície do solo e da parcela depositada na vegetação (CARVALHO et al., 2011, p. 457). Já a transpiração, segundo Gentil (2010), consiste no processo pelo qual a planta perde água para a atmosfera quando os estômatos se abrem para fixar dióxido de carbono (CO₂) durante o processo de fotossíntese. Esses valores são unidos e contabilizados em conjunto devido à grande dificuldade de se distinguir a porcentagem de vapor de água proveniente da evaporação do solo e da transpiração vegetal.

A repartição da precipitação nessas diferentes categorias ocorre já no início da chuva, pelo componente denominado interceptação, a fração de água retida pela cobertura vegetal, que evapora e retorna para a atmosfera. A precipitação interna ou trans precipitação é a chuva que atravessa o dossel, chegando ao solo por gotejamento que respingam das copas, ou que passa diretamente pelas clareiras; o escoamento pelo tronco é a precipitação que chega ao solo através dos fustes das árvores e arbustos; a precipitação efetiva é a soma dos dois últimos fluxos hídricos, sendo a porção da precipitação que chega ao solo; e a precipitação total, é a chuva que cai acima das copas das árvores (SOUSA, 2015).

Figura 2. Representação das diferentes formas de repartição da precipitação



Fonte: A autora/Arquivo pessoal

Sendo (1) a retenção da chuva pelas folhas da vegetação, e sua posterior evaporação.

(2) A interceptação da água da chuva pelo dossel, assim como sua desaceleração, configurando a precipitação interna.

(3) O escoamento pelo tronco, configurado pela passagem da água por troncos e Lianas (cipós e trepadeiras).

(4) A precipitação, proveniente do escoamento lateral e da chuva que caiu diretamente no solo configuram a precipitação efetiva, que é absorvida e direcionada aos lençóis freáticos.

Com a grande maioria da área das cidades estando coberta de asfalto e com edifícios, muitas vezes sem adaptações baseadas no design bioinspirado, o ciclo hidrológico acaba perdendo boa parte de uma das suas principais etapas, a evapotranspiração. Isso pois, a deficiência das formas de repartição da precipitação em centros urbanos, somada à impermeabilização do solo, cria, para Martins (2011) um cenário discrepante do ambiente natural da Mata Atlântica. É possível observar o impacto na mudança do uso da terra nos totais de

evapotranspiração no Estado de São Paulo, já que a média calculada para o cenário com vegetação nativa resultou em 3,3 mm dia enquanto o resultado para vegetação atual foi menor, com 2,5 mm dia, ~20% inferior (MARTINS, 2011).

A utilização de concepções construtivas bioinspiradas na área urbana, que exercessem funções semelhantes aos naturais, representam uma alternativa para tentar diminuir o distanciamento entre o ciclo hidrológico urbano e o natural, causando a melhoria da condição do fluxo de água entre os processos realizados.

5 O POTENCIAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO CICLO HIDROLÓGICO EM CENÁRIO URBANO

Uma vez que algumas das parcelas de repartição da precipitação não estão presentes, derivada da escassez de cobertura vegetal em áreas urbanas em relação ao cenário original da floresta, aumento do índice de precipitação efetiva é favorecido. Essa situação pode ser observada ao se comparar os valores de água evapotranspirada na vegetação nativa da Mata Atlântica, que apresentam volumes 10,55 vezes maiores que em relação ao centro urbano de São José dos Campos-SP.

Apesar da cidade em questão estar em uma área na qual a Mata Atlântica é naturalmente presente, apenas 10,11% da região continua coberta pelo Bioma, sendo que originalmente o Município, que dispõe de 1.102 km², possuía 84% de sua área coberta por floresta, o equivalente a 925,68 km² (Morelli et al. 2003, SOS Mata Atlântica 2011).

Com mais água precipitando sem a interceptação realizada pelo dossel e conseqüentemente não sendo evapotranspirada, essa precipitação acaba por atingir diretamente o solo, favorecendo, não só uma diminuição do resfriamento das folhas e do ar adjacente, devido a não retirada de calor latente realizada pela água que entra em contato com a vegetação (MARTELLI; JR, 2015), como, também, aumentando o fluxo de água pela superfície da cidade. Isso pois, nos centros urbanos, por conta da pouca absorção gerada pela presença de uma superfície altamente impermeabilizada, a absorção da água pelo solo é reduzida.

Esse processo contribui para a poluição desses fluídos, uma vez que há grande contato destes com os dejetos presentes não só no asfalto, como também na drenagem, aumentando a presença de partículas sólidas na água de rios e lagos, estejam eles em suspensão ou dissolvidos (PAZ, 2004). Os prejuízos ao ambiente estão relacionados ao aumento da turbidez da água e à diminuição da passagem da luz solar, assim como prejuízos econômicos, pela necessidade de remoção de sedimentos em áreas inundadas (PAZ, 2004). Uma vez não sendo absorvida pelo solo, as chuvas passam para os sistemas de tratamento de água, enquanto uma maior parcela dessa precipitação poderia ter sido devolvida a atmosfera sem percorrer todas essas etapas que, além disso, demandam custos pela degradação da qualidade da água e a necessidade da remoção dessas partículas poluidoras (PAZ, 2004).

A problemática do baixo índice de evapotranspiração nas cidades, ao ser enquadrada entre os serviços ecossistêmicos, encontra-se no tema de regulação e manutenção do fluxo de água do ambiente (HAINES-YOUNG; POTSCHIN, 2010). Para desenvolver soluções e alternativas que tratem dessa questão e que favoreçam a regulação do fluxo de água na área urbana, é necessário, segundo Zari (2015), um projeto regenerativo com abordagem baseada em sistemas. Em vez de

serem concebidos como objetos autônomos, os edifícios devem ser elaborados como indivíduos de um conjunto interrelacionado, da mesma forma que organismos fazem parte de um ecossistema (ZARI, 2015).

As funções exercidas pelo meio natural durante o processo de evapotranspiração possuem características que podem ser simuladas por sistemas não naturais. Dessa forma, é possível que, ainda com o crescimento de áreas urbanas podendo representar a diminuição da realização de processos naturais, as cidades reproduzam algumas dessas funções e a evapotranspiração seja favorecida.

Algumas dessas funções que estão relacionadas ao favorecimento da transpiração nas plantas, e que aplicadas ao meio urbano, poderiam contribuir para o aumento do índice de evapotranspiração nas cidades estão relacionadas a temperatura e calor presente no meio. Segundo Nobel (1999), uma superfície úmida exposta ao ar perde tanto mais água, na forma de vapor por unidade de área e de tempo, quanto maior for o gradiente de pressão de vapor entre essa superfície e o ar, que, por sua vez, depende da temperatura ambiente (PIMENTEL, 2004). Outros atributos que auxiliam no aumento desse processo são as superfícies largas e grandes, semelhantes aos da vegetação latifoliada presente em florestas pluviais tropicais, nas quais o índice pluviométrico é alto. Por conta da grande vazão de água, apresentam folhas com formas e superfícies favoráveis ao rápido escoamento das águas das chuvas (RICHARDS, 1979), além de limbos largos, grandes, geralmente glabros e intensamente verdes (PEREIRA, 2010).

A presença de textura é outro aspecto que favorece a evapotranspiração, uma vez que desacelera o escoamento da água da chuva a partir da existência de saliências e cavidades que dificultam a passagem da água. Isso ocasiona seu desaceleramento e aumenta a superfície de contato até que a chuva chegue ao solo, o que favorece a evaporação. As texturas, unidas a um dossel, interceptador da água da chuva, criam uma cobertura que intensifica a função de dificultar a precipitação efetiva. Ou seja, aquela na qual a água chega ao solo sem sofrer qualquer tipo de contato com a vegetação, ou no caso das cidades, com construções.

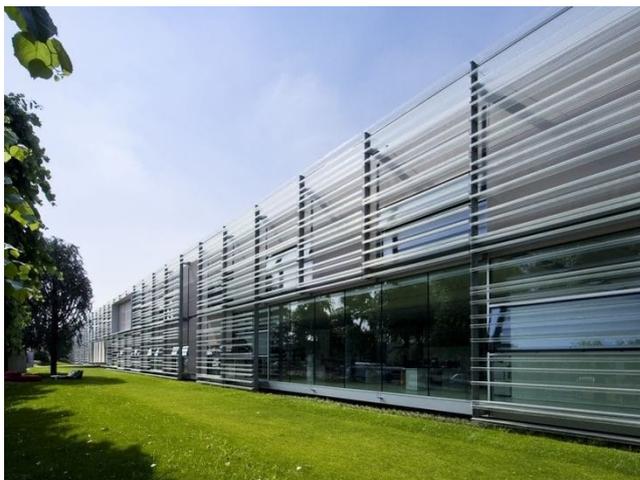
Sendo assim, pode-se dividir as características da vegetação da Mata Atlântica responsáveis pelo favorecimento da evapotranspiração em algumas categorias, denominadas pelo Seedkit como “mentores”, devido a sua função de representar e direcionar as soluções adaptativas bioinspiradas em relação às funções físicas de elementos naturais. Esses mentores são divididos em cinco, sendo eles:

- a) Transpiração: representada pelas características da alta temperatura de superfícies, além de sua grande extensão e absorvência.

Na natureza a transpiração é um processo realizado pelos estômatos presentes nas folhas das plantas. São feitas trocas gasosas e com isso a água absorvida pela planta é evaporada.

Desenvolver e aplicar materiais ou técnicas construtivas bioinspiradas que absorvam a água ou que sejam bons condutores de energia e aqueçam com facilidade, é uma maneira de favorecer a rápida evaporação. Isso pois, um ambiente que possua essas características tem um índice de transpiração vegetal maior.

Figura 3. Sede da Living Divani



Fonte: fotografia de Oskar da Ritz, 2007

Projetado por: Pedro Lissoni.

Local: Anzano del Parco, Itália.

Ano de Construção: 2007.

No exemplo acima, as camadas horizontais e extensas aplicadas na área externa da construção reproduzem as folhas das plantas no cenário da vegetação nativa, interceptando a precipitação. Além disso, são uma alternativa para que a água, ao entrar em contato com sua estrutura, evapore.

- b) Absorção: definida pela propriedade de incorporar algo a sua própria estrutura, nesse caso, a água da chuva em organizações florestais.

No ambiente natural, as raízes são a principal forma de absorção da água da chuva pelas plantas. Epífitas, com suas raízes aéreas, e musgos, com sua superfície absorvente, são bons exemplos de organismos vegetais presentes na Mata Atlântica que armazenam água.

Fazer uso de paredes vivas é uma alternativa para favorecer o aumento da absorção da água, uma vez que permitem que a área externa dos edifícios e construções possam auxiliar na retenção da chuva.

Figura 4. Huaku Sky Garden



Fonte: fotografia de Patrick Bingham-Hall, 2017

Projetado por: WoHa.

Local: Taipei, Taiwan.

Ano de Construção: 2017.

Na imagem, as paredes vivas simulam epífitas e plantas aéreas da Mata Atlântica. Sua distribuição vertical permite que a água seja armazenada e absorvida em diferentes áreas da floresta.

c) Escoamento Lateral: marcado pelo deslocamento da água da chuva pelas superfícies da floresta.

Na Mata Atlântica a vegetação possui diferentes texturas em folhas, troncos e cipós (lianas). Elas possibilitam a desaceleração da água da chuva e aumentam o percurso até o solo, assim uma maior quantidade de água pode ser evaporada. Aplicar texturas na face externa de construções é uma forma de desacelerar a água precipitada que escorre pela lateral de edifícios.

Figura 5. Biblioteca de Guangzhou



Fonte: fotografia de Scott Edmunds, 2012

Projetado por: Nikken Sekkei.

Local: Guangzhou, China.

Ano de Construção: 1982, reformado em 2012.

Nesse exemplo, os sulcos e cavidades na estrutura se assemelham à textura presente em troncos de árvore, que retêm a água e a desacelera.

d) Interceptação: causada pelas diferentes camadas vegetativas da floresta.

Na Mata Atlântica, as variadas alturas da vegetação representam o dossel, responsável por interceptar a água da chuva e impedir que caiam diretamente no solo.

Figura 6. Edifício Bosco Verticale



Fonte: fotografia de Paolo Rosseli, 2015

Projetado por: por Stefano Boeri.

Local: Porta Nova em Milão, Itália.

Ano de construção: 2014.

No exemplo apresentado, a variedade de camadas, materiais e suas respectivas resistências simula o dossel da floresta. Com isso, a água que atinge as folhas das árvores desacelera e são armazenadas temporariamente, facilitando sua evaporação.

- e) Canalização: que direciona a água para o centro da planta, facilitando o processo do escoamento lateral.

Canalizar em direção ao tronco pode ser uma maneira de desacelerar a água e aumentar seu percurso sobre superfícies com textura.

Figura 7. Reinterpretação de construções tradicionais chinesas sob uma linguagem modernista



Fonte: imagem de Amey Kandalgaonkar. ArchDaily, por Niall Walsh, 2019.

Projetado por: Amey Kandalgaonkar.

Local: China.

Ano de construção: ainda não construído, projetado em 2019.

No ambiente natural, galhos curvados para cima canalizam a água em direção ao centro da planta. A utilização de extremidades elevadas e resistentes, que direcionam os fluidos em direção à superfície dos edifícios, como exemplificado na imagem acima, é uma alternativa para favorecer o escoamento lateral.

O ambiente natural pode ser interpretado como um sistema que funciona a partir da realização conjunta de cada uma das funções ecossistêmicas. Nesse sistema, é comum que os diversos elementos desempenhem mais de uma função. Aproximar o ambiente construído do ambiente natural requer abordagem semelhante. Muitas das soluções bioinspiradas podem ser unidas e interligadas, sendo uma mesma adaptação capaz de realizar diversos processos, além de muitas vezes serem semelhantes entre si.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O baixo índice de evapotranspiração nas cidades é, ao mesmo tempo, uma evidência e uma das consequências da discrepância entre ambientes naturais e urbanos. Buscar inspiração no ambiente natural pode ser uma alternativa para tornar o ciclo hidrológico no cenário urbano mais próximo àquele realizado na vegetação nativa. A promoção da similaridade entre os dois ambientes por meio do design inspirado em funções biológicas é uma maneira de diminuir e evitar essa discrepância, exemplificada, neste artigo, através das características do ciclo hidrológico em ambiente natural e urbano, com seus respectivos impactos.

A emulação do processo da evapotranspiração em áreas urbanas é apenas uma dentre as possíveis aproximações ao ambiente natural que podem ser realizadas a partir do desenvolvimento e aplicação de soluções bioinspiradas. O estudo e elaboração de artifícios baseados em características presentes na natureza e que sejam aplicáveis em construções representam uma alternativa não só para solucionar os mais diversos transtornos ocorridos em áreas urbanas, como também aumentar a eficiência de alguns processos já reproduzidos em edificações.

Tanto no caso do baixo índice de evapotranspiração na cidade de São José dos Campos, como ao que se refere a outras problemáticas relacionadas ao ambiente urbano nas mais diversas localidades, um meio de desenvolver soluções é a partir da definição de “Mentores” baseados em atributos naturais. Essa metodologia, utilizada neste trabalho, pode ser adaptada de acordo com as características naturais específicas de cada bioma ou ecossistema, contemplando a diversidade de contextos nos quais os centros urbanos estão inseridos.

Apesar de exemplos concretos de aplicação de soluções de design bioinspirado ainda não serem tão recorrentes no cenário brasileiro, a diversidade de biomas e ecossistemas presentes no território nacional, aliada à necessidade de revisão das premissas de construção do ambiente urbano, em busca de um habitat mais sustentável e equilibrado, demonstra o potencial de aplicação de projetos como o Seedkit e a pesquisa da qual este artigo faz parte

Dessa forma, é possível compreender que a utilização do design bioinspirado, assim como o desenvolvimento de materiais e soluções construtivas representam uma ampla área de pesquisa a ser explorada, podendo-se definir como objeto de estudo as mais variadas localidades e suas respectivas vegetações nativas, a fim de aproximar os serviços ecossistêmicos presentes no ambiente urbano àqueles presentes no ambiente natural, buscando alternativas para a realização desses processos naturais em áreas urbanas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal do ABC, pelo suporte administrativo e financeiro oferecido por meio da bolsa de pesquisa financiada pela UFABC no Edital 04/2020, Processo: 23006.008281/2020-46.

Ao grupo de pesquisa 4DB, pelo apoio na redação e edição técnica do artigo.

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflitos de interesse de quaisquer ordens.

Atlantic forest and constructed ambience: the potential of applying bioinspired solutions to rise the evapotranspiration indexes in the urban region of São José dos Campos-SP

ABSTRACT

Evapotranspiration is one of the main stages of the natural hydrological cycle, represented by the portion of precipitated water that is returned to the atmosphere in the form of vapor. The proportion between the volume of precipitated water and that evapotranspiration is greater in areas covered by dense native vegetation than in urbanized areas, especially in those with a high degree of soil impermeability. In the city of São José dos Campos-SP, the rate of precipitated water that is evapotranspiration is ten times lower than that observed in the Atlantic Forest, the biome that characterizes the region. With less water from rain being returned to the atmosphere, the volume that would not reach the ground is transformed into surface runoff, contributing to an increase in flows sent to urban drainage and, ultimately, to an increase in flooding. This article highlights the attributes of the main natural elements responsible for carrying out evapotranspiration in the Atlantic Forest – the mentors – and how they can be incorporated into bio-inspired design solutions, in order to promote their application in the construction of the urban environment to increase their evapotranspiration rates

KEYWORDS: Biomimicry; Bioinspired Design; Evapotranspiration; Atlantic rain forest.

REFERÊNCIAS

ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS); USOS MÚLTIPLOS – PREVENÇÃO DE INUNDAÇÕES. 2013.

BENYUS, J., M.; BIOMIMICRY: INNOVATION INPIRED BY NATURE, 1997.

BEVILAQUA, B.; ENTENDA POR QUE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS É A CIDADE MAIS INOVADORA DO BRASIL. STARSE. Disponível em <<https://www.startse.com/noticia/ecossistema/porque-sao-jose-dos-campos-e-a-cidade-mais-inovadora-do-brasil>>. Acesso em: 1 de junho de 2021.

BIBLIOTECA DE GUANGZHOU, CHINA, 2012, Oliver Heinemann. Disponível em: <<https://www.oliverheinemann.de/architecture/guangzhou-library-2/516.html>>. Acesso em: 27 de maio de 2021.

BRAGA, J. O.; ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE SANTA MARIA-DF., Brasília, 2016.

BUCKUP, G. B.; DIVERSIDADE DA VIDA. IMPORTÂNCIA DA BIODIVERSIDADE. Universidade Federal do Rio grande do Sul, 2010.

CAMPANA, N. A.; BERNARDES, R. S.; QUALIDADE DO ESCOAMENTO NA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA: A SITUAÇÃO DE BRASÍLIA-DF. REGO, Vol.7, p.53-65, Jul/dez 2010.

CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; NETO, P. C.; EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA: UMA ABORDAGEM ATUAL DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESIMATIVA., In: Pesq. Agropec. Trop., v. 41, n. 3, p. 456-465, jul./set., Goiânia, 2011.

CASTELETI, C. H. M.; SILVA, J. M. C.; ESTADO DA BIODIVERSIDADE DA MATA ATLÂNTICA BRASILEIRA. In: Mata Atlântica Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas. Fundação SOS Mata Atlântica Conservação Internacional. Centro de Ciências Aplicadas à Biodiversidade, Belo Horizonte, 2005.

CICCO, V.; DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO PELOS MÉTODOS DOS BALANÇOS HÍDRICO DE CLORETO E A QUANTIFICAÇÃO DA INTERCEPTAÇÃO DAS CHUVAS NA MATA ATLÂNTICA: SÃO PAULO, SP E CUNHA, SP.; In: Tese de Pós-Graduação, São Paulo, 2009.

DETANICO, F.; TEIXEIRA, F.; SILVA, T. K.; A BIOMIMÉTICA COMO MÉTODO CRIATIVO PARA O PROJETO DO PRODUTO., In: Design e Tecnologia – 02 – 2010 (Programa de Pós-Graduação); Porto Alegre, 2010.

DINIZ, H. N.; EUZEBIO, B. A.; GRANDO, P.; MESCÊS, V.; COMPARAÇÃO ENTRE O POTENCIAL DE RECARGA DAS ÁREAS CONTENDO ROCHAS CRISTALINAS E BACIA SEDIMENTAR DE TAUBATÉ, NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS-SP., In: XIV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços II Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste, Taubaté, 2015.

EDIFÍCIO BOSCO VERTICALE/ BOERI STUDIO, ArchDaily, 2015. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/778367/edificio-bosco-verticale-boeri-studio>>. Acesso em: 23 de maio de 2021.

FUNDAÇÃO FLORESTAL; PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR; PLANO DE MANEJO. 430 p. 2008. Disponível em: <http://fflorestal.sp.gov.br/planos-de-manejo/planos-de-manejo- planos-concluidos/>.

GAMARANO, D. S.; DIAS, V. C. P. L.; RICARDONI, T. F.; BIOMIMÉTICA E DESIGN: UM ESTUDO SOBRE A POTENCIALIZAÇÃO DA CRIATIVIDADE PARA MÉTODOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS INSPIRADOS NA NATUREZA. In: Colóquio Internacional de Design, 2017.

GENTIL, M. S.; TRANSPIRAÇÃO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM ÁRVORES CLONAIIS DE EUCALYPTUS AOS 4 ANOS EM ÁREAS COM E SEM IRRIGAÇÃO EM EUNÁPOLIS, BAHIA., In: Dissertação de Mestrado, Piracicaba, 2010.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M.; PROPOSAL FOR A COMMON INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF ECOSYSTEM GOODS AND SERVICES (CICES) FOR INTERGRATED ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ACCOUNTING. Center for Environmental Management, University of Nottingham, UK, 2010.

HUAKU SKY GARDEN/ WOHA, ArchDaily, 2018. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/887358/huaku-sky-garden-woha>>. Acesso em: 27 de maio de 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Digitalização do Mapa da Vegetação do Brasil, Instituto Socioambiental/ Fundação SOS Mata Atlântica, Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

IPPLAN; AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS-SP. Relatório Completo do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR)FASE I e FASE II, São José dos Campos-SP.

KAISER, D.; KÖHLER M.; SCHMIDT M.; WOLFF, F; INCREASINS
EVAPOTRANSPIRATION ON EXTNSIVE GREEN ROOFS BY CHANGING SUBSTRATE
DEPTHS, CONSTRUCION, AND ADDITIONAL IRRIGATION. Department of
Landscape Ecology, Faculty of Landscape Sciences and Geomatics (LG), University
of Applied Sciences, Neubrandenburg, 17033 Neubrandenburg, Germany, 2019.

KANDALGAONKAR, A.; REIMAGINING PAGODA ARCHITECTURE, Instagram, 2019.
Disponível em: <<https://www.instagram.com/p/Bw9akOXJDGR/>>. Acesso em: 23
de maio de 2021.

KATO, S. D.; KAWASAKI, C. S.; CARVALHO, L. M.; O CONCEITO DE ECOSISTEMA
COMO DELIMITAÇÃO ESPAÇOTEMPORRAL NAS PESQUISAS EM EDICAÇÃO
AMBIENTAL: IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS/BIOLOGIA. In: ACTIO,
Curitiba, v. 5, n. 2, p. 1-23, mai./ago, 2020.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A.; MARTINS, T.; STARZYNSKI, R.;
CARVALHO, J. L.; CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA DO BIOMA
MATA ATLÂNTICA COM BASE EM SUA POSIÇÃO NA PAISAGEM; In: Biosci. J.,
Uberlândia, v.29, n.6, p.2042-2052, Nov./Dec., 2013.

MARTELLI, A.; JR, A. R. S.; ARBORIZAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE ITAPIRA –
SP: PERSPECTIVAS PARA EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUA INFLUÊNCIA NO
CONFORTO TÉRMICO; In: Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM
Santa Maria Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental; p.
1018-1031. V. 19, n. 2, 2015.

MARTINS, C. A.; ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO ESTADO DE SÃO
PAULO COM MODELO DA BIOSFERA SIB2. 2011.

MATYAS ARCHITECTS; BALWYN NORTH. Disponível em:
<<https://www.matyasarchitects.com.au/balwyn-north#>>. Acesso em: 23 de maio
de 2021.

MIRANDA, R. A. C.; OLIVEIRA, M. V. S.; SILVA. D. F.; CICLO HIDROLÓGICO
PLANETÁRIO: ABORDAGENS E CONCEITOS. In: Geo UERJ, ano 12, v.1, nº21, Rio
de Janeiro, 2010.

MORELI, A. F.; REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA COBERTURA VEGETAL NATURAL
ORIGINAL DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS (SP). In: Revista eletrônica
do curso de Geografia do Campus Jataí – UFG, 2003.

NASCIMENTO, A. C. P.; PRODUÇÃO E APORTE DE NUTRIENTES DA SERRAPILHEIRA
EM UM FRAGMENTO DA MATA A TLANTICA NA RESERVA BIOLÓGICA UNIÃO, RJ:

efeito de borda. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2005.

OGLIARI, A.; MELO, L. M.; A BIOMIMÉTICA NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, A RELAÇÃO ENTRE FORMA E FUNÇÃO PARA OBTENÇÃO DE LEIAUTES INICIAIS. DAPesquisa, v.10, n.14, p87-104, novembro, 2015.

PAWLYN, M.; BIOMIMICRY IN ARCHITECTURE. Second Edition, 2019.

PEREIRA, A., B.; A VEGETAÇÃO COMO ELEMENTO DO MEIO FÍSICO. In: Revista Nucleus, v.3,n.1, 2005.

PEREIRA, D. R. P.; EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ÁREA DE MATA ATLANTICA NA REGIÃO DA SERRA DA MANTIQUEIRA, MG. 2009.

PIMENTEL, C.; A RELAÇÃO DA PLANTA COM A ÁGUA. Instituto de Agronomia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004.

PINTO, E. P. P.; MOUTINHO, P.; RODRIGUES, L.; PERGUNTAS E RESPOSTAS SOBRE O AQUECIMENTO GLOBAL. Belém – PA, 2008.

RICHARDS, P.; THE TROPICAL RAIN FOREST: AN ECOLOGICAL STUDY. In: Cambridge University Press, 1979.

RITZ, O.; LIVING DIVANI, 2007. Proporções perfeitas e harmoniosas e uma sensação de luxo discreto são as características distintivas da Living Divani, a empresa familiar que tornou sua marca registrada de estofados. Disponível em: <<https://livingdivani.it/en/homepage/>> Acessado em: 23 de maio de 2021.

SANQUETTA, C. R.; EXPERIÊNCIAS DE MONITORAMENTO NO BIOMA MATA ATLÂNTICA COM USO DE PARCELAS PERMANENTES. Curitiba, 2008.

SCHWARTSBURD, P. B., MATA ATLÂNTICA, 2004.

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R.; EVAPOTRANSPIRAÇÃO: DEFINIÇÕES E CONCEITOS, ESALQ/USP, São Paulo, 2012.

SOUSA, R. C.; REDISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS E EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALTO-MONTANA NO PARQUE ESTADUAL DE COMPOS DO JORDÃO-SP., In: Dissertação de Pós-Graduação., Vol. 151, p. 10-17, Curitiba, 2015.

TUNDISI, J. G.; CICLO HIDROLÓGICO E GERENCIAMENTO INTEGRADO. In: Jornal Ciência Cult. P. 31-33, São Paulo, 2003.

WALSH, N.; AMEY KANDALGAONKAR REIMAGINA OS TRADICIONAIS PAGODES CHINESES A PARTIR DA LINGUAGEM MODERNA. ArchDaily Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/916540/amey-kandalgaonkar-reimagina-os-tradicionais-pagodes-chineses-a-partir-da-linguagem-moderna>>. Acesso em: 1 de junho de 2021.

ZARI, M. P.; ECOSYSTEM SERVICES ANALYSIS: MIMICKING ECOSYSTEM SERVICES FOR REGENERATIVE URBAN DESIGN. School of Architecture, Victoria University, PO Box 600, Wellington 6011, New Zealand, 2015.

Recebido: 27 jul. 2021.

Aprovado: 30 set. 2021.

DOI: 10.3895/rbpd.v10n4.14441

Como citar: FREITAGAS, F. L., ZOLA, J., TITOTTO, S. Mata Atlântica e ambiente construído: o potencial de aplicação de soluções bioinspiradas para o aumento dos índices de evapotranspiração na área urbana de São José dos Campos-SP. **R. bras. Planej. Desenv.** Curitiba, v. 10, n. 04, p. 576-599, Edição Especial Reflexões do Planejamento e Governança na preservação do meio ambiente. dez. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbpd>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Fernanda Lira Freitagas

Alameda da Universidade, s/n - Anchieta, São Bernardo do Campo - SP

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

