

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PROPOSTA DE COMPONENTE ARQUITETÔNICO EXTERNO DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO PARA O CONFORTO TÉRMICO E ECONOMIA ENERGÉTICA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO¹

SILVA, Yuri V. (1); STANESCU, George (2)

(1) UFPR, e-mail: yurivascon@gmail.com; (2) UFPR, e-mail: stanescu@ufpr.br

RESUMO

Enquanto a Agenda 2030 (ONU) estipula que taxa global de melhoria da eficiência energética deva dobrar até 2030, sabe-se que o ambiente construído é um dos maiores consumidores da energia produzida, onde o condicionamento térmico figura entre os que mais a consomem. Assim, o objetivo deste artigo é a proposição de um componente arquitetônico externo de resfriamento evaporativo (RE) para o conforto térmico e economia energética no ambiente construído. O trabalho propõe uma malha em material biopolimérico como revestimento externo em fachadas. A água pluvial seria distribuída ao longo da malha até um conjunto de aspersores, onde seria pulverizada contra a superfície construída, umidificando e preenchendo a cavidade entre a malha e a parede com uma nuvem de gotículas. O contato entre o ar circulando na cavidade e a água pulverizada promoveria a evaporação, retirando o calor desta região. Entre as vantagens da tecnologia proposta incorporada ao projeto de arquitetura, espera-se (i) maior eficiência energética na edificação, (ii) utilização do biopolímero em componentes construtivos (iii) o uso de água pluvial, (iv) integração com a linguagem formal do edifício, ao ser também aplicado como um revestimento arquitetônico.

Palavras-chave: Resfriamento evaporativo. Eficiência energética. Conforto térmico.

ABSTRACT

While Agenda 2030 (UN) states that the global rate of improvement in energy efficiency should double by 2030, it is known that the built environment is one of the largest consumers of energy produced, where the thermal conditioning is among the more energy demand. The objective of this article is to propose an external architectural component of evaporative cooling (RE) for thermal comfort and energy savings in buildings. The paper proposes a mesh biopolymeric material and external coating facades. The rainwater would be distributed throughout the network until a set of nozzles, which spray against the surface, humidifying and filling the cavity between the mesh and the wall with a cloud of droplets. The contact between the air circulating in the cavity and the water spray promote evaporation, removing the heat of this region. Among the advantages of the proposed technology incorporated into the architectural design, is expected to (i) higher energy efficiency in building, (ii) use of biopolymer in buildings components (iii) the use of rainwater, (iv) integration with language formal building, to be also used as an architectural coating.

Keywords: Evaporative cooling. Energy efficiency. Thermal comfort.

¹ SILVA, Yuri V.; STANESCU, George. Proposta de componente arquitetônico externo de resfriamento evaporativo para o conforto térmico e economia energética no ambiente construído. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16.. 2016. São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC. 2016.

1 INTRODUÇÃO

As próximas décadas reservam uma crescente demanda energética global, acima do que foi registrado até o momento. Neste cenário, o uso do ar condicionado é apontado como um dos principais agentes deste alto consumo futuro.

Dados recentes dos Estados Unidos, país que divide com a China a liderança no consumo energético mundial, revelaram que o setor do ambiente construído consome 41% do total da energia daquele país. Neste índice, 47% são demandados pelo condicionamento térmico nos ambientes internos, sendo 10% utilizado para o arrefecimento (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2010). No Brasil, o PROCEL (2005) aponta que uso domiciliar para condicionamento ambiental já chega a 20%, ocupando o terceiro lugar entre os usos finais que mais consomem energia elétrica. Pesquisas ao redor do mundo buscam meios de substituir ou complementar os atuais sistemas de condicionamento térmico por sistemas que resultem no mesmo objetivo final, o conforto dos usuários, porém com maior eficiência na utilização da energia.

A estratégia de arrefecimento por resfriamento evaporativo (RE) é uma das mais promissoras aplicações nas edificações novas ou existentes. Utiliza o princípio físico em que um determinado elemento, ao passar por uma mudança de estado na direção do maior calor, do sólido para o líquido ou deste para o gasoso, consome calor sensível durante o processo. O RE utiliza a água em estado líquido para ser evaporada em contato com o ar ou outro meio com maior calor. No processo de evaporação, a água extrai calor sensível do ambiente, resfriando-o.

O objetivo deste artigo é associar a estratégia do RE a um componente arquitetônico para fachadas. Em material plástico biopolimérico, este componente poderia ser instalado em edifícios novos ou existentes. Formaria uma cavidade entre a malha e a parede que seria preenchida por água aspergida a partir do componente. Auxiliando, desta forma, o arrefecimento do edifício, onde a diminuição na demanda energética do ar condicionado é esperada como objetivo.

2 SITUAÇÃO ENERGÉTICA

2.1 Panorama Global

Países de economia emergente têm possibilitado a sua população o acesso a aparelhos de ar condicionado (AC). Isso exerce pressão adicional no suprimento energético destas economias. Michael Sivak (2013) demonstra que países em desenvolvimento combinam duas características preocupantes quando associadas: (i) estão localizados em áreas de clima quente e (ii) apresentam as maiores densidades demográficas. De acordo com Sivak (2013), é uma questão de tempo para que o uso do ar condicionado se popularize com o aumento de renda per capita dos países emergentes. Como consequência, o mundo passará por um aumento sem precedentes na demanda de energia elétrica. Ao pesquisar o potencial de

uso do ar condicionado em 170 países, dois fatos são mais relevantes a este artigo (SIVAK, 2013):

- 8 países têm o potencial de ultrapassar o atual primeiro lugar – EUA – global no uso do ar condicionado: Índia, China, Brasil, Indonésia, Nigéria, Paquistão, Bangladesh e Filipinas;
- Dentre os 25 países com maior potencial de se tornarem líderes em uso de ar condicionado no mundo, 22 são países em desenvolvimento;

Uma estimativa de Stan Cox (2012) deduziu que o ar condicionado residencial, comercial e industrial em todo o mundo consome ao menos um trilhão de quilowatts-hora de eletricidade atualmente. Cox anteviu que o consumo mundial subirá dez vez até o ano 2050, graças à inserção dos mercados emergentes.

2.2 Panorama Nacional

A crescente demanda por eletricidade nos centros urbanos do Brasil, a falta de investimento em infraestrutura na matriz energética, a dependência climática para os reservatórios em sistemas baseados na geração hidrelétrica são os principais fatores que levaram a infraestrutura energética ao limite de sua capacidade, trazendo transtornos como os apagões e incapacidade de fornecimento a novas instalações industriais ou urbanas. O relatório da Projeção da Demanda de Energia Elétrica (EPE, 2013) estimou que o consumo total do país sairá dos 463.600 GWh medido em 2013, para atingir 688.990 GWh no ano de 2023 (TABELA 1). Para os valores tabulados em relação ao consumo residencial e comercial, classes que são objetivos deste artigo, a EPE previu um crescimento estável na demanda residencial na ordem de 4% a cada cinco anos, e de 5% no mesmo intervalo de tempo para o setor comercial.

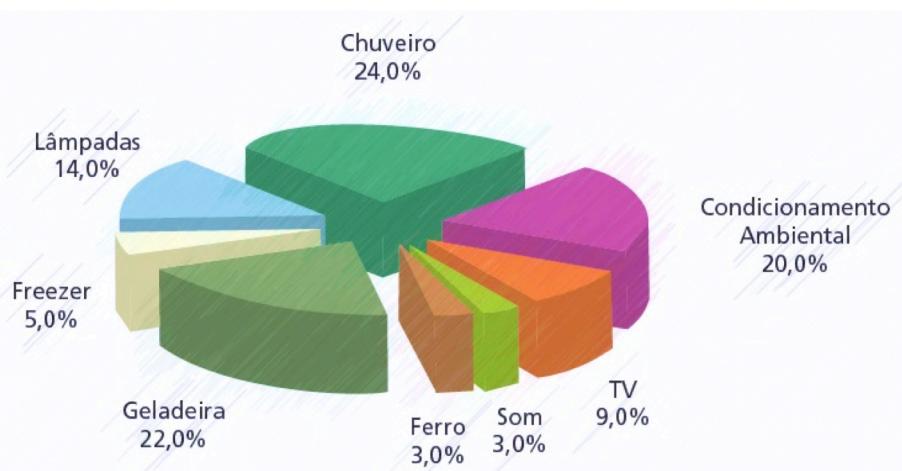
TABELA 1- Previsão consumo eletricidade na rede (KWh), Brasil.

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2013	124.890	184.544	83.630	70.536	463.601
2014	129.983	191.333	87.378	72.691	481.385
2015	135.785	198.367	91.971	75.138	501.261
2016	142.078	205.600	97.179	77.800	522.657
2017	148.390	213.401	102.605	80.487	544.884
2018	154.879	222.148	108.359	83.271	568.657
2019	161.535	228.866	114.455	86.152	591.009
2020	168.368	236.013	120.914	89.131	614.426
2021	175.378	243.211	127.755	92.211	638.556
2022	182.568	250.009	134.997	95.395	662.969
2023	189.934	257.714	142.660	98.682	688.990
Variação (% ao ano)					
2013-2018	4,4	3,8	5,3	3,4	4,2
2018-2023	4,2	3,0	5,7	3,5	3,9
2013-2023	4,3	3,4	5,5	3,4	4,0

FONTE: EPE (2013)

O uso domiciliar de AC para conforto térmico chegou a 20% (PROCEL, 2005) entre os destinos finais de demanda energética em uma residência, perdendo apenas para o chuveiro elétrico e refrigerador (GRÁFICO 1), de acordo com a Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil (PROCEL, 2005). Ainda que se verifique a baixa inserção do aparelho de ar condicionado nos domicílios pesquisados (TABELA 2), não é possível ignorar a crescente demanda por este equipamento de conforto térmico estimada para a próxima década, e sua progressiva pressão na solicitação energética sobre o sistema.

GRÁFICO 1- Consumo médio domiciliar, Brasil.



FONTE: PROCEL; PUC-RJ / 2005

TABELA 2: vida útil e posse média dos equipamentos elétricos, Brasil.

Equipamento	Vida útil (anos)	Posse média (equipamentos por 100 domicílios)			
		2013	2014	2018	2023
Ar condicionado	15	23	24	26	32
Refrigerador	15	103	104	104	103
Freezer	15	19	18	17	16
Chuveiro elétrico ¹	15	70	69	65	61
Máquina de lavar roupas	15	68	69	77	81
Televisão	10	161	171	197	216
Lâmpadas ²	8	826	833	860	885

Notas: 1 - Corresponde ao número de domicílios que utilizam exclusivamente o chuveiro elétrico.

2 - Número médio de lâmpadas por domicílio.

FONTE: EPE, 2014

Os dados levantados pelo EPE 2014 (TABELA 2) aponta que o AC apresenta uma das menores inserções no mercado de equipamentos elétricos

residenciais, com 24 aparelhos a cada 100 domicílios (2014). Existe ainda, portanto, um grande potencial de crescimento no uso do AC residencial no futuro.

3 RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

O resfriamento evaporativo é uma das estratégias de arrefecimento passivo mais amplamente utilizada no ambiente construído (SANTAMOURIS, 2013). No passado, foi a estratégia empregada de forma empírica em locais de clima quente e seco, como desertos e regiões áridas, para melhorar as condições de conforto térmico e umidade do ar no interior dos edifícios (VEFIK, 1991). Muitas das técnicas utilizadas sobrevivem até hoje em exemplos de arquitetura vernacular que, ao longo dos anos, aperfeiçoaram-se em suas respostas térmicas em relação ao clima de cada região. Entre as estratégias de RE baseada em arquitetura vernacular, cita-se:

- Pátios - a edificação é dotada de pátio interno e apresenta elementos construídos com presença de água circulando para resfriar, umidificar e retirar poeira do ar;
- Torres de vento - a torre proporciona diferenças na densidade do ar ao longo da altura, como ocorre em uma chaminé, produzindo fluxo ascendente do ar. O vento é dirigido por canal subterrâneo ou porão inundado com água, arrefecendo-se antes de entrar nos ambientes e sair, aquecido, pelo topo da torre;
- Coberturas – o uso de camada vegetativa, espelho d'água na cobertura, ou a aspersão de água no telhado promovem o resfriamento evaporativo de forma indireta, retirando o calor da cobertura e dos ambientes abaixo dele;

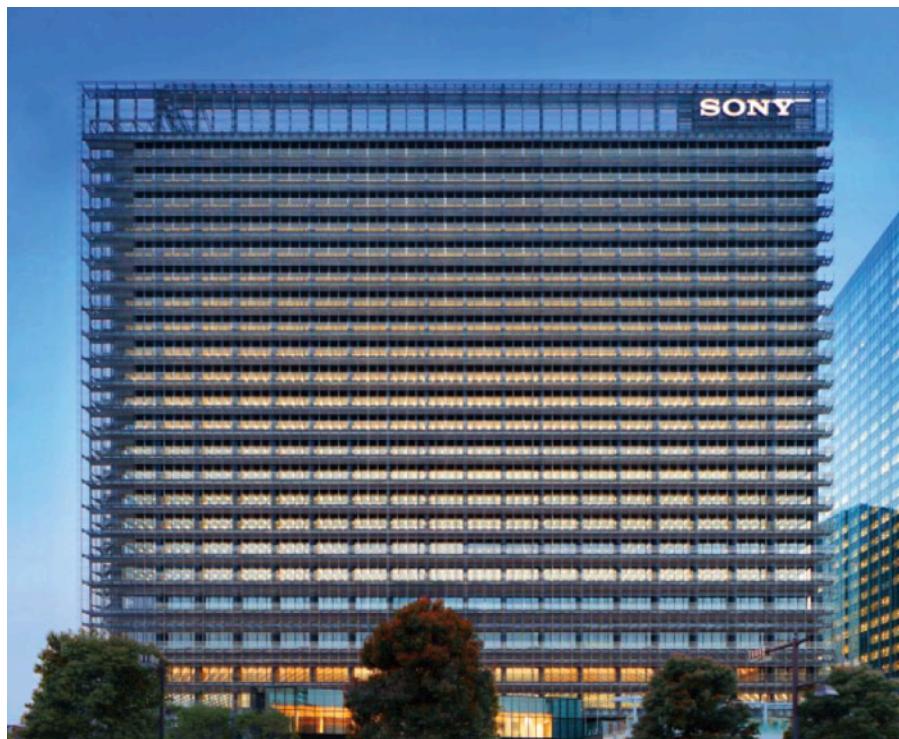
Eduardo González Cruz, Eduardo Krüger e Dominique E. Giordano (2014) elaboraram um mapeamento para avaliar o potencial de uso do RE no Brasil, combinando os seguintes parâmetros: (i) potencial de utilização do RE, dado pela diferença de temperaturas entre o bulbo seco e bulbo úmido e (ii) informações climáticas do Brasil disponíveis em bancos de dados. Assim, os estados do Nordeste, Sudeste, Centro-oeste, Paraná e Distrito Federal apresentaram as condições para a utilização do RE no ambiente construído, especialmente na região Nordeste com clima semiárido (interior do Piauí e Bahia).

3.1 Referência Estado da Arte – Caso Bio Skin

Atualmente, devido ao número de pesquisas em busca de estratégias de arrefecimento para o ambiente construído, há uma grande variedade de soluções que adotam o RE de forma direta, indireta ou híbrida. Um edifício em Tóquio recebeu em sua fachada um sistema de arrefecimento baseado em RE direta (IMAGEM 1). Batizado de Bio Skin, os guarda corpos e elementos de sombreamento foram produzidos em material cerâmico poroso cujo interior oco possibilita a circulação de água coletada da chuva

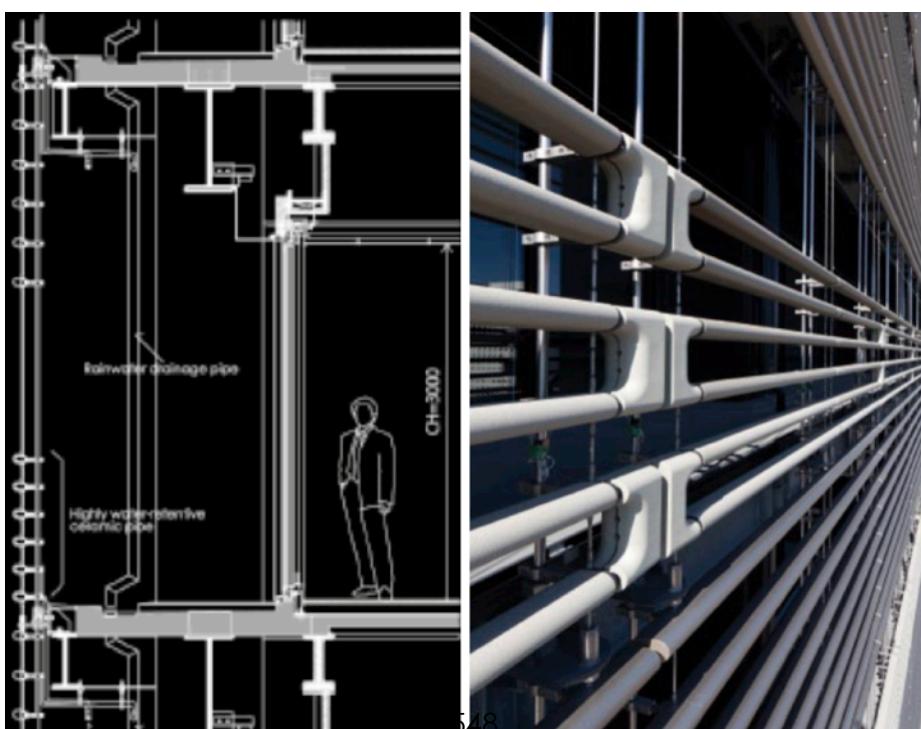
(IMAGEM 2). A porosidade do material permite elevada taxa de evaporação. A equipe de pesquisa do projeto – Nikken Sekkei Research Institute (NSRI) – verificaram que a temperatura das adjacências desta fachada, como calçadas e entrada do edifício, chegam a ser até 2°C menor do que a temperatura registrada na região. No interior das salas, foi relatado o mesmo decréscimo, de 2° C. O objetivo principal deste sistema, projetado e executado em 2011 em Tóquio, foi neutralizar o efeito de ilha de calor verificado na cidade sobre o edifício (NSRI, 2011).

IMAGEM 1- Sony Research and Development Center, Tokyo.



FONTE: Nikken Sekkei Ltd, 2011

IMAGEM 2- Corte varanda (esa) e detalhe dos tubos cerâmicos (dir).



FONTE: Nikken Sekkei Ltd, 2011

3.2 Referência Estado da Arte – Caso Hidrocérâmica

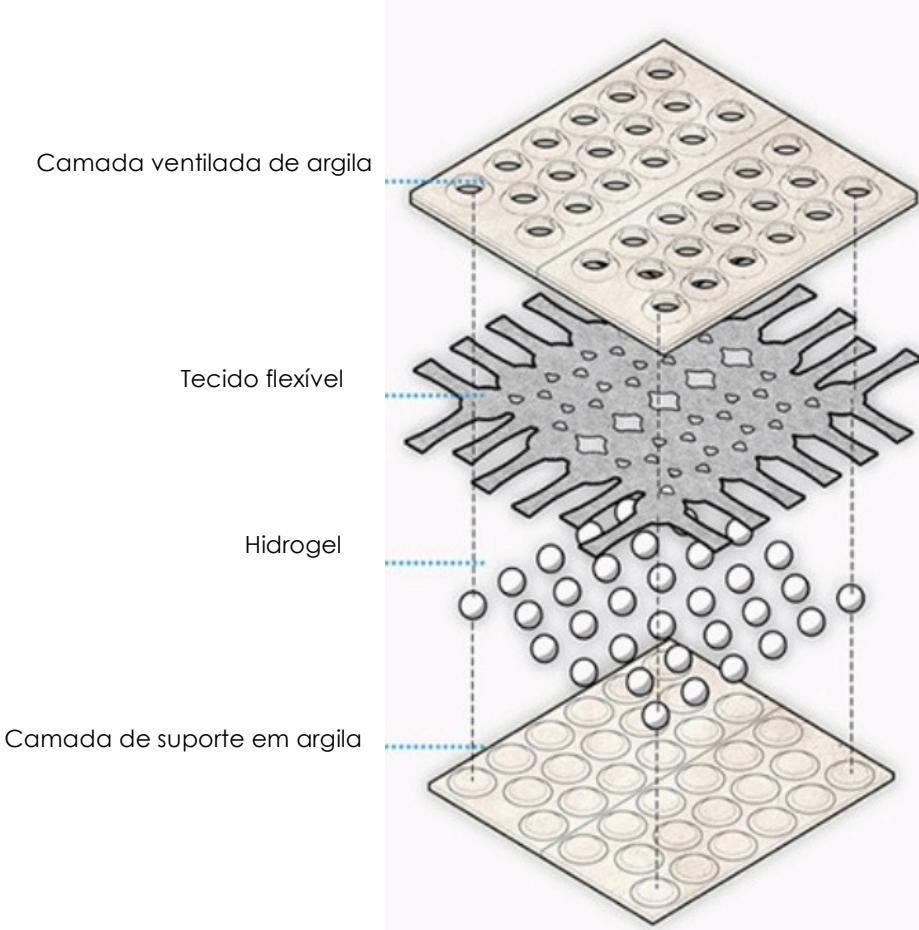
A tecnologia de hidrogel é a abordagem central neste sistema de resfriamento, que se beneficia do princípio do RE para economizar energia no ambiente construído. Desenvolvido pelo Instituto de Arquitetura Avançada da Catalhunha (IACC, 2016), o sistema funciona quando esferas de hidrogéis (IMAGEM 3), componentes que podem aumentar seu volume em até 500 vezes com a presença de água, são acopladas e distribuídas em placas cerâmicas armadas com tecido flexível (IMAGEM 4), dotadas de orifícios para alojamento e respiro das esferas de hidrogel. Em dias de chuva ou elevada umidade, as esferas de hidrogel absorvem água até atingirem seu volume máximo. Em dias de calor e com ventilação natural, o hidrogel libera lentamente a água contida em seu interior, resfriando o ambiente na qual está aplicada. De acordo com os protótipos observados, o sistema proporciona um decréscimo de temperatura ambiental de até 6° C, que pode potencialmente gerar uma economia de energia de até 28%, já que se trata de um sistema totalmente passivo.

IMAGEM 3- Esferas de hidrogel.



FONTE: IAAC, 2016

IMAGEM 4- Estrutura do revestimento.



FONTE: IAAC, 2016

4 MVRE - MALHA VENTILADA DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

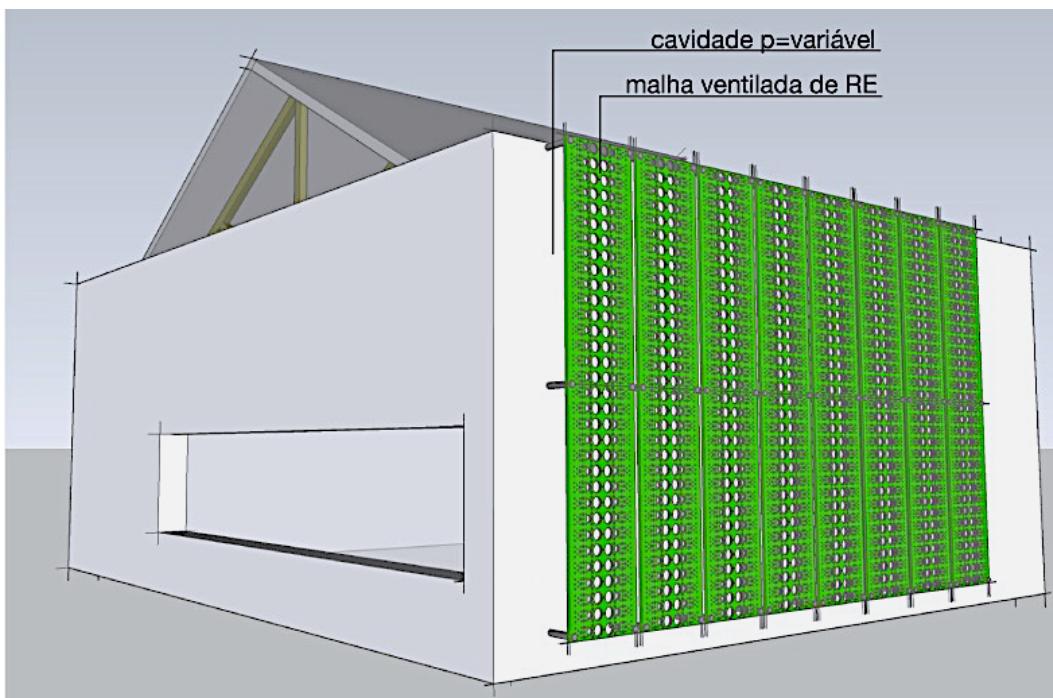
Para o desenvolvimento de um componente arquitetônico externo para o resfriamento evaporativo, foram estipulados alguns condicionantes que a serem atentidos:

- fácil fabricação e aplicação;
- instalação flexível para edifícios novos ou existentes;
- utilizar nenhuma ou pouca energia para operação;
- material reciclável, com partes desmontáveis;
- utilizar água pluvial ou de reuso para o processo de RE;

Nos dois casos apresentados de Estado da Arte neste artigo, constatou-se que a melhor solução seria um revestimento externo, como uma segunda pele, capaz de conformar um espaço intersticial – a cavidade – entre a fachada do edifício e o componente. Isso decorre da necessidade de ventilação natural para que o processo de RE aconteça com maior eficiência. Esta prerrogativa foi observada tanto para o Bio Skin quanto para o Hidrogel, e são essenciais para o caráter passivo do sistema. Em outra pesquisa, desenvolvida por Naticchia et al (2010), um protótipo de Parede

Evaporativa de Água foi avaliada e obteve sucesso em cancelar a entrada de calor graças à pulverização de água na camada interna de uma parede ventilada. Mais uma vez verificou-se a presença de correntes de ar no interior da cavidade para a evaporação da água. O componente aqui proposto, com o nome inicial de Malha Ventilada de Resfriamento Evaporativo - MVRE, inspira-se nas pesquisas mencionadas. A MVRE permite o afastamento da parede onde é instalada, e apresenta furações em seu plano permitindo a livre circulação de ar em toda sua extensão (IMAGEM 5).

IMAGEM 5- Aplicação dos módulos da MVRE (verde) em uma parede.



FONTE: o autor.

A MVRE é constituída de biopolímero e manufaturada de modo similar a um tecido. Com 60 cm de largura, poderia ser produzida em comprimento virtualmente infinito. Conforme padrões da indústria de arquitetura, engenharia e construção – AEC - e de manufatura do material, a extensão será limitada a um valor de ideal equilíbrio entre a demanda e custos. A MVRE pode ser impressa com texturas e cores variáveis, conforme critérios técnicos e estéticos de aplicação e mercado. Da mesma forma, os recortes podem oferecer várias padronagens, com variação das taxas de abertura e ventilação necessários à finalidade de sombreamento e resfriamento, caso a caso. O material, flexível e leve, pode ser enrolado em bobinas, facilitando o transporte e armazenamento.

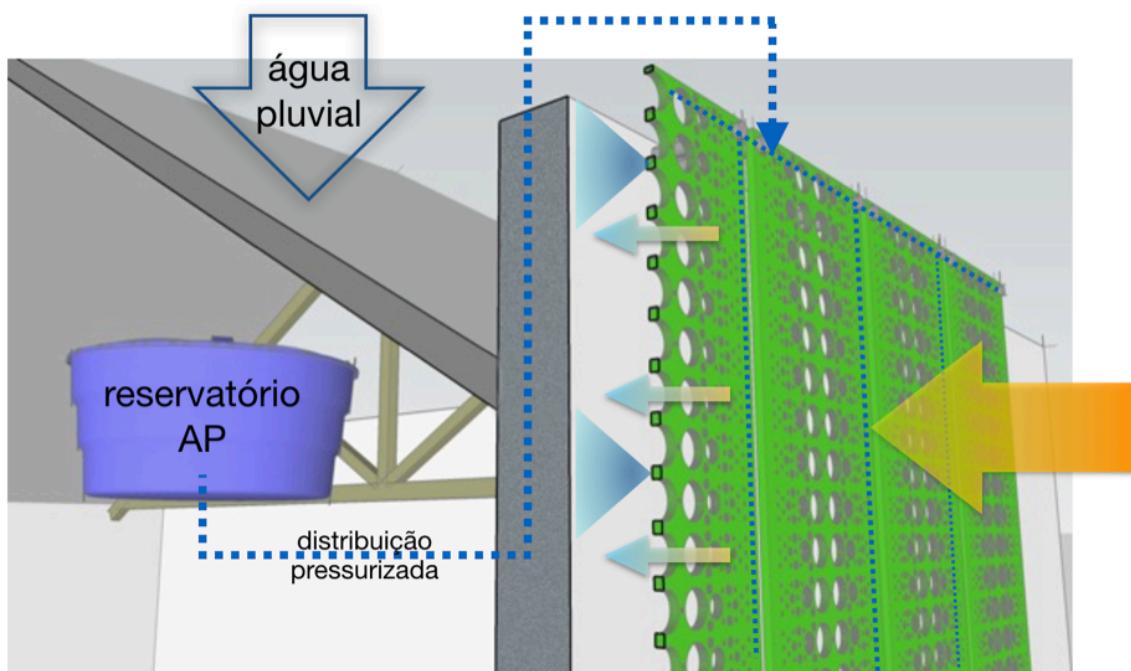
O uso de biopolímero para a MVRE justifica-se pela adoção de matéria prima de fonte renovável, cujas reservas se encontram em abundância no Brasil, como resíduos da cana de açúcar ou milho. Podem ser recicladas ou

passar por processo de biodegradação, substituindo toda a cadeia de produção do plástico comum, com origem em hidrocarbonetos, cujo processo de extração e produção demanda muita energia. No entanto, são necessários estudos aprofundados para a definição do biopolímero mais adequado para o uso no MVRE, já que a maioria se degrada diante da ação d'água ou da radiação solar.

Cada módulo do MVRE contém um tubo embutido em sua espessura, na direção longitudinal. Este tubo é flexível e pode ser facilmente recortado, similar a mangueiras de combate ao incêndio, que se enrolam com facilidade. O tubo, por sua vez, conecta-se à sequência de túbulos transversais que distribuem a água no módulo. Os túbulos, igualmente flexíveis e fundidos no interior da espessura da malha, alimentam os aspersores distribuídos ao longo da MVRE (IMAGEM 6).

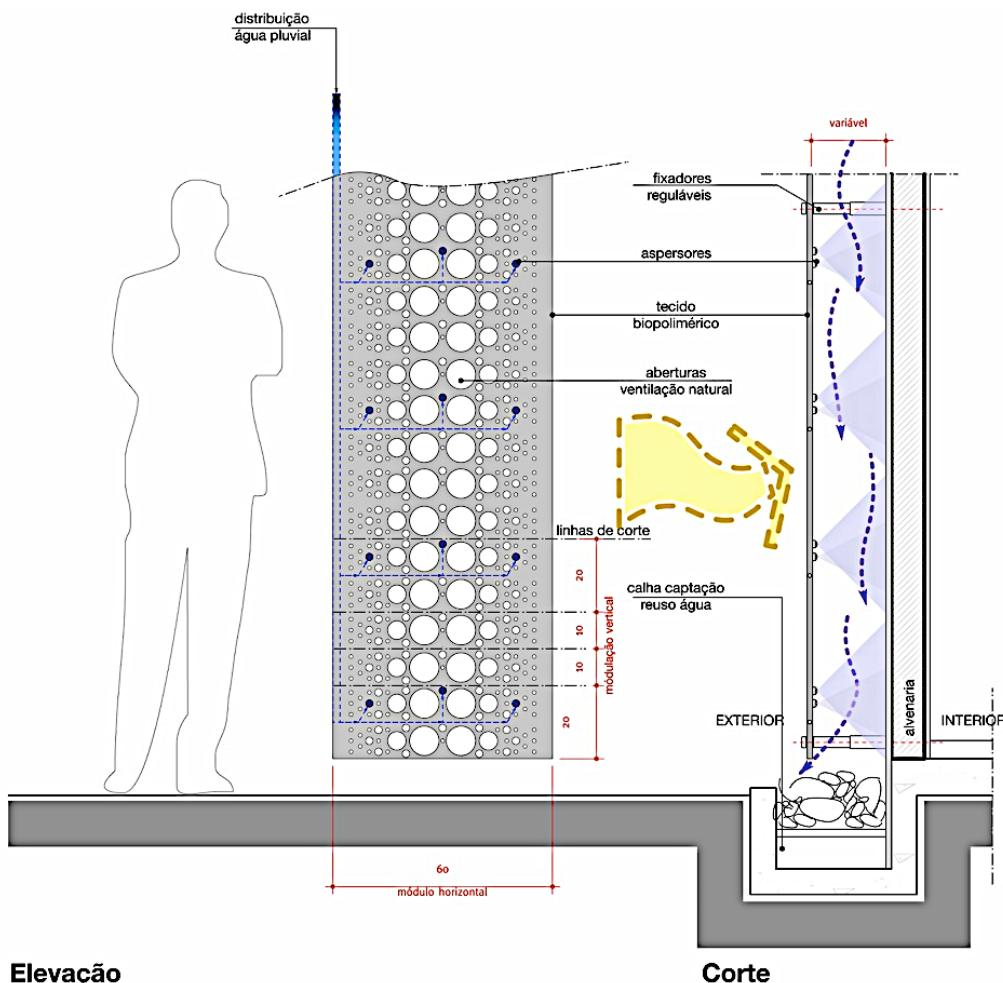
A face que contém os aspersores deve ser instalada voltada para a parede, onde cada módulo da MVRE é fixado através de fixadores em aço inoxidável parafusados na alvenaria. Os fixadores são compostos de duas partes rosqueáveis entre si, proporcionando um vão ajustável entre a MVRE e a parede. Os fixadores também matêm tensionada a MVRE (IMAGEM 7).

IMAGEM 6- Esquema de funcionamento.



FONTE: o autor.

IMAGEM 7- Detalhe do módulo em elevação e corte, e componentes.



FONTE: o autor.

Cada módulo de 60cm da MVRE tem sua rede hidráulica interligada ao módulo vizinho, de modo a permitir que o fluxo de água se distribua ao resto do sistema. A MVRE apresenta marcações em pontos onde pode ser cortada. Linhas demarcadas na face posterior do módulo indicam onde o corte pode ocorrer para ajustes de dimensões de comprimento conforme o edifício a ser recoberto. O tubo principal poderá, então, ser selado através de fusão ou dispor de roscas internas para vedação.

A rede hidráulica é conectada ao reservatório de águas pluviais, que podem estar tanto abaixo como acima do nível da MVRE, já que o sistema é dotado de pressurização associado ao temporizador ajustável e sensores térmicos. A água passa por filtros simples para eliminar sujeiras que poderiam entupir os túbulos ou aspersores. Em dias quentes, sensores externos de temperatura de bulbo seco (TBS) e de temperatura de bulbo úmido (TBU) estabelecem as condições ideais para acionamento automático da bomba por um período determinado, até que a cavidade se preencha de gotículas de água e a parede do edifício se torne úmida. O ajuste de TBS e TBU em cada caso será parametrizado conforme três diretrizes:

- a zona bioclimática brasileira, cujos dados estão disponíveis em vários estudos e pesquisas, como “Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades” (GOULART, S; LAMBERTS, R; FIRMINO, S. 1998);
- a carta bioclimática de 1992 desenvolvida pelo Dr. Baruch Givoni, que estabelece os limites de temperatura e umidade para o uso do RE em países de clima quente e em desenvolvimento;
- condições internas de temperatura máxima de 25 °C no inverno, 27 °C no verão, com teor de vapor máximo até 12 g / kg (clima seco), para o conforto térmico segundo Dr. Givoni (1992);

O calor e a ventilação natural promovem o resfriamento, ao provocar a evaporação da água existente dentro da cavidade. Com o sistema instalado, a fachada apresenta um revestimento ventilado com características estética e funcional, tal qual uma segunda pele que veste o edifício.

O sistema será acionado poucas vezes ao longo de um dia quente, o que proporciona economia de energia. Num sistema similar experimentado por Naticchia *et al* (2010) verificou que o protótipo precisou ser acionado apenas 3 vezes em um dia quente. A periodicidade vai depender da zona microclimática em que o edifício estiver inserido.

Considerando-se que novos edifícios já adotam medidas de sustentabilidade e eficiência energética, o sistema proposto neste artigo visa prioritariamente as construções existentes, que são maioria nas cidades e que consomem grande quantidade de energia para conforto térmico. Neste sentido, a MVRE cumpre esta função. A expectativa do baixo custo de fabricação e de instalação facilitada vai ao encontro de uma abrangência social maior, possibilitando conforto ao maior número de edifícios na mesma medida em que, em hipótese, a demanda energética é menor quando comparado ao uso do ar condicionado.

As vantagens esperadas no uso da MVRE:

- Baixo consumo energético;
- Utilização de recurso natural renovável para operação, a água pluvial;
- Flexibilidade de uso para aplicação em edifícios;
- Aplicável em paredes ou telhados;
- Variedade de acabamentos, tal qual um revestimento estético;
- Matéria prima renovável e de baixo impacto ambiental;

As limitações deste sistema incluem:

- O RE direto proposto na MVRE não acontecerá em regiões com alta umidade, como no norte do país;
- Baixos índices pluviométricos na área de uso do MVRE obrigarão o uso de água tratada;
- A parede a ser aspergida deverá receber tratamento superficial hidrófugo, devido a presença constante de umidade;

5 CONCLUSÃO

Inúmeras pesquisas apontam dados preocupantes sobre o crescimento da demanda energética no mundo, especialmente em países de economia emergente, como o Brasil. Em relação à climatização de ambientes, a sobreposição de dados populacionais com a localização geográfica destes países - a zona intertropical - requerem atenção ainda maior para o futuro energético global. Ao considerar que o setor da construção utiliza cerca de 40% da energia primária produzida (dados EUA), e que grande parcela desta taxa representa a climatização dos ambientes para conforto térmico, evidencia-se a necessidade de maior eficiência energética em sistemas de condicionamento térmico. Este artigo concentrou-se no arrefecimento motivado pelas características climáticas do país, predominantemente quente. A proposta de uma segunda pele que envolva o edifício, nomeado de Malha Ventilada de Resfriamento Evaporativo MVRE, pretende utilizar a aspersão de água contra a fachada para promover o decréscimo da temperatura no envoltório da edificação e, desta maneira, diminuir a utilização de aparelhos de ar condicionado. Para o território brasileiro, uma grande faixa de norte a sul apresenta as condições necessárias para a utilização do RE direto como estratégia de arrefecimento, com exceção da região norte e extremo sul. Desta forma, se a MVRE for capaz de reduzir o consumo energético em um experimento ou simulação, os dados extrapolados para a abrangência territorial acima mencionada poderá significar um significativo alívio na matriz energética brasileira.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Procel; PUC-Rio, **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil**. 2005.

BRASIL, EPE; **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos dez anos (2014-2023)**. 2013.

COX, S; Cooling a Warming Planet: A Global Air Conditioning Surge.

Yale Environment 360. Em:

<http://e360.yale.edu/feature/cooling_a_warming_planet_a_global_air_conditioning_surge/2550/>; acessado em 18 de abril de 2016.

GIVONI, B; Comfort climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, v. 18, n.1, p. 11-23. 1992

GONZÁLEZ CRUZ, E.; KRUGER, E.; GIORDANO, D. E. ; **Estudo da aplicabilidade de um sistema de resfriamento evaporativo indireto para otimização do conforto térmico em residências no território brasileiro**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014. Maceió. Anais... ANTAC. 2014.

GOULART, S; LAMBERTS, R; FIRMINO, S. ; **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades**. 1998.

IACC INSTITUTE FOR ADVANCED ARCHITECTURE OF CATALONIA; **Hydroceramic**
<http://iaac.net/research-projects/self-sufficiency/hydroceramic/>; acessado em 10 de abril de 2016.

NATICCHIA, B.; D'ORAZIO, M.; CARBONARI, A; PERSICO, I.; Energy performance evaluation of a novel evaporative cooling technique. **Energy and buildings**, p.1926-1938 V.42. 2010.

NSRI NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE; **Bio Skin: Urban Cooling Facade**. Nikken Sekkei Ltd. 2011

SANTAMOURIS, M; KOLOKOTSA, D; Passive cooling dissipation techniques for buildings and others structures: the state of art. **Energy and Buildings**, p.74-94, V.57. 2013.

SIVAK, M; Will AC Put a Chill on the Global Energy Supply?. **American Scientist**, p.330, V.101. setembro/outubro 2013.

US, US DEPARTMENT OF ENERGY, Buildings Energy Data Book, em:
<http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/ChapterIntro1.aspx>; acessado em 25 de agosto de 2015

VEFIK, A.A. Vernacular climate control in a desert architecture. **Energy and Buildings**, p.809-815, V.16. 1991.