

I-1260 - NEBLINA COMO FONTE ALTERNATIVA DE ÁGUA E POTENCIAL CAPTAÇÃO E USO

Médéric Alain Edouard MERTZ⁽¹⁾

Mestre em Engenharia Mecânica/Aerotécnica pelo *Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace – Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique* (ISAE-ENSMA, France). Especialista em Gestão ambiental pelo Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná (UFPR, Brasil). Coordenador de Projetos na Engenharia de Produção em um grupo automotivo internacional.

Selma Aparecida Cubas⁽²⁾

Engenheira Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC). Doutora em Engenharia Civil com ênfase em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora adjunta do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Endereço⁽¹⁾: Rua dos Funcionários, 1540 – Juvevê - Curitiba – PR – CEP: 80035-050 – Brasil – Tel: (41) 99959-5966 – e-mail: mertz.mederic@gmail.com

RESUMO

Os impactos na sociedade das secas estão mais visíveis que nunca e poderão no longo prazo levar a situações extremas de racionamento, doenças, conflitos e migrações. É imprescindível melhorar a governança e a gestão da água. Como fonte de água alternativa, o *fog harvesting* pode ser uma das demonstrações de gestão sustentável da água que o Brasil precisa. Nesse trabalho, um trabalho extenso de revisão da literatura foi executado sobre a coleção de água de neblina e seu potencial uso no Brasil. Foi analisado que os captadores de água de neblina representam uma oportunidade para as áreas sujeitas a neblina no Brasil e que podem servir em várias aplicações como projetos sociais, florestais e/ou comerciais. Em seguida, foi feito um trabalho de mapeamento global do Brasil sobre ocorrência de neblina usando os boletins meteorológicos METAR gerados pelos aeroportos. A região SUL do Brasil é a mais propícia ao *fog harvesting*, com as taxas mais altas de ocorrências de neblina. Também, esta região é uma boa candidata pelo contexto econômico/social e as consequências recentes das últimas secas. Curitiba é a cidade com mais nevoeiro e névoa úmida, seguido por Foz de Iguaçu. Zonas serranas como em Santa Catarina e Rio Grande do Sul mostram também alto potencial. Com esses resultados, é imprescindível acertar, adentro dessas macrorregiões, lugares precisos com o maior potencial de coleção e fazer medições em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Neblina, Névoa, Coleta de Água, Captação de Água, Fonte Alternativa de Água.

INTRODUÇÃO

Há décadas que vários estados brasileiros enfrentam escassez hídrica, com reservatórios de água atingindo o nível mais baixo, não havendo mais possibilidade de aumentar a captação, seja em aquíferos ou em mananciais superficiais. Os impactos na sociedade são visíveis e poderão, a longo prazo, levar a situações extremas de racionamento, gerando conflitos de usos e migrações. Destaca-se ainda, neste contexto, que a qualidade dos mananciais também vem sendo afetada pela falta de uma infraestrutura adequada de saneamento básico, torna-se cada vez mais poluídos com esgoto sanitários e outros tipos de efluentes sem tratamento, bem como, com despejos inadequados de resíduos sólidos, resultando em altas contaminações, tornando-os impróprios para o consumo humano e de animais, para irrigação, geração de energia e outros usos importantes.

Não se pode deixar de citar os efeitos da mudança no clima, já sentido em muitas regiões do país como, por exemplo, a região SUL que vem apresentando eventos de secas extremas, com estiagens prolongadas, como episódio observado entre os anos de 2019 e 2021.

Portanto, é imprescindível melhorar a governança e a gestão da água no Brasil, por meio de investimentos estáveis e de longo prazo para o setor de saneamento e energia, visando ampliar os sistemas (GETIRANA; LIBONATI; CATALDI, 2021), melhorar a distribuição e levar água de forma universal para todos os brasileiros. Buscar soluções alternativas torna-se imprescindível, principalmente as que envolvem o uso

racional da água e a conservação, possibilitando a reabilitação de ecossistemas naturais e o desenvolvimento de processos naturais em ecossistemas modificados ou artificiais.

Uma fonte de água alternativa de água, ainda não muito difundida, mas já pesquisada há décadas, conforme já citava Bouloc (1993), consiste em captar a água contida na neblina, geralmente denominada na literatura como “*fog harvesting*”, cuja inspiração está diretamente na capacidade de algumas espécies vegetais e animais em captar água atmosférica naturalmente como, por exemplo, o cacto, a acácia ou uma simples teia de aranha. O *fog harvesting* pode ser uma das demonstrações de gestão sustentável da água que o Brasil precisa.

Especificamente, tomando como exemplo a teia de aranha, vem sendo investigado o potencial de um sistema coletor, que consiste em uma rede fina esticada frente ao vento predominante, interceptando gotículas de água contidas na neblina. Estas pesquisas iniciaram a mais de meio século, porém ainda não há uma expansão em larga escala (QADIR et al., 2021). Uma das instalações mais representativa dessa tecnologia está localizada no Marrocos, com 31 coletores, representando 1.700m² de área coletora, abastecem 16 vilarejos localizados numa região muito árida, com 37.400 litros de água produzidos por dia, em média (<https://www.africa.com/morocco-harvesting-water-fog/>).

Porém, no Brasil, as iniciativas ainda são poucas e sem muito aprofundamento técnico-científico, nenhuma em escala de grande porte, sendo muitas delas caseiras ou amadoras.

Atualmente existem vários modelos de captador de neblina, de diversas formas, de diversas configurações e de redes diferentes, das mais simples às mais elaboradas. Os trabalhos de pesquisa científica vêm sendo focados na otimização do rendimento (*yield*) desses coletores, com ajuste da direção, ângulo e posição deles, a configuração da malha e material da rede e também a climatologia local (FESSEHAYE et al., 2014).

Contudo, foram encontrados no Brasil apenas dois trabalhos científicos para a captação de água atmosférica. O primeiro sendo focado na coleta de água por orvalho (SILVA, 2018) e o segundo (FACHINETTO, 2017) introduzindo a captação de água de neblina no município de Lajeado/RS.

Com as palavras de Getirana, Libonati e Cataldi (2021): “*Brazil needs to treat [...] water as a national security priority*”

OBJETIVO DO TRABALHO

Avaliar as tecnologias associadas ao *fog harvesting*, como fonte de captação de água potável e o potencial de uso no Brasil, destacando Curitiba e Região Metropolitana. Especificamente:

- Pesquisar sobre *fog harvesting*, considerando as oportunidades, aplicações e ameaças.
- Avaliar a possibilidade de aplicação da tecnologia no Brasil, pois em Curitiba e Região, analisando a ocorrência de neblina.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um estudo primeiramente global à escala do Brasil, para poder comparar as cidades brasileiras em termos de ocorrência de neblina, fazendo cruzamentos entre variáveis como altitude, tipo de clima, temperatura média, proximidade com serras/mar, etc.

O primeiro passo foi reunir esses dados meteorológicos locais (incluindo presença de neblina) dos últimos anos. As estações meteorológicas automáticas implantadas no país permitem disponibilizar vários dados meteorológicos, mas ficam inviáveis no momento de testemunhar a neblina. As fontes que parecem as mais confiáveis, robustas, padronizadas, fáceis de acessar, e com essa informação de visibilidade horizontal, estão ligadas à **aviação** (mesmo sendo limitadas apenas aos aeroportos).

Foram extraídos boletins meteorológicos horários dos aeroportos (METAR - *Meteorological Aerodrome Report*) do site da universidade americana estadual do IOWA (<https://mesonet.agron.iastate.edu/>). O *Iowa Environmental Mesonet* (IEM) coleta diversos dados de vários pontos do mundo, em particular ele armazena todos os METAR de todos os aeroportos do mundo.



Além dos dados meteorológicos, foi construída uma outra fonte contendo o código ICAO (*International Civil Aviation Organization*) de cada aeroporto, o nome do aeroporto, o estado, a região e o tipo de clima (via classificação de Köppen).

Inicialmente, foi selecionado um período de estudo de 20 anos, compreendido entre 2001 e 2021, considerando 77 aeroportos brasileiros, de diferentes regiões, o que resultou em um total de 9.357.339 boletins METAR. Para simplificar a análise foi considerado um aeroporto por zona geográfica, diminuindo assim a análise para 39 aeroportos. Por meio da emissão dos boletins ao longo dos anos, foi selecionado o ano de 2014, pois foi o ano com mais conjunto disponível de dados (chamado neste trabalho de *dataset 1*). Em seguida, considerando a base de dados de nevoeiros e neblinas, foram selecionados apenas os aeroportos de interesse que apresentam um potencial de *fog harvesting* (chamado neste trabalho de *dataset 2*).

Os dados meteorológicos foram tratados com uma ferramenta de *Business Intelligence* denominada Spotfire® para gerar os gráficos e tabelas intuitivos, e facilitar a análise. Os gráficos de mapa estão baseados na projeção WGS84 (*World Geodetic System*).

Por fim, foi caracterizada a região metropolitana de Curitiba em termos geográficos e meteorológicos para prever uma eventual aplicabilidade e foi feita uma análise global para avaliar o potencial de aplicação do *fog harvesting*.

RESULTADOS OBTIDOS

Por haver uma imagem distorcida de país 'tropical', pessoas de outros países não imaginam que o **Brasil** atravessa inúmeros intensos **episódios de seca** e que precisa de **fontes alternativas de água**. Mesmo dentro do país, muitas pessoas ainda estão acostumadas a considerar a água como um bem ilimitadamente disponível.

Contudo, foram encontrados dois trabalhos científicos para a captação de água atmosférica de forma alternativa, sendo o primeiro focado na coleta de água por orvalho (SILVA, 2018) diferente da captação de água de neblina (em vez de coletar a água por interceptação da neblina, a água atmosférica é coletada numa superfície fria onde a água contida no ar quente vai passar do estado gasoso a líquido). O segundo trabalho (FACHINETTO, 2017) introduz a captação de água de neblina no município de Lajeado/RS. Infelizmente, essa pesquisa não é muito significativa no plano científico e a parte experimental resultou no **insucesso**.

O nevoeiro se define como neblina com visibilidade inferior a 1000 metros e névoa úmida entre 1000 e 5000 metros. Nesse trabalho, cumulando nevoeiro e névoa, a cidade de Curitiba ultrapassa de longe as outras cidades com 756 horas acumuladas de fenômenos para o ano 2014. Curitiba é também a primeira em termo de nevoeiro puro, seguida de perto por Foz do Iguaçu, conforme Figura 1.

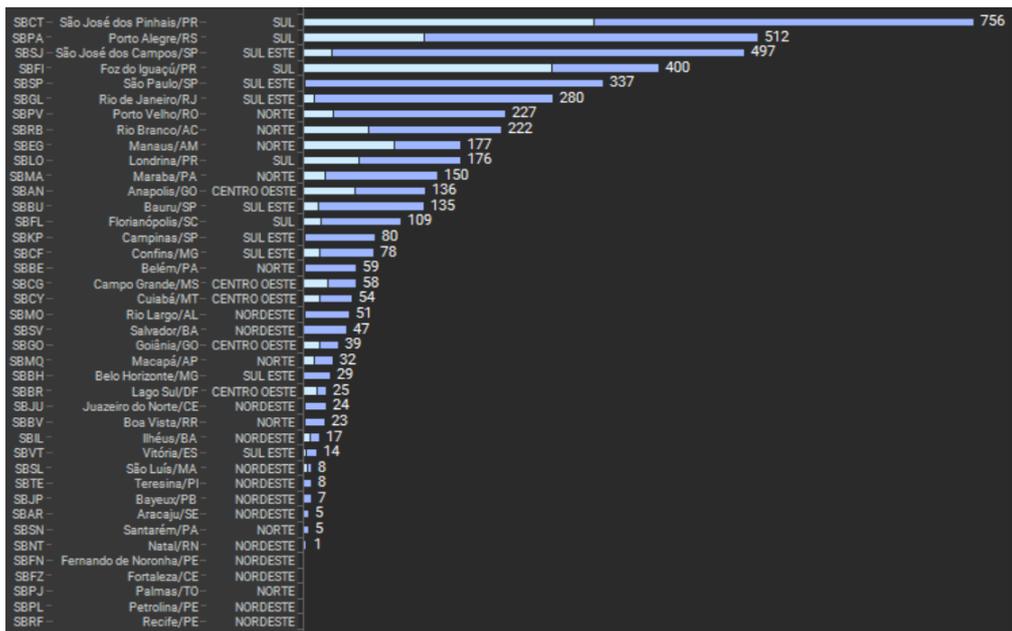


Figura 1 - Quantidade de horas de nevoeiro (azul claro) e névoa (azul escuro) em 2014

Em termo regional, a maior ocorrência se localiza nas regiões SUL e SUDESTE (correspondendo a climas temperados *Cfa* e *Cfb* na classificação de Köppen), sendo os estados do Paraná, do Rio Grande do Sul e de São Paulo com as maiores contribuições.

A ocorrência de nevoeiro puro é a mais significativa na região SUL do país, enquanto a região SULESTE está dominada pela névoa úmida. Cidades em zonas tropicais de monção como Manaus *Am* também terão fenômenos, mas com menor intensidade. Enfim, cidades com clima tropical de savana ou semiárido *As/BS* (típicos do NORDESTE) mostram pouca ou quase nenhuma ocorrência (Figura 2).

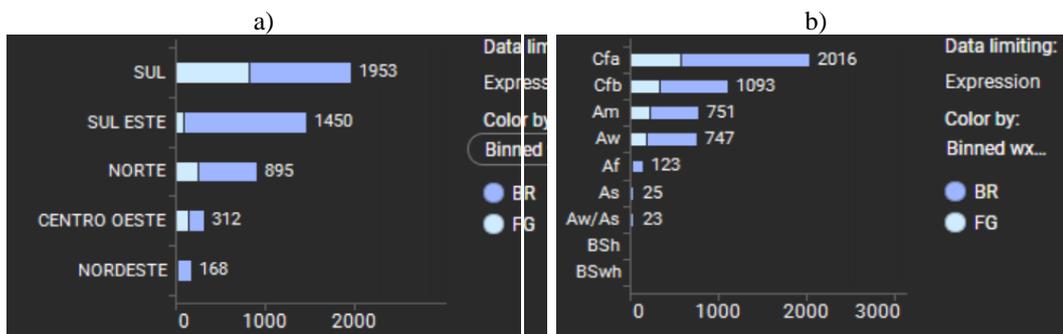


Figura 2 – Quantidade de horas de nevoeiro (azul claro) e névoa (azul escuro) em 2014 por região (a) e por tipo de clima segundo Köppen (b)

Em termos de sazonalidade, para as regiões SUL e SUDESTE, as ocorrências se encontram concentradas entre os meses de Abril a Setembro que são os mais frios e que permitem à água contida no ar chegar mais vezes próximo ao ponto de orvalho (Figura 3).

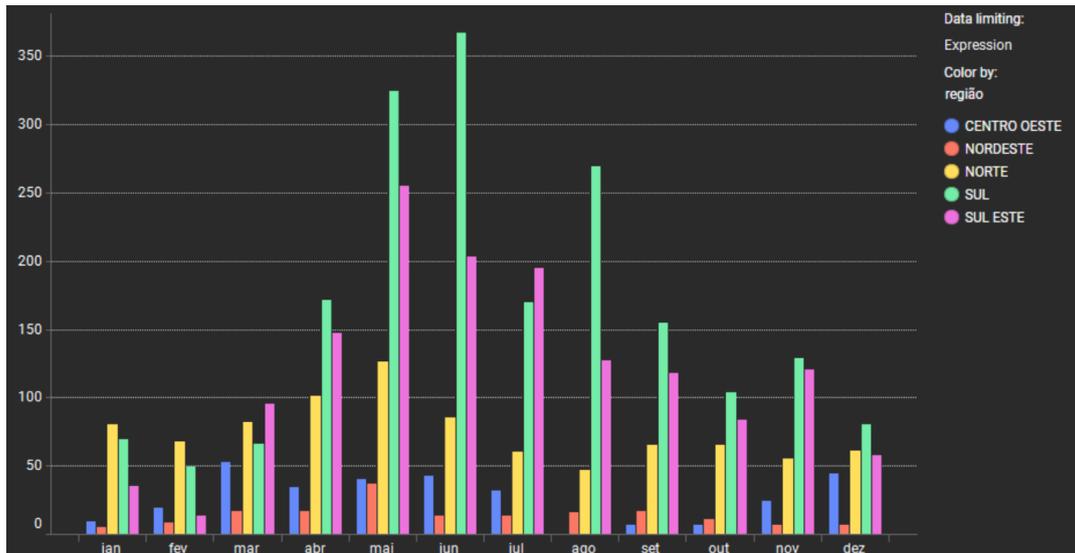


Figura 3 - Quantidade mensal de horas de nevoeiro + névoa em 2014

Em termos de horário, a neblina tende a nascer durante a noite/madrugada e permanecem de manhã até o sol ‘dissipar’ o fenômeno (Figura 4).

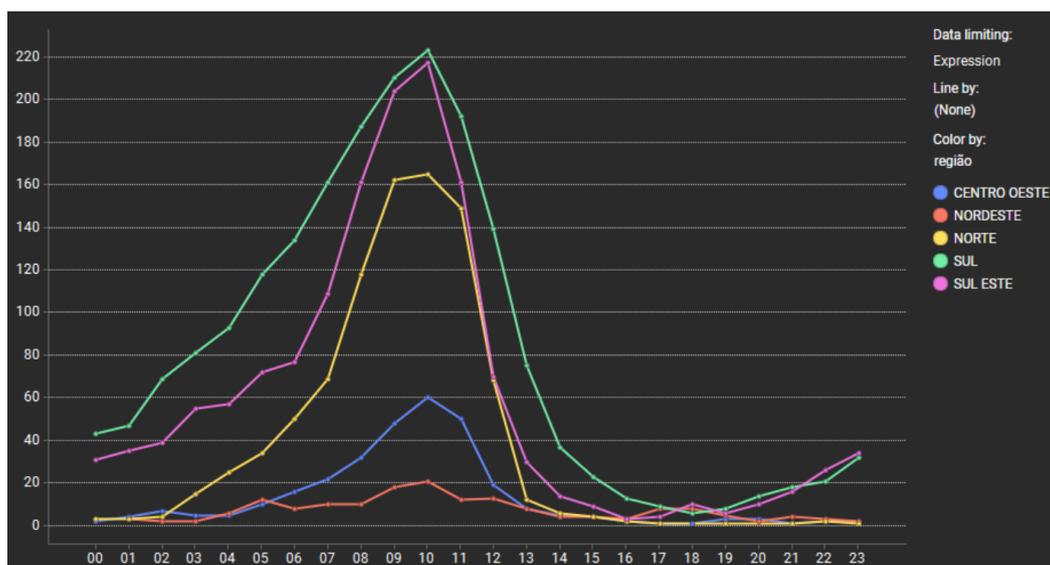


Figura 4 - Quantidade de horas de nevoeiro + névoa em 2014 plotado por hora de ocorrência

Na região de Curitiba, lugares mais próximos das serras costumam ter intensidade de neblina mais alta. Entretanto, obter dados exatos sobre a quantidade de horas para cada lugar é impossível. O aeroporto de São José dos Pinhais é o único ponto onde podemos medir a neblina com os boletins METAR. Ele é o quarto maior do país em movimento de passageiros, com cerca de 210 pousos e decolagens diárias, e tem suas operações de pouso e decolagem impactadas por nevoeiro em aproximadamente 300 horas por ano (PLATENIK, 2020). De acordo com o Figura 5, em média, tem-se 614 horas de nevoeiro e névoa úmida confundida, incluindo, 312 horas de puro nevoeiro.

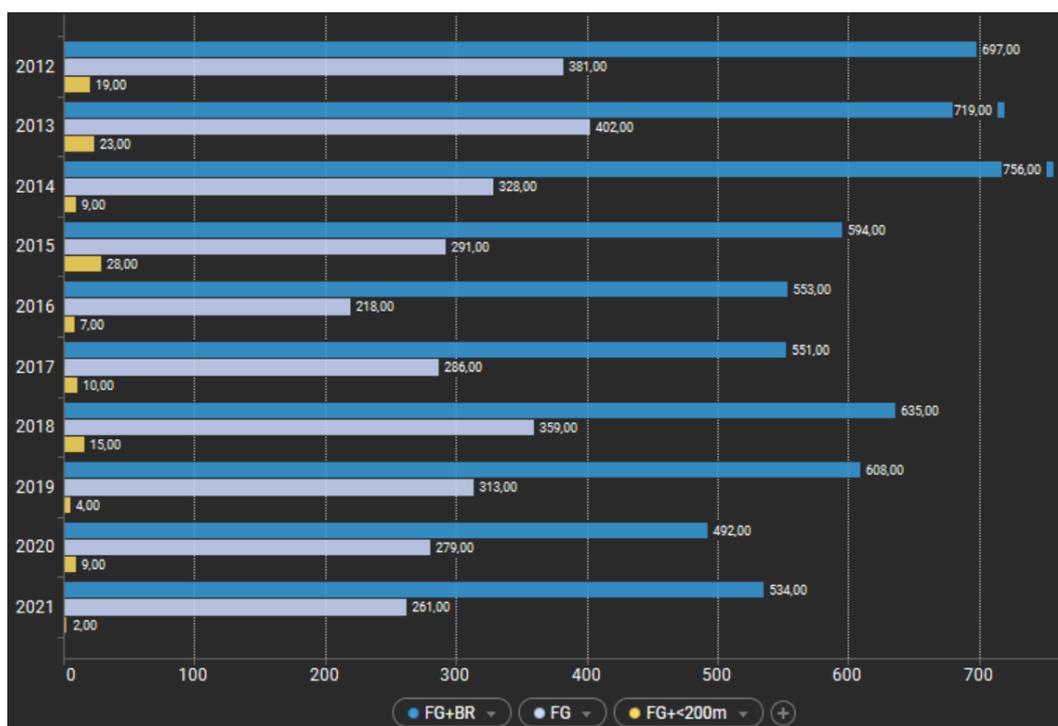


Figura 5 - Emissão de metar com FG - nevoeiro e BR – névoa úmida (azul escuro), FG - nevoeiro (azul claro), por ano em São José dos Pinhais/PR.

A partir dos boletos METAR durante os eventos de nevoeiros, a direção dos ventos foi determinada e o resultado mostra que a predominância para ventos acima de 1,5 m/s, está nas direções LESTE e NORDESTE, o vento provindo da *Serra do Mar*. Os resultados estão ilustrados no FIGURA 6. Uma velocidade mais alta do vento permite uma coleta mais eficiente de água Cereceda e Schemenauer (1991).

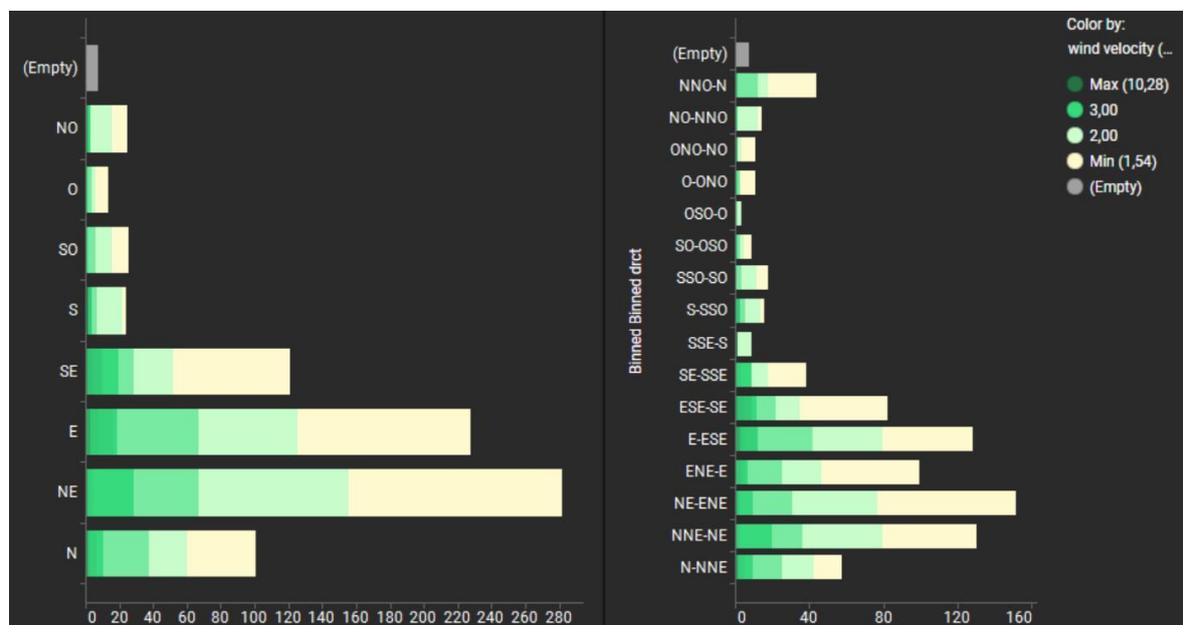


Figura 6 - Direção dos ventos acima de 1,5 m/s em São José dos Pinhais/PR durante os eventos de nevoeiro (FG) entre 2012 e 2021.

ANÁLISE DE RESULTADOS - BRASIL

Cruzando as zonas de maior ocorrência incluindo outros aeroportos (*dataset 1+2*), obtém-se um mapa indicativo dos lugares mais oportunos para instalações de *fog harvesting*, sendo a maioria localizada nas regiões SUL e SUDESTE ao longo da ‘Serra do Mar’ (Figuras 7 e 8).

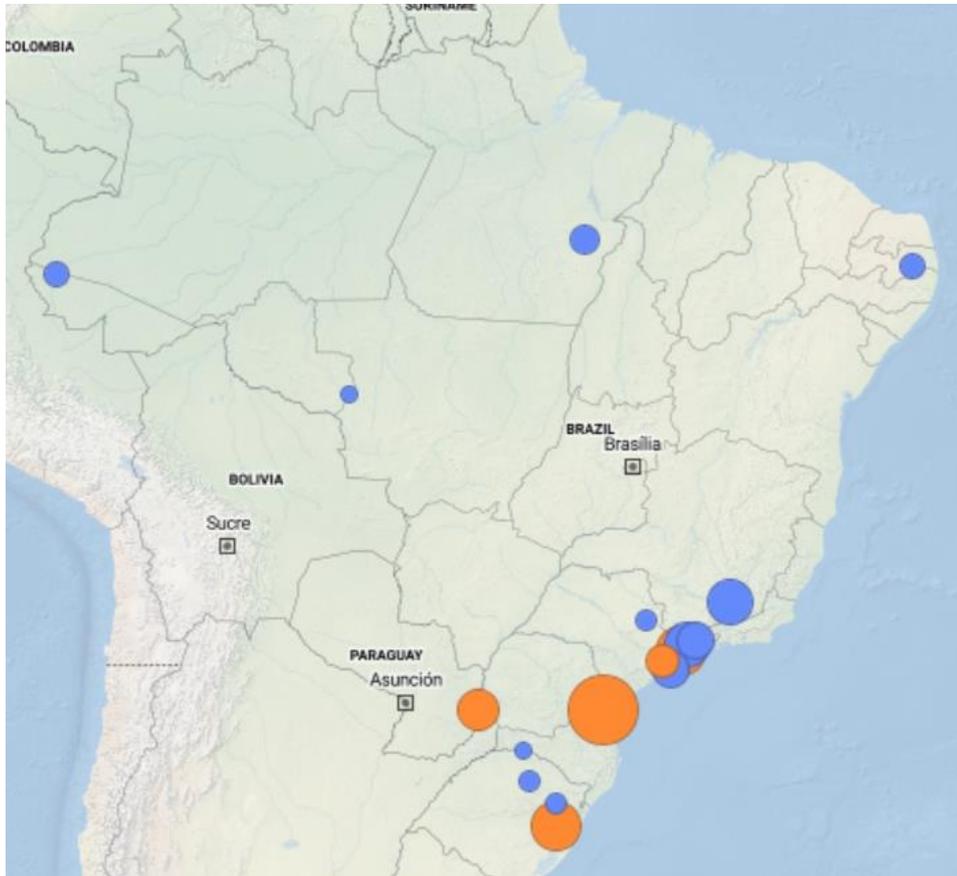


Figura 7 - Quantidade de horas de nevoeiro + névoa em 2014 para os aeroportos do *dataset 1* (laranja) e do *dataset 2* (azul). Foram indicados somente os aeroportos mostrando mais de 300h de FG+BR por ano para o *dataset 1*, 150h para o *dataset 2*.

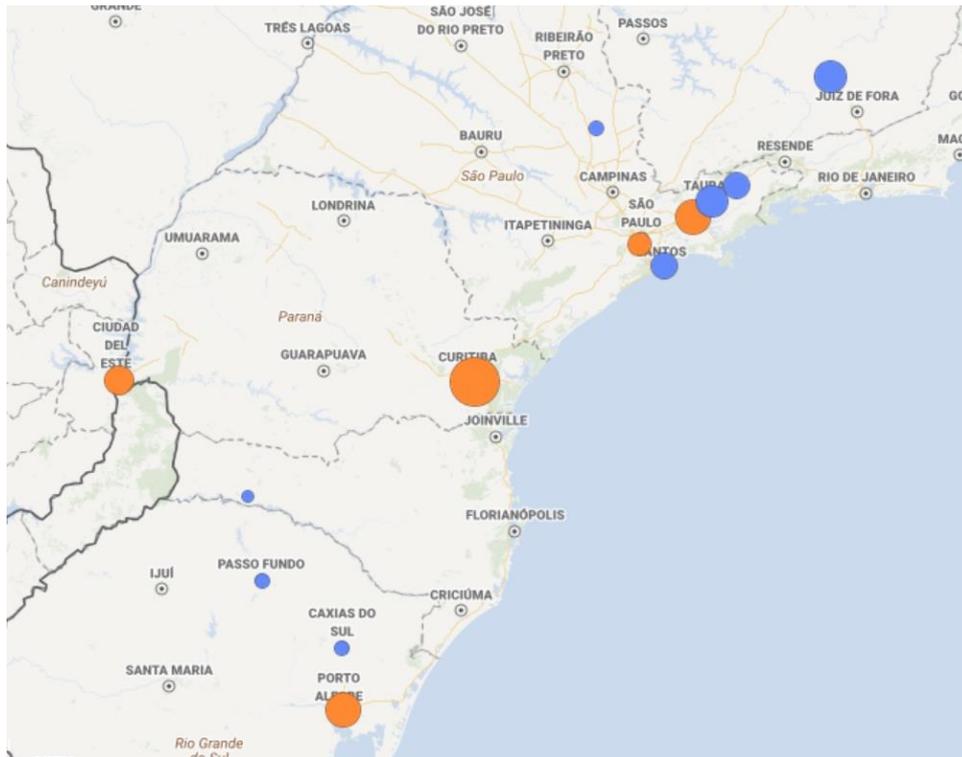


Figura 8 - quantidade de horas de nevoeiro+névoa em 2014 para os aeroportos do dataset1 (laranja) e do dataset2 (azul) das regiões SUL e SULESTE. Foram indicados somente os aeroportos mostrando mais de 300h de FG+BR por ano para o dataset 1, 150h para o dataset 2.

Com certeza, este estudo dá uma orientação global de onde concentrar os esforços, mas é limitado aos aeroportos, impedindo ter um mapeamento mais completo do país. Devem existir outras zonas com microclimas, especialmente nas regiões serranas, com alta ocorrência de neblina que precisam ser mapeadas de outra maneira (imagens por satélite parecem o vetor mais adequado).

OPORTUNIDADES:

Um estudo realizado por Cerededa e Schemenauer (1991) nas montanhas costeiras no Chile (altitude de 860 m) indicou que a frequência de ocorrência é **3 a 15 vezes maior** em altitude do que em locais costeiros de baixa altitude em latitudes similares. Da mesma maneira, no Brasil, as **regiões serranas perto do litoral** são as que mais apresentam o fenômeno (FRANÇA, 2008), aproveitando os ventos quentes do mar se esfriando ao contacto com as montanhas (principalmente Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo). Curitiba é a capital mais impactada: em 2003, **5,3% do total do ano** foi coberto por neblina (FRANÇA, 2008).

Outro ponto muito importante: essas regiões correspondem às mesmas que sofrem do **estresse hídrico** nos últimos anos e que compõem **45% da população brasileira**. É também onde tem uma **concentração importante de empresas** no país. Portanto, as oportunidades no Brasil de *fog harvesting* podem seduzir uma gama de “clientes” nessas regiões: para fins particulares (**B2C**); instituições e empresas públicas (**B2G**); empresas do setor privado (**B2B**) incluindo indústria, agricultura, comércio e serviços; Associações e ONGs

APLICAÇÕES:

As aplicações são infinitas, a água sendo um **recurso comum a todas as empresas e coletividades**. Projetos de recuperação de áreas degradadas, acesso básico à água potável para os mais precários, otimização da produção de uma indústria, são exemplos de aplicações, entre outras. Um nicho onde poderia aproveitar-se o *fog harvesting* é na **agricultura rural familiar**, que representa **75%** dos estabelecimentos agropecuários no Paraná (1 milhão de pessoas). Tanto o comércio para particulares (B2C) como também o comércio para os incentivos e programas sociais do estado (B2G) poderão se beneficiar da tecnologia.

AMEAÇAS:

Além das desvantagens inerentes à própria tecnologia de colheita de água atmosférica, outros fatores poderão prejudicar a adoção da tecnologia no Brasil. Com o aquecimento global e a urbanização, a frequência da neblina tende a diminuir, principalmente nos grandes centros urbanos provocando o efeito “ilha de calor”. A estação meteorológica da Universidade de São Paulo, é testemunha desse fenômeno. As oscilações climáticas, mencionadas por Colabone (2011) impedem prever um *yield* fixo, tendo anos habituais e anos excepcionais de alta e baixa ocorrência de neblina.

ANÁLISE DE RESULTADOS - CURITIBA

A zona de estudo está a aproximadamente 950 m acima do nível do mar e está cercada pela Serra do Mar a leste e pela Serra de São Luiz do Purunã ao oeste. Construída a cinco quilômetros da formação do rio Iguaçu (região de banhado), cercada por diversos corpos de água e situada a uns 40 quilômetros do mar, o fenômeno de neblina é fomentado. Em 2003, 5,3% do total do ano foi coberto por neblina (FRANÇA, 2008). O clima é oceânico de altitude (*Cfb*) e tem uma pluviosidade regular (~1500 mm/ano) ao longo do ano.

A região tem alto consumo de água (densidade de povoamento de ~230 hab/km², 3,7 M. hab), e tem uma alta concentração de empresas (mais de 100.000 empresas na Grande Curitiba estão responsáveis por mais de 40% do PIB do estado do Paraná) e entidades governamentais/estaduais (cf. mapa em Anexo). Nos últimos anos, em Curitiba se implantou "rodízios" de água nos meses de inverno/primavera devido a forte estiagem na região, desta forma, projetos de *fog harvesting* podem ser uma alternativa de captação de água.

Com os resultados apresentado para o aeroporto de São José dos Pinhais, foi verificado virtualmente (com *Google Maps* e *Google Earth*) zonas orientadas ao vento predominante, situadas em alturas, bordas de relevos ou cumeeiras e, também, com o mínimo de obstáculos possíveis na frente do fluxo de ar, quatro possíveis locais de implantação na região estão delineados na figura 9, considerando possível uso industrial, residencial, agrícola e no próprio aeroporto.

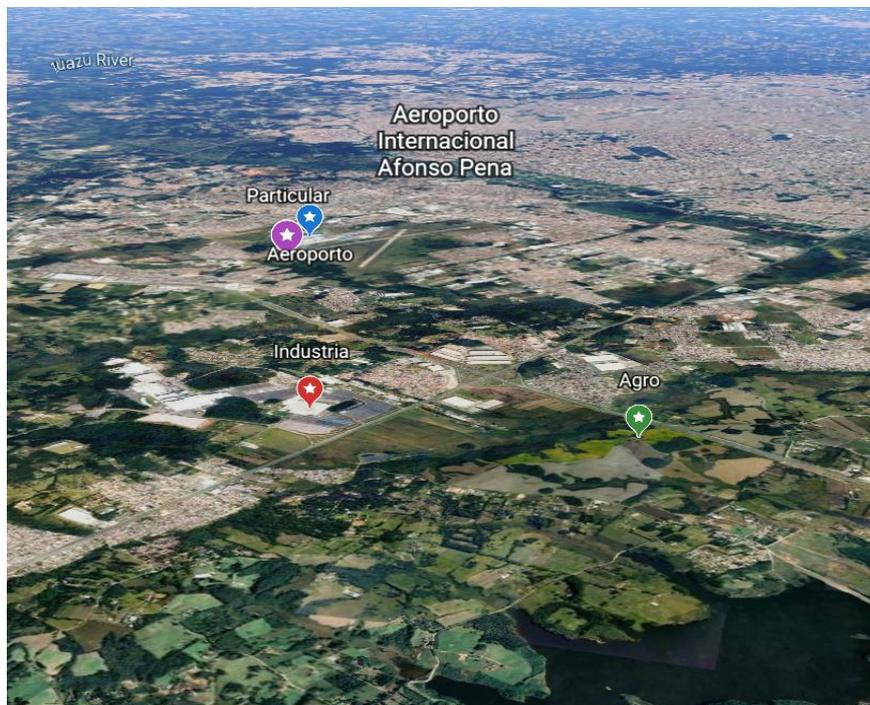


Figura 9 - Implantação geográfica de 4 casos de estudo ao redor do aeroporto de Curitiba/PR.

Entretanto, a viabilidade econômica e socioambiental, para cada caso, só poderá ser avaliada com medições de campo, para se obter a demanda, o tipo de coletor e o valor de implantação.

CONCLUSÕES

Um trabalho de revisão da literatura foi executado sobre a coleção de água de neblina e seu potencial uso no Brasil. Para a coleta dessa água é imprescindível conhecer a taxa de ocorrência de neblina para avaliar a viabilidade e o local de instalação.

Foi visto primeiramente que várias zonas do Brasil estão enfrentando problemas de abastecimento de água e de seca. A tendência é o aumento do consumo e dos eventos de estiagem. Dos sistemas de captação de água existentes, foi analisado que os captadores de água de neblina representam uma oportunidade para as áreas sujeitas a neblina no Brasil. Entretanto, o mapeamento dessas áreas é difícil. Também, a captação de água de neblina é quase inexistente com apenas um trabalho científico encontrado.

Depois dessa revisão, foi executado um primeiro trabalho de mapeamento global do Brasil sobre ocorrência de neblina usando os boletins meteorológicos METAR gerados pelos aeroportos. Como principal resultado obteve-se que a região SUL é a mais propícia ao *fog harvesting*, com as taxas mais altas de ocorrências de neblina. Também, esta região é uma boa candidata pelo contexto econômico/social e as consequências recentes das últimas secas.

Curitiba é a cidade com mais nevoeiro e névoa úmida, seguido por Foz de Iguaçu. Zonas serranas como em Santa Catarina e Rio Grande do Sul mostram também alto potencial (exemplo Caxias do Sul).

Para essas áreas, Abril a Setembro é o período de maior ocorrência sendo Junho o mês com o máximo de neblina. Foi caracterizado também em função da hora do dia que a neblina tende a nascer durante a noite e a madrugada e a desaparecer nas primeiras horas de sol (pela condensação da água no ar depois de ter atingido o ponto de orvalho).

Foi simulado quatro lugares de instalação bem distintos sobre a viabilidade do uso de água de neblina: particular (uso doméstico), rural, industrial e público (aeroporto). Foi considerada a região de Curitiba, em particular a zona do aeroporto de São José dos Pinhais/PR.

Para futuras pistas de trabalhos, retemos quatro principais itens:

- Concretizar uma campanha de medição em campo.
- Estabelecer um método preciso, detalhado e rápido, por uma combinação de estudos de imagens satélite e SIG, que permita mapear totalmente uma região com o histórico de ocorrência de neblina, direção e velocidade do vento e já localizando lugares candidatos a abrigar coletores.
- Desenhar um coletor made in Brazil, modular, com ótimo custo-benefício (rendimento vs. budget) que permita agilizar a produção/montagem e com tecnologia permitindo um rendimento significativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOULOC J. De la toile d'araignée... au piège à brouillard, La Houille Blanche, 79:5, 337-344. 1993
2. CERECEDA, P. AND R.S. SCHEMENAUER The occurrence of fog in Chile. Journal of Applied Meteorology, 30, #8, pp.1 097-11 05, 1991
3. COLABONE, R. DE OLIVEIRA. Nevoeiro e dinâmica atmosférica: uma contribuição ao estudo sobre ocorrências de nevoeiro no aeródromo na Academia da Força Aérea – Pirassununga-SP. 137p. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo/SP, 2011.
4. FACHINETTO C. Desenvolvimento de sistema alternativo para captação de água a partir da névoa. 79p. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, do Centro Universitário Univates, Lajeado/RS, 2017.
5. FESSEHAYE, M.; ABDUL-WAHAB, S.A.; SAVAGE, M.J.; KOHLER, T.; GHEREZGHIHER, T.; HURNI, H. Fog-water collection for community use. Renew. Sustain. Energy Rev. 2014, 29, 52–62. 2014
6. FRANÇA, V. D. J. Avaliação da metodologia de previsão de nevoeiro e visibilidade horizontal do modelo Eta. Dissertação (mestrado em Meteorologia). INPE, São José dos Campos, 2008
7. GETIRANA A., LIBONATI R., CATALDI M. Brazil is in water crisis — it needs a drought plan. Nature, Vol 600, 9 December 2021

8. LEKOUCH I., MARC MUSELLI, B. KABBACHI, JALIL OUZZANI, IRYNA MELNYTCHOUK-MILIMOUK, *et al.* Dew, fog, and rain as supplementary sources of water in south-western Morocco. *Energy*, Elsevier, 2011, 36 (4), pp.2257-2265
9. PLATENIK J. E. G., FRANÇA G. B., VICENTE A., NETO P., SILVA R. M. DA, ALMEIDA V. A. DE. Previsão de Nevoeiro Utilizando Multicritérios Baseados em Simulações do Modelo WRF para o Aeroporto Internacional Afonso Pena. *Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ*, Vol. 43, p. 376-383, 4/2020.
10. QADIR M, JIMÉNEZ GC, FARNUM RL AND TRAUTWEIN P. *Research History and Functional Systems of Fog Water Harvesting*. 2021.
11. SILVA L. C. CORRAIDE DA. *Captação de água da atmosfera – análise do potencial brasileiro e desenvolvimento de protótipos*. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae. VIÇOSA/MG, 2018
12. UN World Water Development Report 2021: Valuing Water, ONU, 2021