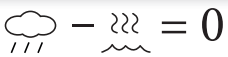
O senso comum brasileiro sobre a água

As catástrofes da água vivenciadas com a crise do sistema Cantareira, com a seca da nascente do rio São Francisco e a calamidade em Itu[1], entre outras, ressaltam a importância da consolidação de um senso comum brasileiro que apresente, de forma clara e objetiva, a relação entre os fenômenos físicos associados ao ciclo da água e sua disponibilidade na torneira de casa. A simples existência de tal senso comum possibilita que um diálogo entre cidadania e política possa ser realizado com base nos mesmos conceitos e linguagens. Este é um pilar essencial para que sociedade e governo possam agir em consonância e planejar ações que maximizem a produção de água nas principais bacias de captação do país.

Fábricas de água

Todos nós aprendemos na escola que a água possui um *ciclo*, o qual é geralmente apresentado da forma *incompleta* esquematizada ao lado: evaporação da água do oceano pelo sol, seguida de condensação nas camadas mais frias da atmosfera e subsequente precipitação em forma de chuva. Muito embora correto do ponto de vista conceitual, a simplicidade deste modelo leva à falsa impressão de que a presença de outros elementos (tais como flora e topografia) são dispensáveis à perpetuação do ciclo. Tal afirmação não poderia estar mais equivocada. De fato, é imprescindível que o papel *fundamental* das florestas nas fases de *evaporação* e *captação* do ciclo seja levado em conta. Árvores evaporam água através das folhas durante seu processo de "respiração". Dada a grande área em folhagem que possuem[2], estima-se que:

Figura 1 Modelo incompleto para o ciclo da água



1m² de floresta evapora até 5 litros de água por dia[3]
1m² de oceano evapora até 3 litros de água por dia

Além de sua importância na "fabricação de chuvas", as florestas são também essenciais para a criação e manutenção de gigantescos reservatórios de água subterrâneos[4], pois impedem a formação de enxurradas e, por gerarem um terreno fértil e poroso, permitem a infiltração lenta e gradual[5] da água no solo. Tais reservatórios (chamados de lençóis freáticos), por sua vez, são o berço de nascentes que garantem o abastecimento de rios e represas mesmo em períodos de seca. Além disso, é neles que as árvores captam água com suas raízes profundas, mantendo alguma taxa de evaporação mesmo na ausência de chuvas. Uma ilustração deste modelo para o ciclo da água é apresentado na **Figura 2**.

1 Veja a relação de notícias ao final do texto.
2 Uma árvore adulta com copa de 3m × 3m = 9m² possui uma área efetiva de 350m² em folhas!
3 Valores estimados pelo projeto Rios Voadores http://riosvoadores.com.br
4 A título de ilustração, tomemos o volume médio de precipitação no estado de SP de 1750 mm/ano e admitemos que a taxa de evaporação por florestas seja 1440 mm/ano (equivalente a 4 litros por dia por m²). Supondo que todo solo fosse recoberto por florestas, o balanço entre o que chove e o que evapora geraria uma taxa de percolação profunda de 310 mm/ano. Ao longo de milhões de anos de existência do continente brasileiro, tal balanço foi responsável pela criação, por exemplo, dos Aquíferos Guaraní e Alter do Chão, com volumes estimados de $5{,}5\times10^{16}$ litros e $8{,}5\times10^{16}$ litros, respectivamente, quantidade suficiente, diga-se de passagem, para abastecer a humanidade até o ano de 2215.
5 O processo de infiltração da água no solo de forma lenta e gradual é chamado percolação. Quando a água se infiltra a uma profundidade fora do alcançe das raízes das árvores, diz-se que ela sofreu percolação profunda. Veja Figura 2 na próxima página.

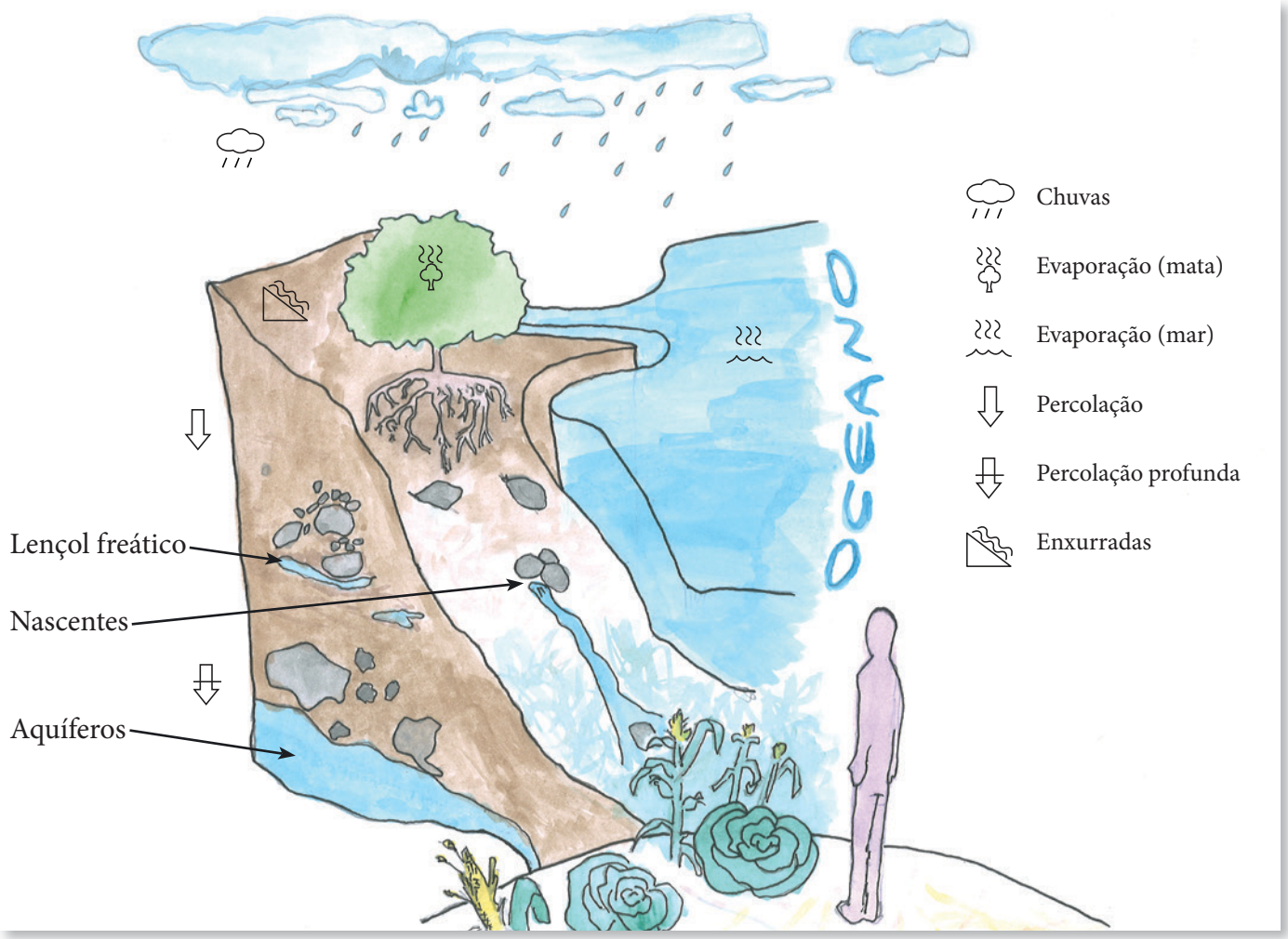


Figura 2 Modelo completo do ciclo da água.
Raízes são otimizadas bombas orgânicas de água;
Folhas evaporam volumes comparáveis aos de absorção.
O equilíbrio ocorre em ~ 310 mm/ano se = 0

Valores numéricos

~ 1750 mm/ano

~ 1440 mm/ano

Equações de Balanço

= +

= −

= −

Complexos Evaporadores

As "catástrofes da água" Cantareira–São Francisco–Itu possuem todas uma causa em comum: falta de chuva e esgotamento de lençóis freáticos. É difícil apontar categoricamente todos os fatores responsáveis pela estiagem de 2014. Não obstante, uma observação quase infantil não pode ser negada: com menos árvores presentes sobre o solo brasileiro, menor é a quantidade de água evaporada sobre ele, e consequentemente a abundância de chuvas diminui. Para tratar esta observação de forma mais genérica, concentremo-nos em um caso específico.

A vazão de água potável fornecida pelo sistema Cantareira é de 2,85 bilhões de litros por dia. Surpreendentemente, a área de floresta necessária para evaporar essa mesma quantidade de água[6] é de "apenas" 5.700 hectares. Uma conclusão ingênua com base nesses dados poderia afirmar que a solução para a crise da água em São Paulo consiste no reflorestamento de uma área de 5.700 hectares ao lado das bacias de captação do sistema Cantareira, de forma que todo o volume de água evaporado por esta floresta se precipitaria sobre os reservatórios, abastecendo assim a demanda da cidade. Este

6 Considerando que 1m² de floresta evapora 5 litros de água por dia.

raciocínio não está totalmente incorreto. Entretanto, é preciso lembrar que as chuvas não são formadas *localmente*, e sim através de uma dinâmica em *larga escala*. Em outras palavras, a água que chove em algum lugar foi evaporada, quase que certamente, a muitos quilômetros dali.

O que fazer, então, para garantir um abastecimento de água *estável* à bacia de captação do sistema Cantareira? A solução que sugerimos consiste na criação do *Complexo Evaporador Mantiqueira*, explicado a seguir.

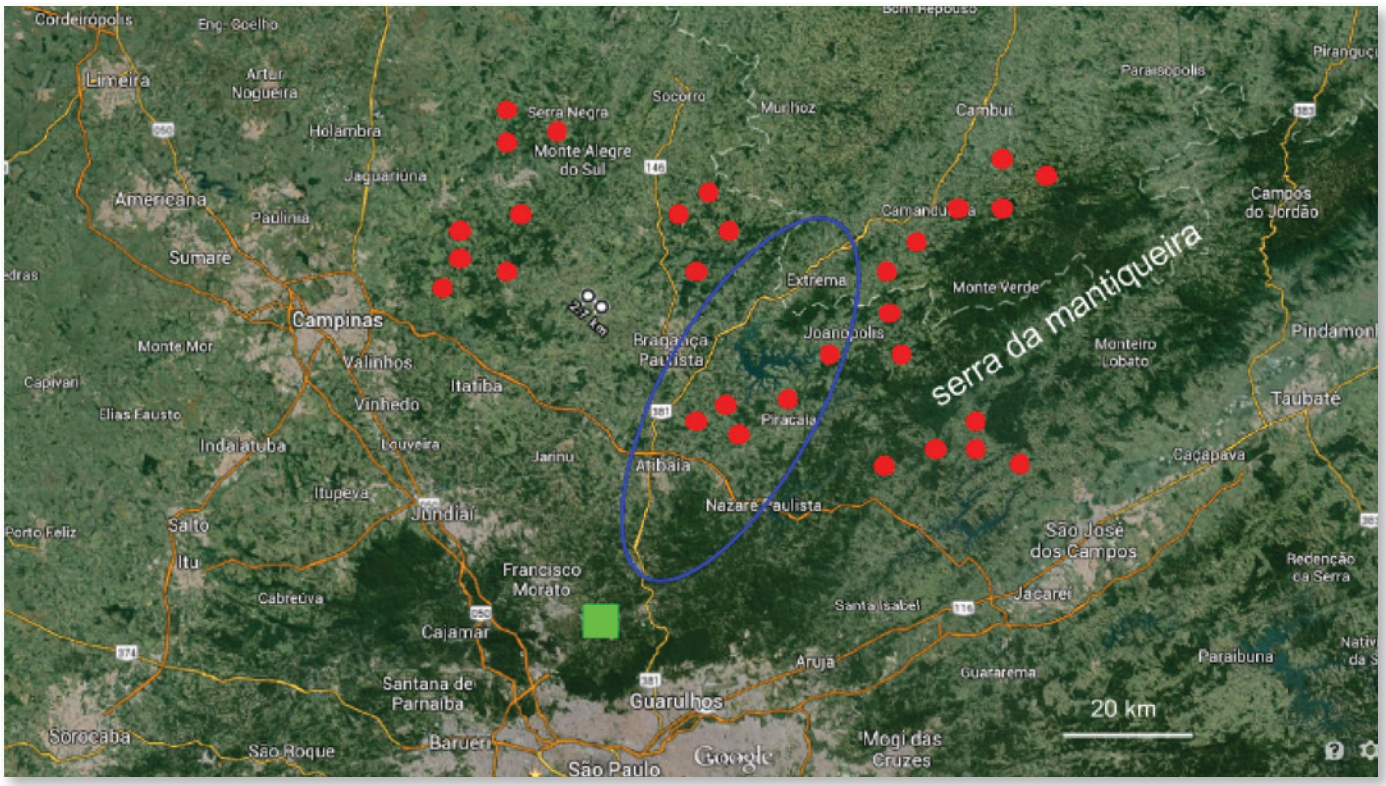


Figura 3 Complexo Evaporador Mantiqueira: 30 núcleos florestais (pontos vermelhos) de 570 hectares cada garantiriam uma média (ao ano) de 85 milhões de litros diários de chuva sobre a bacia de captação do sistema Cantareira (círculo azul).

Cada um dos 30 círculos vermelhos sobrepostos à imagem de satélite corresponde a uma área de 570 hectares – ou seja, caso fossem transformados em florestas, 10 círculos evaporariam, por dia, a mesma quantidade de água fornecida pelo sistema Cantareira à cidade de São Paulo no mesmo período. Por esse motivo, chamamos tais círculos vermelhos de *Núcleos Evaporadores*. A grande elipse azul destaca a região de captação de água do sistema Cantareira[7]. O quadrado verde representa a Estação de Tratamento Guaraú, a partir de onde a água tratada é distribuída para a Capital.

Com a criação do Complexo Evaporador Mantiqueira, o volume de água presente na atmosfera nos entornos da bacia de captação aumentaria. Mais precisamente, a atmosfera seria um "rio voador" fluindo 8,55 bilhões de litros de água por dia, isto é, três vezes a quantidade de água consumida pela cidade de São Paulo no mesmo período. Associada à topografia montanhosa da Serra da Mantiqueira, essa gigantesca quantidade de vapor d'água ampliaria o volume de precipitações sobre a região. Admitindo que apenas 1% de todo esse vapor se precipite sobre a bacia do sistema, teríamos, ainda assim, uma média (ao ano) de 85 milhões de litros diários em precipitações. Além disso, com o reflorestamento implementado em áreas estratégicas, como mananciais e encostas íngremes, a água retida no solo teria chance de escoar lentamente até as grandes represas (seja em forma de riachos ou caminhos subterrâneos) garantindo o abastecimento dos reservatórios mesmo durante os períodos de seca.

7 Represas Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras.

É interessante comparar os números propostos no Complexo Evaporador Mantiqueira com o bem sucedido projeto Conservador das Águas[8], realizado em Extrema (MG). Com uma equipe de 30 pessoas da Secretaria do Meio Ambiente, o projeto, que teve início em 2007, já reflorestou uma área de 7,2 mil hectares, tendo recuperado cerca de 250 nascentes com plantio de quase 510 mil árvores nativas. O projeto, que já ganhou diversos prêmios nacionais e internacionais e é portanto uma referência a ser seguida, é pautado na política de *Pagamento por Serviços Ambientais*, no qual o proprietário de terras produtoras de água recebe um benefício pela preservação do local. Com seus 8 anos de existência, o Conservador das Águas já investiu um total de R$ 1,6 milhões em aquisição de mudas, contratação de mão de obra e pagamento por serviços ambientais.

No Evaporador Mantiqueira, a área de reflorestamento proposta com base nos cálculos de evaporação é de 17 mil hectares. Tomando a exemplo o projeto Conservador das Águas, podemos estimar o custo total da ação em torno de R$ 3,7 milhões, com aquisição de 1 milhão e 200 mil mudas nativas, contratação de mão de obra e pagamento de benefícios a proprietários. A "construção" do Complexo – isto é, o plantio das mudas, construção de bacias de contenção, cercamento a áreas de proteção, entre outras ações – possui grande potencial de aquecer economias municipais. Além disso, a área recuperada traria benefícios de longo prazo não somente ao abastecimento dos grandes reservatórios para as cidades, mas na economia local gerada em torno da água, que é necessidade primária na agricultura, criação de animais e consumo humano. O *organismo produtor de água* seria então uma rede descentralizada de microbacias, em que moradores passariam a *receber* pela produção de água ao invés de *pagar* por sua não-conservação. Este é um conceito que já mostra resultados positivos, por exemplo, com o projeto Conversador das Águas de Extrema. Para este fim, é importante que cada município tenha *autonomia* para tratar suas particularidades.

A nível federal, vale ressaltar que ações do Governo caminham, embora de forma vagarosa, no sentido da regularização ambiental das propriedades rurais. Uma importante ferramenta para o controle, monitoramento e combate ao desmatamento, bem como no planejamento ambiental e econômico de imóveis rurais, é o Cadastro Ambiental Rural[9]. Estima-se que ao longo dos próximos 20 ou 30 anos cerca de 21 milhões de hectares sejam recuperados em todo Brasil[10].

Uma última observação, relativamente ortogonal ao resto do texto, se refere à possibilidade de o *modelo completo do ciclo da água* apresentado neste trabalho servir como base curricular a um curso interdisciplinar – de 1 ano no enino fundamental e/ou 1 trimestre no ensino médio – que aborde os conceitos de Física, Química, Biologia, Geografia e Ciências Sociais envolvidos no modelo. Apenas com mentes lúcidas a recuperação de 21 milhões de hectares será possível em um futuro próximo.

8 http://extrema.mg.gov.br/conservador-das-aguas/
9 www.car.gov.br
10 É fundamental que os impactos decorrentes deste número – 21 milhões de hectares – sejam apreciados corretamente. O primeiro fator se refere à demanda de mudas associada a essa meta e a atual capacidade de oferta de mudas no Brasil, que é de "apenas" 65 mil hectares em mudas por ano. Não obstante, há casos calamitosos em que proprietários rurais simplesmente se recusam a colaborar com a recuperação de terrenos (ver relação de notícias ao final do texto), o que gera um gargalo na vazão de mudas produzidas pelos viveiros. Na opinião do autor, casos como esses devem ser remediados através do confisco da propriedade e implementação de reforma agrária às comunidades dispostas a fornecer mão de obra para o plantio de mudas.

Conclusão

O desmatamento ininterrupto do solo brasileiro desde o século XVI provocou uma mudança gradual, porém visível, no clima do sudeste-centroeste do país. Algumas consequências dramáticas ao ser humano (para não citar desequilíbrios de fauna e flora) foram as catástrofes da água vivenciadas neste ano de 2014. Embora seja difícil apontar categoricamente *todos* os fatores responsáveis por um fenômeno climático como a estiagem de 2014, um simples olhar sobre a imagem de satélite abaixo, associada à informação de que *florestas são grandes evaporadoras de água e mantenedoras de nascentes*, sugere que caso a cobertura vegetal de nossa Mãe Gentil não tivesse sido reduzida ao ponto que foi, o ciclo da água provavelmente não teria sido interrompido nas regiões São Francisco, Cantareira e Itu.

Sabendo da importância fundamental das florestas nas fases *evaporação* e *percolação* do ciclo da água, este trabalho ressalta a *necessidade* da criação de Complexos Evaporadores em todo Brasil como única forma de preservar o ciclo natural deste elemento. Nesse sentido, obras de ampliação de sistemas de captação, embora necessárias, devem ser vistas como medidas auxiliares ao problema, e não estruturais a ele. A crença de que "água cai do céu" deve ser desmistificada, e ações que maximizem a "fabricação de água" precisam ser tomadas com maior urgência possível. Somente um diálogo entre sociedade e governo pautado nos mesmos conceitos e linguagens possibilitará que Complexos Evaporadores Mantiqueira, Itu e São Francisco, entre outros, possam ser criados. É preciso lembrar que abundância de água é abundância de renda e, mais que isso, a própria essência da vida.

O autor oferce palestras sobre o tema **caiolagana@gmail.com**

Relação de Notícias

Seca da nascente do Rio São Francisco
http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/09/1521293-nascente-do-rio-sao-francisco-secou-afirma-diretor-de-parque-em-minas.shtml?cmpid=%22facefolha%22

http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/brasil/2014/09/26/interna_brasil,531958/solucao-da-crise-do-rio-sao-francisco-nao-depende-so-de-chuva.shtml

http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2014/04/volume-de-agua-nos-reservatorios-do-rio-sao-francisco-nao-para-de-cair.html

Calamidade em Itu
http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/noticia/2014/09/empresarios-gastam-com-compra-de-agua-para-evitar-prejuizo-em-itu.html

http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/noticia/2014/09/moradores-se-arriscam-em-agua-turva-para-amenizar-seca-em-itu.html

Recuperação de Nascentes em Viçosa
http://www.saaevicosa.com.br/portal/?p=4292

Projeto Conservador das Águas em Extrema
http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2014/09/conservador-das-aguas-e-referencia-nacional-em-preservacao-hidrica

Recuperação do rio Jundiaí
http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/noticia/2014/09/rio-despoluido-vira-opcao-de-abastecimento-na-regiao-de-jundiai.html

Gargalo na vazão de mudas
http://portal.tododia.uol.com.br/_conteudo/2014/09/locais/__campinas/43034-burocracia-cria-fila-de-300-mil-mudas-para-replantio.php

Economia e o mercado da água
http://www.otempo.com.br/cmlink/hotsites/elei%C3%A7%C3%B5es-2014/pimenta-sugere-vender-%C3%A1gua-de-nascentes-de-minas-1.924837

Evapotranspiration
http://water.usgs.gov/edu/watercycleevapotranspiration.html
http://geochange.er.usgs.gov/sw/changes/natural/et/
http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/ocorrencia.htm

Indice pluviométrico SP
http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plu?qwe=qwe