



2.

Registros vitais nas nascentes

A QUALIDADE E A QUANTIDADE DE ÁGUA NOS MANANCIAIS USADOS PARA O ABASTECIMENTO DA RMSP DEPENDEM DE DIVERSOS FATORES, ENTRE ELES AS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA REGIÃO. ALIADO ÀS PREVISÕES DO TEMPO, O ESTUDO DAS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS É ESSENCIAL PARA AS ANÁLISES SOBRE O VOLUME DISPONÍVEL EM DIFERENTES CENÁRIOS PROJETADOS. CONFIRA QUAIS SÃO E COMO SE RELACIONAM.



Quem vive na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) certamente já experimentou, em um único dia, todas as estações do ano. Ou, no mínimo, viradas bruscas de temperatura. A turma mais precavida não é pega de surpresa pois costuma consultar aplicativos ou previsões do tempo na véspera. Para abordarmos as variabilidades e as mudanças climáticas nessa área, incluindo os mananciais que a abastecem, vale primeiro esclarecer a diferença entre tempo e clima.

O tempo é o estado atmosférico em determinado momento, uma fotografia clicada de um lugar em um instante. O clima é o conjunto de tempos registrados em uma área específica, um álbum de fotografias tiradas naquele lugar, em diferentes épocas do ano. Como está o tempo por aí? A resposta provavelmente terá descrições a exemplo de “hoje amanheceu mais frio”, “está chovendo desde ontem”, “o ar anda muito seco”... Como é o clima na sua cidade? “O verão é muito quente e úmido”, “no inverno as temperaturas não caem tanto, é bem ameno”... As respostas descrevem características de longos períodos como meses ou anos.

O clima é um fenômeno cíclico, influenciado por elementos e fatores climáticos. “Ele também é uma grande pulsação. Assim como a vegetação, a umidade do solo, os regimes hídricos e de vazão que pulsam em escala sazonal em determinada região”, explica Humberto Rocha, hidroclimatologista e professor do IAG-USP. Sua especialização já indica que a questão da água é dominante e está intrinsecamente associada ao clima.

Um dos postos de medição às margens do reservatório Biritiba, que faz parte do Sistema Alto Tietê.



FOTO: DIVULGAÇÃO SABESP

Medir chuva é uma atividade extremamente complexa, um desafio que implica incertezas nas previsões. Para minimizar o problema, usamos uma combinação de instrumentos

Kleber Rocha Filho, meteorologista da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH)

A água que cai do céu

Padrões de chuva, de temperatura, de radiação solar e de umidade interferem no volume de água disponível. E esse pacote de fatores sofre variações locais, regionais e globais. As mudanças climáticas se enquadram como um fenômeno global e a chuva é a principal variável da menor escala analisada. “Medir chuva é uma atividade extremamente complexa, um desafio e tanto pois a variabilidade pode ser enorme de um ponto para outro, mesmo dentro de uma pequena área, o que implica incertezas nas previsões. Para minimizar esse problema, utilizamos uma combinação de instrumentos, como pluviômetros automáticos, radar de dupla polarização e disdrômetros [equipamento a laser que mede as características físicas das gotas da chuva]”, detalha Kleber Rocha Filho, meteorologista da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH). Ele monitora de perto toda a Região Metropolitana e alguns locais fora dela, onde estão os sistemas produtores de água da Sabesp.

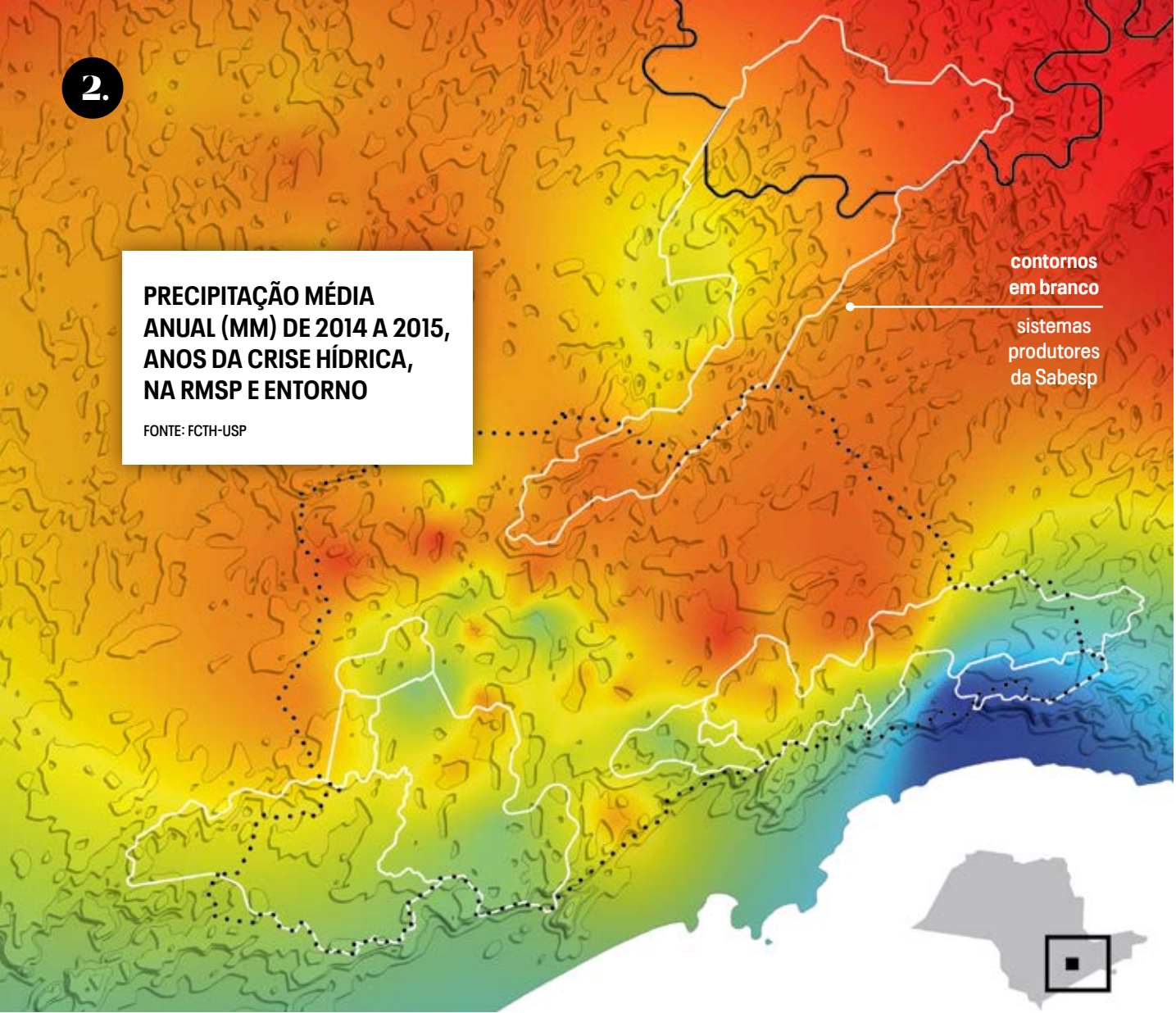
Daí a importância de um trabalho de análise constante interdisciplinar, que envolva

profissionais ligados ao abastecimento da água, às análises meteorológicas (previsão do tempo) e climáticas. Os estudos costumam ser regionais porque a combinação desses fatores dificilmente se repete em vários lugares. As medições podem acontecer a cada cinco minutos e o agrupamento de dados depende do grau de detalhamento desejado. O que se chama de previsão do tempo é resultado de avaliações numéricas e aplicações de modelagem para um intervalo de um a dois dias. Para um período de 30 dias, especialistas consideram uma escala de curto prazo. Levantamentos para três a seis meses são de longo prazo, também identificados como previsão climática sazonal.

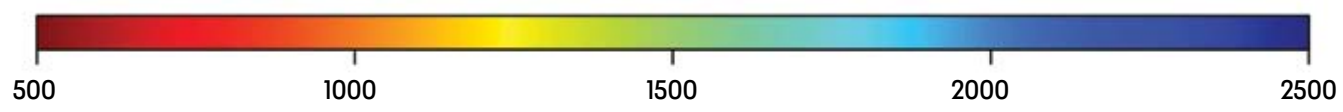
Na página seguinte são apresentados dois mapas de precipitação média anual na RMSP e regiões próximas. Um deles indica valores medidos e interpolados para a década de 2010 a 2019. O outro destaca apenas o biênio 2014-2015, período crítico em que o sistema de abastecimento dos municípios enfrentou uma grave crise hídrica.

PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (MM) DE 2014 A 2015, ANOS DA CRISE HÍDRICA, NA RMSP E ENTORNO

FONTE: FCTH-USP

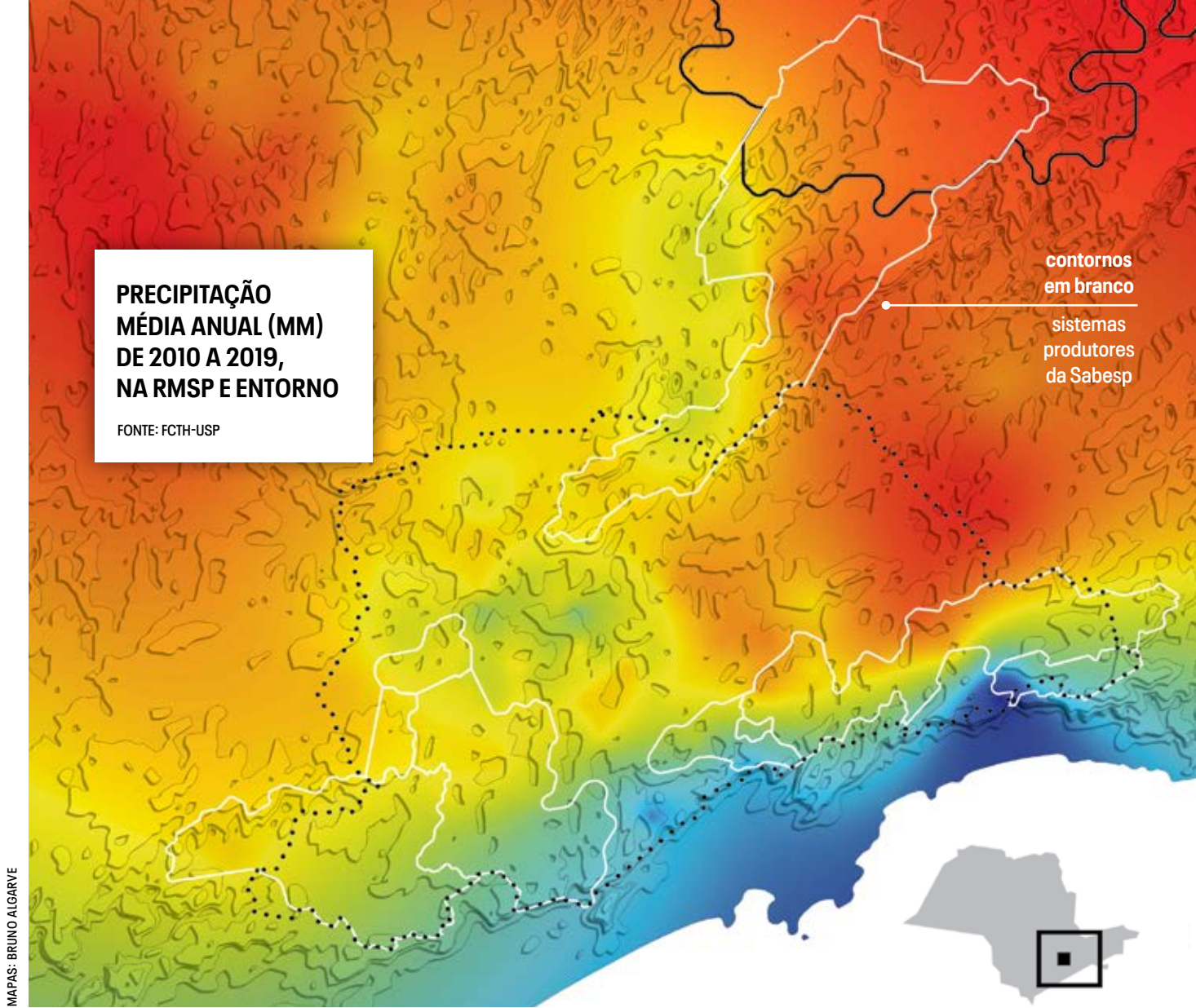


contornos em branco
sistemas produtores da Sabesp

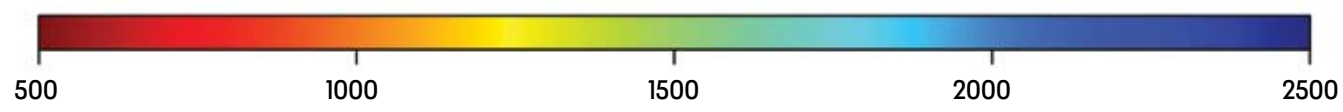


PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (MM) DE 2010 A 2019, NA RMSP E ENTORNO

FONTE: FCTH-USP



contornos em branco
sistemas produtores da Sabesp



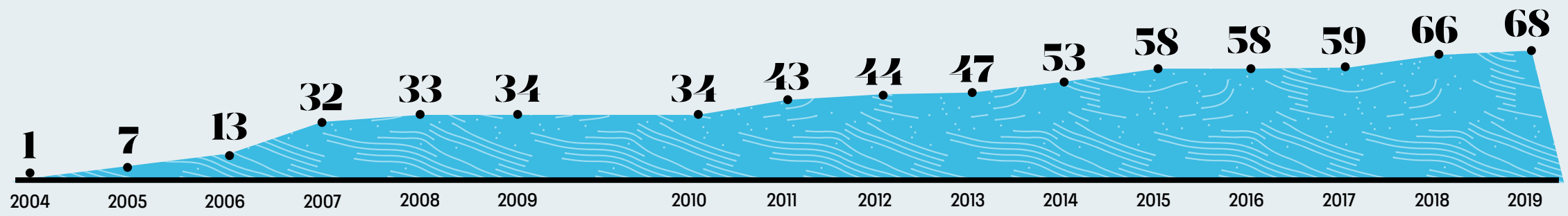
MAPAS: BRUNO ALGARVE



MAIS PONTOS DE CONTROLE, MAIOR PRECISÃO

Evolução da rede telemétrica da Sabesp na RMSP, de 2004 a 2019

FONTE: SABESP





O fenômeno El Niño pode causar secas severas e chuvas em excesso, dependendo da região. Aqui, rebanho circula em leito de rio com pouquíssima água.

FOTO: ADOBESTOCK / THECHATAI

Conexões mundiais de dados

Sobre os fenômenos globais e suas influências locais, é preciso que exista uma comunicação eficiente entre os diversos centros de pesquisas meteorológicas e climáticas espalhados pelo planeta. A Organização Meteorológica Mundial (WMO), vinculada à Organização das Nações Unidas (ONU), é a agência responsável por garantir a colaboração mútua entre os países-membros. A troca de dados e de investigações realizadas a níveis locais, regionais e mundiais possibilita prever e, se possível, antecipar eventos extremos, como furacões, chuvas torrenciais e demais efeitos atmosféricos. No Brasil, o Instituto Nacional de Meteorologia é o órgão diretamente ligado à WMO.

A modelagem e a forma de medir podem variar de um núcleo científico para outro, mas essa rica rede de informações é atualizada hora a hora e as simulações da atmosfera acontecem no mundo inteiro. “A atmosfera é um fluido em movimento, transporta ar frio, ar quente, umidade, ar seco... Ela está em constante trans-

formação, portanto quem vai prever o tempo precisa saber o estado inicial em todos os lugares do globo, inclusive em oceanos”, afirma Humberto Rocha. No caso dos oceanos, as estações meteorológicas são instaladas em boias presas ao fundo do mar. Os satélites permitem estimar temperaturas em áreas extensas e isso também alimenta os modelos de análise.

Na RMSP, segundo Kleber Rocha Filho, não há modelagem numérica de previsão do tempo, o que se faz é o monitoramento de precipitação. Os dados de previsão são fornecidos por fontes externas; a maioria delas é aberta, como a modelagem usada pela NOAA, divisão de meteorologia da NASA.

A influência no microclima dos mananciais

De acordo com o meteorologista Kleber Rocha Filho, os efeitos de eventos como El Niño e La Niña – fenômenos resultantes do aquecimento e esfriamento anormal das águas do Oceano Pacífico – entram nas previsões locais de forma

Nem lá nem cá

Ironicamente, além da dificuldade de medição das precipitações, o Sudeste – onde a Região Metropolitana de São Paulo está inserida – ocupa uma área de transição climática, o que dificulta a precisão nos resultados disponibilizados pelos modelos.

“A região Sudeste está sob a ação de fatores tropicais, típicos da Amazônia, como as pancadas de chuva em fins de tarde, mas também sofre forte influência de fatores extratropicais, como as frentes frias que caracterizam o sul do país. Isso atrapalha o desempenho de qualquer modelagem”

Humberto Rocha, hidroclimatologista e professor do IAG-USP

qualitativa. “Na literatura científica encontramos registros de que, em anos de El Niño, os verões na região Sudeste tendem a ser mais chuvosos e o contrário para anos de La Niña. Mas temos que ter em mente que esses índices não se alteram de um dia para outro. Levam meses para passar de um sinal positivo para um negativo. Acompanhamos essa movimentação mês a mês.”

Nesse ritmo de inércia elevada, o nível de precisão e acerto nas avaliações é grande. Dependendo de como a circulação atmosférica local se altera e a circulação planetária se posiciona em cima do continente, as chances de chuva caem, já que ocorre um tipo de bloqueio atmosférico, impedindo até o avanço de frentes frias nessa região. Logo, eventos globais já conhecidos e periódicos influem na previsão local e aparecem nas recomendações como tendências probabilísticas. O efeito do El Niño na RMSP permite saber que a chance de haver mais chuva é maior, mas é impossível afirmar que haverá um aumento de 100 ou 200 mm num certo período de tempo, por exemplo.

Dada a grande área de abrangência dos sistemas produtores da Sabesp, o clima sofre variações ao compararmos os regimes de precipitação média mensal de um com o outro. O Sistema Cantareira é bastante influenciado por circulações locais, principalmente vale, montanha e brisa marítima. Dentro do estado de São Paulo é classificado como clima subtropical sem estação seca; em Minas Gerais é subtropical com inverno seco. Os sistemas do setor leste (Rio Grande, Ribeirão da Estiva e Alto Tietê) se enquadram como subtropicais e a precipitação depende dos meses de verão. O Sistema Rio Claro é a exceção, pois sofre influência direta da Serra do Mar. Classifica-se em tropical úmido, com a convergência dos ventos do Atlântico Sul. Nos sistemas do setor sudoeste (Guarapiranga, Alto e Baixo Cotia e São Lourenço) prevalece o clima subtropical com precipitação elevada no verão. Porém observa-se que parte do São Lourenço e do Guarapiranga é influenciada pela Serra do Mar e, conseqüentemente, notam-se características do clima tropical sem estação seca o ano todo.

A água que cai vai para...

Completar a frase acima exige um pouco mais de conhecimento sobre as possibilidades de caminho que a chuva faz. Ela não se transforma apenas em água armazenada nos mananciais para ser tratada e depois distribuída. “Entender como nossos sistemas produtores funcionarão e serão recarregados depende do entendimento de como os sistemas de solo, vegetação e clima funcionam interativamente no local”, afirma o hidroclimatologista Humberto Rocha.

Aqui entra mais um conceito importante: balanço hídrico. Ele é o resultado da quantidade de água que entra e sai em uma área, num intervalo de tempo. A entrada é a precipitação e a saída é composta por várias partes, entre elas a infiltração no solo, a evaporação em decorrência da incidência solar – tanto no terreno como na vegetação – e o escoamento superficial. Este último vai para as represas. “É essencial conhecer o balanço hídrico de cada sistema produtor. Se, por exemplo, chove 100 mm numa determinada bacia e isso se reverte em 10% no volume de água no reservatório, essa mesma precipitação em outra bacia pode representar um aumento de apenas 5% no reservatório. Ou seja, a quantidade de chuva que se transforma em vazão varia de um manancial para outro”, resume Mara Ramos, gerente do Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos da Unidade de Produção de Água da Diretoria Metropolitana da Sabesp.

Além das características do terreno, mais ou menos rochosos, arenosos, compactados etc., a umidade do solo no momento em que

É essencial conhecer o balanço hídrico de cada sistema produtor. A quantidade de chuva que se transforma em vazão varia de um manancial para outro

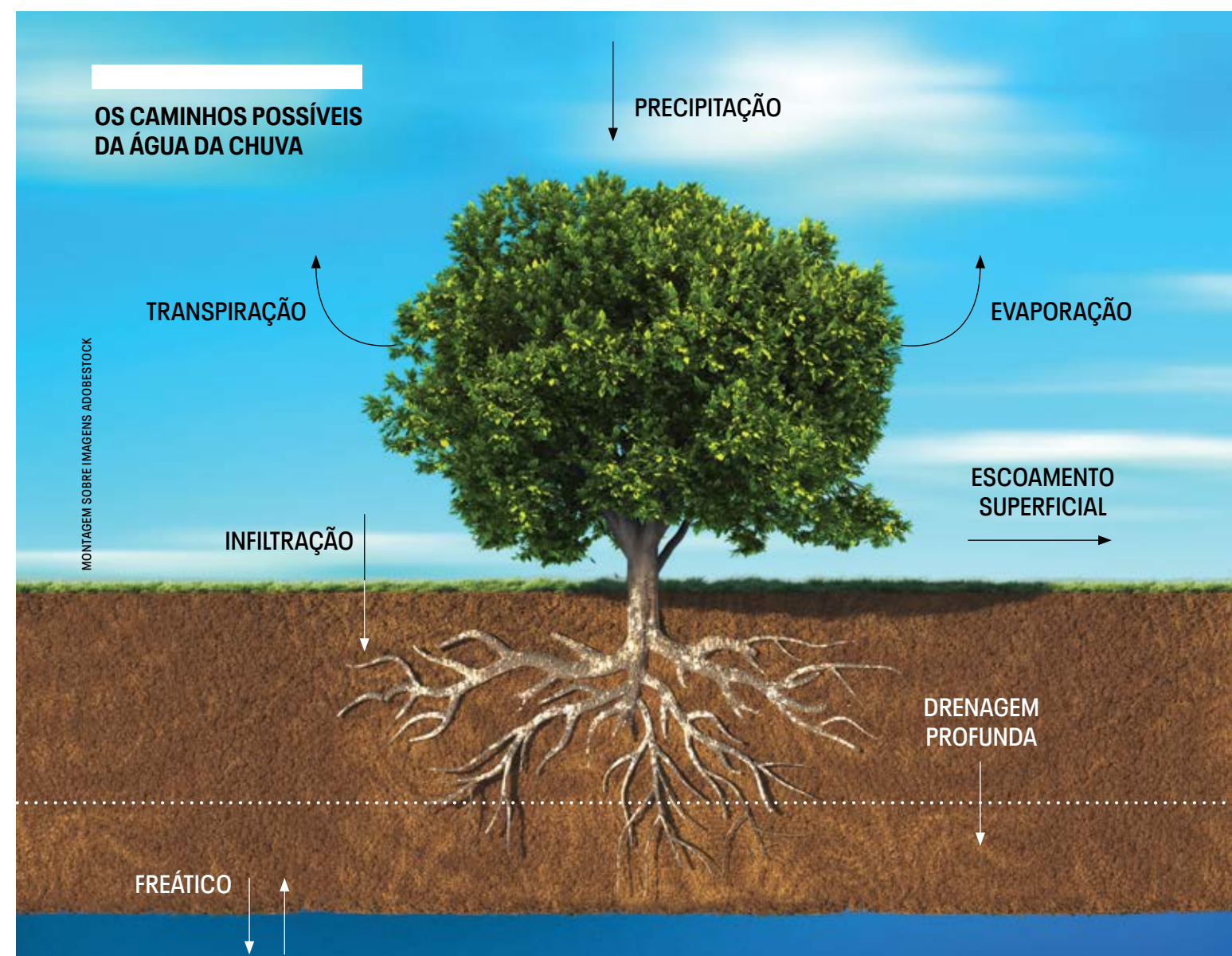
Mara Ramos, gerente do Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos da Unidade de Produção de Água da Diretoria Metropolitana da Sabesp

chove também interfere na absorção de mais ou menos água. Isso é quase instintivo. Depois de dias de estiagem, a chuva rapidamente se infiltra no solo e, após um período de precipitações frequentes, o volume de escoamento superficial no mesmo terreno será bem maior. Menos cobertura vegetal também facilita o destino da chuva em direção ao reservatório, apesar de a água arrastar sedimentos para dentro das represas.

Parte da ciência de quem gerencia os mananciais é imaginar ações e mapear detalhadamente as condições do entorno de cada uma das bacias, a fim de cruzar essas informações com os dados meteorológicos e construir cenários com

indicadores confiáveis para garantir os níveis desejados de segurança hídrica. “Se optamos por uma ação como rebaixar o nível de um reservatório contando com uma previsão de chuva e não chove, dependendo do manancial essa decisão pode se tornar um problema sério. Entendemos a complexidade das medições e de todas as variáveis envolvidas, mas precisamos nos desdobrar para sempre trabalhar na zona de menor risco possível”, avalia Emerson

Moreira, gerente da Divisão de Gestão e Desenvolvimento Operacional de Recursos Hídricos Metropolitanos da Unidade de Produção de Água da Diretoria Metropolitana da Sabesp. “Nossas projeções consideram as mudanças climáticas nas simulações com um viés mais estratégico. Adotamos as incertezas climáticas na construção de cenários com modelagem hidrológica para áreas específicas da rede de sistemas produtores”, completa Mara Ramos.





FOTOS: DIVULGAÇÃO SABESP



Nesta página, uma das represas do Sistema Cantareira durante a crise hídrica de 2014 e 2015 na RMS. Ao lado, um registro aéreo do período de cheias na Represa Jundiá, do Sistema Alto Tietê, em 2019.

Entendemos a complexidade das medições e de todas as variáveis envolvidas, mas precisamos nos desdobrar para sempre trabalhar na zona de menor risco possível

Emerson Moreira, gerente da Divisão de Gestão e Desenvolvimento Operacional de Recursos Hídricos Metropolitanos da Unidade de Produção de Água da Diretoria Metropolitana da Sabesp

A relação direta entre ocupação do solo e temperatura

Nos estudos e levantamentos associados à precipitação e à temperatura, a ocupação do solo é um forte fator de influência. Em bacias localizadas em áreas urbanas, praticamente o volume de chuva se converte em vazão de água, pois circula com mais facilidade pela superfície. O processo de urbanização ao longo do século 20 ignorou a preservação da cobertura vegetal existente, substituindo-a por superfícies impermeabilizadas com drenagem artificial que permitia o escoamento rápido da chuva.

Somadas a isso, a expansão e a verticalização dos centros urbanos reforçaram o surgimento das ilhas de calor, onde a circulação do ar é prejudicada, e a poluição atmosférica, elevada. Ou seja, acontece uma transformação radical no microclima da região. São áreas com temperaturas médias superiores às das áreas rurais em seu entorno e consequente diminuição da umidade relativa do ar. A saúde da população que vive nessas ilhas, assim como a da natureza, sente as consequências. Não é raro constatar o aumento de problemas respiratórios e de eventos climáticos extremos nos arredores, como inundações e estiagens.

O lado positivo é que no século 21 mais profissionais com diferentes formações acadêmicas têm se debruçado sobre estudos que revelam essas discrepâncias e propõem novas formas de interagir e ocupar o espaço. Arquitetos, meteorologistas, cientistas, físicos, engenheiros e até médicos reúnem esforços para não apenas conter como também reverter ações que interferem drasticamente no tempo e no microclima da região modificada. Entidades internacionais dão espaço para a apresentação de trabalhos que relacionam as questões climáticas com problemas socioeconômicos; tudo está interligado. Vale lembrar que a formação de ilhas de calor também prejudica consideravelmente as análises para o abastecimento de água e dificulta ainda mais as tomadas de decisão.

“Essas discussões são extremamente atuais. Recentemente, participei de um trabalho com esse foco publicado pelo Inter-American Institute for Global Change Research (IAI), a pedido da ONU. Temos que refletir sobre os impactos dos eventos extremos climáticos nas grandes

cidades, pois eles têm efeito direto nos mais vulneráveis. Estão muito conectados às diferenças sociais, a exemplo dos moradores de periferia, que sofrem mais com inundações e períodos de seca”, reflete Tercio Ambrizzi, cientista e professor do IAG-USP. Este documento – *City-to-city partnerships anda South-south and triangular cooperation on sustainable urban development* – foi consolidado no segundo semestre de 2019 e traz um raio X de cidades de todos os continentes. São Paulo é uma delas.

Um exemplo acadêmico

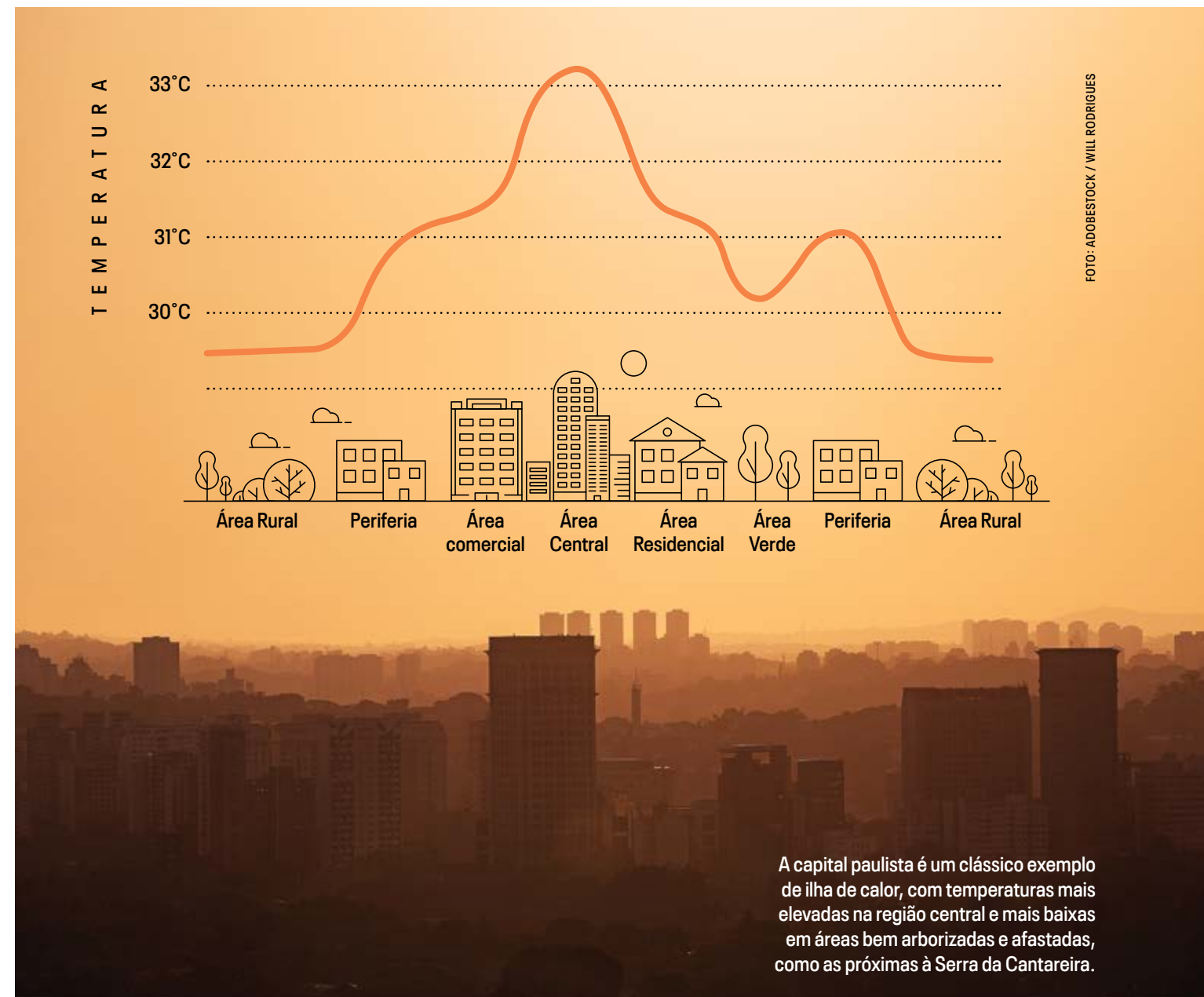
Em sua tese de doutorado em Saúde Global e Sustentabilidade, para a faculdade de Saúde Pública da USP (2019), a bióloga Maria Fernanda Wadt mostra “a necessidade da megacidade de São Paulo, marcada pelo adensamento de edificações e ocupação do solo com grande limitação de áreas verdes, em conservar e ampliar sua infraestrutura verde para amenizar as adversidades do clima urbano e propiciar benefícios ambientais, sociais e econômicos, com efeitos positivos para a

Essas discussões são extremamente atuais. Temos que refletir sobre os impactos dos eventos extremos climáticos nas grandes cidades, pois eles têm efeito direto nos mais vulneráveis

Tercio Ambrizzi, cientista e professor do IAG-USP

qualidade devida e bem-estar dos indivíduos”. A partir de uma perspectiva interdisciplinar, a pesquisadora analisa questões globais sobre o tema e, a nível local, exhibe resultados de um estudo empírico sobre os benefícios do terceiro maior fragmento florestal de São Paulo – o Parque Estadual Fontes do Ipiranga

(Pefi) – na minimização dos efeitos climáticos locais (alterações no microclima) e das sensações térmicas dos seus visitantes. Que mais estudiosos de diversas formações se dediquem a compreender esses impactos. A gestão de recursos hídricos também colhe os frutos desses conhecimentos.



A capital paulista é um clássico exemplo de ilha de calor, com temperaturas mais elevadas na região central e mais baixas em áreas bem arborizadas e afastadas, como as próximas à Serra da Cantareira.

Ex-terra da garoa

A capital paulista está bem próxima do oceano; alguns municípios da Região Metropolitana mais ainda. Há uma brisa marítima diária – ora suave, ora intensa – que leva umidade e diminui as temperaturas. Até por isso o tempo em São Paulo pode começar frio, esquentar ao longo do dia, terminar com queda no termômetro e ter uma noite gélida, por exemplo.

Contudo, desde que se tornou uma ilha de calor, São Paulo também perdeu o título de terra da garoa. Aquela chuva fininha que, em outras décadas, caía no fim da tarde praticamente desapareceu. “A maneira como urbanizamos a região causou isso. Desde que começaram as medidas ligadas ao aquecimento global, constatou-se que a temperatura no mundo já subiu 1 °C. Porém nos últimos 100 anos a temperatura média em São Paulo já subiu 3 °C”, destaca o cientista Tercio Ambrizzi. Essa bolha de calor interfere na entrada dos ventos e na circulação dentro da área urbana. Consequentemente cidades com essa característica sofrem mais com as variabilidades climáticas e são uma porta escancarada para que eventos extremos, como inundações e secas rigorosas, aconteçam com mais frequência.

Fenômenos extremos

As chuvas têm ocorrido em períodos mais concentrados ao longo de um mês. Para áreas de mananciais, a consequência disso não é tão grave quanto para zonas urbanas, onde facilmente esse

cerca de 98%

do abastecimento da RMSP é com água de superfície. Isso justifica a forte dependência dos mananciais disponíveis!

volume se traduz em inundações, enchentes, contaminação de áreas decorrentes de transbordamento de córregos poluídos etc.

Quanto às estiagens, essa é uma grande preocupação para o abastecimento de grandes centros. As secas normalmente são agrupadas em:

- secas meteorológicas – resultam da falta direta de chuva
- secas hidrológicas – resultam da redução dos volumes de fornecimento de água; cai a vazão natural, cai o nível dos reservatórios, inclusive das águas subterrâneas
- secas agrícolas – resultam da baixa umidade do solo, em decorrência da evaporação no terreno e transpiração das plantas; isso compromete o crescimento vegetal esperado.

Em todas elas, os prejuízos são gigantescos, na ordem em média de US\$ 6 a 8 bilhões por ano. Estudos afirmam que a seca é o desastre natural mais custoso no mundo, afetando coletivamente a população mundial.

Diante desse cenário, o monitoramento minucioso dos recursos hídricos gera medições e composição de indicadores fundamentais para traçar as estratégias de contingência. Os sistemas desenvolvidos pela Sabesp, assim como o olhar da companhia sobre essas estratégias, são apresentados no capítulo **Foco em resiliência hídrica**. Mas, a título ilustrativo, seguem as faixas de avaliação usadas para um dos principais indicadores, o Índice de Precipitação Padronizada – SPI (do inglês Standardized Precipitation Index). O número gerado corresponde aos desvios-padrão que a precipitação observada se afasta da média.



Chuvas fortes, num curto período de tempo, causavam transbordamentos do Rio Tietê e também alagamentos das pistas locais, como mostra o registro feito em fevereiro de 2020.

FOTO: JOSEMORAES

FAIXAS DE AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADA (SPI, EM INGLÊS)

FAIXAS	CONDIÇÕES DE UMIDADE	PROB
$SPI \leq -2.33$	Seca Excepcional	1,0%
$-2.33 < SPI \leq -1.65$	Seca Extrema	4,0%
$-1.65 < SPI \leq -1.28$	Seca Severa	5,0%
$-1.28 < SPI \leq -0.94$	Seca Moderada	7,5%
$-0.94 < SPI \leq -0.52$	Seca Branda	12,5%
$-0.52 < SPI < +0.52$	Aproximadamente Normal	40,0%
$+0.52 \leq SPI < +0.94$	Levemente Úmido	12,5%
$+0.94 \leq SPI < +1.28$	Moderadamente Úmido	7,5%
$+1.28 \leq SPI < +1.65$	Consideravelmente Úmido	5,0%
$+1.65 \leq SPI < +2.33$	Extremamente Úmido	4,0%
$SPI \geq +2.33$	Excepcionalmente Úmido	1,0%

FONTE: SSD SABESP

SPI NO SISTEMA CANTAREIRA

-3,07 em out/2014
-1,49 em jul/2020

FONTE: SSD SABESP, MÉDIA MÓVEL DE 12 MESES