

## Ecologia das metrópoles

As grandes cidades constituem territórios profundamente transformados pelo ser humano. Nelas, estabelecem-se novas relações ambientais, muito diferentes daquelas verificadas nos espaços rurais – especialmente nos que sofreram menos impactos. Tais transformações ambientais implicam, artificialmente, uma tentativa de se restabelecer o equilíbrio rompido pelas sociedades – o que não é tarefa fácil. Até porque os impactos são múltiplos e, comumente, estendem-se para além da cidade, afetando, por exemplo:

- **rios** – com a poluição de suas águas, retificação de margens, construção de represas ou obras para contenção de enchentes e abastecimento, canalização de leitos, assoreamento pela deposição excessiva de sedimentos e resíduos;
- **solo** – majoritariamente impermeabilizado pelas edificações, pavimentação e calçamento das ruas;
- **relevo** – a criação de aterros, túneis, galerias resulta em expressivos deslocamentos de terra;
- **cobertura vegetal nativa** – intensamente reduzida com a expansão da malha urbana;
- **lençóis freáticos** – prejudicados pela excessiva perfuração de poços artesianos e pelas alterações no ciclo hidrológico;
- **microclima** – as áreas vizinhas têm modificadas suas temperaturas, a intensidade dos ventos, a umidade relativa do ar, a intensidade de formação de nevoeiros, a composição dos gases situados na baixa atmosfera, entre outros componentes.

A instabilidade ambiental de uma grande metrópole constitui um grave problema, visto que tem impacto na economia local e coloca em risco seus habitantes.

Em 2010, o deslizamento no Morro do Bumba, em Niterói – RJ, foi uma tragédia "anunciada" que custou a vida de muitas pessoas.



Foto: Imagem/Luciano White

## Efeitos associados à poluição atmosférica urbana

### Ilha de calor

Os ambientes urbanos tendem a apresentar, em média, temperaturas máximas e mínimas maiores que as das áreas rurais ou até mesmo que as de seu entorno. Nas cidades de grande porte, essa diferença pode chegar a até 10 °C. Esse fenômeno é conhecido como "ilha de calor", estando, portanto, associado a alterações no microclima urbano. Embora também esteja relacionado a vários outros fatores, um dos principais diz respeito à poluição do ar urbano.

Os poluentes emitidos por meio da combustão dos veículos e da fumaça das chaminés formam uma redoma ou abóbada de poluição sobre a cidade – atingindo maior altitude (em alguns casos, até 300 metros) na porção central e se espalhando por vários quilômetros no entorno. Como você pode verificar por meio da imagem, o ar aquecido na região central, em movimento convectivo, auxilia na dispersão dos poluentes.

Apesar dessa circulação vertical, o conjunto de gases tóxicos sobre a cidade, muitas vezes visíveis a olho nu, funciona como uma espécie de tampa, dificultando a dispersão do calor.

A poluição atmosférica é, ao mesmo tempo, reflexo das transformações do ambiente da metrópole e causadora, por sua vez, de outras modificações ambientais, principalmente as microclimáticas. Nos dias em que a umidade do ar está muito baixa (comum no inverno do Centro-Oeste e de parte do Sudeste do Brasil), aumenta o número de partículas de poeira e gases sobre a cidade. Como consequência, os índices de pessoas acometidas por doenças respiratórias sobem significativamente.

Observe outros fatores, além da poluição atmosférica, que contribuem para a formação da ilha de calor:

- a pequena quantidade de áreas verdes e, em alguns casos, também de grandes lagos, açudes ou rios – por serem estruturas que atuam como importantes reguladores térmicos e atenuam parcialmente a temperatura, a qual se eleva pelo fato de as superfícies das construções e do asfalto absorverem radiação durante o dia e a liberarem na atmosfera à noite;
- a emissão de gases poluentes pelos veículos movidos a gasolina e diesel, por exemplo (bem como pela emissão de calor de tais motores), e pelas chaminés das fábricas faz com que as cidades sejam geradoras de calor. A própria concentração humana contribui, em menor grau, para isso (pelo metabolismo do corpo humano);
- as edificações urbanas também dificultam a circulação do ar, que poderia auxiliar mais na dispersão dos poluentes e na troca de calor com as áreas circundantes mais resfriadas.

Os picos extremos de ilha de calor numa grande metrópole não são, necessariamente, medidos em seu centro histórico ou geométrico. Muitas vezes, eles podem ocorrer nos locais menos arborizados e mais industrializados da cidade.



Fonte: CONTI, José Bueno. *Clima e meio ambiente*. São Paulo: Atual, 1998. p. 43.

Leia o texto a seguir sobre a metrópole de São Paulo.

### Características da capital

O mapa [...] foi produzido a partir de imagens geradas pelo satélite Landsat-7, sendo que a cor vermelha indica as áreas mais quentes e a azul, as mais frias. As zonas em amarelo e verde apresentam temperaturas intermediárias.

#### Ilhas de calor

Regiões densamente edificadas e povoadas, como a que vai do Centro até a Zona Leste, registram as maiores ocorrências de ilhas de calor. Essas áreas se expandem em direção à Zona Oeste, até serem barradas pela brisa marinha que vem do litoral paulista. Ao norte, são limitadas pela Serra da Cantareira.

#### "Oásis" na metrópole

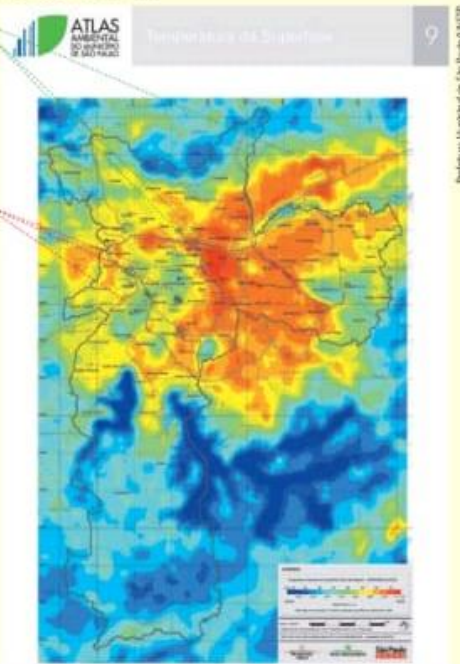
Nos bairros da região dos Jardins, Morumbi, Granja Julieta e Chácara Flora, as temperaturas são mais amenas por causa de uma ocupação residencial horizontal, com predominância de arborização entre as edificações. Essa densa "zona verde", em direção à Zona Oeste, cria microclimas de temperaturas amenas.

#### Canyons urbanos

Na região da Avenida Paulista, há zonas frias provocadas pelas sombras dos edifícios associadas à presença de ventos. Ocorrem, assim, os chamados *canyons* urbanos.

#### Clima especial

A vizinhança da Avenida Luís Carlos Berrini registra um clima especial. Embora densamente verticalizada e próxima de um corredor de tráfego intenso, a Marginal Pinheiros, ela recebe os ventos refrescantes da Chácara Santo Antonio, bairro residencial com grande arborização.



Fonte: JORNAL DA UNESP n. 203, ano XIX, ago. 2005. Disponível em: <<http://www.unesp.br/aci/jornal/203/ilhas.php>>. Acesso em: 9 jan. 2015.

Com base na ilustração, indique:

- a) um local na capital paulista entre os mais afetados pela ilha de calor, justificando sua escolha;

---



---



---

- b) um local onde a ilha de calor paulistana não faça tanto efeito, justificando sua escolha.

---



---



---

## Outras alterações no microclima urbano

Além da elevação da temperatura em decorrência do fenômeno da ilha de calor, as grandes cidades apresentam uma série de outras alterações em suas condições climáticas locais.

### a) Quanto à incidência da radiação solar

Os poluentes atmosféricos que se acumulam sobre as cidades se formam, principalmente, por micropartículas sólidas. Muitas delas são micro-organismos patogênicos, ou seja, que provocam doenças, principalmente respiratórias.

Esse material particulado em suspensão contribui para a incidência do chamado *smog* urbano.

A poluição urbana faz com que as cidades recebam, em média, menor quantidade de radiação solar que as áreas rurais. O material particulado em suspensão no ar absorve parte da radiação e a reflete de volta, diminuindo a parcela que atinge a superfície.

*smog*: espécie de nevoeiro causado pela alta concentração de poluentes (o termo é uma junção das palavras do inglês *smoke* – fumaça e *fog* – neblina). Além de trazer prejuízos à saúde, o *smog* reduz a visibilidade nas áreas densamente urbanizadas. No inverno, o ar mais denso e a menor circulação atmosférica tendem a ampliar esse efeito.



Apesar de a cidade receber menor quantidade de radiação solar, ela geralmente apresenta temperatura mais elevada do que o campo em função do fenômeno da ilha de calor.

• Pessoas usam máscaras em Pequim – China (2014), uma das cidades mais poluídas do mundo. Para a realização dos Jogos Olímpicos em 2008, as nuvens foram bombardeadas a fim de gerar chuva, na tentativa de limpar um pouco o ar da cidade.

### b) Quanto à precipitação

A transferência de água da superfície terrestre para a atmosfera é determinada pela evapotranspiração, a qual agrega o volume evaporado nas superfícies líquidas (que simplesmente mudam de estado físico, do líquido para o gasoso) e o volume transpirado pelos seres vivos (principalmente pelas plantas). Em geral, nos ambientes não oceânicos, a transpiração tende a contribuir mais para a evapotranspiração do que a evaporação, embora haja exceções a essa regra (como no caso dos desertos, onde tanto a transpiração quanto a evaporação são muito baixas).

A evapotranspiração nas grandes metrópoles diminui, porque:

- a pouca presença de áreas verdes reduz expressivamente os índices de transpiração;
- quando ocorrem chuvas, o chão impermeabilizado retém um volume maior de água na superfície, possibilitando o aumento da evaporação – esse incremento, no entanto, não compensa a diminuição da transpiração, que tem mais influência na transferência de vapor-d'água para a atmosfera.

*umidade relativa do ar*: indicador utilizado na Meteorologia que verifica a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e o ponto de saturação naquelas condições físicas (considerando fatores como pressão atmosférica, temperatura e altitude), o qual representa a quantidade máxima que o ar suporta em tais condições, sem que ocorra a precipitação. A baixa umidade relativa do ar é nociva à saúde, por outro lado, quando a umidade está muito elevada, amplia-se a sensação de calor nas pessoas, pois o suor evapora da pele com maior dificuldade.

Apesar de apresentar o ar mais seco e menores índices de **umidade relativa do ar**, o volume de chuvas que cai sobre uma grande cidade em determinados casos acaba sendo até maior do que o das áreas do entorno.

O aumento nos índices de precipitação nas grandes cidades se justifica por fatores, tais como:

- a elevada quantidade de micropartículas de poluentes em suspensão (poeira, fuligem, micro-organismos) que atuam como núcleos de condensação, facilitando a conversão do vapor-d'água presente no ar em gotículas;
- o fato de as cidades constituírem ilhas de calor, favorecendo a ocorrência de choques térmicos, tanto pelo movimento convectivo quanto em relação à circulação dos ventos, o que facilita a condensação.

Outra questão fortemente associada à urbanização é a ocorrência de chuvas ácidas. Elas ocorrem sobretudo em cidades com grande concentração industrial (especialmente as que abrigam polos petroquímicos) ou que se situam próximo de áreas de extração de carvão mineral.

As chuvas ácidas urbanas podem causar doenças nas pessoas que a elas ficam expostas com frequência, provocar a corrosão de edificações, pontes e monumentos históricos, além de destruição da cobertura vegetal existente e acidificação dos lagos.



Foto: Paulo Sérgio de Delfino/Agência Nacional

Chuvas ácidas são precipitações sólidas ou líquidas com compostos químicos de acidez superior ao normal (pois todas as chuvas têm pH ácido). Elas podem ocorrer em virtude de fenômenos naturais (como erupções vulcânicas) ou antrópicos (termoelétricas a carvão e poluição urbano-industrial e evada).

pH (potencial de hidrogênio iônico): indica o grau de acidez ou alcalinidade de uma substância. A escala total varia de 0 a 14. Abaixo de 7, as medidas indicam grau crescente de acidez, e acima, grau crescente de alcalinidade.

■ Belo Horizonte apresenta maiores índices de precipitação anual e mais dias chuvosos que a maioria das cidades menores em seu entorno. Foto de 2013.

### c) Quanto à incidência de ventos e ocorrência de neblina

As edificações urbanas prejudicam a circulação do ar, reduzindo a velocidade dos ventos e das massas de ar, por exemplo. Apesar de os ventos tenderem a encanar entre os edifícios, sua velocidade média, em geral, diminui. Essa característica dificulta a dispersão dos poluentes urbanos e também contribui para a acentuação da ilha de calor.

Formações de nevoeiros e neblina são fenômenos complexos, pois eles podem estar associados a diversas causas. Duas características, no entanto, são muito importantes acerca da neblina:

nevoeiro: camada de nuvens no solo, em que a visibilidade é menor que 1 km. Acima de 1 km, denomina-se neblina.



Geoimages/Al Photo/Algo Data

- é formada por gotículas de água em suspensão, ou seja, houve condensação, porém não houve precipitação;
- pode estar diretamente associada à evaporação das águas superficiais, por isso é comum haver neblina em ambientes como brejos, mangues e lagos.

■ Empinar pipas é mais difícil em meio às edificações urbanas não apenas pela presença de fios de luz: há menos vento. Rio de Janeiro - RJ, 2013.

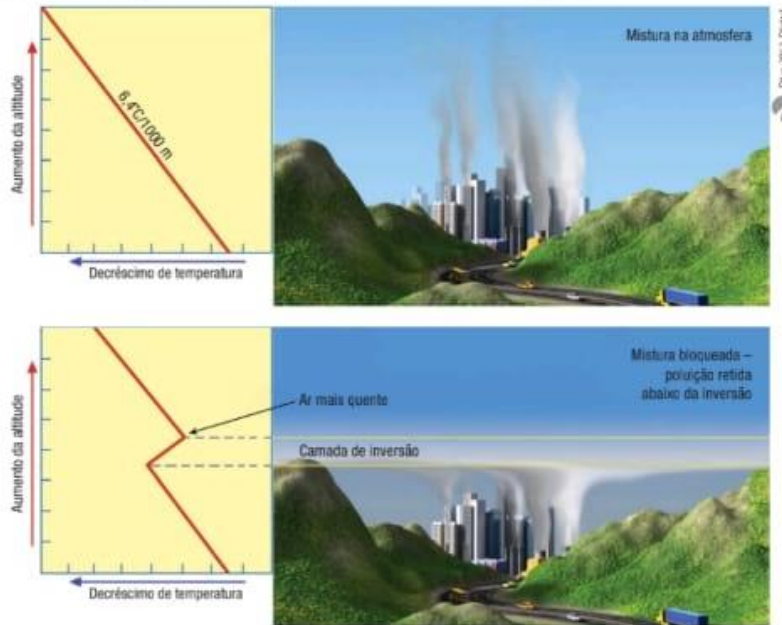
Nas cidades, como já foi estudado, há uma quantidade muito elevada de núcleos de condensação, e o solo impermeabilizado produz o aumento das taxas de evaporação. A consequência disso é que, nos ambientes urbanos, a possibilidade de ocorrência de neblinas é maior.

## Inversões térmicas

A inversão térmica é um fenômeno natural e ocorre quando:

[...] uma massa de ar mais frio se coloca por baixo de uma massa de ar mais quente. Nesse caso, a massa de ar mais frio não pode se elevar nem se dispersar na atmosfera.

Fonte: MOURÃO, Ronaldo Rogério de F. *Vai chover no fim de semana?* São Leopoldo: Unisinos, 2002. p. 42.



Fonte: CHRISTOPHERSON, Robert W. *Geossistemas: uma introdução à Geografia Física*. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 75. Adaptação.

As inversões térmicas são mais comuns:

- em localidades situadas no fundo de vales (com menor circulação de ventos, por exemplo, facilitando o ar estacionário);
- nas latitudes médias (região com mais choques expressivos entre massas frias e quentes);
- no inverno, quando o ar é mais denso e a circulação vertical é menor;
- no início da manhã ou, mais raramente, no fim da tarde (pois nas horas de maior incidência da insolação, o maior aquecimento garante maior dinâmica na circulação vertical do ar, decorrente do movimento convectivo).

As inversões térmicas também podem se dar em ambientes rurais, porém é nas áreas urbanas que causam mais problemas. Enquanto ocorre o fenômeno (que, em casos extremos, pode ter duração de mais de uma hora), a circulação vertical deixa de acontecer e o ar sobre a cidade fica estacionário.

Como a emissão de poluentes urbanos não para, a qualidade do ar rapidamente fica muito comprometida, dificultando a respiração das pessoas mais sensíveis. Conforme as condições e o local, eventualmente chegam a ser registrados até óbitos.

Santiago (Chile) é uma das cidades do mundo com maior incidência de inversões térmicas. A qualidade do ar é monitorada constantemente e a população é treinada para saber como agir quando ocorre o fenômeno. Leia o texto a seguir e responda à questão proposta.

**Santiago do Chile tem estado de emergência devido a poluição**

24 junho 2008

*A cidade de 6,2 milhões de habitantes estava há dois dias em "alerta ambiental"; este é o terceiro alerta do ano*

As autoridades de Santiago do Chile decretaram nesta terça-feira, 24, estado de emergência preventiva, o terceiro alerta desse tipo só este ano, devido aos altos índices de poluição atmosférica, informaram fontes oficiais. A declaração de emergência preventiva foi feita dois dias depois de o Governo de Santiago ter mantido a cidade, de 6,2 milhões de habitantes, em "alerta ambiental". Às 7h da manhã (8h, Brasília), medidores da qualidade do ar mostravam níveis considerados críticos em Cerro Navia, com 396 miligramas de partículas nocivas por metros cúbicos de ar e Pudahuel, com 320. O município de El Bosque, na área sul, marcava 222 miligramas de partículas, nível considerado ruim, enquanto Santiago Centro anotava 151, um índice regular. Nesta terça-feira, 24, foi proibida a circulação de 60% dos veículos sem conversor catalítico e de 20% dos que têm este dispositivo. Também foram paralisadas 847 indústrias e foi recomendado à população "evitar atividades físicas e esportivas exigentes, principalmente nas zonas mais críticas, como são as regiões oeste e sul da cidade". Em comunicado, o governo da cidade pede que "os menores de cinco anos, idosos, mulheres grávidas e portadores de doenças crônicas evitem transitar por lugares de alta circulação". Nesta época do ano, a poluição em Santiago, que fica em um vale rodeado de montanhas, aumenta devido à ausência de ventos que dispersam partículas nocivas e a um fenômeno de inversão térmica (temperaturas mais baixas nas camadas inferiores da atmosfera), que mantém os elementos poluentes próximo ao solo.

SANTIAGO do Chile tem estado de emergência devido a poluição. *Estadão*, 24 jun. 2008. Disponível em: <<http://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,santiago-do-chile-tem-estado-de-emergencia-devido-a-poluicao,195127>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

Por que Santiago é tão propensa à ocorrência de inversões térmicas e em que período do ano estas são mais frequentes no local? Consulte seu atlas para auxiliá-lo.



Foto: G. G. / Contraste

■ Santiago - Chile, 2012

---



---



---



---



---



---



## Atividades

Analise as afirmações e assinale verdadeiro (V) ou falso (F). Quando a afirmação for falsa, sublinhe o que estiver errado e reescreva de modo que fique correto. Siga o exemplo:

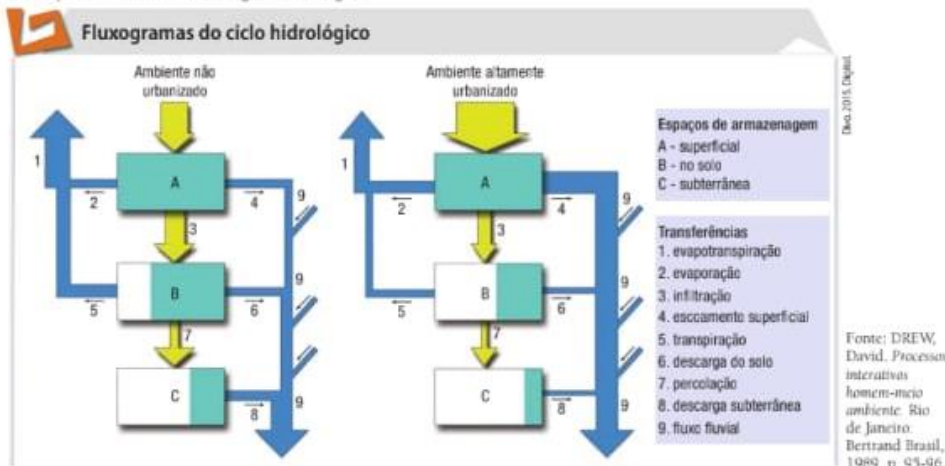
(F) Manaus é uma das cidades sul-americanas com maior incidência de inversões térmicas.

A cidade é Santiago – Chile.

- ( ) Mesmo com o ar mais seco que o das regiões rurais em seu entorno, nas cidades, o volume de precipitações é maior.  
\_\_\_\_\_
- ( ) O principal fator responsável pela ocorrência do fenômeno da ilha de calor é a inversão térmica.  
\_\_\_\_\_
- ( ) Apesar de o vento encanar entre as edificações urbanas, a circulação do ar nas cidades tende a ser menor que no meio rural.  
\_\_\_\_\_
- ( ) A evapotranspiração urbana é maior que o normal, pois o solo impermeabilizado propicia maiores índices de evaporação.  
\_\_\_\_\_

### Mudanças no ciclo hidrológico urbano

A impermeabilização dos solos urbanos, com edificações, asfalto e calçamentos, produz algumas das consequências mais sensíveis das mudanças na ecologia das metrópoles. O ciclo hidrológico é expressivamente alterado, como você pode verificar nos fluxogramas a seguir.



A impermeabilização dos solos urbanos produz uma série de alterações no ciclo hidrológico:

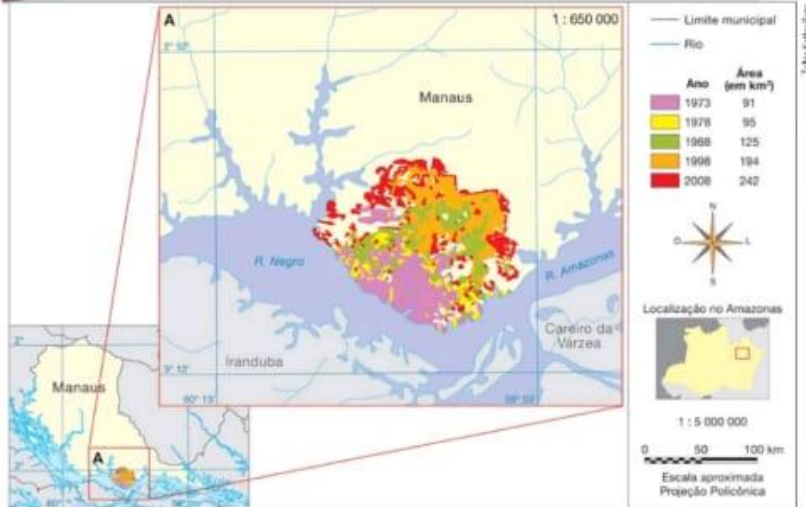
- redução na infiltração, na transpiração, na evapotranspiração e na percolação (processo de infiltração da água por solo ou rocha, em que pode ocorrer o armazenamento subterrâneo em lençóis freáticos e aquíferos);
- aumento no escoamento superficial, na evaporação e no volume do rio;
- o ar recebe menor retorno de vapor-d'água;
- o solo se torna mais seco;
- a recarga para as águas subterrâneas é prejudicada.





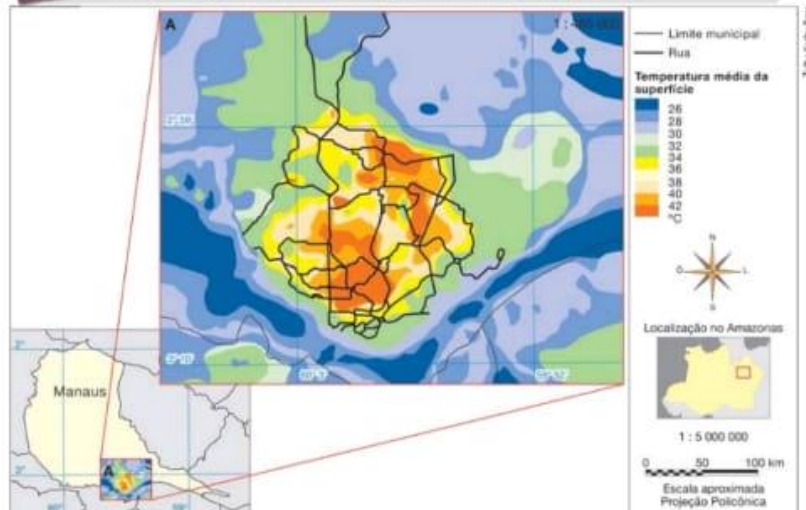
1. As cidades têm uma dinâmica de crescimento e impactos diferentes em cada localidade. Manaus, embora situada na Região Amazônica, apresenta um crescimento urbano que originou a ocorrência de um fenômeno conhecido por ilha de calor. Observe seu padrão de crescimento e o comportamento da temperatura na área urbana nos mapas a seguir.

## EVOLUÇÃO URBANA DE MANAUS



Fonte: ILHA de calor na Amazônia. Revista Fapesp. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/10/11/ilha-de-calor-na-amazonia/>>. Acesso em: 17 ago. 2015. Adaptação.

## TEMPERATURA MÉDIA DA SUPERFÍCIE EM MANAUS – AM (AGO./SET.)



Fonte: ILHA de calor na Amazônia. Revista Fapesp. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/10/11/ilha-de-calor-na-amazonia/>>. Acesso em: 17 ago. 2015. Adaptação.



O que vem a ser o *smog*, em que época geralmente ocorre com maior intensidade e quais os impactos das poluições atmosféricas nos ambientes urbanos?

---

---

---

4. O problema do lixo no Brasil tem raízes profundas no consumo e parece estar longe de uma solução satisfatória, conforme aponta o texto a seguir.

#### **Produção de lixo no país cresce 29% em 11 anos, mostra pesquisa**

A geração de lixo no Brasil aumentou 29% de 2003 a 2014, o equivalente a cinco vezes a taxa de crescimento populacional no período, que foi 6%, de acordo com levantamento divulgado hoje (27) pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe). A quantidade de resíduos com destinação adequada, no entanto, não acompanhou o crescimento da geração de lixo. No ano passado, só 58,4% do total foram direcionados a aterros sanitários.

[...]

AGÊNCIA BRASIL. Disponível em: <<http://agenciabrasil.abc.com.br/geral/noticia/2015-07/producao-de-lixo-no-pais-cresce-29-em-11-anos-mostra-pesquisa-da-abrelpe>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

- a) Cite dois motivos pelos quais as cidades são os ambientes mais afetados pela questão do lixo urbano.

---

---

---

- b) Que dados do texto justificam uma associação da problemática do lixo ao consumismo no Brasil?

---

---

---

- c) O que são aterros sanitários, mencionados no texto? Por que o dado informado configura uma preocupação nacional?

---

---

---

---

---