

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

ANA SARAH LOTFI

Arborização urbana como medida de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE):  
uma proposta para o envolvimento de estudantes em ações de monitoramento

São Carlos

2020

ANA SARAH LOTFI

Arborização urbana como medida de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE):  
uma proposta para o envolvimento de estudantes em ações de monitoramento

Trabalho de Graduação apresentado à Escola  
de Engenharia de São Carlos da Universidade  
de São Paulo para obtenção do título de  
Engenheira Ambiental.

Orientador: Prof. Victor Eduardo Lima Ranieri

São Carlos

2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

L882a Lotfi, Ana Sarah  
Arborização urbana como medida de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE): uma proposta para o envolvimento de estudantes em ações de monitoramento / Ana Sarah Lotfi; orientador Victor Eduardo Lima Ranieri. São Carlos, 2020.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2020.

1. infraestrutura verde. 2. redução do risco de desastres. 3. monitoramento participativo. 4. alfabetização científica. 5. Euroclima. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

# FOLHA DE JULGAMENTO

---

Candidato(a): **Ana Sarah Lotfi**

Data da Defesa: 25/11/2020

Comissão Julgadora:

Resultado:

**Victor Eduardo Lima Ranieri (Orientador(a))**

Aprovada

**Luciana Bongiovanni Martins Schenk**

Aprovada

**Felipe Henrique Martins Moutinho**

Aprovada



**Prof. Dr. Marcelo Zaiat**

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação



## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, pai, irmão e á minha avó Evlen (em memória) por todo apoio e por terem proporcionado esta realização.

Ao meu companheiro Bruno pelo amor e parceria nessa jornada.

Aos amigos e amigas, queridos, que a USP me proporcionou.

À república Trairagem pelas convivências e alegrias.

À Secretaria Acadêmica Pró-Ambiental (SAPA) e ao Centro Acadêmico Armando Sales de Oliveira (CAASO), Grupo de Estudos e Intervenções Socioambientais (GEISA), Levante Popular da Juventude, Núcleo de Apoio a População Ribeirinha da Amazônia (NAPRA) e Cursinho Popular Emancipa pelos infinitos aprendizados na luta por um mundo mais justo.

A todas e todos que cozinham a comida do bandejão, limpam as salas de aula, os banheiros e as bibliotecas, que fizeram a segurança e a manutenção dos prédios didáticos possibilitando os meus estudos. Assim como aos demais funcionários e professores que se dedicaram por uma educação de qualidade e gratuita.

Ao Centro Esportivo de Capoeira Angola pelos ensinamentos ancestrais que me dão resiliência.

À Sandra por proporcionar uma oportunidade profissional tão enriquecedora.

Ao meu orientador Prof. Victor Ranieri pelo apoio e inspiração.

*“Por isso que os nossos velhos dizem: “Você não pode se esquecer de onde você é e nem de onde você veio, porque assim você sabe quem você é e para onde você vai”. Isso não é importante só para a pessoa do indivíduo, é importante para o coletivo.”*

*Ailton Krenak*



## RESUMO

LOTFI, A. S. **Arborização urbana como medida de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE): uma proposta para o envolvimento de estudantes em ações de monitoramento.** 2020. 124 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

Os impactos das mudanças climáticas se fazem presentes e suas previsões não são nada otimistas. Por isso, cada vez mais é afirmada a necessidade da adaptação às mudanças climáticas. O Acordo de Paris reconheceu a importância da ação local e da integração de estratégias de adaptação nos planos locais para alcançar metas globais em adaptação. A Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) é uma dessas estratégias que tem foco nos serviços ecossistêmicos para promover resiliência frente às ameaças climáticas. Este trabalho de graduação tem como objetivo propor uma estrutura de monitoramento para ações em arborização urbana, fundamentada nos princípios da AbE e da ciência cidadã, a fim de responder às exigências do financiador do projeto “Articulando agendas globais localmente”. A medida de AbE em questão, planejada para o município de Foz do Iguaçu, consiste na arborização urbana e está integrada ao Plano Municipal da Mata Atlântica (PMMA). A estrutura de monitoramento proposta é baseada na ciência cidadã, com o envolvimento dos estudantes e de possíveis parceiros, em virtude da importância de se envolver atores locais nesse processo. A concepção da estrutura de monitoramento seguiu 4 passos, sendo o primeiro a construção de um modelo da Teoria da Mudança, no qual foi traçado o caminho causal até o resultado de adaptação pretendido. Foram selecionados 8 indicadores factíveis (5 que medem o processo; 3 os resultados em adaptação, relacionados às 3 principais ameaças climáticas do município), sendo pelo menos 1 indicador para cada via do caminho causal. Foram também definidas as informações de linha de base, o cronograma, os respectivos papéis dos atores envolvidos e protocolos de medição dos indicadores. Procurou-se relacionar as atividades de monitoramento com a Base Nacional Comum Curricular para se adequar aos princípios da ciência cidadã. Esse monitoramento tem potencial de contribuir com a base de evidências sobre a eficácia das medidas de AbE e com a governança municipal, integrando a ação local às agendas globais em adaptação.

Palavras-chave: infraestrutura verde. redução do risco de desastres. monitoramento participativo. alfabetização científica. Euroclima.



## ABSTRACT

LOTFI, A. S. **Urban afforestation as a measure of Ecosystem-based Adaptation (EbA): a proposal for the involvement of students in monitoring actions.** 2020. 124 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

The impacts of climate change are present and their forecasts are far from optimistic. Therefore, the need to adapt to climate change is increasingly being affirmed. The Paris Agreement recognized the importance of local action and integrating adaptation strategies into local plans to achieve global adaptation goals. Ecosystem-based adaptation (EbA) is one of those strategies that focuses on ecosystem services to promote resilience in the face of climate threats. This undergraduate work aims to propose a monitoring structure for actions in urban afforestation, based on the principles of AbE and citizen science, in order to meet the requirements of the project financier “Articulating global agendas locally”. The AbE measure in question, planned for the municipality of Foz do Iguaçu, consists of urban afforestation and is integrated into the Municipal Plan of the Atlantic Forest (PMMA – Brazilian Portuguese acronym). The proposed monitoring structure is based on citizen science, with the involvement of students and possible partners, due to the importance of involving local actors in this process. The design of the monitoring structure followed 4 steps, the first being the construction of a model of the Theory of Change, in which the causal path was traced to the intended adaptation result. Eight feasible indicators were selected (5 that measure the process; 3 the results in adaptation, related to the 3 main climatic threats in the municipality), with at least 1 indicator for each route of the causal path. Baseline information, the schedule, the respective roles of the actors involved and protocols for measuring indicators were also defined. An attempt was made to relate the monitoring activities to the National Common Curricular Base in order to adapt to the principles of citizen science. This monitoring has the potential to contribute on the basis of evidence on the effectiveness of AbE measures and on municipal governance, integrating local action with global agendas on adaptation.

Keywords: green infrastructure. disaster risk reduction. participatory monitoring. scientific literacy. Euroclima.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação entre ameaça, exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa, vulnerabilidade, impacto potencial e risco .....	25
Figura 2 - Caminho causal utilizando o modelo da TdM para intervenção de AbE em arborização urbana .....	66
Figura 3 – Custos e benefícios das árvores em seus ciclos de vida .....	76

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Agendas globais que envolvem adaptação às mudanças climáticas .....	22
Quadro 2 - Ficha Técnica do projeto “Articulando agendas globais localmente” .....	36
Quadro 3 - Parâmetros adotados para a escolha das medidas de AbE .....	38
Quadro 4 - Impactos esperados da mudança do clima da região nos respectivos sistemas de interesse do município de Foz do Iguaçu .....	42
Quadro 5 - Benefícios das infraestruturas verdes e azuis nas zonas urbanas.....	47
Quadro 6 – Etapas do monitoramento e avaliação de intervenções em AbE .....	62
Quadro 7 – Benefícios adaptativos, de mitigação e co-benefícios que a intervenção de AbE, em arborização urbana, se propõe em proporcionar .....	64
Quadro 8 – Indicadores para o monitoramento da medida de AbE.....	68
Quadro 9 - Definições para o monitoramento.....	69
Quadro 10 – Resumo das metodologias de medição dos indicadores.....	74
Quadro 11 – Resumo sobre as demandas e restrições dos indicadores .....	79
Quadro 12 – Informações disponibilizadas no site e modos de apresentação.....	81
Quadro 13 – Habilidades BNCC requeridas para o monitoramento.....	82
Quadro 14 – Habilidades BNCC que o monitoramento pode contribuir de forma direta (D) ou através de atividade didática relacionada (A) .....	83

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	17
2 OBJETIVO.....	20
3 FUNDAMENTAÇÃO DA PROPOSTA.....	20
3.1 Mudanças climáticas.....	20
3.2 Agendas globais e planos nacionais em mudanças climáticas .....	22
3.3 Adaptação às mudanças do clima .....	25
3.4 Adaptação baseada em Ecossistemas .....	28
3.5 Mudanças climáticas na Mata Atlântica .....	31
3.6 Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica .....	33
3.7 Projeto “Articulando agendas globais localmente” .....	35
3.7.1 Programa Euroclima Plus .....	35
3.7.2 O Projeto.....	35
3.7.3 Escolha das medidas de AbE do Projeto .....	38
3.7.4 Metodologia do projeto no Brasil .....	40
3.7.5 Foz do Iguaçu .....	41
3.7.5.1 Medidas de AbE em Foz do Iguaçu.....	44
3.8 Arborização urbana como medida de AbE.....	44
3.9 Monitoramento em AbE .....	52
3.10 Ciência cidadã.....	55
4 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA.....	62
4.1 Monitoramento e avaliação da medida de AbE em arborização urbana .....	62
4.1.1 Etapa 1: Desenvolver uma estrutura de resultados .....	63
4.1.2 Etapa 2: Definir os indicadores e a linha de base .....	67
4.1.3 Etapa 3: Operacionalizar o sistema de monitoramento e avaliação .....	69
4.1.3.1 Metodologias para as medições dos indicadores .....	69
4.1.3.2 Linha de base .....	75
4.1.3.3 Cronograma e responsáveis.....	75
4.1.4 Etapa 4: Usar e comunicar os resultados .....	80
4.2 Monitoramento com utilização da Ciência cidadã .....	82
4.2.1. Exemplos para as atividades didáticas .....	86
4.2.1.1 Metodologias ativas no ensino de ciências para formação de um sujeito ecológico .....	86
4.2.1.2 O que as árvores nos trazem de bom.....	87
4.3 Potenciais parceiros.....	89

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	91
ANEXO 1 - Protocolo de medição e avaliação da saúde das árvores.....	102
ANEXO 2 – Protocolo de medição da capacidade de interceptação de chuva de uma amostra de árvores do projeto.....	108
ANEXO 3 – Protocolo de medição do aumento da velocidade de infiltração básica do solo com árvore em relação ao sem árvore .....	115
ANEXO 4 – Protocolo de medição da diferença de temperatura do ar entre ‘verde e cinza’ .....	120
ANEXO 5 – Espécies arbóreas para o monitoramento de interceptação de chuva	124

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas estão se intensificando e o aumento da temperatura global esperado pode limitar a sobrevivência humana na Terra. O cumprimento das metas de redução de emissão dos gases de efeito estufa (GEE) estabelecidos em acordos internacionais já não se fazem suficientes. Logo, é urgente a necessidade de adaptação às mudanças climáticas (IPCC, 2014).

A adaptação tem sido incorporada nas metas de redução de desastres, conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável. O Acordo de Paris, adotado na 21ª Conferência das Partes (COP21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (UNFCCC) em 2015, determinou o financiamento climático direcionado à adaptação para os países em desenvolvimento, que são os mais vulneráveis. Ainda destacou a importância dos municípios nesse processo, que devem ter estratégias de adaptação incluídas em seus planos territoriais (UNFCCC, 2015), assim como defende o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) do Brasil, que é um resultado do Acordo de Paris (MARGULIS, 2017).

O PNA, em consonância com as agendas globais, traz a estratégia da Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) como uma possibilidade para os municípios (MMA, 2016). Essa estratégia diz respeito à utilização dos serviços ecossistêmicos para gerar benefícios que atribuam maior resiliência ao sistema frente às ameaças das mudanças climáticas, diminuindo sua vulnerabilidade. A AbE ainda contribui para a mitigação, com a captura de carbono, e com possíveis benefícios adicionais em saúde, na melhora da qualidade de vida, diversificação da renda entre outros. Um exemplo de medida que pode ser enquadrada como AbE é a restauração dos manguezais para reduzir inundações e a erosão da costa, diante do aumento do nível do mar (CBD, 2009; UNFCCC, 2011).

Um tipo de plano local que já tem buscado a análise das ameaças climáticas e estratégias em AbE em suas diretrizes são os Planos Municipais de Conservação e Restauração da Mata Atlântica (PMMA) (MMA, 2017).

O projeto “Articulando agendas globais localmente” de financiamento do Euroclima + visa a incorporar a estratégia da AbE nos PMMAs e implementar ações desses PMMAs em quatro municípios piloto no Brasil e no México. Um dos requisitos

feitos pelo financiador para esse projeto é um sistema de monitoramento para as medidas de AbE (EUROCLIMA PLUS, 2019).

Esse tipo de monitoramento enfrenta algumas dificuldades pelo longo horizonte de tempo e pelo fato de seus resultados de adaptação estarem relacionados com a medição dos serviços ecossistêmicos ou ainda dos benefícios socioeconômicos. No primeiro caso isso pode envolver equipamentos sofisticados e necessidade de profissionais, e nos dois casos as mudanças envolvem grandes horizontes de tempo, o que é dificultoso no ponto de vista de gestão e excede os orçamentos e os cronogramas de projetos desse tipo (GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020; McKINNON; HOLE, 2015).

Por isso é relatada uma lacuna em resultados de adaptação da AbE. Os projetos acabam somente medindo os indicadores de processo, como o número de hectares plantados para uma restauração florestal, por exemplo (DONATTI et al., 2020).

Diante desse quadro e procurando contribuir para o alcance dos objetivos do projeto “Articulando agendas globais localmente”, no presente trabalho propõe-se o monitoramento de uma medida de AbE a ser adotada no município de Foz de Iguaçu, estado do Paraná. A medida em questão é a arborização urbana em 25 hectares.

As áreas urbanas são ambientes que, por sua conformação, apresentam muitas características que atribuem a elas maior vulnerabilidade. Em condições normais do clima as cidades já enfrentam problemas como enchentes, deslizamentos, ilhas de calor entre outros (DEMUZERE et al., 2014; ICLEI; PCS, 2016). Isso não é diferente em Foz do Iguaçu, onde ainda é previsto, com as mudanças climáticas, o aumento da ocorrência de ondas de calor, tempestades e eventos de estiagem (FOZ DO IGUAÇU, 2020; IFPR, 2020).

As árvores no ambiente urbano são responsáveis por proporcionar diversos benefícios, desde criar ambiente para a prática de exercícios físicos até contribuir para a diminuição do escoamento superficial, que conseqüentemente diminui o risco de enchentes. Elas proporcionam temperaturas mais amenas e maior umidificação do ar, melhoram a infiltração da água no solo, a qualidade do ar e da água entre outros (BOWLER et al., 2010; DEMUZERE et al., 2014). Dito de outra forma, elas prestam muitos serviços ecossistêmicos e esses atribuem maior resiliência à cidade frente às ameaças climáticas de aumento dos eventos extremos (UNFCCC, 2011).

Como os resultados adaptativos acompanham a dinâmica de crescimento das árvores, a abordagem da AbE envolve um horizonte de longo prazo, o que atribui para o monitoramento a necessidade do envolvimento local (GIZ, 2017a; GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020). Não obstante, a integridade dos dados também é essencial. Por isso a ciência cidadã é uma potencial alternativa para o monitoramento (SILVERTOWN, 2009).

Além disso, a ciência cidadã tem contribuído para alfabetização científica, por meio do contato das pessoas com método científico (BONNEY et al., 2016). Aproximar a ciência do indivíduo não cientista é muito proveitoso nesse período que a ciência tem sido descredibilizada (PETERS; BESLEY, 2019). Ademais, em relação ao tema das mudanças climáticas, os dados científicos ainda são vistos com certo distanciamento. Assim, essa abordagem local com envolvimento cidadão tem aptidão de desmistificar e trazer para o contexto local quais são as ações que funcionam e que podem trazer resiliência e melhor qualidade de vida para as pessoas (GROULX et al., 2017).

Diante disso, espera-se, com este trabalho, contribuir para a elaboração de uma estrutura de monitoramento, de longo prazo, para a arborização, que permita medir os principais resultados de adaptação referentes aos perigos climáticos previstos ou até as já existentes vulnerabilidades do município.

## 2 OBJETIVO

Propor uma estrutura de monitoramento para ações em arborização urbana, fundamentada nos princípios da Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) e da ciência cidadã.

## 3 FUNDAMENTAÇÃO DA PROPOSTA

### 3.1 Mudanças climáticas

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) adota como conceito de mudanças climáticas, a “mudança no clima que é atribuída direta ou indiretamente a atividade humana que altera a composição da atmosfera global e que se soma a variabilidade natural do clima observada ao longo de períodos de tempo comparáveis” (UNFCCC, 1992, p.3).

Da mesma maneira o Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) concluiu que esse aumento de temperatura média global é majoritariamente causado por ações antrópicas (IPCC, 2014). Ações essas que promovem emissão de gases de efeito estufa (GEE), sendo: atividades extrativas, produtivas e de consumo, como exploração de combustíveis fósseis para geração de energia e desmatamento (ICLEI; PCS, 2016).

O aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera está relacionado com o aumento da temperatura do planeta e dos oceanos por meio do efeito estufa. Essa elevação da temperatura acarreta mudanças nos sistemas naturais da Terra e provoca eventos climáticos extremos como tufões, furacões, secas prolongadas e chuvas torrenciais por exemplo. Isso é evidenciado pelos sucessivos relatórios publicados por diversas organizações que monitoram por todo o globo os avanços das mudanças climáticas.

O relatório da Organização Meteorológica Mundial (WMO) sobre o clima global de 2015-2019 relata que esse último período de cinco anos foi o mais quente de qualquer período equivalente já registrado. Foi registrado aumento de 1,1° C na temperatura global desde o período pré-industrial e de 0,2° C comparado com o período de cinco anos anterior (2011-2015), assim como a presença de gases estufa na atmosfera foi quase 20% maior comparado com o mesmo período anterior. Em 2018 os oceanos alcançaram valores recordes de aquecimento, com medição até a

profundidade de 700 metros. É contínuo o declínio na massa de gelo, com a consequente aceleração da elevação níveis do mar, e o acréscimo na concentração gás carbônico (CO<sub>2</sub>) nos oceanos, que ocasiona aumento na sua acidez (WMO, 2019).

Ainda no mesmo período o perigo meteorológico mais mortal foram as ondas de calor (WMO, 2019), essas que, segundo GENTINE et al. (2019), ocorrem geralmente pela combinação de temporadas prolongados de déficit de precipitação e temperaturas extremamente altas que culminaram em recordes de elevadas temperaturas e em incêndios florestais catastróficos como na Austrália e Europa. Em 2019 incêndios florestais na região do Ártico emitiram 27 megatoneladas (10<sup>6</sup> t) de carbono na atmosfera, que foi mais do que o dobro da emissão de anos anteriores. Devido também a falta de precipitação durante dezembro de 2018 a janeiro de 2019, o que seria pico da estação chuvosa, incêndios florestais queimaram extensas áreas de florestas tropicais do sul da Amazônia na Bolívia, Brasil, Peru e norte do Paraguai. Foram registrados mortes de milhões de espécies de fauna e flora e até extinções de algumas delas (BLUNDEN; ARNDT, 2020). Mesmo os incêndios ocasionados por ações antrópicas encontram, por conta das mudanças climáticas, condições favoráveis para se intensificar e se espalhar (NASA, 2019).

A partir da maior ocorrência de eventos extremos (ondas de calor e tempestades), mudanças na disponibilidade de água (seca), escassez de recursos naturais, elevação do nível do mar e entre outros, as mudanças climáticas contribuem para o deslocamento de populações. Criando os chamados migrantes climáticos (IOM, 2015).

No Brasil, segundo o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) em seu primeiro relatório (PBMC, 2013), alguns possíveis impactos das mudanças climáticas estão relacionados com à diminuição das chuvas em grande parte do centro-norte-nordeste e aumento da probabilidade de ocorrência de eventos extremos de secas e estiagens prolongadas nos biomas da Amazônia, Cerrado e Caatinga. Destaca-se que os efeitos da mudança climática somados aos fatores antrópicos poderão causar a savanização da Amazônia e um processo de desertificação da caatinga. Esses fenômenos podem causar a extinção de habitats e espécies, queda na produtividade agrícola de algumas culturas, deslocamento desses cultivos para outras regiões e maior incidência de pragas. As mudanças no mapa agrícola e a

inclusão de novas pragas colocam em risco a segurança alimentar e nutricional, bem como as receitas de exportação dos produtos agrícolas do país (PEITER et al. 2011).

Os cientistas estimam que para garantir as condições de vida, como as de hoje, o limite tolerável de aumento da temperatura média global seja de 2°C, acima dos níveis pré-industriais. Um aumento maior traria eventos climáticos tão extremos que mudariam a dinâmica da vida no planeta de maneira que tornaria a sobrevivência da humanidade muito mais difícil (IPCC, 2014). Para conter o avanço destes impactos foram estabelecidas metas globais de redução de emissões de GEE, como o acordo de Paris que tem objetivo limitar o aumento da temperatura global, neste século, até 2°C e ainda buscar formas de o aumento ser de somente de 1,5°C (MMA, [s.d.]). Porém mesmo com uma diminuição drástica das emissões a curto prazo os impactos das mudanças climáticas ainda seriam sentidos até 2100. Por isso, atrelado às medidas de mitigação se faz necessário também medidas de adaptação às mudanças climáticas (IPCC, 2014).

### 3.2 Agendas globais e planos nacionais em mudanças climáticas

Em resposta às mudanças climáticas são adotadas agendas globais relacionadas à adaptação, essas agendas abrangem alguns temas como: o desenvolvimento sustentável, a redução dos riscos de desastres e a conservação da biodiversidade. As principais agendas que envolvem adaptação às mudanças climáticas são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Agendas globais que envolvem adaptação às mudanças climáticas

Agendas Globais	Descrição
Agenda 2030 ONU para o Desenvolvimento Sustentável	Documento final da Conferência das Nações Unidas Rio +20 vigente desde 2016, apresenta os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) que visam acabar com a pobreza até 2030, promover prosperidade econômica, desenvolvimento social e proteção ambiental. Dentre os objetivos está o objetivo “13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos” que está relacionado a ação climática por meio também de ações que reforcem a resiliência e a capacidade de adaptação frente às mudanças do clima, da integração de medidas relacionadas às mudanças climáticas nas políticas nacionais e na cooperação internacional (ONU-Brasil, 2015).
Acordo de Paris	Acordo adotado na 21ª Conferência das Partes (COP 21), da UNFCCC, no ano de 2015, em

Agendas Globais	Descrição
	Paris, com objetivo de adotar medidas globais de resposta à ameaça da mudança climática reforçando a capacidades dos países de agir nos impactos decorrentes das mudanças. Com compromisso de restringir o aquecimento global por meio de reduções nas emissões de GEE. E o acordo reconhece a importância dos governos subnacionais e locais nesse processo e da integração da ação climática nas políticas públicas locais. Para o alcance dos objetivos, os governos nacionais foram convidados a apresentarem na COP 21 suas “pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas” (iNDCs – sigla em inglês). Quanto ao financiamento climático o acordo determinou que países desenvolvidos deverão investir 100 bilhões de dólares por ano, até 2020, em medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas em países em desenvolvimento (UNFCCC, 2015).
Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015- 2030	Marco adotado na 3ª Conferência Mundial das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres (UNDRR), em Sendai (Japão), com objetivo de reduzir as mortes, a destruição e os deslocamentos causados por desastres naturais. A partir de metas para até 2030, relacionadas à diminuição da mortalidade global em desastres, do número de pessoas afetadas e das perdas em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) global entre outras. O marco trata as mudanças climáticas como um dos fatores que geram risco de desastres, conversando também com as metas da UNFCCC (UNDRRR, 2015).
Metas de Aichi 2011-2020	As Metas de Aichi são a base da implementação da Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD – sigla em inglês), sendo 20 metas agrupadas em 5 objetivos que são relacionadas com a conservação da biodiversidade. Duas das metas estão relacionadas com as mudanças climáticas, a meta 10, que diz respeito ao compromisso de minimizar as pressões antropogênicas sobre ecossistemas vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas e a meta 15 que é relacionada ao fortalecimento da resiliência dos ecossistemas e a contribuição da biodiversidade para a mitigação e adaptação à mudança do clima (CBD, 2011).

Fonte: Elaboração própria

As iNDCs foram documentos nos quais os países comunicaram na COP 21 como contribuiriam para reduzir suas emissões de GEE e se adaptar às mudanças

climáticas. No quesito adaptação, a INDC brasileira comunicou a elaboração do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA).

O PNA, instituído pela Portaria MMA nº 150, de 10 de maio de 2016, é amparado pela Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, que visa, entre seus objetivos, à implementação de medidas para promover a adaptação à mudança do clima pelas 3 esferas da Federação. O PNA também está em consonância com outros instrumentos da PNMC que são o Plano Nacional sobre Mudança do Clima e os planos setoriais de mitigação e adaptação (MMA, 2016). Alguns estados e municípios já apresentam seus respectivos planos de adaptação às mudanças climáticas, como Minas Gerais, Pernambuco e a cidade do Rio de Janeiro (MARGULIS, 2017).

O PNA se destina a orientar iniciativas para a gestão e diminuição do risco climático no longo prazo por meio de estratégias e metas divididas entre setores e temas, como por exemplo: cidades, biodiversidade e ecossistemas, gestão de risco de desastres etc. Esse plano adota estratégias para a promoção e integração da metodologia da Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) como um dos seus princípios orientadores. A qual é definida como “a gestão, conservação e recuperação de ecossistemas, com o intuito de fornecer serviços ecossistêmicos que possibilitem à sociedade se adaptar aos impactos da mudança do clima” (MMA, 2016).

Dos planos setoriais inseridos na PNMC, dois planos citam ações em AbE: o Plano Setorial de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima na Mineração (Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono - Plano MBC) e o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono - Plano ABC). Nesses, as ações em AbE citadas são, por exemplo: o plantio de culturas resistentes à seca e recuperação de pastagens (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2015). No âmbito regional alguns Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica já têm apresentado estratégias e ações planejadas em AbE para atuar nas vulnerabilidades identificadas nos municípios (SOS MATA ATLÂNTICA; GAMBÁ; ECONAMFI, 2018).

As ações que podem ser enquadradas como AbE são ainda amparadas por todas as agendas citadas no Quadro 1 por contemplarem medidas relacionadas ao aumento da resiliência dos ecossistemas para a adaptação aos impactos climáticos

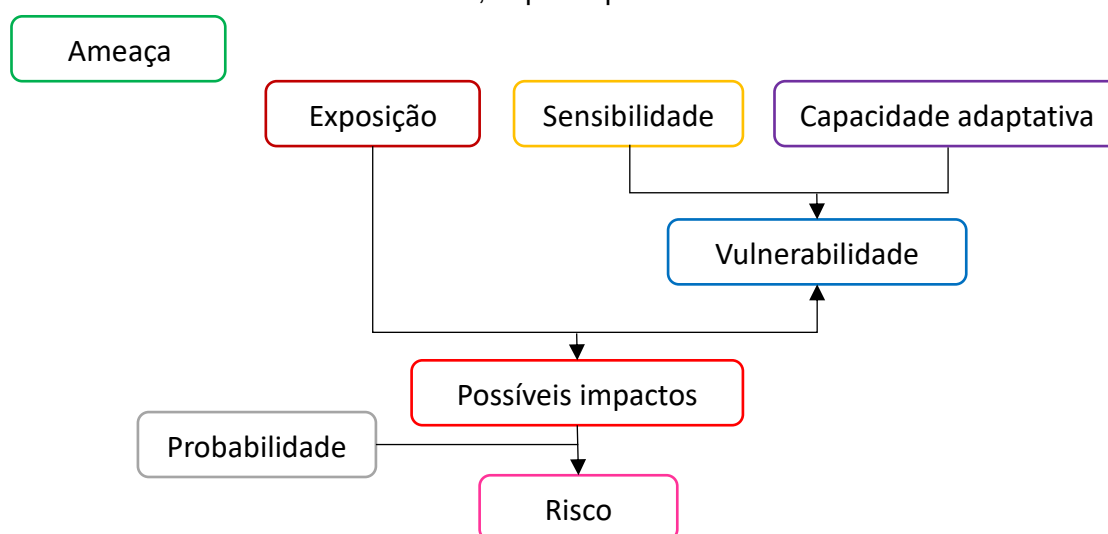
(SCARANO et al., 2018). A abordagem da AbE é reconhecida por contribuir com as metas da UNFCCC e da Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD) (CHONG, 2014). Além da AbE ser uma abordagem discutida no âmbito das mudanças climáticas também aborda a redução do risco de desastres (DOSWALD et al., 2014).

### 3.3 Adaptação às mudanças do clima

Para a UNFCCC a adaptação às mudanças climáticas são ajustes nos sistemas ecológicos, sociais ou econômicos no sentido de diminuir os danos ou aproveitar as oportunidades relacionadas aos efeitos ou impactos, atuais ou futuros, das mudanças climáticas (UNFCCC, [s.d.]). O IPCC (2014, p. 5) define adaptação como “o processo de ajuste de sistemas humanos e naturais ao clima atual ou esperado e a seus efeitos”. Estes ajustes devem incidir no sentido de reduzir o risco, a partir da redução da vulnerabilidade e, possivelmente, da exposição dos sistemas às variações do clima. No Brasil, esta é a mesma definição de adaptação adotada pela Política Nacional sobre Mudança do Clima (MMA, 2016).

Para entender os conceitos de risco, vulnerabilidade e exposição, de acordo com o IPCC (2014) em seu quinto relatório (AR5), é necessário também entender os conceitos de ameaça, sensibilidade, capacidade adaptativa e impactos potenciais. Essas relações são ilustradas pela Figura 1.

Figura 1 - Relação entre ameaça, exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa, vulnerabilidade, impacto potencial e risco



Fonte: MMA (2018a)

Segundo o IPCC (2014), “ameaça” seria a potencial ocorrência de um evento ou uma tendência climática, que pode causar perdas e danos. A “exposição” seria a

presença de pessoas, bens ecológicos, econômicos e sociais que podem ser afetados adversamente. A “sensibilidade” seria o grau que um sistema pode ser afetado pelas mudanças climáticas, sendo de forma positiva ou negativa. Por fim, a “capacidade adaptativa” seria quanto o indivíduo ou sistema é capaz de se ajustar aos possíveis danos, aproveitar as oportunidades ou responder às consequências das mudanças climáticas. Assim a “vulnerabilidade” seria determinada pela relação entre a “sensibilidade” e a “capacidade adaptativa” frente a uma “ameaça” a que o sistema ou indivíduo está exposto, logo a “vulnerabilidade” é a propensão ou predisposição do sistema ser afetado negativamente pelas mudanças no clima. Nesse contexto os impactos potenciais correspondem às consequências causadas pela ameaça, caso ela seja concretizada, levando em consideração a “exposição” e a “vulnerabilidade”. Enquanto “risco” se caracteriza pela probabilidade de manifestação de uma “ameaça” de impacto potencial, à qual o sistema está exposto e vulnerável.

O risco climático geralmente ainda se soma a outras questões críticas relacionadas aos sistemas humanos (pobreza, acesso desigual à recursos, inequidade de gênero) e aos sistemas naturais (paisagem fragmentada, solo degradado, falta de vegetação costeira). Essas questões tornam certos grupos sociais e sistemas naturais mais vulneráveis que outros, fazendo a adaptação nesses casos ainda mais imprescindível. Por isso no Acordo de Paris, o foco prioritário para ações de adaptação são os países em desenvolvimento por serem mais vulneráveis às mudanças climáticas (MMA, 2018a).

Por isso para a concepção de projetos de adaptação é necessário a avaliação da vulnerabilidade assim como as inter-relações entre os fatores sociais, econômicos e ambientais que levam ao aumento da vulnerabilidade, para compreender onde se darão os impactos das mudanças climáticas e quais grupos ou sistemas estarão mais suscetíveis (FUNDAÇÃO GRUPO Boticário, 2015).

Os impactos das mudanças climáticas se propagam em efeito “cascata”, que em certo ponto atingem as populações humanas e seus modos de vida; essa sucessão é chamada de cadeia de impactos. Os impactos podem ser classificados como biofísicos (p. e.: aumento de incêndios florestais, mudanças na produtividade de sistemas naturais etc.) ou socioeconômicos, quando atingem os sistemas humanos (p. e.: insegurança alimentar, danos a estruturas, migração etc.). Os impactos são antecidos por sinais climáticos (p. e.: mudança nos padrões de temperatura e

precipitação, aumento do nível do mar etc.) e pelos efeitos climáticos, causados pelos sinais climáticos (p. e.: derretimento de geleiras, aumento de ocorrência de eventos climáticos extremos etc.). Os efeitos climáticos podem ser percebidos de maneira direta, por exemplo pelo derretimento de geleiras ocasionado pelo aumento da temperatura e suas causas de maneira indireta, como por exemplo a migração de populações, em territórios costeiros, pelo aumento do nível do mar ocasionado pelo derretimento das geleiras (MMA, 2018a).

Existem também impactos climáticos que podem ser considerados positivos na perspectiva humana, como por exemplo quando os novos padrões climáticos favorecem certos tipos de cultivo; porém em escala global os impactos negativos são muito mais recorrentes do que os positivos (IPCC, 2014). Medidas de adaptação podem ser relativas a impactos já existentes ou serem planejadas de maneira a se prepararem para impactos futuros (MMA, 2018a).

A adaptação quando se propõe a diminuir a vulnerabilidade, com intuito de evitar os impactos potenciais, pode atuar na redução da sensibilidade ou no aumento da capacidade adaptativa. No caso de combater o risco de inundações, por exemplo, a restauração das matas ciliares pode ser feita para reduzir a sensibilidade e a disseminação de conhecimento sobre edifícios resistentes à inundações para aumentar a capacidade adaptativa. Para o mesmo propósito, ainda de reduzir a vulnerabilidade, a medida de adaptação pode focar na redução da exposição realocando populações que vivem em locais propensos à seca, por exemplo. No entanto esse tipo de medidas são consideradas muitas vezes inviáveis e politicamente sensíveis. Por isso é recomendado evitar essa abordagem e focar as ações de adaptação na diminuição da sensibilidade e/ ou no aumento da capacidade adaptativa (GIZ; EURAC; UNU-EHS, 2018). Essas medidas contribuem para o aumento da resiliência do sistema. Resiliência essa que, segundo IPCC (2014), diz respeito à capacidade do sistema de lidar com adversidades, respondendo ou reorganizando-se de forma a manter suas funções, estruturas essenciais e capacidade de adaptação.

A adaptação está geralmente relacionada com o desenvolvimento sustentável, promoção de segurança alimentar e hídrica, redução de riscos de desastres, melhores condições de saúde humana e dos ecossistemas, bem como a redução da pobreza e desigualdade. Porém esses benefícios da adaptação não são

garantidos, visto que projetos de adaptação planejados ou implementados de forma inadequada podem causar o efeito inverso do esperado (IPCC, 2019).

As medidas de adaptação são muito abrangentes, podendo ser divididas nas seguintes categorias: institucional, social e estrutura física. Cada categoria é subdividida em mais três ou quatro abordagens. Na institucional, a partir da abordagem de leis e regulamentos, uma possível ação em adaptação pode ser a elaboração de legislação para apoiar a redução de riscos de desastres, por exemplo. Na categoria social pode-se citar abordagens voltadas à educação ou à extensão rural. Já na categoria estrutura física, tendo a engenharia e áreas construídas como abordagem, uma ação possível seria a construção de paredes marítimas e estruturas de proteção costeiras, por exemplo (WWF, 2017).

Ainda na categoria “estrutura física” temos a abordagem da Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE), a qual propõe medidas como restauração ecológica que podem diminuir a sensibilidade dos sistemas por meio da restauração dos serviços ecossistêmicos (MMA, 2018a).

### 3.4 Adaptação baseada em Ecossistemas

A Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) se insere dentro do conceito das Soluções baseadas na Natureza (SbN), no que se refere à adaptação às mudanças climáticas (IUCN, 2014). Segundo a Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD – sigla em inglês) (2009, p. 10) a definição de AbE é:

O uso da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos em uma estratégia geral de adaptação. Que inclui a gestão sustentável, conservação e restauração dos ecossistemas para fornecer serviços que ajudam as pessoas a se adaptarem aos efeitos adversos das mudanças climáticas (CBD, 2009, p. 10).

Os serviços ecossistêmicos promovem diversos benefícios às pessoas e eles são divididos em: serviços de provisão, que englobam os produtos obtidos a partir dos ecossistemas (alimentos, água, energia, madeira, fibra etc.); serviços de regulação, que regulam os processos ecossistêmicos (como o clima, inundações, doenças, pragas, qualidade da água e a polinização); serviços culturais, que fornecem benefícios não materiais (como recreação, estética e espirituais); e serviços de suporte, que estão relacionados com a manutenção de todos os outros serviços (como a fotossíntese, formação do solo, ciclagem de nutrientes, produção de biomassa e provimento de habitat) (MEA, 2005; MMA, 2018a).

Segundo a Avaliação dos Ecossistemas do Milênio (MEA – sigla em inglês) (2005) os serviços ecossistêmicos se relacionam, sob diferentes graus de influência, com os aspectos do bem-estar humano. Esses aspectos incluem o aspecto material básico: nutrição, vestimentas e abrigo; o aspecto da saúde, por meio de ar limpo, água potável e condições climáticas propícias; o aspecto da segurança, como por exemplo pelo acesso seguro aos recursos naturais e proteção contra desastres; o aspecto das relações sociais, por meio da coesão social a partir de condições propícias para evitar conflitos; e por fim a liberdade de escolha e ação, que tem a ver com a oportunidade do indivíduo fazer e ser o que valoriza. Este último aspecto depende do bom funcionamento dos outros aspectos do bem-estar humano.

Fatores que interferem nas condições de vida e bem-estar humano representam dimensões de vulnerabilidade à mudança do clima; com isso os serviços ecossistêmicos podem contribuir diretamente nos processos de adaptação à mudança do clima diminuindo significativamente essas vulnerabilidades. Analisando mais a fundo, temos que a redução da vulnerabilidade dos sistemas naturais (ecossistemas) dependem mais fortemente dos serviços de regulação e suporte; enquanto os sistemas humanos (sociedade) dependem mais dos serviços de provisão e culturais. Os serviços ecossistêmicos estão diretamente relacionados à integridade e a funcionalidade dos ecossistemas que os proveem e vice-versa. Assim como a biodiversidade e o ecossistema tem uma forte relação de interdependência (MMA, 2018a).

Logo, é a partir desta lógica que a AbE propõe reduzir a vulnerabilidade das pessoas, gerada por uma ampla gama de estresses climáticos e não climáticos, por meio da promoção de resiliência para os ecossistemas e conseqüentemente para os sistemas humanos (FEBA, 2019; UNFCCC, 2011).

A apostila do curso “Integração da Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) no planejamento do desenvolvimento” (MMA, 2018a) propõe algumas etapas para a aplicação da abordagem, começando pela chamada “aplicação da Lente Climática” que consiste em um processo que analisa planos, programas e políticas que indiquem riscos associados às mudanças climáticas. Em seguida é feita a análise de vulnerabilidade, impacto e risco identificando as necessidades para as medidas de AbE e assim, determinar quais medidas de AbE serão mais adequadas para a redução do risco. A última etapa consiste nos processos monitoramento e a avaliação.

A AbE se dá no âmbito da restauração, conservação e gestão sustentável dos recursos naturais, podendo ser implementada no nível do ecossistema ou de paisagens, como por exemplo na gestão de bacias ou de zonas costeiras. Estas são práticas já desenvolvidas pelos setores de conservação e desenvolvimento sustentável, porém a AbE se propõe em incidir nos riscos climáticos e articular aspectos socioeconômicos (FEBA, 2019). Algumas iniciativas apresentam estreita relação com a abordagem da AbE, mas não apresentam essa denominação, até por este se tratar de um conceito novo (FGB; ICLEI, 2015; SCARANO, 2017).

Alguns exemplos de medidas de AbE são: a restauração de manguezais e outras áreas úmidas para proteger áreas costeiras, redução de inundações e erosão da costa; gestão sustentável das matas ciliares para manutenção do fluxo e da qualidade da água; conservação e restauração de matas em áreas de declives para regular o escoamento superficial; estabelecimento de sistemas agroflorestais para promover maior resiliência dos agroecossistemas; utilização de espécies agrícolas mais resistentes às condições esperadas pela mudança climática (CBD, 2009; UNFCCC, 2011); gestão da pesca; corredores ecológicos; telhados verdes dentre muitos outros (WWF, 2017). Portanto no âmbito da adaptação a AbE pode ser considerada “infraestrutura verde” (FEBA, 2019).

Segundo levantamento de iniciativas em AbE “Abordagem baseada em ecossistemas para adaptação: compilação de informações” (UNFCCC, 2011), essa abordagem se mostrou eficaz frente às previsões de mudanças climáticas em contribuir na gestão sustentável da água, subsistência e segurança alimentar, redução do risco de desastres e conservação da biodiversidade.

Essa abordagem traz a possibilidade de gerar múltiplos co-benefícios econômicos, sociais, ambientais e culturais. Além disso, ela contribui para a mitigação das mudanças climáticas à medida que contribui com a captura e/ou conservação de estoques de carbono (em florestas, na biomassa, no solo etc.) (UNFCCC, 2011). Um bom exemplo de medida de AbE, seria a implementação de Agroflorestas, pois elas contribuem com a geração de biomassa e consequente sequestro de carbono da atmosfera (mitigação), com a melhoria do estado dos nutrientes no solo e com a retenção de umidade. Dessa forma podendo reduzir a vulnerabilidade do agricultor nas estações de seca (função adaptativa e benefícios ambientais) e contribuindo com a produção de alimentos, madeira e outros produtos florestais que geram renda e

diversificação da renda (benefícios socioeconômicos e culturais) (VERCHOT et al., 2007). A AbE também pode trazer co-benefícios culturais, por exemplo, à medida que construída em conjunto com as comunidades locais, tendo potencial de agregar o conhecimento tradicional (CHONG, 2014).

Segundo Huq et al. (2013) em artigo que propõe uma revisão do estado da arte em AbE, os autores destacam a importância da participação das pessoas nos processos que a AbE envolve para que se viabilize uma adaptação sustentável no médio e longo prazo.

Além do mais, as medidas de AbE apresentam diversas vantagens quando comparadas a outras estratégias que se propõem a cumprir as mesmas funções, como por exemplo as “infraestruturas cinzas”, que podem envolver a construção de diques, barragens e estruturas de estabilização de rios. Dentre as vantagens da AbE podemos citar a maior acessibilidade econômica para populações vulneráveis e ainda co-benefícios associados (FEBA, 2019; FGB; ICLEI, 2015).

Em FGB e ICLEI (2015) foram compilados estudos que apresentaram a análise de custo-benefício das medidas de AbE e todos indicaram bom custo-benefício. Um exemplo foi a restauração de zonas úmidas em um trecho do rio Danúbio na Bulgária, cujo o custo dos danos causados pelas enchentes em 2005 tinha sido contabilizado em US\$ 396 milhões, o custo do projeto foi US\$299 milhões, logo o benefício da intervenção foi estimado em US\$ 120 milhões por ano e ainda houve benefícios adicionais de recuperação do ecossistema e melhoria das condições sanitárias.

A AbE pode ser aplicada em diversas escalas e é de suma importância que ela integre estratégias amplas de adaptação, que variem desde o planejamento local até o âmbito nacional. Assim, se faz necessário a incorporação da AbE nas políticas e planos existentes (FEBA, 2019; UNFCCC, 2011), também para o cumprimento das agendas globais e metas nacionais (ver item 3.2.).

### 3.5 Mudanças climáticas na Mata Atlântica

A Mata Atlântica se estende por 17 estados brasileiros, no entanto somente 11,7% da área original da floresta ainda resta. Porém ainda assim ela beneficia a vida de mais da metade da população (67%) que vive em seu domínio, a partir de seus serviços ecossistêmicos (LANGE et al., 2014). Nela estão os maiores centros urbanos e socioeconômicos, abrangendo 56% das áreas urbanas (SOS MATA ATLÂNTICA,

2018) do país e é onde cerca de 80% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional é gerado (SCHLOENVOIGT et al., 2018).

O histórico de ocupação da Mata Atlântica é caracterizado por grande degradação ambiental, por isso a maioria de seus remanescentes (80%) se apresenta em fragmentos espalhados com menos de 50 hectares. Dentre todos os biomas, este foi o que mais sofreu exploração no período colonial, e sua degradação seguiu ao longo de diversos ciclos econômicos (cana-de-açúcar, café, ouro etc.) e depois pela expansão industrial e pela urbanização, a partir da metade do século XX (LANGE et al., 2014).

Por conta da pressão antrópica que esse bioma é submetido e pela sua riqueza de biodiversidade endêmica a Mata Atlântica é considerada um dos 40 hotspots de biodiversidade terrestre no planeta (MYERS et al., 2000). O bioma é também reconhecido como um grande sumidouro de carbono em escala global (SCHLOENVOIGT et al., 2018).

No contexto das mudanças climáticas o domínio da Mata Atlântica já sofre impactos. Tendo um cenário de ocupação irregular e desordenada das encostas e áreas próximas aos corpos hídricos deixando-as desprovidas de vegetação e mais suscetíveis a desastres, a ocorrência de eventos extremos climáticos tem culminado em perdas de vidas e danos socioeconômicos consideráveis (SCHLOENVOIGT et al., 2018; LANGE et al., 2014). Além do mais, a alta fragmentação dos remanescentes é outro fator de vulnerabilidade que aumenta a ameaça das mudanças climáticas na Mata Atlântica (SCHLOENVOIGT et al., 2018).

As projeções quanto às mudanças climáticas no bioma Mata Atlântica para o período de 2011-2040 são de aumento de temperatura entre 1 e 4°C no cenário de emissões 8.5 (considerado como a base para os piores cenários) do IPCC (AR5). Além disso as projeções ainda indicam a redução da precipitação entre 3 a 0 mm, uma possível ocorrência de extensão da estação de seca, novos furacões na região sul do país, eventos extremos de chuva, aumento do nível do mar e maior incidência de epidemias de dengue e malária (MMA, 2016). Também é previsto efeitos de ondas de calor e aumento dos riscos de inundações, enxurradas e deslizamentos de terra (PBMC, 2013).

Já o aumento da temperatura média pode chegar até 8° C em 2100 e a precipitação diminuir 22% para a região nordeste e aumentar 25% no sudeste

(SCHLOENVOIGT et al., 2018). Mesmo com aumentos de precipitação, ainda assim existe o grave risco de escassez de água pelo aumento também da temperatura, que por sua vez causa acréscimo na evapotranspiração da vegetação (MMA, 2016). A elevação do nível do mar é prevista para até 1 metro ao final do século, causando risco de enchentes em centros urbanos na zona costeira (SCHLOENVOIGT et al., 2018).

Para responder à essa ameaça à biodiversidade e ao fornecimento dos serviços ecossistêmicos, é importante uma gestão integrada da conservação e recuperação da vegetação nativa, incorporando à ela fatores climáticos (SCHLOENVOIGT et al., 2018). Algumas medidas indicadas pelo PNA (MMA, 2016) para melhorar a capacidade adaptativa dos grupos mais sensíveis no bioma são: planejamento urbano incorporando risco climático, prevenção do desmatamento de encostas e beiras de rio; uso sustentável da florestas para proteção dos mananciais e de escoamento superficial excessivo; esgotamento sanitário; restringir construções nas zonas costeiras para a preservação de dunas, manguezais e restinga; fomentar estratégias áreas urbanas mais sustentáveis, identificar alternativas de adaptação para populações rurais que sofrem com eventos extremos de ventos e criar sistemas de alerta e monitoramento. A implementação dessas medidas deve ser por meio de políticas públicas.

Em relatório do MMA que traz informações técnicas sobre impactos da mudança do clima na Mata Atlântica é recomendado aos tomadores de decisão fazer planejamentos que considerem medidas de adaptação principalmente nos níveis municipais e locais. Essas que incorporem as previsões sobre a variação climática e seus impactos nas políticas públicas, planejamentos e no ordenamento territorial. Além disso a abordagem da AbE é também recomendada como uma medida de “baixo arrependimento” por apresentar múltiplos benefícios (MMA, 2018b).

### 3.6 Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica

A Mata Atlântica apresenta legislação específica para sua proteção: a Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006), também conhecida como a Lei da Mata Atlântica, ela regula o uso e a proteção dos fragmentos de vegetação nativa, além de criar meios para a regeneração da mata em locais já desmatados.

Os Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMAs) são um instrumento introduzido pela Lei no art. 38:

Serão beneficiados com recursos do Fundo de Restauração do Bioma Mata Atlântica os projetos que envolvam conservação de remanescentes de vegetação nativa, pesquisa científica ou áreas a serem restauradas, implementados em Municípios que possuam plano municipal de conservação e recuperação da Mata Atlântica, devidamente aprovado pelo Conselho Municipal de Meio Ambiente.

Logo, os municípios totalmente ou parcialmente inseridos no Bioma são atores-chave para conservação da Mata Atlântica, os quais com a elaboração do PMMA podem inserir em seu planejamento territorial municipal as áreas e ações prioritárias levantadas pelo Plano com o intuito de conservação e recuperação da vegetação nativa (DUTRA, 2013).

Como sugere o “Roteiro para a Elaboração e Implementação dos Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica” (MMA, 2017), é importante que o PMMA dialogue e tenha coesão em suas ações com os outros planos municipais (Plano Diretor, Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Plano Municipal de Saneamento Básico etc.) e regionais (planos de bacias hidrográficas, planos de manejo de UCs e etc.), podendo se beneficiar de informações já levantadas por estes outros planos. Também é importante que o PMMA reflita as metas e as estratégias de desenvolvimento e de conservação ambiental do município.

Os PMMAs devem se articular também com leis e políticas estaduais e federais, como o PNA. Nesse sentido o Roteiro (MMA, 2017) também sugere, para contribuir com estes planos nacionais e com as metas globais de mitigação das mudanças do clima, a inclusão da análise de vulnerabilidade às mudanças do clima no município e de ações voltadas à adaptação à essas mudanças, tendo como base para a definição das ações a Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE).

Existem pelo menos nove PMMAs que apresentam a abordagem da AbE, nesta nomenclatura, fornecendo informações sobre a vulnerabilidades e projeções relacionadas às mudanças do clima nos municípios (SOS MATA ATLÂNTICA; GAMBÁ; ECONAMFI, 2018).

### 3.7 Projeto “Articulando agendas globais localmente”

#### 3.7.1 Programa Euroclima Plus

O Projeto “Articulando agendas globais localmente: adaptação baseada em ecossistemas como catalisador de ações municipais para alcançar objetivos globais” de ações municipais no México e no Brasil, faz parte do Programa Euroclima Plus (Euroclima +) e é proposto pela área temática Florestas, Biodiversidade e Ecossistemas (FBE) que é um dos sete componentes do programa.

Euroclima + é um programa da União Europeia (UE) e o maior programa de cooperação regional entre a UE e a América Latina no âmbito de mitigação às mudanças climáticas, em termos de escopo e orçamento (DESCAMPS, 2019).

O programa tem como objetivo promover resiliência para reduzir os impactos das mudanças climáticas na América Latina. E a abordagem utilizada é a de desenvolver ações que sejam consideradas importantes para colaborar com a implementação das Contribuições Nacionalmente Determinadas (CND) ou dos planos de ações nacionais para as mudanças climáticas, integrando a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas com as estratégias das políticas públicas em mudança climática (EUROCLIMA PLUS, [s.d.]a).

No caso do componente Florestas, Biodiversidade e Ecossistemas (FBE), o principal objetivo é o fortalecimento da resiliência, com foco especial às florestas, ecossistemas e comunidades locais, a partir também do fortalecimento das capacidades institucionais para integrar essa abordagem do FBE nas políticas públicas nacionais e regionais (EUROCLIMA PLUS, [s.d.]b).

#### 3.7.2 O Projeto

Nesse contexto, o projeto “Articulando agendas globais localmente” visa a aumentar a resiliência local, a conservação da biodiversidade, o desenvolvimento sustentável e a redução de riscos de desastres em municípios piloto no Brasil e no México a partir da incorporação do enfoque de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) nas respectivas políticas públicas municipais, por meio de instrumentos integrados aos Planos Locais de Biodiversidade ou Planos de Ações Climáticas e correlatos com a implementação de medidas de AbE nesses municípios (EUROCLIMA PLUS, 2019).

Ou seja, o projeto contribui para estruturar o planejamento, implementar e tornar as ações de AbE, uma política pública de planejamento territorial local. Dessa forma o projeto visa a contribuir para o fortalecimento das capacidades técnicas dos governos locais no sentido da adaptação às mudanças climáticas. Ademais, por meio dessa articulação local e do diálogo Sul-Sul<sup>1</sup>, de troca de experiências e de implementação de medidas de AbE, o projeto busca o cumprimento das metas nacionais e internacionais das agendas para as mudanças climáticas (EUROCLIMA PLUS, 2019).

O projeto foi elaborado e é executado pela Pronatura AC<sup>2</sup>, no México e pela Associação Nacional de Órgãos Municipais de Meio Ambiente<sup>3</sup> (ANAMMA) no Brasil. São 7 os municípios piloto, sendo 3 municípios no México (Xochimilco, Tláhuac, Armería) e 4 no Brasil (Céu Azul e Foz do Iguaçu, no Paraná e Santa Cruz Cabrália e Porto Seguro, na Bahia) (EUROCLIMA PLUS, 2019).

A escolha dos municípios piloto se deu com a priorização de municípios localizados no entorno de Unidades de Conservação<sup>4</sup> (UC) Federais. Isso pelo potencial destes em promover a conexão, no sentido de ecologia da paisagem, com outras áreas prioritárias para a conservação e restauração ambiental (EUROCLIMA PLUS, 2019).

A descrição dos objetivos, resultados e outras informações sobre o projeto são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Ficha Técnica do projeto “Articulando agendas globais localmente”

<b>Ficha Técnica</b>	
<b>Nome</b>	Articulando agendas globais localmente: adaptação baseada em ecossistemas como catalisador de ações municipais para alcançar objetivos globais
<b>Tema</b>	Florestas, Biodiversidade e Ecossistemas
<b>Agências implementadoras</b>	Expertise France e a Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ)
<b>Executor principal e Co-executor</b>	Pronatura AC e ANAMMA

<sup>1</sup> Intercâmbio entre países em desenvolvimento, para fins de desenvolvimento.

<sup>2</sup> Associação civil mexicana dedicada a conservação ambiental.

<sup>3</sup> Entidade representativa, civil, do poder municipal, que visa fortalecer os Sistemas Municipais de Meio Ambiente para a implementação de políticas ambientais.

<sup>4</sup> Áreas com características naturais relevantes, com limites definidos para objetivos de conservação e que estão sob regime especial de administração. São legalmente protegidas e se enquadram nas categorias estabelecidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), instituído pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

<b>Ficha Técnica</b>			
<b>Objetivo geral</b>	Aumentar a resiliência local integrando a abordagem da Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE) no planejamento municipal de locais prioritários no México e no Brasil, articulando as agendas globais de mudança climática, conservação da biodiversidade, desenvolvimento sustentável e redução do risco de desastre para cumprir com os INDCs de ambos os países.		
<b>Objetivos específicos</b>	1.	Integrar a abordagem da AbE aos Planos Municipais de Desenvolvimento / Estratégias Locais de Biodiversidade (LBSAP) que contribuem para os objetivos globais / nacionais de redução do risco de desastres, mudanças climáticas, biodiversidade e agendas de desenvolvimento sustentável.	
	2.	Desenvolver capacidades nos municípios, por meio de abordagens de resiliência e AbE com ênfase na redução de riscos, para implementar ações-piloto que atendam a múltiplos objetivos das quatro agendas.	
	3.	Implementar medidas piloto de AbE que articulem objetivos para redução do risco de desastres, mudanças climáticas, biodiversidade e desenvolvimento sustentável.	
	4.	Fortalecer a governança municipal e a aprendizagem por meio de espaços cidadãos para monitorar o progresso na implementação dos instrumentos e ações piloto.	
<b>Principais resultados</b>	I.	Reuniões e workshops de capacitação realizados nos municípios para integrar a abordagem da AbE aos Planos de Desenvolvimento Municipal / Estratégias Locais de Biodiversidade (LBSAP), que respondem a objetivos nacionais e globais.	
	II.	Resultado Medidas piloto com abordagem da AbE implementadas em pelo menos 6 municípios prioritários no México e no Brasil	
	III.	Sistemas de governança e aprendizagem fortalecidos por meio do estabelecimento de uma plataforma de monitoramento e monitoramento das ações de AbE dos cidadãos; intercâmbio de experiências entre municípios e países e documento para sistematização de experiências e lições aprendidas.	
<b>Beneficiários</b>	Governos municipais e seus funcionários, representantes dos cidadãos de cada município, grupos de trabalho locais, a população de comunidades locais e grupos vulneráveis identificados.		
<b>Duração</b>	Início: 2019 e término: 2022		
<b>Cronograma anual</b>	2019	Criação de condições capacitadoras para incorporação da abordagem da AbE e dos objetivos da agenda global nos planos ou estratégias municipais;	Sistematização dos resultados e lições aprendidas;
	2020	Planejamento e monitoramento das ações de AbE;	
	2021	Implementação das ações de AbE piloto em campo;	

Fonte: Euroclima Plus (2019)

Para cada resultado principal o projeto ainda prevê algumas atividades. No resultado III (Quadro 2) uma das atividades previstas é o “desenvolvimento de um sistema de monitoramento e avaliação cidadã”. É a respeito dessa atividade que o

trabalho de conclusão de curso em questão se debruça para estudar e propor um sistema de monitoramento para as ações de AbE no município de Foz do Iguaçu.

### 3.7.3 Escolha das medidas de AbE do Projeto

Para a priorização das medidas de AbE adotadas, foram utilizados os parâmetros propostos pela publicação “Tornando eficaz a Adaptação Baseada em Ecossistemas Eficaz: Parâmetros para definir critérios de qualificação e padrões de qualidade” (FEBA, 2019) da rede Amigos e amigas da Adaptação baseada em Ecossistemas<sup>5</sup> (FEBA – sigla em inglês).

A FEBA e outras inúmeras organizações vem ganhando experiência conceitual e prática na concepção e implementação de medidas de AbE em diversas regiões e ecossistemas. Essas experiências são fonte de aprendizados que contribuem para a construção de uma forma eficaz de utilização da abordagem da AbE em processos de planejamento e tomada de decisão. O documento em questão, que deu suporte para a escolha das medidas no projeto, foi elaborado com base na revisão e análise de mais de 30 publicações.

Os parâmetros utilizados pelo documento seguem três elementos que ajudam a determinar se a medida proposta é realmente de AbE, de acordo com a definição de AbE dada pela CDB (2009). Cada elemento contém um ou dois critérios que compõem esse conjunto de padrões mínimos para indicar medidas de AbE de alta qualidade com o intuito de contribuir na implementação do Acordo de Paris da UNFCCC, dos compromissos da iNDCs e dos consequentes planos nacionais de adaptação.

Os parâmetros “elementos” e “critérios” e “descrição resumida” são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Parâmetros adotados para a escolha das medidas de AbE

Elementos		Critérios		Descrição resumida
<b>A</b>	Ajuda as <b>peçoas</b> a se adaptarem à mudança do clima	<b>1</b>	<b>Reduz riscos</b> relacionados à mudança do clima	A AbE deve abordar explicitamente a mudança do clima e a variabilidade climática atuais e futuras (fundamentada nos melhores dados e modelos científicos disponíveis e nos conhecimentos locais). Baseia-se em avaliações sobre vulnerabilidades, perigos e riscos climáticos para as pessoas, assim como nos benefícios da adaptação derivados dos serviços ecossistêmicos. As medidas de

<sup>5</sup> FEBA é uma rede informal de mais de 70 organizações com interesse na promoção e geração e compartilhamento de conhecimentos e experiências sobre AbE.

Elementos		Critérios		Descrição resumida
				AbE devem reduzir a vulnerabilidade e os riscos climáticos a uma escala adequada (por exemplo: no mínimo em escala local, mas preferencialmente em escala ecossistêmica ou escala de paisagem).
		2	Gera <b>benefícios sociais</b> no contexto da adaptação à mudança do clima	<p>A AbE atende às necessidades das pessoas, especialmente daquelas que dependem diretamente ou fazem uso dos recursos naturais e são particularmente vulneráveis aos impactos da mudança do clima.</p> <p>E proporciona benefícios diretos ou indiretos que aumentam a resiliência das pessoas frente à mudança do clima, incluindo maior segurança alimentar, abrigos, redução de riscos, provisão de água potável e medicamentos e regulação do clima local. Com frequência também gera benefícios adicionais essenciais para um desenvolvimento sustentável, como a captura de carbono, a provisão de habitats ou de medicamentos.</p> <p>Estes benefícios devem ser distribuídos em curto, médio e longo prazos. A partir de análises comparativas sobre o alcance e a escala da capacidade adaptativa e dos benefícios da resiliência.</p>
<b>B</b>	Faz um uso ativo da <b>biodiversidade</b> e dos <b>serviços ecossistêmicos</b>	3	Restaura, mantém e melhora a <b>saúde ecossistêmica</b>	<p>Como a mudança do clima pode alterar a composição e estrutura dos ecossistemas, é importante que a saúde e a estabilidade dos serviços ecossistêmicos sejam mantidas, aprimoradas e monitoradas. Para isso aplica-se a uma escala que faz frente ao desafio da mudança do clima.</p> <p>A AbE restaura, mantém e melhora os ecossistemas e as paisagens, promovendo práticas de manejo do solo e da água que respaldam a adaptação à mudança do clima, priorizam o gerenciamento de serviços ecossistêmicos-chave e fomentam o uso sustentável de recursos terrestres e marinhos.</p> <p>Apoia a diversificação do uso de recursos e de opções de meios de subsistência, como cultivos múltiplos, agrossilvicultura e o uso de espécies e variedades apropriadas. Isso pode incluir, por exemplo, a introdução de espécies mais adaptadas à mudança do clima, sempre e quando não coloquem em perigo a existência de espécies nativas ou se convertam em espécies invasoras.</p>
<b>C</b>	Faz parte de uma <b>estratégia</b> mais <b>ampla</b> de adaptação	4	Recebe o respaldo de <b>políticas</b> em múltiplos níveis	A AbE deve ser integrada às políticas existentes dirigidas ao desenvolvimento sustentável, à agricultura, ao uso do solo, à redução da pobreza, à gestão de recursos naturais, à adaptação climática e à redução de riscos de desastres de modo que as intervenções sejam sustentáveis e escalonáveis, operando em um ou mais níveis (nível local, regional, de paisagem e

Elementos		Critérios		Descrição resumida
				setorial), em vez de serem medidas de curto prazo e isoladas.
		5	Apoia a <b>governança</b> equitativa e fortalece as <b>capacidades</b>	A AbE melhora a governança dos recursos naturais no que diz respeito ao uso da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, seguindo um enfoque participativo, voltado para a comunidade e que incorpore a perspectiva de gênero. A capacidade de se adaptar à mudança do clima depende da capacidade da população local (incluindo diferentes grupos, gêneros, instâncias etc.) de exercer seus direitos, assumir suas responsabilidades e ser representada por dirigentes que prestam contas (deve ter transparência). A governança local forte deve ser integrada às estruturas de governança em um nível superior, de modo a facilitar e estimular a ação local por meio de políticas apropriadas e de ambiente favorável.

Fonte: adaptado de FEBA (2019)

As principais medidas de AbE adotadas pelo projeto foram a implementação de Sistemas Agroflorestais (SAFs) e arborização urbana em 400 ha (hectares), sendo: 300 ha no México e 100 ha no Brasil. Destes, 25 ha são em Foz do Iguaçu. As áreas definidas para a implementação foram áreas prioritárias previamente estipuladas por planejamentos territoriais locais.

#### 3.7.4 Metodologia do projeto no Brasil

Para as ações no Brasil foi adotado como equivalente dos “Planos Locais de Biodiversidade” os Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica, que são os Planos Locais de Biodiversidade para os municípios localizados no bioma.

O município de Foz do Iguaçu não possuía PMMA. Em 2020, com a colaboração do projeto, o plano municipal foi elaborado e aprovado. O Plano de Foz do Iguaçu adota a abordagem da AbE e apresenta informações sobre mudanças climáticas na região. O plano foi formulado a partir de oficinas para os atores locais no município, buscando melhorar a capacidade e a compreensão a respeito da importância de se instituir a abordagem da AbE nas políticas públicas locais.

Para a implementação das medidas de AbE, as ações no país foram pensadas para se integrarem, quando possível, com atividades já em andamento, alinhadas à contrapartida da ANAMMA no Projeto Euroclima, de parcerias locais.

### 3.7.5 Foz do Iguaçu

O município de Foz do Iguaçu pertence a Mesorregião Oeste do estado do Paraná. Apresenta população estimada de 258.532 habitantes (2019), segundo o IBGE, e tem área de 61.805,7 ha. O que equivale a uma densidade demográfica de aproximadamente 418,3 hab./km<sup>2</sup>, sendo que, segundo o censo demográfico do IBGE (2010), a população urbana correspondia a 99,17%, enquanto a rural a 0,83% e seu índice de Desenvolvimento Humano (IDH) a 0,751.

A dinâmica econômica do município se dá principalmente entre os setores do turismo, de geração de energia e educacional (FOZ DO IGUAÇU, 2020).

O Parque Nacional do Iguaçu (PARNA do Iguaçu) é a única Unidade de Conservação existente no território do município. O PARNA apresenta área de 185.262,5 ha, sendo que 12.709 ha desse total estão dentro dos limites do município, representando 20,56% do território municipal (ICMBio, 2018).

O PARNA do Iguaçu foi o segundo parque nacional brasileiro a ser criado, a partir do Decreto nº 1.035, de 10 de janeiro de 1939. Instituído como patrimônio natural pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), abriga o maior remanescente de Mata Atlântica da Região Sul do Brasil e integra a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. O parque protege as Cataratas do Iguaçu, uma das sete maravilhas da natureza, e uma grande biodiversidade com algumas espécies ameaçadas de extinção. O Rio Iguaçu une o PARNA do Iguaçu com o Parque Nacional Iguazú, do lado argentino da fronteira. Juntos, os dois parques formam o mais importante contínuo biológico do Centro-Sul, da América do Sul, com aproximadamente 1 milhão de hectares de áreas naturais, sendo mais de 600 mil hectares em áreas protegidas (WWF, 2014).

Para a região sudoeste do Paraná, onde o PARNA do Iguaçu está inserido, as previsões indicam valores médios e altos de exposição às mudanças climáticas. Com aumento de temperatura entre 3°C e 4°C e aumento moderado de precipitação anual, entre 7,4% e 10,1%, em 2070. Mesmo não estando entre as UCs mais expostas às mudanças do clima, o PARNA tem papel importante na resiliência das populações humanas no sudeste do Paraná frente às mudanças climáticas por prestar serviços ecossistêmicos como a manutenção do clima e do regime hídrico local e a provisão de polinizadores para as culturas do entorno (VALE, 2017).

O PMMA de Foz do Iguaçu traz estudo sobre mudanças climáticas na tríplice fronteira (SAKAI et al., 2017), o qual aponta a vulnerabilidade da zona urbana do município, pelo rápido crescimento populacional sem planejamento urbano. O documento indica como principal vulnerabilidade da cidade a ocorrência de enchentes, que já são recorrentes, por conta do aumento previsto de tempestades (FOZ DO IGUAÇU, 2020).

O diagnóstico do PMMA apresenta áreas do município mais vulneráveis ao risco climático de desastres, inundações e deslizamentos. Tais riscos são acrescidos pela existência processos erosivos, ocupação urbana irregular, dentre outros fatores. O diagnóstico também indica, como impacto das mudanças climáticas na região da tríplice fronteira, a ocorrência de temperaturas extremas, que se expressam em ondas de calor e geadas. A tendência pelas mudanças do clima é que esses eventos aconteçam com maior frequência e intensidade, afetando tanto da biodiversidade quanto o bem estar humano (FOZ DO IGUAÇU, 2020).

Adicionalmente o projeto em parceria com o Instituto Federal do Paraná (IFPR), outras universidades e Organizações Não Governamentais (ONGs) locais realizou a aplicação da Lente Climática (etapa inicial do Ciclo de Adaptação baseada em Ecossistemas - ver item 3.4.) no município de Foz do Iguaçu (IFPR, 2020), através de revisão bibliográfica. No documento são levantadas as principais ameaças climáticas para o município, assim como efeitos climáticos que já são sentidos. O Quadro 4 sintetiza os impactos relacionados às mudanças climáticas no município quanto ao funcionamento da cidade, a saúde das pessoas e associados à desigualdade social.

Quadro 4 - Impactos esperados da mudança do clima da região nos respectivos sistemas de interesse do município de Foz do Iguaçu

<b>Sistemas de interesse/ efeitos da MC</b>	<b>Funcionamento da cidade</b>	<b>Saúde Humana</b>	<b>Desigualdade Social</b>
<b>Acontecimentos com forte precipitação.</b>	Risco de enchentes	Possibilidade de expansão progressiva dos vetores causadores de doenças, como por exemplo, os mosquitos transmissores da dengue	Aumento da exposição e risco de comunidade(s)
<b>Estiagem (aumento de secas)</b>	Acesso a água desigual	Aumento da exposição e risco a doenças respiratórias Problemas na fronteira (populações migrando de outros países, aumentando a	Dificuldade no acesso água de boa qualidade Aumento da exposição e risco de comunidade (s), atenção a problemas respiratórios Problemas

<b>Sistemas de interesse/ efeitos da MC</b>	<b>Funcionamento da cidade</b>	<b>Saúde Humana</b>	<b>Desigualdade Social</b>
		demanda hospitalar e aumento do risco de disseminação de doenças)	na fronteira (populações migrando de outros países para áreas irregulares ou de risco)
<b>Atividade de ciclones Tropicais (grandes tempestades e aumento de vendavais)</b>	Risco de enchentes Infraestrutura danificada	Aumento de doenças, especial atenção as doenças relacionadas aos alagamentos, por exemplo leptospirose. Problemas na fronteira (populações migrando de outros países, aumentando a demanda hospitalar e aumento do risco de disseminação de doenças)	Isolamento de comunidade (s) Aumento da exposição e risco, especial atenção as doenças relacionadas aos alagamentos, por exemplo leptospirose. Infraestrutura danificada Problemas na fronteira (populações migrando para áreas irregulares ou de risco)
<b>Ondas de calor</b>	Maior demanda de eletricidade	Aumento da exposição e risco a doenças respiratórias Problemas na fronteira (populações migrando de outros países, aumentando a demanda hospitalar e aumento do risco de disseminação de doenças)	Aumento da exposição e risco a doenças respiratórias Problemas na fronteira (populações migrando de outros países para áreas irregulares ou de risco)

Fonte: IFPR (2020)

Segundo a IFPR (2020), o estado do Paraná registrou entre os anos de 2011 e 2014 um gasto de 4,68 bilhões para reparar danos associados a desastres naturais. Em Foz do Iguaçu os principais desastres são as enchentes, deslizamentos e outros causados pelo vento, cuja velocidade chegou a atingir 90km/h em 2020 e foi responsável pela destruição de infraestruturas e queda de árvores. No entanto, segundo o relatório, o perigo maior na cidade são as enchentes, que atingem de forma crítica 35 pontos da cidade, segundo a Comissão Especial de Alagamentos da Câmara Municipal, criada para estudar soluções para esse problema (FOZ DO IGUAÇU, 2019).

Quanto à ameaça de ondas de calor, o estresse climático pode vir a causar mortes, que somado à poluição do ar na área urbana, pode contribuir com o aumento de doenças respiratórias. Além disso, a ocasional escassez de água potável tem o eminente potencial de causar o aumento da ocorrência de doenças diarréicas, salmonelose, cólera, dentre várias outras. As frequentes enchentes combinadas ao clima quente, propiciam o aumento de doenças transmitidas por vetores como a malária, dengue e febre amarela. Pelo efeito das ilhas de calor, presente na zona

urbana, esse cenário é agravado (ver item 3.8.). Registros do Instituto Federal do Paraná afirmam que em 2002 o município já teria decretado estado de emergência por conta de surto de dengue (IFPR, 2020).

#### 3.7.5.1 Medidas de AbE em Foz do Iguaçu

A medida de AbE escolhida para o município será a arborização urbana de 25 ha, em áreas prioritárias do PMMA, para atingir os objetivos de adaptação. As ações serão feitas em parceria com a Itaipu Binacional, que fornecerá as mudas, o apoio técnico e contribuirá com a elaboração dos projetos técnicos e das capacitações necessárias junto a Mater Natura e a Rede Verde. A implementação também contará com o apoio de voluntários e da prefeitura de Foz do Iguaçu, mediante a termo de cooperação.

### 3.8 Arborização urbana como medida de AbE

Os efeitos e impactos das mudanças climáticas nas cidades já são sentidos, por meio do aumento da ocorrência de ondas de calor, inundações, deslizamentos de terra, problemas com o abastecimento hídrico entre outros. Alguns grupos sociais são mais vulneráveis a esses impactos, como as populações que vivem em áreas de risco e têm menos acesso aos serviços públicos (DEMUZERE et al., 2014; ICLEI; PCS, 2016).

Alguns aspectos nas cidades atribuem a elas maior vulnerabilidade às ameaças climáticas pois, em condições já esperadas do clima, ocorrem desastres devido a enchentes e deslizamentos propiciados pela ocupação humana em locais irregulares e de alto risco, como Áreas de Preservação Permanentes<sup>6</sup> (APP), que incluem topos de morro, encostas íngremes etc. (HERZOG; ROSA, 2010). Em cidades com alto grau de urbanização, a impermeabilização generalizada do solo e a predominância de materiais com grande capacidade de retenção de calor (asfalto e concreto) são um dos fatores, assim como a concentração de GEE emitidos pelos automóveis, que propiciam um fenômeno climático chamado “ilha de calor”. Esse fenômeno se trata da elevação da temperatura de forma concentrada em uma região específica (BERRY, 2016; ICLEI; PCS, 2016). As ilhas de calor podem atribuir às

---

<sup>6</sup> Segundo a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, APP é “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

áreas urbanas temperaturas de 2-5 °C superiores a temperaturas na zona rural (ONISHI et al, 2010) e agravar os efeitos das ondas de calor (BERRY, 2016).

Nas cidades brasileiras, desastres como inundações e deslizamentos já são recorrentes, e as ameaças climáticas tendem a intensificá-los (ICLEI; PCS, 2016). Segundo ICLEI e PCS (2016) mais da metade da população do planeta reside em cidades e elas contribuem com 85% do PIB do mundo. Por isso medidas de adaptação que atribuam resiliência climática às cidades são de extrema importância, e nesse contexto a abordagem da AbE tem apresentado bons resultados (GILL et al., 2007; HUQ; RENAUD; SEBESVARI, 2013).

Em áreas urbanas os autores usam o termo “infraestrutura verde” e “infraestrutura azul” para se referirem às medidas de AbE (BRINK et al., 2016; GENELETTI; ZARDO, 2016; WAMSLER et al., 2016). Essas infraestruturas, compõem o ecossistema urbano e ‘simulam’ os serviços ecossistêmicos naturais que contribuem para a adaptação às mudanças climáticas (DEMUZERE et al., 2014; GENELETTI; ZARDO, 2016). Os ecossistemas urbanos segundo Gómez-Baggethun e Barton (2013) incluem todos os “espaços verdes e azuis” das cidades, nas quais majoritariamente o uso e ocupação do solo é de infraestrutura construída, ou onde existe grande adensamento de pessoas residentes.

Alguns exemplos dessas infraestruturas verdes e azuis na literatura são parques urbanos, telhados e fachadas verdes, árvores ao longo das ruas, (BOWLER et al., 2010; BRINK et al., 2016; GENELETTI; ZARDO, 2016; WAMSLER et al., 2016) rios e lagoas (GENELETTI; ZARDO, 2016).

Nesse âmbito, as medidas de AbE seriam a criação ou a restauração de áreas verdes urbanas (corredores, parques e jardins), implementação de telhados e fachadas verdes, plantio de árvores, revitalização de rios urbanos entre outros (GENELETTI; ZARDO, 2016). A AbE traz diversos benefícios adaptativos e co-benefícios sociais, econômicos e ambientais (ver item 3.4.), não sendo diferente nas áreas urbanas.

No contexto do projeto “Articulando agendas globais desde o local”, as medidas de AbE serão somente no recorte da infraestrutura verde e azul, que podem ser caracterizadas de forma ampla como arborização urbana, como a vegetação da cidade em áreas públicas (como calçadas, parques, APPs etc.).

Nesse sentido, é importante apresentar o conceito de arborização urbana. Segundo a Embrapa (2002, p. 9) arborização urbana compreende:

Toda a cobertura vegetal de porte arbóreo existente nas cidades. Essa vegetação ocupa, basicamente, três espaços distintos: as áreas livres de uso público e potencialmente coletivas, as áreas livres particulares e acompanhando o sistema viário (EMBRAPA, 2002, p. 9).

Tal definição se relaciona com parte do que é entendido como infraestrutura verde e azul das intervenções de AbE nas áreas urbanas.

A AbE pode contribuir com a adaptação urbana frente às ameaças de aumento da duração, frequência ou intensidade de eventos extremos (ondas de calor, tempestades, secas etc.) que causam o aumento da temperatura, inundações e escassez de água (GENELETTI; ZARDO, 2016) por meio de uma melhor infiltração das águas pluviais no solo, aliviando as inundações, e fornecendo conforto térmico pelo sombreamento e evapotranspiração da vegetação (DEMUZERE et al., 2014). Ademais, AbE também contribui com a mitigação das mudanças climáticas à medida que a vegetação captura carbono (CO<sub>2</sub>), transformando-o em biomassa e trazendo diversos co-benefícios, como a criação de habitat para a fauna e flora, de recreação, ampliação das possibilidades de educação ambiental e cívica e melhoria da qualidade do ar, da água, da saúde das pessoas e da estética urbana (WAMSLER, 2016).

Demuzere et al. (2014) compilam evidências das contribuições da infraestrutura verde e azul para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas nas cidades. Os autores elencam os seguintes serviços ecossistêmicos que resultariam em benefícios relacionados ao bem-estar humano: sequestro e estoque de carbono, regulação do clima, regulação dos fluxos de água, purificação de águas pluviais, purificação do ar e interações espirituais e intelectuais. Alguns desses benefícios, segundo os autores, são descritos e exemplificados no Quadro 5.

Quadro 5 - Benefícios das infraestruturas verdes e azuis nas zonas urbanas

Benefícios e co-benefícios	Descrição	Exemplos práticos
Conforto térmico e uso reduzido de energia	<p>O conforto térmico é proporcionado pela infraestrutura verde e azul a partir da diminuição da temperatura do ar e das superfícies, por conta da evaporação (rios e lagos), evapotranspiração e sombreamento (vegetação) (DEMUZERE et al., 2014; BOWLER et al., 2010). Isso ajuda a reduzir efeito da ilha de calor (WOLF; ROBBINS, 2015; ONISHI et al, 2010). Com isso, pode ocorrer a redução do gasto de energia com aparelhos destinados a refrigeração, como ar condicionados e ventiladores (DEMUZERE et al., 2014).</p>	<p>Segundo Bowler et al. (2010) em publicação que reuniu evidências de 47 estudos sobre a influência das infraestruturas verdes no resfriamento da temperatura do ar, que em sua maioria compararam as diferenças de temperatura dentro de parques com áreas sem vegetação, na mesma cidade. A redução média de temperatura foi de 1 °C. Em Tel Aviv foi registrada a temperatura média de até 2,8°C menor em áreas verdes em comparação a outros locais nas cidades (DEMUZERE et al., 2014).</p> <p>A extensão do resfriamento da temperatura do ar ao se afastar dos limites de áreas verdes em zonas urbanas também foi evidenciado por estudos (DEMUZERE et al., 2014; BOWLER et al., 2010), por exemplo, em Cingapura que analisaram 2 parques grandes em até uma distância de 500 m, a temperatura aumentou gradativamente (CHEN; WONG, 2006). Em Gotemburgo, na avaliação de 3 parques, a distância encontrada dessa influência térmica foi de até 1 km, durante a noite (BOWLER et al., 2010). Quanto a redução do uso de energia, em Cingapura foi registrada redução de 10% nos edifícios em torno das áreas verdes, a partir de simulação com aparelhos de refrigeração (CHEN; WONG, 2006).</p>
Melhor qualidade do ar	<p>A infraestrutura verde é capaz de absorver material particulado (MP) presente no ar, que podem ser provenientes de gases como dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) emitidos pela queima de combustíveis fósseis (BERRY, 2013). A remoção significativa de poluentes do ar vai depender de diversos fatores como as espécies arbóreas, a cobertura que elas representam, por exemplo (DEMUZERE et al., 2014).</p>	<p>Na China, na cidade de Guangzhou, foi registrada a remoção anual de 312,03 t (toneladas) de NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> pelas áreas verdes. E em Londres uma área equivalente a 100 km<sup>2</sup> com 25% de cobertura vegetal remove por ano 90,4 t de MP<sub>10</sub> (partículas inaláveis). Nos EUA uma análise de dez cidades contabilizou a a remoção de até 64,5 t de MP<sub>2,5</sub> (Partículas finas) anualmente pelas árvores urbanas (DEMUZERE et al., 2014).</p>

Benefícios e co-benefícios	Descrição	Exemplos práticos
Redução do risco de inundações, vazões de pico e secas. E melhora da qualidade da água	<p>As águas pluviais ao escoarem pela superfície, majoritariamente impermeáveis e por tubulações, em direção aos cursos d'água, na zona urbana, o fluxo é acelerado e ocorre a coleta poluentes e de calor. A infraestrutura verde contribui com a retenção de sólidos em suspensão, nutrientes, hidrocarbonetos e metais pesados (DEMUZERE et al., 2014).</p> <p>As árvores também diminuem a velocidade do escoamento superficial por atuarem como reservatórios temporários de chuva. Elas interceptam a água, e esta fica retida nas folhas e cai escorrendo pelo tronco ou por efeito de gotejamento no solo. Esse efeito ainda propicia uma melhor infiltração no solo (XIAO; McPHERSON, 2002). Outras maneiras que as árvores melhoram a infiltração do solo, e até a percolação (movimento da água pelo perfil do solo), é por meio de suas raízes. Ela criam poros que melhoram a condutividade hidráulica. Também pelo acúmulo de matéria orgânica de suas folhas na superfície do solo a microfauna aumenta, sendo esta responsável pela formação do solo (BERLAND et al., 2017; KUEHLER; HATHAWAY; TIRPAK, 2016). Logo, pela diminuição do volume e intensidade do escoamento a vazão de pico é reduzida, e conseqüentemente o risco de inundações também (DEMUZERE et al., 2014; XIAO; McPHERSON, 2002).</p>	<p>Na bacia hidrográfica do lago Como, na Itália, que tinha alta incidência de inundações, as áreas verde foram capazes de reduzir em até 88% a vazão de pico durante anos de alta precipitação (DEMUZERE et al., 2014). Em Somerset, na Inglaterra, foi mostrado que a partir do reflorestamento de 2,2 km nas margens do rio Cary ocorreu uma redução de 50% da velocidade do escoamento superficial, para período de retorno de 1 ano (PEIXOTO, 2017). Na capital da Carolina do Norte (EUA) estudo contabilizou que a arborização urbana foi responsável de interceptar de 9,1-21,4% da precipitação, no período de três meses (INKILÄINEN et al., 2013). Outro estudo mostrou também a retenção de 20% da água da chuva pelas copas e troncos das árvores latifoliadas (de folhas largas) (BERLAND et al., 2017). Já a infiltração de água no solo, medida em 180 minutos, teve aumento de 69-354% por influência das árvores, em campus universitário, no Irã. As medições compararam a infiltração a uma distância de 50 cm do tronco em comparação com locais fora dos limites da copa (ZADEH; SEPASKHAH, 2016 apud RAHMAN et al., 2019).</p>
Saúde	<p>A infraestrutura verde e azul contribui para a saúde física por propiciar atividades esportivas (p. e.: caminhada e ciclismo), de lazer e de relaxamento. Existem evidências científicas de que lugares que apresentam áreas verdes urbanas estão relacionadas à maior realização de atividades físicas e conseqüentemente menores índices de obesidade (DEMUZERE et al., 2014; WOLF; ROBBINS, 2015). Também existem relações entre a exposição ao ambiente natural com a diminuição do estresse das pessoas, contribuindo para o bem-estar psicológico, isso por proporcionar conforto térmico, oportunidades de lazer e diminuir a poluição sonora e “visual”</p>	<p>Em áreas urbanas pessoas que moram dentro de um raio de 1 km de proximidade com áreas verdes mostraram a diminuição da ocorrência de 15 de 24 doenças. Essa relação se mostrou mais forte para transtornos de ansiedade e depressão entre crianças e pessoas de menor nível socioeconômico (DEMUZERE et al., 2014). Quanto a poluição sonora, ensaios chegaram à diminuição de 3 dB (A) dos ruídos onde há presença de grama, sendo 3 dB (A) o quanto o som diminui à medida que a distância da fonte dobra (DEMUZERE et al., 2014). O conforto térmico também</p>

<b>Benefícios e co-benefícios</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplos práticos</b>
	(DEMUZERE et al., 2014; WOLF; ROBBINS, 2015). A infraestrutura verde e azul também pode fornecer habitat para algumas espécies e até serem estruturadas a formarem corredores de biodiversidade para a passagem de pássaros e insetos, por exemplo (BERRY, 2016); o avistamento de animais nas zonas urbanas pode ser apreciado por seus habitantes, o que se relaciona com valores recreativos. Esses contribuem para criação de vínculos afetivos com as áreas naturais no espaço urbano (DEMUZERE et al., 2014).	propicia a diminuição com episódios de mal-estar relacionadas ao calor, em Toronto foi obtida a relação de que a cada 1°C de aumento nas temperaturas máxima e média diária aumenta em torno de 30% o número de ligações para ambulância por mal-estar devido ao calor (BERRY, 2016).
Oportunidades educacionais	A interação com áreas verdes e azuis proporciona uma melhor percepção das relações do ecossistema para com o bem-estar humano. No âmbito da adaptação às mudanças do clima, podem contribuir no dia a dia para a avaliação de quais ações tem proporcionado maior resiliência e o que deve ser mudado (BERRY, 2013; DEMUZERE et al., 2014).	Quanto às mudanças climáticas, as pesquisas mostram que o primeiro obstáculo para o desenvolvimento de ações em adaptação e mitigação dessas mudanças é combater a falta de conhecimento (DEMUZERE et al., 2014). Em Nova York a cidade adotou uma estratégia de implementar grandes áreas verdes em torno da orla após a inundação generalizada causada pelo furacão Sandy, entendendo que esta ação contribuiria com a maior resiliência perante a futuros eventos extremos (BERRY, 2016).
Capacidade de enfrentamento individuais e sociais	Capacidade de enfrentamento no caso seria as atribuições para tomar medidas de adaptação e mitigação das mudanças climáticas no nível local e a literatura tem mostrado que as infraestruturas verdes e azuis podem proporcionar essa capacidade, seja individualmente ou em comunidade. Isso à medida que ocorre o envolvimento das pessoas na gestão das áreas verdes, proporcionando uma valorização e um sentimento de responsabilidade dos indivíduos para com o local (DEMUZERE et al., 2014). Isso propicia as pessoas a buscar alternativas baseadas em economia de baixo carbono, como andar mais a pé e de bicicleta, consumir alimentos localmente entre outros (HERZOG; ROSA, 2010).	Em áreas urbanas mais densas as áreas verdes promovem uma melhor interação social e senso de comunidade, que são aspectos que atribuem maior resiliência as pessoas frente aos impactos das mudanças climáticas (DEMUZERE et al., 2014). Essas interações com o ambiente e entre as pessoas também atribui a comunidade capacidade de recuperação após desastres (HERZOG; ROSA, 2010; WOLF; ROBBINS, 2015).

Fonte: Elaboração própria

Esses benefícios dependem de diversos fatores e apresentam maior ou menor relevância dependendo da escala espacial da infraestrutura verde, que podem ser desde a arborização de um quarteirão até corredores de árvores que atravessam a cidade inteira (DEMUZERE et al., 2014; GÓMEZ-BAGGETHUN; BARTON, 2013).

Segundo Demuzere et al. (2014), algumas conclusões sobre a efetividade dos benefícios em relação às diferentes escalas espaciais das infraestruturas foram alcançadas. Em seu estudo, as escalas foram divididas em cidade-região, bairro-distrito e quarteirão-local. Em relação aos benefícios em saúde, educação, em capacidade de enfrentamento e em redução do risco de inundações, vazões de pico, secas e melhora da qualidade da água, eles se mostraram relevantes em todas as três escalas. Quanto ao conforto térmico e uso reduzido de energia, os benefícios são mais importantes na escala quarteirão-local, na qual não foi possível definir a importância das outras escalas. Para a melhora da qualidade do ar a única escala possível de demonstrar alguma relevância foi a quarteirão-local, porém não obteve resultados tão relevantes, isso porque existem diversos fatores envolvidos na avaliação desse benefício, como localização da infraestrutura verde, distância entre a vegetação e os edifícios entre outros.

No mesmo estudo, no tocante à captura de CO<sub>2</sub> (mitigação), foi avaliado que esse benefício é mais relevante em maiores escalas de infraestrutura verde, para que grandes volumes de CO<sub>2</sub> sejam capturados. Logo, nesse aspecto, somente a escala quarteirão-local se mostrou menos relevante (DEMUZERE et al., 2014).

Além desses benefícios, o investimento em áreas verdes urbanas pode reverter também em benefícios econômicos para os municípios. Nos EUA, em 10 cidades e condados, foi estimada uma economia de U\$ 4 milhões a U\$ 69,4 milhões por ano com serviços de saúde devido ao aumento de atividades físicas em áreas verdes (WOLF; ROBBINS, 2015). Outros estudos contabilizaram os principais benefícios (em dólares por ano) que as árvores urbanas proporcionam aos municípios. Soares et al. (2011) avaliaram em 6,1 milhões de dólares os benefícios em Lisboa, enquanto McPherson et al. (2005) indicaram ganho entre U\$ 18 a U\$ 24 por árvore em cinco cidades dos Estados Unidos (EUA).

Na questão do conforto térmico, parques urbanos maiores e com maior quantidade de árvores seriam mais frios dentro de seus limites, mas a diminuição de temperaturas abaixo de árvores unitárias também foi apresentada. Sob as quais a

diminuição de temperatura é diferente dependendo de fatores como espécie da árvore, tamanho da copa (área de sombreamento), características do dossel, sua altura, presença de sombra de edifícios dentre outros (BOWLER et al., 2010). Existem muitas variáveis e incertezas sobre a escala mais indicada da infraestrutura e extensão do resfriamento proporcionada. Esse entendimento é importante para orientar a arborização urbana de modo que gere resfriamento de caráter mais amplo, ao invés de somente localizado e, assim, beneficiar de forma geral os cidadãos. Para isso se faz necessário a coleta de dados de monitoramento que registrem temperaturas e as relacione com os tipos de áreas verdes e suas respectivas escalas de influência (BOWLER et al., 2010).

Quanto a interceptação de precipitação pelas árvores, esta varia de acordo com as características do dossel, folhas, altura, rugosidade do tronco, capacidade de reter a água nas folhas, nos galhos entre outros aspectos como a intensidade da chuva (BERLAND et al., 2017). Portanto os graus da interceptação vão depender da espécie da árvore, sendo que aquelas que apresentam folhas largas (latifoliadas) e são perenes tendem a obter maior eficiência em comparação com árvores que perdem suas folhas durante algum período do ano ou apresentam folhas menores (XIAO; McPHERSON, 2002). Essas características mais eficientes são comuns em muitas espécies de árvores nativas da Mata Atlântica (PEREIRA, 2009). Em Xiao e McPherson (2002) as coníferas também obtiveram bom resultado em interceptação de chuva.

No tocante às árvores e a infiltração da água no solo, esse fenômeno pode ser atribuído principalmente ao crescimento das raízes, promovendo a descompactação mais localizada do solo, abrindo canais subterrâneos favoráveis à infiltração. No entanto, também existem estudos que mostram a extensão da influência na melhora da infiltração para fora do raio da coroa (RAHMAN et al., 2019).

Contudo, a arborização urbana exige alguns cuidados e manutenções para não trazer prejuízos a infraestrutura da cidade e risco de acidentes. Assim, é necessária a escolha correta das espécies de árvores e dos locais e configurações de plantio para evitar danos ao calçamento e às instalações subterrâneas (p. e.: água, gás e esgoto), assim como reduzir a necessidade de podas, em locais com rede elétrica; a necessidade de varrição, para evitar entupimento de bueiros, ou o de risco de queda de frutos grandes, que podem ferir as pessoas. Quanto à manutenção, por

exemplo, são necessárias regas e podas das árvores e remoção de vegetação parasita para o desenvolvimento delas e efetivação de seus benefícios (CAMPINAS, 2007; SMVM, 2020).

Por fim, para que esses potenciais benefícios sejam mais bem compreendidos, um monitoramento pós-implementação se faz necessário. Herzog e Rosa (2010) destacam o monitoramento como um aspecto importante para promover uma cidade mais resiliente. “Uma cidade resiliente é aquela onde os desastres naturais são minimizados, os serviços de infraestrutura organizados [...]”, em que o “[...] administrador público garanta uma urbanização sustentável e onde haja a participação da população nas decisões e no planejamento [...]” (FASURA; GONÇALVES; TORRES, 2014, p. 523 apud ROLLO et al., 2019).

### 3.9 Monitoramento em AbE

Monitoramento se trata de um processo contínuo de coleta de informações que contribua para uma avaliação de quão bem os objetivos estão sendo atingidos. O monitoramento é importante para saber se as medidas implementadas são efetivas no que elas se propõem, permitindo também a possibilidade, se necessário, de fazer ajustes na intervenção (GIZ, 2017a; SPEARMAN; MCGRAY, 2011). Estes objetivos, no contexto da AbE, se referem ao aumento da resiliência e diminuição da vulnerabilidade das pessoas frente aos impactos das mudanças climáticas por meio dos serviços ecossistêmicos. O monitoramento pode ser associado à medição, por meio de indicadores da saúde e da prestação de serviços dos ecossistemas, da redução do risco, da resiliência dos sistemas humanos etc. Indicadores são unidades de informação que podem ser qualitativos ou quantitativos, e podem ser medidos de curto a longo prazo, indicando mudanças que permitem o entendimento sobre as tendências dos sistemas (GIZ, 2017a).

Não existe uma métrica universal sobre o que exatamente precisa ser monitorado e indicadores padrões a serem utilizados (DONATTI et al., 2020; GIZ, 2017a), somente recomendações de bibliografias, que já atingem número considerável mesmo sendo um assunto relativamente novo (McKINNON; HOLE, 2015).

Justamente por ser novo, o monitoramento em AbE é tão importante, pois existem cada vez mais projetos em adaptação às mudanças climáticas no mundo, compondo os esforços para o cumprimento das agendas globais (DONATTI et al.,

2020). Segundo revisão de Doswald et al. (2014) ainda eram poucas publicações, especificamente em AbE, sobre lições aprendidas em monitoramento e avaliação desses projetos.

Além de contribuir para a formulação de boas práticas em AbE e avaliar a eficácia (DOSWALD et al., 2014; SPEARMAN; MCGRAY, 2011), os monitoramentos em AbE também contribuem para evitar a chamada “má adaptação” que, segundo o IPCC (2014), é quando a medida implementada causa efeito adverso, resultando em maior vulnerabilidade e riscos associados ao clima ou diminuindo o bem-estar das pessoas. Um exemplo de má adaptação ocorreu na Índia, onde, com o objetivo de criar um bio-escudo para eventos extremos nas áreas da costa, foi escolhido plantar uma espécie exótica que causou o decaimento de espécies nativas mais eficientes na proteção da costa (McKINNON; HOLE, 2015).

O monitoramento e a avaliação das intervenções em AbE também são por vezes requisitos necessários na prestação de contas para as instituições financiadoras desse tipo de projeto. Além do mais, essas medidas ainda atribuem transparência com os beneficiários e atores locais (GIZ, UNEP-WCMC; FEBA, 2020).

Existem complicações associadas a este tipo de monitoramento, por conta dos objetivos que são propostos. As principais delas estão relacionadas com os longos horizontes de tempo necessários para se identificar mudanças decorrentes de ações que envolvem a restauração de ecossistemas e seus respectivos benefícios socioeconômicos. Este horizonte temporal alongado atribui ao processo alto grau de incerteza, relacionada às complexas dinâmicas ecossistêmicas, sociais, políticas e das projeções sobre os impactos das mudanças climáticas; bem como as incertezas técnicas sobre a efetividade das medidas em abordar as vulnerabilidades em questão (GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020; McKINNON; HOLE, 2015).

Nesse contexto, o monitoramento pode envolver indicadores muito complexos para serem medidos que podem necessitar de equipamentos sofisticados, contratação de técnicos, dentre outras exigências de alto custo no longo prazo. Portanto, existem recomendações para que os indicadores sejam o mais tangíveis possível (GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020).

GIZ (2017a) sistematiza algumas lições aprendidas a respeito do monitoramento e dos indicadores em 62 projetos de AbE no mundo, financiados por diferentes instituições: UNFCCC, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

(UNEP), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e a Global Environment Facility. Em um projeto nas Filipinas, por exemplo, o período de quatro anos foi julgado curto demais para medir redução de risco por indicadores ecológicos e socioeconômicos complexos e, assim, optou-se por indicadores simples e tangíveis (produtos ou resultados diretos baseados em processo), como o número de hectares de floresta e zonas ribeirinhas reabilitados. Em outro projeto, no Peru, algo similar ocorreu: inicialmente foram selecionados 25 indicadores que abordavam impactos sociais e ecossistêmicos das medidas de AbE, mas, por falta de recursos, de tempo e mudanças de prioridades dos voluntários envolvidos no monitoramento, as medições dos indicadores foram interrompidas e portanto optou-se por reduzir o número e a complexidade dos indicadores, passando a serem adotados oito indicadores tangíveis, dois focados em fatores sociais e dois em fatores ecológicos. Outra experiência se deu no Equador, onde a lição aprendida também foi a de selecionar indicadores tangíveis para a medição. Essa decisão foi avaliada positivamente por aumentar o envolvimento e as capacidades dos atores locais, contribuindo assim para uma melhor aceitação do projeto.

Assim, indicadores complexos baseados em resultados, por mais que possam refletir melhor os resultados de adaptação, podem tornar-se empecilhos para o monitoramento de longo prazo, por geralmente excederem os recursos financeiros, humanos e técnicos. Além disso também é recomendado focar nos efeitos intermediários (p. e., quantidade de hectares de matas ciliares restauradas) ao invés de somente nos benefícios de adaptação (e. p., o aumento da disponibilidade de 'x' litros de água resultantes da restauração de matas ciliares) (GIZ, 2017a).

Na prática, a necessidade dos indicadores serem tangíveis se comprova por estudos de caso (GIZ, 2017a). Porém, segundo Donatti et al. (2020), uma problemática em focar o monitoramento em efeitos de curto e médio prazo, apenas, é a de não medir de fato os resultados de adaptação alcançados por meio da AbE. Este foi o caso de mais da metade de 58 projetos em AbE no mundo, analisados pelo mesmo estudo (DONATTI et al., 2020), até por não terem duração suficiente para que os resultados de adaptação fossem medidos (McKINNON; HOLE, 2015; GIZ, 2017a). Por consequência, faltam evidências necessárias tanto para provar a efetividade, quanto para identificar intervenções bem sucedidas em AbE (DONATTI et al., 2020; DOSWALD et al., 2014) que poderiam contribuir para um aumento no financiamento

dessas ações que hoje recebem menos de 2% do financiamento global do clima e não contam com financiamento do setor privado (DONATTI et al., 2020).

Porém, em alguns casos, essa problemática se dá principalmente pelo fato da AbE ser um conceito relativamente recente. Muitas medidas que são consideradas de AbE já apresentam sua eficácia respaldadas cientificamente, pelo menos quanto ao efeito biofísico. Um exemplo disso é a restauração do ecossistema costeiro com vegetação nativa, que é uma medida que reduz comprovadamente a energia das ondas, as quais podem aumentar com as mudanças climáticas. Nesse caso, a lacuna seria quanto a evidências dos benefícios socioeconômicos que as medidas de AbE se propõem em promover também. Portanto, as evidências já existentes podem ser traduzidas para respaldar e compor a base de evidências em AbE (DOSWALD et al., 2014).

Tendo em vista estas dificuldades relacionadas ao monitoramento, é de suma importância que as pessoas da localidade se envolvam no projeto para atribuir sustentabilidade ao monitoramento e avaliação, a longo prazo. Para isso é necessário desenhar um sistema de monitoramento e avaliação com a participação direta dos atores locais na coleta de dados, interpretação e decisões sobre mudanças no gerenciamento (GIZ, 2017a; GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020).

### 3.10 Ciência cidadã

A ciência cidadã se trata da participação pública no processo científico de geração e possível avaliação de dados que podem ser utilizados pela comunidade acadêmica, por tomadores de decisão ou pelo próprio público. Isso pode se dar em parceria com universidades, governo, organizações não governamentais, organizações da sociedade civil etc. (SILVERTOWN, 2009).

Segundo o dicionário em inglês de Oxford<sup>7</sup> (apud BREMER et al., 2019, p. 1) a definição de ciência cidadã é “trabalho científico realizado por membros do público em geral, muitas vezes em colaboração com ou sob a direção de cientistas profissionais e instituições científicas”.

A prática de amadores contribuírem com a ciência é muito antiga e precede o próprio termo “cientista”. Na verdade, já se registravam avanços significativos nos campos da astronomia, geologia, climatologia e outras ciências (SILVERTOWN,

---

<sup>7</sup> Oxford English Dictionary. 2020. Disponível em: <http://www.oed.com>. Acesso em: 04/11/2020.

2009). No entanto, segundo Bonney et al. (2016), nas últimas duas décadas essa contribuição aumentou, envolvendo milhões de cientistas cidadãos em uma faixa de milhares de projetos no mundo.

Alguns fatores responsáveis por essa última disseminação ampla da ciência cidadã seriam os avanços da tecnologia, como a utilização cada vez mais difundida da internet e dos smartphones, que possibilitaram coletar e divulgar informações mais facilmente para um grande público. Somado a isso, estão o benefício econômico em poder contar com muitos voluntários, consequentemente viabilizando pesquisas que não seriam possíveis financeiramente de outra forma e a intenção de aumentar o interesse e a compreensão do público sobre a ciência (SILVERTOWN, 2009).

Segundo Kimura e Kinchy (2016), outro fator importante que foi responsável por impulsionar a utilização da ciência cidadã é a atuação dos movimentos sociais, atrelados a um contexto de uma “sociedade de risco”, na qual existem muitas incertezas sobre os impactos do atual modelo de desenvolvimento, cujas consequências afetam principalmente as populações mais vulneráveis (e. p.: mudanças climáticas e desastres socioambientais). Essas que em uma sociedade marcada pela “cientificização” da política, buscam por meio dos movimentos sociais (outras instituições e organizações) a utilização do monitoramento cidadão (comunitário) com objetivo de coletar dados científicos para buscar justiça ambiental. Além disso, outros fatores, segundo Kimura e Kinchy (2016), seriam a ciência cidadã ter se tornado uma opção que viabiliza pesquisas financeiramente, em um contexto de cortes orçamentários nas universidades públicas (atrelado ao avanço das transformações do neoliberalismo) que ocorre junto a uma maior democratização dos ambientes acadêmicos.

Essa abordagem de envolver as pessoas na investigação e gestão dos riscos e ameaças ambientais também é defendida por Alan Irwin em seu livro de 1995, intitulado “Ciência cidadã: um estudo de pessoas, experiência e desenvolvimento sustentável” (BONNEY et al., 2016).

A ciência cidadã torna a coleta de informações em grandes escalas possível e pode atribuir tempos mais longos de coleta do que convencionalmente, sendo, por exemplo, uma grande contribuidora no monitoramento global da biodiversidade (CHANDLER et al., 2017). Possibilita a geração de dados sobre a distribuição e abundância das espécies, migrações de animais etc. (McKINLEY et al., 2016), sendo

que muitos dos dados são inclusive georreferenciados e coletados utilizando aplicativos de celulares (DICKINSON et al., 2012; WALSH et al., 2014). Em escalas regionais e locais, a ciência cidadã pode fornecer informações sobre plantas invasoras, abelhas nativas, pássaros urbanos, colheitas, qualidade do ar e da água e entre outras (BONNEY et al., 2016). Isso contribui para o manejo de espécies, dos recursos naturais e avaliação dos impactos das mudanças climáticas (BRAMMER et al., 2016; MCKINLEY et al., 2016; SILVERTOWN, 2009).

Existem diferentes graus que caracterizam o envolvimento dos cidadãos com os projetos científicos que podem ir desde somente a coleta de dados (que seria um envolvimento “contributivo”) até a participação na coleta de dados análise, divulgação e contribuições com possíveis ajustes no projeto (envolvimento “colaborativo”). Em projetos “co-criados” o público participa desde a concepção do projeto, formulando as questões a serem investigadas e as metodologias de coleta dos dados (BROSSARD; LEWENSTEIN; BONNEY, 2005; SHIRK et al., 2012). Shirk et al. (2012) também adicionam as categorias de envolvimento “contratuais”, onde comunidades contratam cientistas para desenvolver uma determinada pesquisa e “colegiais” que é quando o público conduz toda pesquisa com seus próprios métodos sem envolvimento de cientistas, podendo ser reconhecido ou não pela academia.

Além disso, os tipos de projetos em ciência cidadã ainda podem ser classificados de acordo com Bonney et al. (2016) em: “coleta de dados”, “processamento de dados”, “currículo” (geralmente “contributivos” podendo ser “colaborativos”) e de “ciência comunitária” (geralmente “co-criados”). Projetos de ciência cidadã podem requerer ou não algum tipo de capacitação ou equipamento específico para as medições. Os projetos de coleta de dados são bem difundidos, muitos utilizam plataformas online e aplicativos para o upload dos dados e eles ficam disponíveis ou são disponibilizados depois de analisados. Projetos desse tipo, abordando somente a coleta de dados sobre biodiversidade, já renderam 446 publicações científicas e esse número tende a crescer (BONNEY et al., 2016). Inúmeros exemplos de projetos nessa categoria são disponibilizados no repositório [www.scistarter.com](http://www.scistarter.com). Um deles, inclusive no contexto da infraestrutura verde urbana, é o Urban Forest Map, que propõe a inserção da localização de árvores no mapa da cidade de São Francisco, na Califórnia, com informações adicionais do status de

saúde e da presença de frutos e flores, para auxiliar a gestão da arborização urbana (SCISTARTER, 2020).

A categoria de processamento de dados se trata da contribuição de um grande contingente de pessoas (crowdsience) classificando de maneira simples milhões de imagens obtidas de diferentes sensores (ex.: armadilhas fotográficas de fauna, imagens de satélite, imagens de colônias de bactérias sob efeito de certo antibiótico) (ZOONIVERSE, [s.d.]). Estas estratégias permitem a geração de um montante de dados exorbitante que, da maneira convencional, seria impossível de ser realizado devido ao custo, mesmo com auxílio de softwares (BONNEY et al., 2016). Outros projetos de processamento de dados utilizam da “gamificação” para atrair as pessoas para contribuir com a ciência. Alguns exemplos podem ser encontrados na plataforma Foldit (KIMURA; KINCHY, 2016), um deles é o quebra-cabeças de dobramento de proteínas para encontrar uma proteína antiviral capaz de se conectar ao coronavírus (covid-19) (FOLDIT, [s.d.]).

Combinando a coleta de dados e processamento temos o exemplo da plataforma interativa iNaturalist.org, onde pessoas registram fotografias de espécies da fauna e flora que são posicionadas geograficamente pelas coordenadas da fotografia e as espécies são classificadas por cientistas cidadãos ou cientistas profissionais (INATURALIST, [s.d.]), explorando aspectos de rede social (DICKINSON et al., 2012).

Já a ciência cidadã de currículo se integra a um processo institucional em andamento, que pode ser o caso de aplicar projetos dentro da grade curricular dos ensinos escolares fundamental e médio. Nesse caso, as iniciativas de ciência cidadã devem estar alinhadas com as bases curriculares (nacionais, estaduais ou municipais) e requerem a adesão e treinamento dos docentes. Nessa prática os estudantes desempenham o processo com o acompanhamento de docentes ou adultos responsáveis. Muitos projetos desse âmbito apresentam coleta de dados científicos e questões de pesquisa, porém com foco especial na aprendizagem e alfabetização científica (BONNEY et al., 2016). Um exemplo é um projeto de ciência cidadã proposto e realizado por um grupo de pesquisa da Universidade Federal do ABC (UFABC), no ano de 2016. O projeto foi realizado em escolas de educação básica e envolveu coletas de dados sobre biodiversidade a partir de protocolos simples, materiais de baixo custo e guias didáticos. O objetivo foi o de melhorar a percepção ambiental e a

alfabetização científica, de forma didática, buscando responder questões sobre a relação entre a arborização e benefícios à população (serviços ecossistêmicos) e à biodiversidade de aves urbanas (UFABC, 2019).

Por fim, ciência comunitária têm o enfoque em questões regionais prezando pela melhoria da gestão local. Um exemplo relevante é o monitoramento participativo na Groelândia, onde pescadores e caçadores monitoravam o aumento ou declínio das populações de animais de caça e pesca, que são recursos essenciais para a manutenção de seus modos de vida. Os dados eram enviados para um sistema de monitoramento proposto pelo governo com a finalidade de gerar dados que contribuiriam com a tomada de decisão local quanto a gestão adaptativa dos recursos (DANIELSEN et al., 2014).

Ao envolver as pessoas com atividades em campo e expô-las às dinâmicas ambientais e ao método científico de coleta sistemática de dados, a ciência cidadã contribui com a “educação científica” e educação ambiental (WALS et al., 2014). Ou como outros autores abordam, a ciência cidadã promove uma melhor alfabetização científica, além de fortalecer também as relações sociais (BROSSARD; LEWENSTEIN; BONNEY, 2005). Segundo Bonney et al. (2016), o grau de melhora da “compreensão pública da ciência” em projetos de ciência cidadã depende de isso estar no escopo como um objetivo específico. Dessa forma, diferentes níveis de engajamento por parte dos cidadãos são requeridos e esses tendem ser maiores quando os voluntários investigam questões elaboradas por eles mesmos, como no caso dos projetos co-criados (DICKINSON et al., 2012).

Quanto à contribuição da ciência cidadã no contexto das mudanças climáticas, ela ainda não é tão conhecida por falta de estudos a respeito (GROULX et al., 2017). Ainda assim, segundo Groulx et al. (2017) em revisão de 23 artigos que relacionavam esses temas, foram encontrados resultados relevantes e que indicaram que a ciência cidadã poderia reduzir o distanciamento psicológico ao tema das mudanças climáticas, que é normalmente apresentado em um “quadro global abstrato”, trazendo assim uma melhor compreensão dos seus impactos no nível local e das possíveis medidas de adaptação e mitigação.

Bremer et al. (2019) analisaram os efeitos da ciência cidadã na adaptação às mudanças climáticas em uma comunidade de Bangladesh, a partir de um processo que durou 2 anos e que monitorou diversos indicadores que poderiam ajudar a prever

a ocorrência de inundações, minimizando os danos à comunidade. Dentre os indicadores, estavam a temperatura, umidade do ar, comportamento dos sapos e moscas, florescer da mangueira, nível d'água, e direção dos ventos, para citar alguns. Alguns indicadores se mostraram não tão eficientes e foram trocados mediante a avaliação dos participantes que se reuniam periodicamente para discutir os dados e, dessa forma, faziam o controle da qualidade dos dados. Todos os voluntários receberam a capacitação e materiais necessários, como termômetros e anemômetros, para medir os indicadores que escolheram por afinidade. A partir de entrevistas com os voluntários, foi possível concluir que houve melhora na percepção dos participantes quanto as dinâmicas naturais. Além do mais, eles passaram a fazer correlações entre as condições ambientais, sendo capazes de prever as chuvas, por exemplo, e aplicarem essa previsão no planejamento do plantio de arroz. Além disso, também concluíram que alguns voluntários se tornaram referência para a comunidade, enquanto outros passaram a seguir seus conselhos e ouvir seus aprendizados no âmbito da adaptação. Os participantes ainda mostraram interesse e se mobilizaram para que os resultados fossem utilizados pelos órgãos e instituições na gestão ambiental local, porém isso não foi possível pelo curto prazo do projeto (BREMER et al, 2019).

Pela capacidade de pesquisa, caráter educacional e caráter de mobilização social, a ciência cidadã apresenta um potencial importante de compor as estratégias dos programas de financiamento climático (GROULX et al., 2017). Ela contribui com uma maior capacidade adaptativa, à medida que as pessoas se envolvem na resolução dos problemas e adquirem maior compreensão sobre eles (McKINLEY et al., 2016).

Do ponto de vista de Aceves-Bueno et al. (2015), a partir da análise de 83 estudos de caso de monitoramento ambiental com ciência cidadã, um quesito importante para a motivação e engajamento a longo prazo dos voluntários seria exatamente o uso dos resultados gerados pelos tomadores de decisões em planos e programas de gestão, assim como o desenvolvimento do capital social, que se dá pelo envolvimento entre os participantes e a relação dos mesmos com o local, gerando um sentimento de comunidade. Outros fatores que motivam o engajamento são as ferramentas tecnológicas, como plataformas online e aplicativos que possibilitam o

upload dos dados e a interação com interfaces (p. e.: WikiAves e Sistema Urubu) e os aprendizados pessoais (ACEVES-BUENO et al., 2015).

O melhor custo-benefício da utilização da ciência cidadã, em comparação com o monitoramento realizado por profissionais, é amplamente defendido por autores (ACEVES-BUENO et al., 2015; BONNEY et al., 2016; KIMURA; KINCHY, 2016; McKINLEY et al., 2016). Porém, para melhorar o engajamento do público e o alcance dos objetivos do projeto, os autores ressaltam a importância de investimentos em plataformas para armazenar e disponibilizar os resultados, em ferramentas e nos treinamentos necessários para a realização das medições (BONNEY et al., 2016; DICKINSON et al., 2012; McKINLEY et al., 2016), assim como a utilização de equipe multidisciplinar para a elaboração e implementação do projeto (McKINLEY et al., 2016).

Algumas limitações atribuídas à ciência cidadã são que os temas de pesquisa ou monitoramento precisam gerar interesse do público para terem adesão, e nem sempre isso é possível. Outra limitação é a necessidade de capacitações extensivas, de instrumentos complexos ou métodos difíceis de coleta de dados tendem a não gerar o envolvimento dos voluntários e nem os resultados esperados. Para gerar dados de qualidade é indicado que os métodos de coleta e a utilização dos instrumentos sejam simples e não requeiram habilidades e conhecimentos muito específicos (McKINLEY et al., 2016).

## 4 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

### 4.1 Monitoramento e avaliação da medida de AbE em arborização urbana

GIZ, UNEP-WCMC e FEBA (2020) sugerem 4 passos para o monitoramento e avaliação de intervenções em AbE, baseado em vasta revisão bibliográfica sobre o tema. Essas etapas são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Etapas do monitoramento e avaliação de intervenções em AbE

Etapas		Descrição
1	Desenvolver uma estrutura de resultados	O processo é iniciado com o estabelecimento dos objetivos, e esses devem responder às ameaças climáticas previstas. Em seguida para definir o caminho até o alcance dos objetivos é recomendado a confecção de uma estrutura de resultados, no caso a Teoria da Mudança (TdM). A TdM ajuda a descrever todo o processo até o impacto (objetivo final de longo prazo associado a adaptação) que se pretende atingir; passando pelos produtos, que são os resultados diretos (de curto prazo) das atividades da intervenção, e pelos resultados (de longo prazo) associados à mudanças, por exemplo, biofísicas (GIZ, 2017a; GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020).
2	Definir os indicadores e a linha de base	Com o auxílio da estrutura de resultados, é recomendado levantar uma ampla gama de indicadores de todos os tipos, sobre os principais impactos das ameaças climáticas, mas também relacionados a serviços ecossistêmicos, saúde do ecossistema, governança, capacidade adaptativa, redução do risco de desastres e co-benefícios, permitindo um cenário de mudança multidisciplinar. Destaca-se a importância de utilizar indicadores de uso comum em outros projetos, citados por bibliografias ou utilizados para medir as metas globais. Deve-se priorizar indicadores que conversem com a necessidade local ou que já estão sendo monitorados por outros programas (GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020). Os principais tipos de indicadores nesse contexto, como já abordado no item 3.9., são os indicadores de processo (medem os resultados imediatos de curto prazo) e os indicadores de resultados (medem as mudanças de médio e longo prazo, os resultados e o impacto) (DONATTI et al., 2020; GIZ, 2017a; RIZVI; VAN-RIEL; ZAKOWSKI, [s.d.]). Os indicadores de resultados auxiliam a verificar se as suposições a respeito das etapas do processo até atingir o impacto esperado são verdadeiras, ou seja, a identificar a ocorrência dos benefícios adaptativos que a intervenção propõe. Porém eles são mais complexos de medir e, para contornar esse problema, existem os indicadores de substituição mais fáceis de serem medidos, e que representam uma proximidade com a informação que se pretende levantar (p. e. usar o indicador de aumento da produção de alimentos para inferir sobre o aumento da matéria orgânica e dos nutrientes no solo) (GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020). A seleção dos melhores indicadores dentre todos levantados pode seguir a um conjunto de critérios que é apresentado por alguns autores, que são os critérios SMART, sigla em inglês para “Específico, Mensurável, Viável, Relevante e Limitado temporalmente” (GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020; RIZVI; VAN-RIEL; ZAKOWSKI, [s.d.]).

Etapas		Descrição
		A linha de base é uma descrição inicial do sistema a partir da qual é possível identificar as mudanças no processo do monitoramento (GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020; GIZ, 2017a; DONATTI et al., 2020; RIZVI; VAN-RIEL; ZAKOWSKI, [s.d.]).
3	Operacionalizar o sistema de monitoramento e avaliação	Para colocar o monitoramento em prática é necessário definir, com auxílio de uma equipe preferencialmente, um cronograma para o monitoramento, designar responsáveis para as tarefas, elaborar um orçamento e elaborar protocolos de coleta e registro dos dados (GIZ, 2017a; GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020). Depois de coletado os resultados do monitoramento vêm a fase de avaliar os dados, que segundo GIZ, UNEP-WCMC e FEBA (2020) deve ser feita de modo a proporcionar o entendimento sobre qual influência a intervenção teve na mudança, como isso ocorreu e que outros fatores foram relevantes para essa mudança. Uma forma de encontrar evidências para a avaliação é comparar com outros locais onde não houve a intervenção, por exemplo.
4	Usar e comunicar os resultados	A divulgação dos resultados não necessariamente se dá somente depois de encerrar a coleta de dados. Porém, como são mudanças de longo prazo, a tendência é que se apresentem resultados relevantes após um período considerável. Esses resultados podem ser comunicados de diferentes formas para atingir diversos públicos, sendo eles: tomadores de decisões, financiadores climáticos, comunidades e cidadãos em geral. Pode ser por meio de relatórios técnicos, plataforma online, vídeo, cartilha, relatório fotográfico entre outros. Comunicar os resultados contribui com o fortalecimento da base de evidências sobre a AbE, assim como a disseminação da importância da adaptação, ao público e aos tomadores de decisão (GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020).

Fonte: Elaboração própria

#### 4.1.1 Etapa 1: Desenvolver uma estrutura de resultados

A medida de AbE, em arborização urbana, apresenta muitas potencialidades e algumas limitações. É uma abordagem que deve estar associada a uma estratégia mais ampla de adaptação, pois ela sozinha não é eficaz contra todas as ameaças climáticas e vulnerabilidades associadas (ver item 3.4.).

As ameaças climáticas previstas para o município de Foz do Iguaçu são o aumento da ocorrência e/ou da intensidade de ciclones tropicais, acontecimentos de forte precipitação, ondas de calor e estiagem (ver item 3.7.5.). Considerando os benefícios que infraestrutura verde pode proporcionar (ver item 3.8.), assumimos que a intervenção poderia contribuir: (a) com a redução da vulnerabilidade às ondas de calor, à medida que pode reduzir o efeito das ilhas de calor, atribuindo melhor conforto térmico localmente e redução do uso de energia; (b) com a vulnerabilidade à estiagem, à medida que melhora a recarga dos aquíferos, melhorando a disponibilidade de água

e (c) com a vulnerabilidade a acontecimentos de forte precipitação, por reduzir o escoamento superficial e a vazão de pico, reduzindo o efeito das enchentes.

Logo, a intervenção tem potencial para conferir maior resiliência ao sistema ao diminuir a vulnerabilidade aos impactos das ameaças climáticas. Já quanto aos ciclones tropicais, pela escala do evento, seria mais difícil essa estratégia de adaptação em questão surtir algum efeito.

Os benefícios adaptativos, os benefícios em mitigação e os co-benefícios com que a intervenção de arborização urbana pretende contribuir são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 – Benefícios adaptativos, de mitigação e co-benefícios que a intervenção de AbE, em arborização urbana, se propõe em proporcionar

<b>Benefícios adaptativos para as ameaças climáticas</b>	<b>Benefícios em mitigação das mudanças climáticas</b>	<b>Co-benefícios</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conforto térmico e uso reduzido de energia</li> <li>• Redução do risco de inundações, vazões de pico e secas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sequestro de CO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhora da qualidade da água</li> <li>• Melhora da qualidade do ar</li> <li>• Saúde: menor exposição a doenças respiratórias, diarréicas (relacionadas à má qualidade da água) e relacionadas ao calor; melhora na saúde mental, diminuição do estresse; e melhora na saúde física, relacionada a prática de esportes</li> <li>• Oportunidades educacionais</li> <li>• Melhora na capacidade de enfrentamento individual e social</li> </ul>

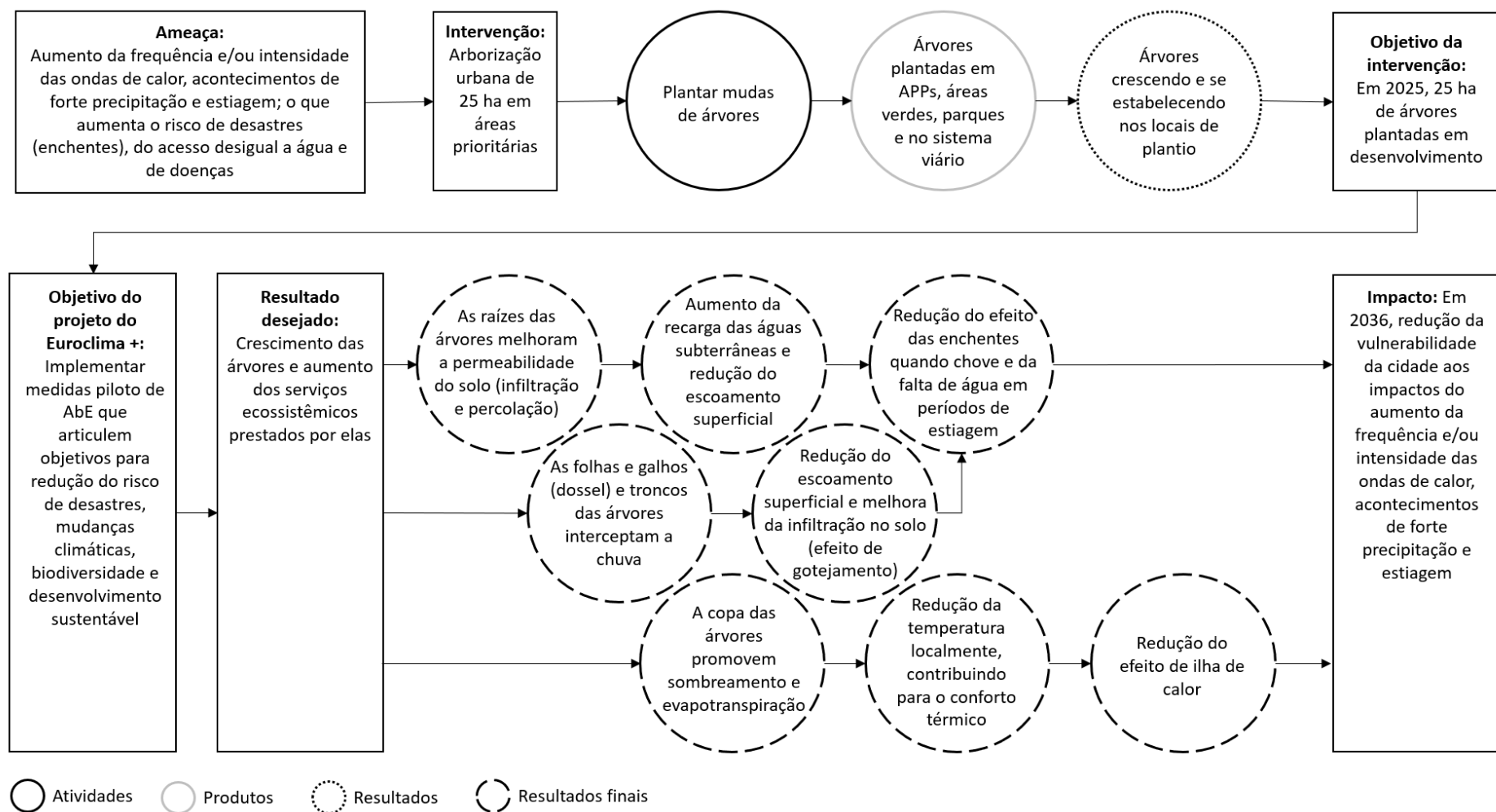
Fonte: Elaboração própria

Como visto, esses benefícios da infraestrutura verde de redução do risco de inundações, vazões de pico e secas são relevantes nas diferentes escalas de implementação. Já o benefício de conforto térmico segundo Demuzere et al. (2014) é mais relevante na escala local, devido às limitações da extensão do benefício em seus arredores. Porém em escalas mais abrangentes (parques, áreas verdes e corredores) a redução da temperatura é maior, pelo menos dentro dos limites da área, podendo servir de refúgio para as pessoas em dias quentes (BOWLER et al., 2010). Pela quantidade de hectares da implementação, estão previstas a arborização nas duas primeiras escalas espaciais (quarteirão-local, bairro-distrito), em diferentes áreas.

Para auxiliar a estruturação do sistema de monitoramento e avaliação das medidas de AbE é recomendado por diversas publicações sobre o tema a utilização do modelo da Teoria da Mudança (TdM) (DONATTI et al., 2020; GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020; McKINNON; HOLE, 2015), por se tratar de uma estrutura de resultados que indica o “caminho causal” desde os produtos até o impacto da intervenção. Tal modelo ajuda a selecionar os indicadores intermediários e os de longo prazo, permitindo avaliar o progresso em direção ao alcance dos resultados finais desejados. O modelo da TdM é recomendado para ser elaborado no início do planejamento da intervenção. Dada as incertezas (por se tratar de um processo de longo prazo) e as suposições envolvidas, na construção do modelo, é recomendado que ele seja reavaliado durante o monitoramento e alterado caso seja necessário (GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020; McKINNON; HOLE, 2015).

O caminho causal da TdM baseado no modelo de McKinnon e Hole (2015) para a implementação da medida de AbE em Foz do Iguaçu dentro do projeto “Articulando agendas globais localmente” é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Caminho causal utilizando o modelo da TdM para intervenção de AbE em arborização urbana



Fonte: Elaboração própria

#### 4.1.2 Etapa 2: Definir os indicadores e a linha de base

Existem muitos indicadores compilados para o monitoramento das medidas de AbE que são para o nível nacional (ver HAMMILL et al., 2014). Do mesmo modo são os indicadores das agendas globais (Agenda 2030, Acordo de Paris e Estrutura Sendai), das quais um exemplo de indicador é “proporção de governos locais que adotam e implementam estratégias locais de redução do risco de desastres” (GIZ, 2017b) ou “porcentagem de infraestrutura danificada após eventos extremos” (DONATTI et al., 2020).

Entretanto, no nível da intervenção em questão (arborização urbana em 25 hectares de um município) os indicadores requerem uma abordagem muito mais localizada para refletir alguma mudança, pensando na abrangência restrita de influência dos benefícios.

Nesse tipo de situação, é recomendado selecionar indicadores para cada etapa do “caminho causal” proposto por meio da TdM e ter em vista a viabilidade da medição desses indicadores (GIZ; UNEP-WCMC; FEBA, 2020). Para esta proposta foi selecionado pelo menos 1 indicador para cada via do caminho causal. Os indicadores selecionados são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 – Indicadores para o monitoramento da medida de AbE

	<b>Indicadores (tipo)</b>	<b>Unidade de medida</b>	<b>Necessidade de dados</b>	<b>Intervalo de atualização</b>	<b>Relevância para a adaptação</b>
1	Quantidade de árvores plantadas (processo)	un.	-	Apenas 2 medições (uma no início e outra no fim da <i>Fase 1</i> )	Indica o andamento do processo rumo a adaptação
2	Quantidade de espécies arbóreas (processo)	un.	-	Apenas duas medições (uma no início e outra no fim da <i>Fase 1</i> )	Indicador de biodiversidade
3	Quantidade de árvores de cada espécie (processo)	un.	-	Apenas duas medições (uma no início e outra no fim da <i>Fase 1</i> )	Indicador de biodiversidade
4	Quantidade de árvores mortas (processo)	un.	Características fitossanitárias atribuídas a uma árvore morta	A cada 3 meses no primeiro ano ( <i>Fase 1</i> ) e depois a cada 6 meses ( <i>Fase 2</i> )	Indica o andamento do processo rumo a adaptação
5	Quantidade de árvores não saudáveis (processo)	un.	Características fitossanitárias atribuídas a uma árvore não saudável	A cada 3 meses no primeiro ano ( <i>Fase 1</i> ) e depois a cada 6 meses ( <i>Fase 2</i> )	Indica o andamento do processo rumo a adaptação
6	Capacidade de interceptação de chuva de uma amostra de árvores do projeto (resultado)	L/ano	Diâmetro à altura do peito (DAP) e classificação se a árvore é: Latifoliada (L), Conífera (C) ou Palmeira (P); e ainda se ela é: Perene (P) ou Decídua (D).	1 ano ( <i>Fase 3</i> )	Mede a capacidade de retenção de água, sem que ela seja expressa em escoamento superficial imediato
7	Aumento da velocidade de infiltração básica do solo com árvore em relação ao sem árvore (resultado)	%	Valor de água infiltrada (mm) e o tempo correspondente, em local com árvore e em local sem árvore	1 ano ( <i>Fase 3</i> )	Mede a capacidade do solo de armazenar água em determinado tempo, sem que haja escoamento superficial
8	Diferença de temperatura do ar entre 'verde e cinza' (resultado)	°C	Temperatura sob as árvores e temperatura em locais próximos sem árvores	6 meses ( <i>Fase 3</i> )	Mede a influência de redução da temperatura pela ação das árvores

Fonte: Elaboração própria

Os dados necessários para a linha de base são apresentados no item seguinte.

#### 4.1.3 Etapa 3: Operacionalizar o sistema de monitoramento e avaliação

O Quadro 9 apresenta as definições que norteiam a forma de operacionalizar o sistema de monitoramento e avaliação.

Quadro 9 - Definições para o monitoramento

Definições	
Áreas de implantação	a. <u>Áreas 1 e 2</u> : referentes à escala espacial quarteirão-local (p. e.: arborização de ruas e praças); b. <u>Área 3</u> : referente a escala bairro-distrito (p. e. parque, área verde e arborização de avenidas).
Área piloto	Se refere a área 1 no primeiro ano de monitoramento das <i>Fases 2 e 3</i> do projeto de ciência cidadã. A área piloto serve para testar se os protocolos funcionam e se precisam ser modificados ou aprimorados. A partir do segundo ano das <i>Fases 2 e 3</i> , o projeto deve prever a ampliação da área monitorada.
Amostra de monitoramento	Se refere ao recorte de medições dos indicadores 6, 7 e 8. Os indivíduos dessa amostra devem ter identificação com, por exemplo, placas de alumínio, apresentando seu respectivo código (podendo ter também código do tipo QR).
Catálogo dos indivíduos arbóreos	Guia com os códigos das árvores pertencentes a amostra de monitoramento e suas respectivas informações. Esse será disponibilizado online, com possível acesso a partir do código QR. Terá informações como: espécie, coordenadas geográficas e dados da linha de base. Também constará a classificação da árvore quanto ao tipo (Latifoliada Decídua (LD), Latifoliada Perene (LP), Conífera Perene (CP) ou Palmeira Perene (PP)), o número total de árvores do projeto e a quantidade de árvores por espécie.

Fonte: Elaboração própria

##### 4.1.3.1 Metodologias para as medições dos indicadores

A seguir são apresentadas as metodologias propostas para a medição de cada indicador:

*a) Indicadores 1, 2 e 3 – Quantidade de árvores plantadas, quantidade de espécies arbóreas e quantidade de árvores de cada espécie;*

Esses indicadores serão referentes a todas as mudas plantadas pelo projeto Euroclima + nos 25 hectares previstos para a intervenção. Eles devem constar no catálogo que será elaborado.

*b) Indicadores 4 e 5 – Quantidade de árvores mortas e quantidade de árvores não saudáveis;*

Esses indicadores serão medidos simultaneamente, utilizando o protocolo do Anexo 1. A metodologia para a identificação de árvores mortas ou não saudáveis foi

baseada em guias e publicações sobre monitoramento de mudas e árvores (ver BRANCALION et al., 2013; ROMAN et al., 2020; VOGT; FISCHER, 2014; VOGT et al., 2014).

Todas as árvores das áreas serão analisadas.

*c) Indicador 6 – Capacidade de interceptação de chuva de uma amostra de árvores do projeto;*

Para obter o valor correspondente a este indicador serão utilizados os dados encontrados por Xiao e McPherson (2002), que adotaram um modelo de balanço de massa e energia para quantificar a interceptação de chuva das árvores urbanas no município de Santa Mônica na Califórnia.

Xiao e McPherson (2002) apresentam resultados do volume de água (L) interceptada anualmente por tipo de árvore, de acordo com o respectivo diâmetro à altura do peito (DAP). Para as árvores do tipo palmeira o volume interceptado é calculado em função da altura.

Os tipos de árvores estudados pelos referidos autores foram as latifoliadas (folhas grandes) perenes, latifoliadas decíduas, palmeiras perenes e coníferas perenes. As árvores de folhas grandes e perenes, juntamente com as coníferas, foram as que apresentaram maior capacidade de interceptação, segundo tal estudo. Considerando tal informação, para a proposta aqui apresentada, faz sentido focar no plantio de espécies latifoliadas perenes e coníferas, mas é interessante plantar alguns indivíduos dos outros tipos também para fins educacionais.

Em Xiao e McPherson (2002) foram analisadas as árvores das ruas (equivalente a 87% das árvores estudadas) e dos parques de Santa Mônica (equivalente a 13% das árvores estudadas), a partir da lista de árvores das ruas da cidade (SANTA MONICA, 2005), disponibilizada no site da prefeitura, foi possível encontrar espécies que, teoricamente, o estudo abarcou. Dentre essas, algumas são consagradas para a arborização urbana e outras indicadas para a arborização de áreas que não sejam no passeio público, no Brasil, segundo a Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente de São Paulo (SMVM, 2020). Foram então selecionadas essas espécies e dentre elas foram excluídas, ainda, espécies citadas como não indicadas para a arborização pelo “Manual para elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana” do Paraná (MPPR, 2018). Essa seleção resultou em uma lista de espécies que está no Anexo 5 e ela abre a possibilidade de que o monitoramento

de interceptação de chuva seja mais próximo aos resultados encontrados por Xiao e McPherson (2002). Por isso essas espécies (Anexo 5) devem compor o recorte de medição deste indicador. Quanto as coníferas assumem-se, a partir da lista Santa Monica (2005), que uma das espécies de coníferas que o estudo analisou foi a *Araucaria araucana* do mesmo gênero a *Araucaria angustifolia*, nativa da Mata Atlântica na região do Paraná (EMBRAPA, 1993), então esta poderá compor a amostra de monitoramento também.

Os resultados sobre interceptação de chuva em Xiao e McPherson (2002) são apresentados multiplicados às respectivas quantidades de árvores (por tipo) no município analisado. Para obter um quadro com a interceptação de chuva por tipo de árvore unitária, foram feitas as devidas divisões pelos números de árvores (por tipo). Esse quadro compõe o protocolo de medição do indicador no Anexo 2.

Para encontrar o valor desse indicador é necessário medir a circunferência do tronco à altura do peito (CAP) de todas as árvores da amostra de monitoramento. Em seguida, calcula-se o diâmetro à altura do peito (DAP) e por fim basta encontrar o tipo de árvore no catálogo. Com essas informações, consulta-se o Quadro 1 do Anexo 2 para obter a interceptação de chuva (L/ano) da árvore.

Finalmente, o valor do indicador será a soma das interceptações calculadas para cada árvore do recorte de medição do indicador.

*d) Indicador 7 – Aumento da velocidade de infiltração básica do solo com árvore em relação ao sem árvore;*

A metodologia proposta para esse indicador toma como base a utilizada por Zadeh e Sepaskhah (2016) que mediram a influência das raízes das árvores na infiltração do solo em três áreas verdes de um campus universitário no Irã. Para a medição, eles utilizaram os infiltrômetros de anéis e coeficientes de cinco modelos de infiltração, que foram calculados com auxílio de um software. Neste caso, será utilizado um método de cálculo manual, conforme Souza et al. (2018) (Anexo 3).

Todos os infiltrômetros de anéis que serão utilizados para as medições deverão ser produzidos no mesmo padrão, ou adquiridos pelo mesmo fabricante para possibilitar as comparações.

Em Zadeh e Sepaskhah (2016) cada teste foi feito em duplicata, posicionando dois anéis de cada lado de uma árvore (a 50 cm do tronco) e dois anéis entre as árvores (fora dos limites das copas). Por se tratar de árvores jovens será adotado uma

distância menor, do tronco, para as medições, de 5 cm (no estudo do Irã as árvores tinham de 30 a 40 anos de idade). A medição será também realizada em duplicata para fins de comparação.

O indicador diz respeito à medição da velocidade de infiltração básica (VIB) do solo ou também conhecida como taxa de infiltração estável, que é a velocidade de infiltração quando ela se torna constante após um tempo de infiltração. A VIB não é influenciada pela quantidade de umidade presente no solo no momento da medição. A umidade alta no solo somente ocasiona uma menor velocidade de infiltração inicial em relação ao solo seco, porém nessas duas condições do solo (seco ou úmido) a mesma VIB é alcançada e sem diferença no tempo de medição (CARVALHO; SILVA, 2006; ZADEH; SEPASKHAH, 2016). Como os dois locais das medições (sob a árvore e entre as árvores) serão próximos, o tipo de solo será o mesmo, sendo possível a comparação entre as respectivas VIBs encontradas. E o valor do indicador será a porcentagem do aumento da VIB do solo com árvore em relação ao sem árvore.

Esse indicador será medido sempre na mesma árvore de cada área, para ser possível comparar a evolução com o tempo. Como a mudança é observada somente no longo prazo, bastará uma medição por ano.

Tendo em vista que o infiltrômetro de anel ocupa uma área de 0,25 m<sup>2</sup>, esse indicador necessita de área não impermeabilizada suficiente para a colocação dos anéis, tanto embaixo da copa das árvores (dos dois lados) quanto em área próxima.

Não há uma duração padrão para a coleta do dado por meio do método do infiltrômetro de anel. Alguns períodos de medição de trabalhos, encontrados, que utilizaram esse método variam entre 105-195 minutos, com uma média entorno de 145 minutos (ver CARVALHO, 2017; COSTA et al., 1999; FAGUNDES; KOETZ; RUDEL, 2012; FRITZEN et al., 2017; NUNES; SILVEIRA; NUNES, 2012; PEREIRA et al., 2015; SOUZA et al., 2018). Diante disso, será necessário realizar o teste nas áreas de implantação para ter noção da duração deste método nas condições locais. E a partir disso avaliar se será possível que os estudantes façam a medição completa ou somente parcial. No caso da medição parcial outros parceiros podem assumir a medição em algum momento, da aplicação do método, e os dados coletados podem ser enviados para os professores para serem trabalhados em sala de aula depois.

Devido ao tempo longo das medições, recomenda-se que elas sejam feitas nos 4 pontos concomitantemente. A simplicidade do teste e o baixo custo associado aos materiais necessários possibilitam isso.

Neste indicador optou-se por fazer o comparativo entre área com árvore e sem árvore para demonstrar de forma didática o progresso do real benefício em infiltração no solo. Porém, a evolução da velocidade de infiltração no solo, com a árvore que será monitorada, também poderá ser identificada a partir dos dados da linha de base.

*e) Indicador 8 – Diferença de temperatura do ar entre 'verde e cinza'.*

A medição desse indicador será uma adaptação da metodologia utilizada por Chen e Wong (2006) que mediram o benefício térmico de dois parques de Cingapura. Os autores utilizaram sensores de temperatura (faixa de operação -20 °C a +70 °C), presos em árvores dentro dos parques e no beiral de telhados nas áreas do entorno dos parques. As medições registraram as temperaturas a cada 5 minutos por um mês no início do ano e um mês no meio do ano.

Para a presente proposta, sugere-se a utilização de um Termo-Higrômetro para a medição da temperatura do ar, com faixa de operação -20 °C a +70 °C e resolução 0,1 °C.

As medições de temperatura serão em 6 pontos, sendo 3 sob a copa das árvores (nas áreas verdes) e 3 nas proximidades (nas áreas cinzas), a pleno sol, e devem ser medidas a uma altura de 1,3 m do solo (como em Labaki et al., 2011). Os pontos de medição de temperatura a pleno sol serão separados por distâncias de aproximadamente 50 metros e seguindo uma linha reta. Serão feitas 10 medições em cada ponto utilizando o protocolo do Anexo 4. Os intervalos de medição de cada ponto devem ser de 5 minutos. O trajeto escolhido para as medições deverá priorizar que os 'pontos verdes' sejam sob as árvores latifoliadas perenes.

Depois das medições das temperaturas em cada ponto devem ser realizadas as médias das temperaturas nos pontos sob as árvores e nos pontos nas proximidades. Por fim, a diferença entre essas médias será o valor do indicador.

O intuito do indicador é mensurar a evolução do benefício térmico. Para isso, ele será medido 8 vezes no ano, sendo 4 vezes no outono/inverno e 4 vezes no verão (1 vez a cada 7 dias durante 30 dias, nos meses de junho e entre novembro e

dezembro, seguindo o período letivo), isso em horário padrão, matutino ou vespertino, entre as 8h e as 15h (como em Labaki et al., 2011).

O valor do indicador no outono/inverno e no verão deverá ser uma média entre as respectivas medições, excluindo as medições que porventura estiverem muito discrepantes (outliers) em decorrência de eventos extremos na estação.

Este indicador, assim como o indicador 7, é um comparativo entre área verde e cinza para medir o benefício, que nesse caso é em conforto térmico. A melhora desse benefício pode ser avaliada também no decorrer do tempo.

*f) Resumo das metodologias de medição dos indicadores.*

O Quadro 10 resume o item 4.1.3.1 e especifica alguns detalhes adicionais.

Quadro 10 – Resumo das metodologias de medição dos indicadores

	<b>Indicadores</b>	<b>Descrição</b>	<b>Recorte de medição</b>	<b>Informações do indicador</b>
1	Quantidade de árvores plantadas	Deverá ser feita uma contagem total e separada por espécie	Todas as árvores	Número total de árvores, número de espécies e número de árvores por espécie
2	Quantidade de espécies arbóreas			
3	Quantidade de árvores de cada espécie			
4	Quantidade de árvores mortas	Deverá ser aplicado o protocolo dos indicadores (Anexo 1)	Todas as árvores	Diagnóstico geral da saúde das árvores, quantidade de árvores não saudáveis e mortas. Assim como os respectivos gráficos do protocolo
5	Quantidade de árvores não saudáveis			
6	Capacidade de interceptação de chuva de uma amostra de árvores do projeto	Deverá ser aplicado o protocolo do indicador (Anexo 2)	Árvores das espécies contidas no Anexo 5 (no mínimo 5 espécies e 3 indivíduos de cada) e as da espécie <i>Araucaria angustifolia</i> (3 indivíduos), onde for possível o seu plantio.	Capacidade de interceptação de cada árvore do recorte de medição e soma da interceptação de todas as árvores do recorte
7	Aumento da velocidade de infiltração básica do solo com árvore em relação ao sem árvore	Deverá ser aplicado o protocolo do indicador (Anexo 3)	5 árvores da mesma espécie em locais próximos. Onde um ponto de medição é sob uma dessas árvores e um ponto entre as árvores fora da influência das raízes. Esse recorte é para se caso alguma árvore morra, aí o monitoramento possa continuar com outra.	Velocidade de infiltração básica (VIB) no solo abaixo da árvore e aumento da VIB do solo com árvore em relação ao sem árvore (%)

	<b>Indicadores</b>	<b>Descrição</b>	<b>Recorte de medição</b>	<b>Informações do indicador</b>
8	Diferença de temperatura do ar entre 'verde e cinza'	Deverá ser aplicado o protocolo do indicador (Anexo 4)	3 pontos embaixo das árvores e 3 pontos nas proximidades, determinados com suas respectivas coordenadas geográficas	Temperatura média dentro da área 'verde' e diferença de temperatura entre 'verde e cinza'

Fonte: Elaboração própria

As árvores que pertencerem aos “recortes de medição”, dos indicadores, devem estar identificadas quanto ao indicador que se refere, no catálogo. Isso para que seja possível identificá-las no processo do monitoramento.

#### 4.1.3.2 Linha de base

Com objetivo de avaliar as ações do projeto, a linha de base dos indicadores de 1 a 3 é correspondente a zero árvores plantadas de zero espécies, com zero indivíduos por espécie. A partir da implantação do projeto, essas quantidades mudam, passando a representar os ganhos do projeto. Quanto aos indicadores 4 e 5 não há informações para a linha de base, à medida que ainda não existirá árvores para serem analisadas quanto a mortalidade e o estado de saúde.

Em relação aos indicadores 6 e 7 a linha de base seria a interceptação de chuva igual a zero (indicador 6), já que não há árvores, e a velocidade de infiltração da água no solo nos locais de plantio (indicador 7), sendo um valor médio. Depois da implementação da arborização será possível apresentar valores de interceptação (coletados pelos estudantes) referentes a uma amostra da arborização e dados de infiltração nos locais de plantio, que poderão ser comparados com a linha de base. Quanto ao indicador 8 não teria dado de linha de base pois a comparação com uma temperatura anterior a implantação seria arbitrária, por isso o indicador diz respeito apenas a comparação das temperaturas dos locais arborizados e não arborizados (pleno sol) nas mesmas condições (mesmo dia, horário, pontos de medição, metodologia etc.)

#### 4.1.3.3 Cronograma e responsáveis

A duração do projeto de monitoramento será de 15 anos, dividida em 3 fases. Ou seja, de 2021 até 2036.

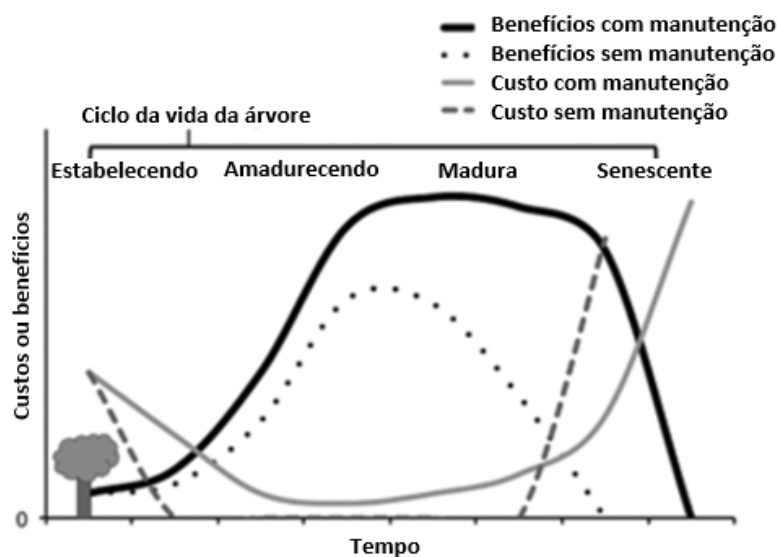
Segundo Brancalion et al. (2013), o primeiro ano de uma muda de árvore é o mais crítico para a sua sobrevivência. Assim os autores recomendam o

monitoramento dos indicadores 4 e 5 a cada 3 meses. Já do primeiro ano da muda até o seu quarto ano a frequência do monitoramento pode ser alterada para 6 meses. A partir do quarto ano seria adequado monitorar indicadores que expressem o sucesso da intervenção.

Por esse motivo, propõe-se medir os indicadores de resultado somente na *Fase 3* pois os benefícios talvez ainda não seriam expressivos antes disso. Na *Fase 1* e na *Fase 2* foi escolhido medir indicadores relacionados à saúde das árvores, por ser um período mais sensível, no qual elas requerem maiores cuidados. Tal monitoramento possibilitará a tomada de medidas por parte dos agentes responsáveis pelo manejo das mudas.

Isso pode ser ilustrado também pela Figura 3, que apresenta um gráfico dos custos e benefícios das árvores ao longo do tempo:

Figura 3 – Custos e benefícios das árvores em seus ciclos de vida



Fonte: Hauer (2015)

As fases do cronograma são apresentadas a seguir:

a) *Fase 1 – de 2021 a 2022;*

Será feita a implementação da medida de AbE no início do ano de 2021, pela equipe do projeto Euroclima +. Para essa implementação sugere-se a definição de um DAP para as mudas com o intuito de minimizar a perda dessas em seus primeiros anos de desenvolvimento, ou seja, escolhendo mudas mais robustas. Além disso, a escolha das espécies e dos locais adequados para o plantio é importante para evitar

possíveis problemas associados à arborização urbana (ver item 3.8) que podem resultar em perdas materiais (p. e.: calçadas quebradas e danos à tubulações e fiações) e perigo às pessoas (queda de árvores), tendo em vista a ameaça climática de ciclones tropicais e a possível ocorrência de ventos fortes no município (ver item 3.7.5). Para o planejamento desta implementação é imprescindível uma equipe multidisciplinar (composta por exemplo por biólogos e arquitetos urbanistas).

A equipe do projeto Euroclima + será responsável por coletar os dados que comporão a linha de base dos indicadores selecionados, por medir os indicadores 1, 2 e 3 e elaborar o catálogo com as informações apresentadas no Quadro 9.

Durante o ano a equipe também fará o monitoramento dos indicadores 4 e 5 nas áreas a cada 3 meses e inserirá os dados do monitoramento no catálogo. À medida que forem sendo identificadas mudas mortas elas deverão ser substituídas, utilizando as articulações e parcerias já estabelecidas para a implantação. Assim, ao final desta fase será medido e registrado novamente os indicadores 1, 2 e 3.

Nesse período também será feito: a articulação com a secretaria de educação estadual e com as escolas; o treinamento para a aplicação dos protocolos com os professores inscritos no projeto; a aquisição dos equipamentos necessários; o site, e as definições de como os dados serão armazenados e acessados; e as demais atividades que envolvem a infraestrutura necessária para o andamento do projeto.

*b) Fase 2 – de 2022 a 2025;*

Os estudantes, professores e outros parceiros do projeto de ciência cidadã visitarão as áreas de implantação para monitorar os indicadores 4 e 5 uma vez por semestre. No primeiro ano desta fase serão monitoradas as árvores da área piloto, onde será testada a aplicação do protocolo do Anexo 1, referente a medição dos indicadores 4 e 5. A área piloto é da escala quarteirão-local, sugere-se que essa experiência seja feita apenas com uma escola e uma turma, de no mínimo 20 estudantes, para que todas as árvores sejam analisadas. Também é importante a presença de pelo menos 1 adulto responsável para cada grupos de 5 estudantes, esses divididos entre docentes e outros parceiros para orientar e acompanhar as atividades. O monitoramento desses indicadores leva em torno de 1 hora para a coleta dos dados em campo.

Após as coletas os estudantes realizariam em sala de aula a atividade proposta pelo protocolo (Anexo 1), que se trata da compilação dos dados e confecção de gráficos.

A partir de uma avaliação desta primeira experiência serão feitos os devidos ajustes para ampliação do monitoramento, no ano seguinte, para as demais áreas de implantação. Podendo ampliar o número de turmas e escolas participantes do projeto, assim como de idas a campo, caso o número de turmas exceda o número de áreas. Neste caso, mais de uma turma poderá monitorar a mesma área, de forma intercalada, em outros períodos do ano.

*c) Fase 3 – de 2025 a 2036.*

Os estudantes e professores do projeto de ciência cidadã aplicarão os protocolos de coleta dos indicadores 6 e 7 nas áreas de implantação uma vez por ano e do indicador 8 duas vezes por ano.

Nesta fase, assim como na anterior, o primeiro ano do monitoramento será feito na área piloto com uma turma de pelo menos 20 estudantes, testando os protocolos propostos. A partir da devida avaliação da experiência será proposta a ampliação do monitoramento para as demais áreas com mais turmas e até mais escolas. Sendo que cada turma pode ficar responsável por medir um indicador ou todos os indicadores, em uma determinada área. Adicionalmente, seria importante a presença de professor(a) de matemática e/ou de ciências, responsável por trabalhar com os alunos as coletas de dados, para cada 5 estudantes.

O indicador 6 abrange no máximo um recorte de medição de 18 indivíduos arbóreos, uma turma dividida em grupos de dois estudantes é capaz de medir, cada dupla, todas as árvores envolvidas em pelo menos 1 hora. Esse período pode envolver a realização, em campo, dos devidos cálculos do protocolo ou isso poderá ser feito em sala de aula. Depois que todos os grupos chegarem a um resultado final do indicador, eles devem ser expostos e avaliados. Sendo que o valor correto provavelmente será o que a maioria dos grupos deve encontrar.

Já o indicador 7 demora algumas horas para ser medido e requer pelo menos um grupo de 5 estudantes para cada teste do infiltrômetro de anel. Logo requer um total de 20 estudantes, pois o indicador será medido em duplicata (4 testes do infiltrômetro, 2 sob a árvore e 2 entre as árvores). Neste indicador é importante os

cálculos do protocolo serem feitos juntos a medição e em sala os resultados devem ser avaliados.

Quanto ao indicador 8, ele requer 55 minutos para a obtenção dos dados e um grupo de 6 estudantes divididos em 3 duplas (dupla A, B e C). Essas duplas devem percorrer sucessivamente dos pontos 1 ao 6 coletando as temperaturas nos instantes determinados, como descrito no Anexo 4. Depois, em sala de aula, o grupo de 6 estudantes devem juntar os dados e calcular o indicador. Os resultados do indicador que outros grupos também tenham encontrado, caso ele seja realizado em duplicata ou triplicata, por exemplo, podem ser comparados e avaliados.

A coleta para os indicadores 6 e 8 poderia até coincidir em uma mesma ida a campo, pelo menos em uma das medições do indicador 8. Sendo que posteriormente em sala de aula, os grupos de estudantes que mediram cada indicador poderiam expor para o resto da turma as metodologias aplicadas para as medições e os resultados obtidos, possibilitando uma discussão e avaliação conjunta dos resultados.

O Quadro 11 traz um resumo sobre as demandas e restrições dos indicadores da Fase 3.

Quadro 11 – Resumo sobre as demandas e restrições dos indicadores

	<b>Indicadores</b>	<b>Restrições para a medição</b>	<b>Nº de estudantes para a medição</b>	<b>Duração da medição (aproximada)</b>
6	Capacidade de interceptação de chuva de uma amostra de árvores do projeto	Não tem	2	60 minutos
7	Aumento da velocidade de infiltração básica do solo com árvore em relação ao sem árvore	Não tem	20	Em média 145 minutos
8	Diferença de temperatura do ar entre 'verde e cinza'	Precisa ser feita em pleno sol (dia sem nuvens) em um horário fixo a ser determinado, das 8h às 15h	6	55 minutos

Fonte: Elaboração própria

Com o intuito de viabilizar esse processo de monitoramento, segundo Moutinho (2020)<sup>8</sup> é importante pensar formas de engajar e motivar os professores, principalmente, e os estudantes para manter o projeto de ciência cidadã e evitar evasões relevantes que podem acontecer, com o tempo, comprometendo o andamento deste.

#### 4.1.4 Etapa 4: Usar e comunicar os resultados

Os dados coletados pelos estudantes, das escolas participantes do projeto de ciência cidadã, serão trabalhados em sala de aula e devem resultar em valores dos respectivos indicadores. Isso com auxílio dos protocolos de medição e de professores de matemática e de ciências, mediante a capacitação desses para tal. Com o objetivo de trabalhar as habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) referentes a matemática e suas tecnologias e ciências da natureza.

Os professores, ainda, serão instruídos para que possam inserir esses resultados em uma base de dados, que poderá ser um Google Drive do projeto, por exemplo. E esses uploads dos dados seriam realizados ao fim de cada semestre, antes das férias escolares do meio do ano e do final do ano.

Esses resultados serão acessados por quem irá trabalhar com os dados, fazer o acompanhamento de longo prazo do projeto, demonstrar por meio de relatórios se as ações implementadas estão fazendo o efeito desejado e conferir a consistência dos dados. Esse ator deverá ser um parceiro (universidade, centro de pesquisa ou instituição afim) ou alguém contratado para tal, como uma consultoria (se não houver parceiros acadêmicos que façam essa função no projeto). A periodicidade da geração de relatórios por parte deste ator será anual e eles devem conter o progresso de todos os indicadores e as devidas avaliações, assim como avaliações sobre o andamento do projeto de ciência cidadã. Esses relatórios devem ser enviados aos financiadores e demais parceiros do projeto (governo do estado, prefeitura, professores e estudantes).

Com o objetivo de disponibilizar os resultados de um modo mais acessível para todos os públicos, o projeto deverá ter um site. O conteúdo do site será o apresentado pelo Quadro 12, e deverá ser atualizado anualmente (no final do ano), pelos mesmos atores que realizarão os relatórios.

---

<sup>8</sup> Moutinho, F. H. (Coordenador do projeto de ciência cidadã "Córregos do Aricanduva". Comunicação pessoal, 2020).

Quadro 12 – Informações disponibilizadas no site e modos de apresentação

<b>Informação</b>	<b>Apresentação</b>	<b>Sazonalidade upload de novas informações</b>
Mapa das áreas de implantação	Uma janela com o Google Maps e as respectivas localizações e shapes das áreas de implantação	Somente uma atualização
Catálogo	Em uma das abas do site e disponível para download	Somente uma atualização, ao final da Fase 1
Quantidade de árvores plantadas	Em um painel e no catálogo	
Quantidade de espécies arbóreas e quantidades de cada espécie		
Quantidade de árvores mortas	Painel com o número atualizado e gráficos da quantidade de árvores mortas e sobre o estado de saúde, para cada upload de nova informação	Fase 2, a cada 6 meses (no meio e no fim do ano)
Quantidade de árvores não saudáveis		
Capacidade de interceptação de chuva de uma amostra de árvores do projeto	Gráfico mostrando a evolução a cada upload de nova informação	Fase 3, a cada 1 ano (ao final do ano)
Diferença entre a velocidade de infiltração no solo com árvore e sem árvore (*)		
Diferença de temperatura do ar entre 'verde e cinza'		
Fotos dos alunos trabalhando no projeto, mediante a autorização de uso da imagem deles	Galeria de fotos	Fases 2 e 3, a cada 1 ano (ao final do ano)

Nota: (\*) incluindo os dados iniciais da linha de base

Fonte: Elaboração própria

Exemplos de site e página web simples que trazem resultados de monitoramento, respectivamente, são o do projeto de ciência cidadã “Observando Rios” da SOS Mata Atlântica, disponível em: <https://www.sosma.org.br/iniciativa/observando-os-rios/#aba3> e o do projeto “Córregos Aricanduva”, em São Paulo, disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/aricanduva/cadesa/f/index.php?p=68841>. O site do projeto em questão poderá ser criado com auxílio da universidade ou por meio de contratação pelo serviço e é preciso que os atores responsáveis pelo upload de informações no site sejam capacitados para tal.

O site também é um bom veículo para a comunicação do projeto com o público externo. Sendo esta comunicação importante para haver a divulgação do projeto e estimular outras iniciativas semelhantes.

## 4.2 Monitoramento com utilização da Ciência cidadã

Essa proposta de monitoramento é voltada para o envolvimento de estudantes e professores das escolas públicas, porém essa proposta pode ser facilmente adaptada para ser aplicada em escolas particulares também. Em projetos de ciência cidadã de currículo, como os realizados nas escolas de ensino básico, é essencial o foco na aprendizagem dos estudantes (ver item 3.10.). Por isso devem estar integrados aos objetivos e habilidades determinadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018).

Também prezando pela qualidade dos dados coletados no monitoramento é necessário que os estudantes já detenham certas habilidades para aplicar os protocolos. Logo, as principais habilidades que os estudantes já devem ter são apresentadas no Quadro 13, de acordo com o ano.

Quadro 13 – Habilidades BNCC requeridas para o monitoramento

Unidades temáticas	Objetos de conhecimento	Habilidades
<b>Matemática – 7º ano</b>		
Grandezas e medidas	Problemas envolvendo medições	<b>(EF07MA29)</b> Resolver e elaborar problemas que envolvam medidas de grandezas inseridos em contextos oriundos de situações cotidianas ou de outras áreas do conhecimento, reconhecendo que toda medida empírica é aproximada.
Probabilidade e estatística	Leitura e interpretação de tabelas e gráficos (de colunas ou barras simples ou múltiplas) referentes a variáveis categóricas e variáveis numéricas	<b>(EF06MA32)</b> Interpretar e resolver situações que envolvam dados de pesquisas sobre contextos ambientais, sustentabilidade, trânsito, consumo responsável, entre outros, apresentadas pela mídia em tabelas e em diferentes tipos de gráficos e redigir textos escritos com o objetivo de sintetizar conclusões.
	Coleta de dados, organização e registro; Construção de diferentes tipos de gráficos para representá-los e interpretação das informações	<b>(EF06MA33)</b> Planejar e coletar dados de pesquisa referente a práticas sociais escolhidas pelos alunos e fazer uso de planilhas eletrônicas para registro, representação e interpretação das informações, em tabelas, vários tipos de gráficos e texto.
<b>Ciências – 7º ano</b>		
Matéria e energia	Formas de propagação do calor	<b>(EF07CI02)</b> Diferenciar temperatura, calor e sensação térmica nas diferentes situações de equilíbrio termodinâmico cotidianas.

Unidades temáticas	Objetos de conhecimento	Habilidades
<b>Matemática – 8º ano</b>		
Grandezas e medidas	Área do círculo e comprimento de sua circunferência	<b>(EF08MA19)</b> Resolver e elaborar problemas que envolvam medidas de área de figuras geométricas, utilizando expressões de cálculo de área (quadriláteros, triângulos e círculos), em situações como determinar medida de terrenos.

Fonte: adaptado de Brasil (2018)

Dessa maneira, propõe-se trabalhar o monitoramento com os estudantes de ensino médio, não somente devido a estes já terem as habilidades necessárias adquiridas nos anos anteriores, quanto pelo fato das atividades previstas no monitoramento poderem contribuir, direta ou indiretamente, com as habilidades que deverão ser consolidadas durante o ensino médio (Quadro 14).

Devido a escolha de trabalhar com os estudantes do ensino médio as escolas que participarão do projeto serão escolas estaduais que tenham ensino médio.

Quadro 14 – Habilidades BNCC que o monitoramento pode contribuir de forma direta (D) ou através de atividade didática relacionada (A)

Unidades temáticas	Objetos de conhecimento	Habilidades	Contribuição
<b>Matemática e suas tecnologias - Ensino médio</b>			
Competência específica 2	Propor ou participar de ações para investigar desafios do mundo contemporâneo e tomar decisões éticas e socialmente responsáveis, com base na análise de problemas sociais, como os voltados a situações de saúde, sustentabilidade, das implicações da tecnologia no mundo do trabalho, entre outros, mobilizando e articulando conceitos, procedimentos e linguagens próprios da Matemática.	<b>(EM13MAT202)</b> Planejar e executar pesquisa amostral sobre questões relevantes, usando dados coletados diretamente ou em diferentes fontes, e comunicar os resultados por meio de relatório contendo gráficos e interpretação das medidas de tendência central e das medidas de dispersão (amplitude e desvio padrão), utilizando ou não recursos tecnológicos.	D
<b>Ciências da natureza - Ensino médio</b>			
Competência específica 1	Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos	<b>(EM13CNT105)</b> Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.	D

Unidades temáticas	Objetos de conhecimento	Habilidades	Contribuição
	socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.		
Competência específica 2	Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.	<b>(EM13CNT203)</b> Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).	A
		<b>(EM13CNT205)</b> Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.	D
		<b>(EM13CNT206)</b> Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.	D
Competência específica 3	Analisar e avaliar criticamente as relações de diferentes grupos, povos e sociedades com a natureza (produção, distribuição e consumo) e seus impactos econômicos e socioambientais, com vistas à proposição de alternativas que respeitem e promovam a consciência, a ética socioambiental e o consumo	<b>(EM13CHS305)</b> Analisar e discutir o papel e as competências legais dos organismos nacionais e internacionais de regulação, controle e fiscalização ambiental e dos acordos internacionais para a promoção e a garantia de práticas ambientais sustentáveis.	A
		<b>(EM13CNT310)</b> Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais	A

Unidades temáticas	Objetos de conhecimento	Habilidades	Contribuição
	responsável em âmbito local, regional, nacional e global.	serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.	

Fonte: adaptado de Brasil (2018)

De forma integral, o monitoramento pode contribuir diretamente com a habilidade EM13MAT202 da área do conhecimento em matemática e suas tecnologias. Nessa linha ainda, o monitoramento também está diretamente relacionado com as habilidades EM13CNT205 e EM13CNT206 e, por meio de discussões e atividades complementares com os dados coletados, essa contribuição pode ser potencializada.

Da mesma forma, a habilidade EM13CNT105, que diz respeito aos ciclos biogeoquímicos, também pode ser potencializada por atividades complementares e contextualização teórica. Mas essa já está relacionada diretamente aos monitoramentos da infiltração e interceptação de chuva, que são etapas do ciclo da água. Pode ser fomentado pelos docentes o debate sobre a influência humana nesse ciclo e o papel das árvores. Da mesma maneira que no monitoramento sobre a saúde das árvores, é possível trabalhar a ciclagem de nutrientes e o ciclo do carbono.

Para a habilidade EM13CHS305, é possível trabalhar com os estudantes, por exemplo, os ODS da ONU e como a arborização está integrada a esses objetivos, em termos de ação climática (em adaptação e mitigação). Também pode ser feita a contextualização do monitoramento da medida implementada, que faz parte de uma ação local para o cumprimento de metas globais relacionadas com desenvolvimento sustentável, adaptação climática e redução do risco de desastres.

Dentro da discussão do desenvolvimento da habilidade EM13CNT310 é possível trazer a arborização e outras práticas ‘verdes’ urbanas como infraestrutura da cidade, pontuando que essas também prestam serviços ecossistêmicos à comunidade na promoção de qualidade de vida e saúde para as pessoas.

As atividades didáticas devem ser elaboradas por equipe multidisciplinar com a participação ativa dos professores das escolas envolvidas no projeto. Devem ser previstas formas de avaliar o aprendizado dos estudantes como, por exemplo, por meio da aplicação de questionários pré e pós atividades.

A seguir, são apresentados dois exemplos de projetos em ciência cidadã que possuem características que os aproxima da presente proposta. Algumas das atividades ou protocolos de coleta de dados adotados em tais projetos podem vir a compor a estrutura do projeto da proposta aqui apresentada.

#### 4.2.1. Exemplos para as atividades didáticas

##### 4.2.1.1 Metodologias ativas no ensino de ciências para formação de um sujeito ecológico

Esse projeto de ciência cidadã é produto de um mestrado em ensino básico da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Bauru no qual foram desenvolvidas 26 atividades com os estudantes do 7º ano, durante 9 meses, no ano de 2019. Seus resultados, medidos por atividades diagnósticas e prognósticas, foram avaliados como positivos para o desenvolvimento do sujeito ecológico (OLIVEIRA, 2020).

Oliveira cita Carvalho<sup>9</sup> que define o sujeito ecológico da seguinte maneira:

Sujeito ecológico é um modo de ser e viver utópico, mas tão necessário para os dias atuais. É pensar e refletir para atuar melhor na sociedade, transformando-se em atores que possam reivindicar maior prudência, responsabilidade e participação nas decisões socioambientais, valorando a qualidade de vida das pessoas a nível local e global (CARVALHO, 2011, p.65 apud OLIVEIRA, 2020, p. 23).

O projeto em questão foi desenvolvido em uma Escola Estadual de Educação Fundamental – Anos Finais e Ensino Médio de um município do interior de São Paulo, com aproximadamente 5000 habitantes.

Uma das atividades promovidas pelo projeto foi intitulada: “Identificando e reconhecendo os problemas ambientais presentes na cidade”. Nessa atividade os estudantes registraram, em fotos, os impactos ambientais que encontraram pela cidade. Também gravaram vídeos e realizaram entrevistas com os moradores mais antigos da cidade, com questionários que os próprios estudantes elaboraram

---

<sup>9</sup> CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. São Paulo: Cortez, 5ª ed., 2011.

conjuntamente. O objetivo da atividade era identificar os impactos das alterações antrópicas no meio e de possíveis desastres. Como produto foi confeccionado um “Mural de fatos e notícias”.

Na atividade seguinte os estudantes elaboraram juntos um relatório com os resultados das entrevistas. Nas entrevistas eles investigaram as mudanças no ambiente da cidade que os moradores presenciaram e os impactos que essas mudanças causam hoje. Então, no relatório apresentaram as informações obtidas e avaliaram os possíveis impactos de desastres associados a catástrofes naturais no município.

Para o projeto de monitoramento com ciência cidadã essas atividades também poderiam ser reproduzidas com algumas adaptações. Por exemplo, os estudantes poderiam fazer um levantamento das vulnerabilidades do município frente a eventos climáticos extremos como forte precipitação e ondas de calor e avaliar a importância das infraestruturas verdes para diminuir as vulnerabilidades.

E o relatório colaborativo seria uma maneira de expor esses dados coletados e avaliados.

Essas atividades poderiam contribuir com as habilidades da BNCC: EM13MAT202, por envolver coleta de dados amostrais e elaboração de gráficos; EM13CNT203, pela interpretação dos dados sobre vulnerabilidades aos eventos climáticos (forte precipitação e ondas de calor); EM13CNT205, por envolver avaliação e previsão sobre as intervenções no ecossistema urbano; e EM13CNT206, pela oportunidade de discussão sobre a importância da biodiversidade a partir de dados qualitativos e quantitativos sobre as vulnerabilidades no município.

#### 4.2.1.2 O que as árvores nos trazem de bom

Essa atividade didática fez parte de um projeto de iniciação científica, do grupo de pesquisa em ciência cidadã da UFABC, que teve como objetivos trazer conhecimentos sobre a importância das árvores para as pessoas (serviços ecossistêmicos) e proporcionar experiência de investigação similar ao processo científico. A atividade consistiu na aplicação do protocolo “Ciência cidadã e os serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores urbanas”. Ela foi realizada com as turmas do 7º ano das Escolas Estaduais (E. E.) Profa. Ondina Rivera Miranda Cintra, em Santo André (SP), e Rev. Urbano de Oliveira Pinto, em São Paulo (SP). Essas aplicações

do protocolo foram precedidas pela formação de professores dessas escolas, para tal (RAMIM et al., 2016).

Esse protocolo consiste em uma simplificação da medição de serviços ecossistêmicos a partir da medição de parâmetros das árvores, como: diâmetro à altura do peito (DAP), altura da árvore, volume do tronco e área e volume da copa. Na atividade de campo, os alunos mediram e calcularam utilizando um protocolo e preenchendo um formulário.

A partir desses dados foi possível obter estimativas de sequestro de CO<sub>2</sub>, de captura de poluentes do ar, de economia de energia e de evapotranspiração.

Essa atividade poderia contribuir diretamente com as habilidades da BNCC: EM13MAT202, por envolver coleta de dados; EM13CNT105, por envolver etapas do ciclo do carbono (captura de CO<sub>2</sub>) e do ciclo da água (evapotranspiração), e EM13CNT206, pela oportunidade de discussão sobre a importância da biodiversidade a partir de dados quantitativos dos serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores.

Para avaliar a aprendizagem, foram aplicados aos estudantes questionários antes e depois da atividade. Os estudantes foram capazes de efetuar o protocolo e os objetivos de aprendizado foram alcançados (RAMIM et al., 2016).

Os materiais do projeto de ciência cidadã da UFABC (aula, protocolo, formulário para preenchimento dos dados, guia e questionário pré e pós-atividade) estão disponíveis em:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/0B85Qh4YistNtLTVEYVVmdTIMTIE>.

### 4.3 Potenciais parceiros

Para esse projeto de monitoramento em ciência cidadã, será essencial estabelecer parcerias. Os parceiros potenciais já identificados são o poder público, universidades, ONGs (de caráter socioambiental, associações de moradores, entre outras) e instituições privadas. Dentre esses parceiros, as universidades, o governo do estado e a prefeitura são entendidos como atores com papéis centrais no projeto.

As universidades, por meio de projetos de pesquisa e extensão preferencialmente elaborados e executados por equipes multidisciplinares, podem contribuir com a elaboração do orçamento do projeto, dos materiais didáticos, dos protocolos de monitoramento (tomando como base, ou utilizando os protocolos em anexo), dos questionários pré e pós-atividades e das demais atividades. Assim como podem realizar o treinamento dos professores para a aplicação dos protocolos e upload dos resultados de monitoramento na base de dados.

As universidades ainda poderão auxiliar os docentes a elaborar as aulas de contextualização das atividades, com base nas habilidades da BNCC e assessorar as atividades presencialmente.

O envolvimento da universidade pode ser proporcionado por meio de bolsas de extensão universitária, projetos de pós-graduação, iniciação científica ou até mesmo pelo interesse voluntário de grupos de pesquisa e de grupos de extensão.

O poder público municipal deve assumir diversas responsabilidades no projeto. A primeira delas seria a busca de parcerias com as universidades, visto que a inexistência de universidades envolvidas no projeto acarretaria maior custo para sua viabilização (não havendo universidades, seria necessária a contratação de profissionais para desempenhar os papéis dos pesquisadores).

O financiamento do transporte dos estudantes, a aquisição dos materiais necessários e contratação para a criação do site poderia ser pelo governo estadual ou por meio de parcerias com instituições privadas.

As ONGs e a prefeitura poderiam ser parceiras na divulgação do projeto junto à comunidade local, de modo a atrair o interesse dos moradores para o projeto e reduzindo os riscos (por exemplo, depredação de mudas plantadas).

A elaboração de relatórios do monitoramento e o upload dos dados de monitoramento no site, poderia ser feito pelas universidades ou por empresa de consultoria contratada.

O projeto do Euroclima + já conta com parcerias no município de Foz do Iguaçu e com termo de cooperação com a prefeitura (ver item 3.7.5.). Então, para o projeto de monitoramento, a parceria com esses atores poderia ser estendida.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi possível propor uma estrutura de monitoramento para ações em arborização urbana, fundamentada nos princípios da Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) e da ciência cidadã. Usando o modelo TdM, foram propostos indicadores factíveis, tanto para medir o processo quanto os resultados de adaptação, considerando a necessidade apontada pela literatura de envolver os atores locais.

Quanto aos princípios da ciência cidadã, estes foram contemplados na estrutura de monitoramento à medida que foi possível elaborar protocolos simples para as medições dos indicadores, que permitem o envolvimento de estudantes do ensino médio. Foi dada atenção à proposição de atividades de monitoramento alinhadas com o disposto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Foram exemplificadas algumas atividades didáticas de outros projetos de ciência cidadã com temática similar que podem servir de inspiração para a presente proposta.

Os indicadores selecionados são capazes de demonstrar o progresso em direção aos resultados finais de adaptação desejados e até apresentar de maneira estimada alguns resultados.

O projeto tem potencial de contribuir com o envolvimento cidadão e de gerar bons frutos na área da gestão adaptativa frente às ameaças climáticas do município de Foz do Iguaçu. A viabilidade do projeto é dependente do estabelecimento de parcerias com diferentes atores locais que, desempenhando papéis complementares, contribuirão para o alcance dos resultados esperados. Algumas dessas parcerias já estão firmadas no âmbito do projeto do Euroclima + e outras precisam ainda ser construídas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVES-BUENO, E. et al. **Citizen Science as an Approach for Overcoming Insufficient Monitoring and Inadequate Stakeholder Buy-in in Adaptive Management: Criteria and Evidence**. In: *Ecosystems*. 2015; Vol. 18, No. 3. pp. 493-506.
- BERLAND, A.; SHIFLETT, S. A.; SHUSTER, W. D.; GARMESTANI, A. S.; GODDARD, H. C.; HERRMANN, D. L.; HOPTON, M. E. **The role of trees in urban stormwater management**. *Landsc. Urban Plan.* 162, pp. 167 – 177, 2017.
- BERRY, J. **Ecosystem-based Adaptation to Climate Change in Urban Areas: An Evaluation of Rainwater Management Practices in Metro Vancouver. MSc Thesis**. Simon Fraser University (SFU). Canada, 2016.
- BLUNDEN, J.; D. S. ARNDT. **State of the Climate in 2019**. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 101 (8), Si–S429, 2020. <https://doi.org/10.1175/2020BAMSStateoftheClimate.1>
- BONNEY, R.; PHILLIPS, T. B.; BALLARD, H. L.; ENCK, J. W. **Can citizen science enhance public understanding of science? Public Understanding of Science**, 25(1), 2-16, 2016.
- BOWLER, D. E. et al. **Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence**. *Landscape and Urban Planning*, v. 97, n. 3, p. 147–155, set. 2010.
- BRAMMER, J. R. et al. **The role of digital data entry in participatory environmental monitoring**. *Conservation Biology*. In press, 2016.
- BRANCALION, P. H. S.; VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração**. In: *Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados* [S.l: s.n.], 2013.
- BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018.
- BREMER, S. et al. **‘My new routine’: Assessing the impact of citizen science on climate adaptation in Bangladesh**. *Environmental Science; Policy*, v. 94, p. 245–257, 2019.
- BRINK, E. et al. **Cascades of green: A review of ecosystem-based adaptation in urban areas**. *Global Environmental Change*, v. 36, p. 111–123, jan. 2016.
- BROSSARD, D.; LEWENSTEIN, B.; BONNEY, R. **Scientific knowledge and attitude change: The impact of a citizen science project**. *International Journal of Science Education*, 27, 1099-1121, 2005.

CAMPINAS. **Guia de Arborização Urbana de Campinas**. Prefeitura de Campinas. Campinas - SP, 2007.

CARVALHO, H. **Capacidade de infiltração de “barraginhas” em dois solos do Distrito Federal**. p. 77, 2017.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Capítulo 5: hidrologia**. 2006. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap5-INF.pdf>. Acesso em: 05/11/2020.

CBD - Convention on Biological Diversity. **Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change**. Montreal, Technical Series No. 41, 126 p, 2009.

CBD. **As Metas de Aichi 2011-2020**. 2011. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/biodiversidade/2017/04/metas-de-aichi.pdf>. Acesso em: 14/09/2020.

CHANDLER, M. et al. **Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring**. *Biological Conservation*, v. 213, p. 280–294, set. 2017.

CHEN, Y.; WONG, N. H. **‘Thermal benefits of city parks’, Energy and Buildings**, vol. 38, no. 2, pp. 105–120, 2006.

COSTA, É. L. DA et al. **Infiltração de água em solo, determinada por simulador de chuvas e pelo método dos anéis**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3, n. 2, p. 131–134, ago. 1999.

DANIELSEN, F.; TOPP-JØRGENSEN, E.; LEVERMANN, N.; LØVSTRØM, P.; SCHIØTZ, M.; ENGHOFF, M.; JAKOBSEN, P. **Counting what counts: Using local knowledge to improve Arctic resource management**. *Polar Geography*, 37, 69–91, 2014.

DANIELSEN, F. et al. **Citizen Science Tools for Engaging Local Stakeholders and Promoting Local and Traditional Knowledge in Landscape Stewardship**. In: BIELING, C.; PLIENINGER, T. (Eds). **The Science and Practice of Landscape Stewardship**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. p. 80-98.

DEMUZERE, M. et al. **Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure**. *Journal of Environmental Management*, v. 146, p. 107–115, dez. 2014.

DESCAMPS, C. **EU-LAC interregional cooperation on climate mitigation: Case study of EUROCLIMA (Dissertation)**. 2019. Disponível em: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-390716>. Acesso em: 19 de agosto de 2020.

DICKINSON, J. L. et al. **The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement**. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10, 291-297, 2012.

DONATTI, C. I. et al. **Indicators to measure the climate change adaptation outcomes of ecosystem-based adaptation.** Climatic Change, v. 158, n. 3–4, p. 413–433, fev. 2020.

DOSWALD, N. et al. **Effectiveness of ecosystem-based approaches for adaptation: Review of the evidence-base.** Climate and Development, 6(2), 185–201. 2014.

DUTRA, C. M. **Lições aprendidas na conservação e recuperação da Mata Atlântica: Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica.** Brasília: MMA, 2013.

EMBRAPA. **Sistema de Produção de Araucária.** Colombo - PR, 1993. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2092/sistema-de-producao-de-araucaria>. Acesso em: 06/11/2020.

EMBRAPA. **Arborização Urbana e Produção de Mudanças de Essências Florestais Nativas em Corumbá, MS.** Corumbá - MS, 2002.

EUROCLIMA PLUS. **About the programme.** [s.d.]a Disponível em: <https://euroclimaplus.org/inicio-es/quienes-somos>. Acesso em: 19/08/2020.

EUROCLIMA PLUS. **Forests, Biodiversity and Ecosystems (BBE).** [s.d.]b. Disponível em: <http://www.euroclimaplus.org/en/forests/about> Acesso em: 19/08/2020.

EUROCLIMA PLUS. **Acciones municipales en México y Brasil.** 2019. Disponível em: <http://euroclimaplus.org/proyectos-bosques/acciones-municipales-en-mexico-y-brasil> Acesso em: 19/08/2020.

FAGUNDES, E. A. A.; KOETZ, M.; RUDEL, N. **Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT.** p. 10, 2012.

FASURA, M.; GONÇALVES, O.; TORRES, A. **A resiliência das cidades frente a chuvas torrenciais: Estudo de caso do plano de contingência da cidade do Rio de Janeiro.** Sociedade; Natureza, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 519-534, set./dez. 2014.

FEBA - Friends of Ecosystem-based Adaptation. **Tornando eficaz a Adaptação baseada em Ecossistemas: parâmetros para definir critérios de qualificação e padrões de qualidade – documento técnico elaborado por FEBA para UNFCCC-SBSTA.** GIZ, Bonn, Alemanha, IIED, Londres, Reino Unido, e UICN, Gland, Suíça. 24 p, 2019.

FGB; ICLEI. **Adaptação Baseada em Ecossistemas: Oportunidades para Políticas Públicas em Mudanças Climáticas, 2nd ed.** Fundação Grupo Boticário, Governos Locais pela Sustentabilidade, Curitiba, Brasil, 2015.

FOLDIT. **Solve Puzzle for Science.** [s.d]. Disponível em: <https://fold.it/>. Acesso em: 08/10/2020.

FOZ DO IGUAÇU. Câmara Municipal de Foz do Iguaçu. **Comissão de Alagamentos finaliza trabalhos e encaminha relatório para prefeitura.** Foz do Iguaçu, 2019. Disponível em: <https://fozdoiguacu.pr.leg.br/institucional/noticias/comissao-de-alagamentos-finaliza-trabalhos-e-encaminha-relatorio-para-prefeitura>. Acesso em: 13/10/2020.

FOZ DO IGUAÇU. Secretária Municipal de Meio Ambiente de Foz do Iguaçu. **Plano Municipal da Mata Atlântica.** Foz do Iguaçu, 2020.

FRITZEN, R. R. et al. **Avaliação da capacidade de infiltração de água em diferentes usos do solo: estudo de caso bacia hidrográfica do complexo Dal Bó, Caxias do Sul - RS.** p. 9, 2017.

GENELETTI, D.; ZARDO, L. **Ecosystem-based adaptation in cities: An analysis of European urban climate adaptation plans.** Land Use Policy, v. 50, p. 38–47, jan. 2016.

GENTINE, P.; SENEVIRATNE, S. I.; TEULING, A. J. **Land-atmospheric feedbacks during droughts and heatwaves: State of the science and current challenges.** Ann. New York Acad. Sci., 2019. 1436, 19–35, <https://doi.org/10.1111/nyas.13912>.

GILL, S.; HANDLEY, J.; ENNOS, A.; PAULEIT, S. **Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure.** Built Environment, vol. 33, no. 1, pp. 115– 133, 2007.

GIZ. **Learning Brief: Monitoring and evaluation – how to measure successes of Ecosystem-based Adaptation.** 2nd EbA Community of Practice Workshop, 21 – 24 August 2017, Bangkok, Thailand, 2017a.

GIZ. **Climate Change Policy Brief: Synergies in monitoring the implementation of the Paris Agreement, the SDGs and the Sendai Framework.** 2017b.

GIZ, UNEP-WCMC; FEBA. **Guidebook for Monitoring and Evaluating Ecosystem-based Adaptation Interventions.** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bonn, Germany, 2020.

GIZ, EURAC; UNU-EHS. **Climate Risk Assessment for Ecosystem-based Adaptation – A guidebook for planners and practitioners.** Bonn: GIZ. 2018.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; BARTON, D. N. **Classifying and valuing ecosystem services for urban planning.** Ecological Economics, v. 86, p. 235–245, fev. 2013.

GROULX, M. et al. **A Role for Nature-Based Citizen Science in Promoting Individual and Collective Climate Change Action? A Systematic Review of Learning Outcomes.** Science Communication, v. 39, n. 1, p. 45–76, fev. 2017.

HAMMILL, A.; DEKENS, J.; LEITER, T.; OLIVIER, J.; KLOCKEMANN, L.; STOCK, E.; GLÄSER, A. **Repository of Adaptation Indicators. Real case examples from national Monitoring and Evaluation Systems.** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), The International Institute for Sustainable Development (IISD). 2014.

HAUER, R. **What is the Cost of Not Maintaining the Urban Forest.** v. 24, p. 12-17, 2015.

HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. **Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana.** Revista Labverde, São Paulo, ed. 01, p. 91 – 115, 2010.

HUQ, N.; RENAUD, F.; SEBESVARI, Z. **Ecosystem based Adaptation (EbA) to climate change - integrating actions to sustainable adaptation.** p. 15, 2013.

ICLEI; PCS. **Guia de Ação Local pelo Clima.** Governos Locais pela Sustentabilidade e Programa Cidades Sustentáveis. São Paulo, Brasil. ISBN 978-85-99093-29-0, 2016.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo do Parque Nacional do Iguaçu.** 2018.

IFPR. **Aplicação da Lente Climática em Foz do Iguaçu: como primeiro passo no Ciclo de Adaptação baseada em Ecossistemas frente à Mudança do Clima.** Minuta - Volume 1. Pronatura, ANAMMA, EXPERTISE FRANCE, Grupo Cataratas, ITAIPU Binacional, Rede Verde, GIZ, MATER NATURA, UFPR, Prefeitura de Foz do Iguaçu, UNILA e Marbrasil. Foz do Iguaçu, 2020. Disponível em: <http://pmma.etc.br/mdocs-posts/lente-climatica-em-foz-do-iguacu/>. Acesso: 07/09/2020.

INATURALIST. **Observações.** [s.d]. Disponível em: <https://www.inaturalist.org/>. Acesso em: 08/10/2020.

INKILÄINEN, E. N. M.; McHALE, M. R.; BLANK, G. B.; JAMES, A. L.; NIKINMAA, E. **‘The role of the residential urban forest in regulating throughfall: A case study in Raleigh, North Carolina, USA’**, Landscape and Urban Planning, vol. 119, pp. 91–103. 2013.

IOM - International Organization for Migration. **IOM Welcomes Inclusion of ‘Climate Migrants’, ‘Climate Migration’ in Draft Paris COP Agreement.** Disponível em: <https://www.iom.int/news/iom-welcomes-inclusion-climate-migrants-climate-migration-draft-paris-cop-agreement>. Acesso em: 13 de julho de 2020.

IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, R.K. Pachauri, L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp, 2014.

IPCC. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policy Makers.** February, 2007.

IPCC. **Fourth Assessment, Impacts.** Intergovernmental Panel On Climate Change, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policymakers, April, 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>

IUCN. **Ecosystem-based Adaptation: An approach responding to climate hazards**. April, 2014.

KIMURA, A. H.; KINCHY A. J. **Citizen Science: Probing the Virtues and Contexts of Participatory Research**, *Technology, and Society*, 2, p.331-361, 2016.

KUEHLER, E.; HATHAWAY, J.; TIRPAK, A. **Quantify the benefits of urban forest systems as a component of the green infrastructure rainwater treatment network**. *Ecohydrology*, p. 10, 2017.

LABAKI, L. et al. **Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos**. *Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável*, v. 5, 24 nov. 2011.

LANGE, W. et al. **HumaNatureza2 = Proteção Mútua – Percepção de riscos e adaptação à mudança climática baseada nos ecossistemas na Mata Atlântica**, Brasil. 2014.

MARGULIS, S. **Guia de adaptação às mudanças do clima para entes federativos**. WWF (World Wildlife Fund, Brasil). Brasília, novembro de 2017, 73p.

McKINLEY, D. C. et al. **Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection**. *Biological Conservation*, v. 208, p. 15-28, 2016.

McKINNON, M. C.,; HOLE, D. G. **Exploring program theory to enhance monitoring and evaluation in ecosystem-based adaptation projects**. In D. Bours, C. McGinn,; P. Pringle (Eds.), *Monitoring and evaluation of climate change adaptation: A review of the landscape. New Directions for Evaluation*, 147, 49–60, 2015.

McPHERSON, G.; SIMPSON, J. R.; PEPPER, P. J.; MACO, S. E.; XIAO, Q. **Municipal Forest Benefits and Costs in Five US Cities**. *Journal of Forestry*, vol. 103, no. 8, pp. 411–416. Soares, AL, 2005.

MEA – Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystem and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.

MMA. **Acordo de Paris**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 13 de julho de 2020.

MMA. **Corredor Central da Mata Atlântica**. Brasília: MMA - Ministério do Meio Ambiente, 2006.

MMA. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima**. Brasília: MMA - Ministério do Meio Ambiente, 2016.

MMA. **Roteiro para a elaboração e implementação dos planos municipais de conservação e recuperação da Mata Atlântica** / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade. Brasília, DF: MMA, 2017.

MMA. **Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) frente à Mudança do Clima: Apostila do Curso** / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade. Brasília: MMA, 2018a.

MMA. **Impactos da mudança do clima na Mata Atlântica: Sumário para tomadores de decisões**. Brasília, 2018b.

MPPR – Ministério Público do Estado do Paraná. **Manual para elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana**. 2ª Edição. Curitiba – PR, 2018.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; da FONSECA; G.A.B; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature 403, 853-858, 2000.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. **Satellite Data Record Shows Climate Change's Impact on Fires**. 2019. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/news/2912/satellite-data-record-shows-climate-changes-impact-on-fires/>. Acesso em: 12 de julho de 2020.

NUNES, J. A. S.; SILVEIRA, M. H. D.; NUNES, P. C. M. **Velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos em latossolo vermelho de cerrado**. p. 8, 2012.

OLIVEIRA, G. A. **Metodologias Ativas no Ensino de Ciências para formação do Sujeito Ecológico**. 195f. Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Docência para a Educação Básica – Unesp, Faculdade de Ciências, Campus Bauru, 2020.

ONISHI, A.; CAO, X.; ITO, T.; SHI, F.; IMURA, H. **Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots**. Urban Forestry; Urban Greening, vol. 9, no. 4, pp. 323–332, 2010.

ONU-Brasil. **17 objetivos para transformar nosso mundo**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em: 14/09/2020.

PBMC. **Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Sumário Executivo do GT2. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil, 2013. 28 p.

PEITER, G.; MALUF, R. S.; ROSA, T. D. S. **Mudanças climáticas, vulnerabilidades e adaptação: parte 1, mobilização e iniciativas de adaptação: parte 2, populações vulneráveis e agenda pública no Brasil**. COEP. Rio de Janeiro. 2011.

PEIXOTO, F. C. **O papel da infraestrutura verde no fornecimento de serviços de ecossistemas: regulação de inundações em zonas urbanas**. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. p. 226, 2017.

PEREIRA, A. B. **Mata Atlântica: Uma abordagem geográfica**. Nucleus, 6: 27-52. doi: 10.3738/1982.2278.152, 2009.

PEREIRA, M. M. et al. **Determinação da velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro do anel.** p. 6, 2015.

PETERS, M. A.; BESLEY, T. **Citizen science and post-normal science in a post-truth era: Democratising knowledge; socialising responsibility.** Educational Philosophy and Theory, v. 51, n. 13, p. 1293–1303, 10 nov. 2019.

RAHMAN, M. A. et al. **Comparing the infiltration potentials of soils beneath the canopies of two contrasting urban tree species.** Urban Forestry and Urban Greening 38, 22–32. 2019.

RAMIM, T.; VENÂNCIO, R.; ALMEIDA-SILVA, D.; GHILARDI-LOPES, N. P. **Relato da experiência do curso de extensão “Ciência Cidadã nas escolas” (PROEC – UFABC) com aplicação do protocolo “Ciência cidadã e os serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores urbanas”.** p. 13, 2016.

RIZVI, A. R.; VAN-RIEL, K.; ZAKOWSKI, E. **Ecosystem based Adaptation Monitoring; Evaluation – Indicators: a compilation and review of the literature.** Gland: International Union for the Conservation of Nature. [s.d.]. Disponível em: [https://www.iucn.org/sites/dev/files/eba\\_me\\_indicators.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/eba_me_indicators.pdf)

ROLLO, D. A. et al. **Adaptação baseada em Ecossistemas para promover cidades resilientes e sustentáveis: análise de programas de revitalização de rios urbanos de São Paulo.** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional; v. 15, n. 5, 2019.

ROMAN, L. A. et al. **Urban tree monitoring: A field guide.** Madison, WI: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 2020.

SAKAI, P. et al. **Vulnerability Assessment and Adaptation Strategies of the Triangle-City Region, a report by the Climate Resilient Cities in Latin America initiative.** Climate and Development Knowledge Network (CDKN) and Canada's International Development Research Centre (IDRC). [S.l.]. 2017.

SANTA MONICA. **City of Santa Monica Street Tree Designations List.** 2005. Disponível em: <https://www.smgov.net/uploadedFiles/Portals/UrbanForest/About/StreetTreeList.pdf>. Acesso em: 06/11/2020

SCARANO, F. R. **Ecosystem-based adaptation to climate change: concept, scalability and a role for conservation science.** Perspectives in Ecology and Conservation, v. 15, n. 2, p. 65–73, abr. 2017.

SCARANO, F. R.; SANTOS, A. S.; RIBEIRO, S. K.; NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; OMETO, J. P.; CEOTTO, P.; LOYOLA, R.; PIRES, A. P. F.; RIBEIRO, J. B.; CARNEIRO, B. L. R. **Potência Ambiental da Biodiversidade: um caminho inovador para o Brasil. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas e da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos,** 1a ed. PBMC/COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, 2018. 62 p. ISBN: 978-85-285-0377-7.

SCHLOENVOIGT, A. et al. **Estratégia de desenvolvimento de capacidades em Adaptação baseada em Ecossistemas como resposta à mudança do clima na Mata Atlântica, Brasil.** 2018.

SCISTARTER. **Urban Forest Map.** 2020. Disponível em: <https://scistarter.org/urban-forest-map>. Acesso em: 08/10/2020.

SHIRK, J. L.; BALLARD, H. L.; WILDERMAN, C. C.; PHILLIPS, T.; WIGGINS, A.; JORDAN, R.; KRASNY, M. E. **Public participation in scientific research: A framework for deliberate design.** *Ecology and Society*, 17(2), 29, 2012.

SILVERTOWN, J. **A new dawn for citizen science.** *Trends in Ecology; Evolution*, 24(9) pp. 467–471, 2009.

SMVM – Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **Manual Técnico de Arborização Urbana.** 3ª Edição revisada e atualizada. São Paulo, 16 fev, 2020. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio\\_ambiente/publicacoes\\_svm/a/index.php?p=188452](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/publicacoes_svm/a/index.php?p=188452). Acesso em: 06/11/2020.

SOARES, A. L.; REGO, F. C.; McPHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R.; PEPER, P. J.; XIAO, Q. **Benefits and costs of street trees in Lisbon, Portugal.** *Urban Forestry; Urban Greening*, vol. 10, no. 2, pp. 69–78, 2011.

SOS MATA ATLÂNTICA. **56% da área urbana do Brasil está na Mata Atlântica.** 2018. Disponível em: [https://www.sosma.org.br/noticias/mata-atlantica/#:~:text=Bras%C3%ADlia%20\(17%20de%20agosto%20de,ano%20a%20ano%2C%20desde%201985](https://www.sosma.org.br/noticias/mata-atlantica/#:~:text=Bras%C3%ADlia%20(17%20de%20agosto%20de,ano%20a%20ano%2C%20desde%201985). Acesso em: 14/09/2020.

SOS MATA ATLÂNTICA; GAMBÁ; ECONAMFI. **Integração Regional de 10 Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica nas regiões Sul e Extremo Sul da Bahia.** Projeto Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica. Brasília, 2018.

SOUZA, D. B. et al. **Determinação Da Velocidade Infiltração Básica (Vib), Sob O Método De Infiltrômetro De Anéis Concêntricos Em Diferentes Tipos De Solo Na Região Oeste Da Bahia.** *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.* Ano 03, Ed. 12, Vol. 04, pp. 170-193 dezembro de 2018. ISSN:2448-0959

SPEARMAN, M.; MCGRAY, H. **“Making Adaptation Count: Concepts and Options for Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation”.** The Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Eschborn, Germany. Pp. 89, 2011.

UFABC. **Ciência Cidadã.** 2019. Disponível em: <http://professor.ufabc.edu.br/~natalia.lopes/cienciacidada/>. Acesso em: 08/10/2020.

UNDRRR. **Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030.** 2015. Disponível em:

<http://www.ceped.pr.gov.br/arquivos/File/Publicacoes/MarcodeSendaiPortugues.pdf>. Acesso em: 14/09/2020.

UNFCCC. **Adaptation and resilience.** [s.d.]. Disponível em: <https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/what-do-adaptation-to-climate-change-and-climate-resilience-mean#:~:text=Adaptation%20refers%20to%20adjustments%20in,opportunities%20associated%20with%20climate%20change>. Acesso em: 14/09/2020.

UNFCCC. **United Nations Framework Convention On Climate Change.** United Nations, FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62220 € 200705, Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, Germany, 1992. 24 pp.

UNFCCC. **Ecosystem-based approaches to adaptation: Compilation of information.** 35<sup>th</sup> sess, Provisional Agenda Item 3, FCCC/SBSTA/2011/INF.8. 2011.

UNFCCC. **Adoption of the Paris Agreement.** 2015 Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>. Acesso em: 14/09/2020.

VALE, M. M.; EDON, D. **Exposição às mudanças climáticas do Parque Nacional do Iguaçu, Estado do Paraná.** RELEA, v. 1, n. 2, p. 135-144, 2017.

VOGT, J. M.; FISCHER, B. C. **A Protocol for Citizen Science Monitoring of Recently-Planted Urban Trees.** *Cities and the Environment (CATE): Vol. 7: Iss. 2, Article 4.* 2014.

VOGT, J. M.; MINCEY, S.K.; FISCHER, B.C.; PATTERSON, M. **Planted Tree Re-Inventory Protocol.** Version 1.1. Indiana University. 2014.

WALS, A. E.; BRODY, M.; DILLON, J.; STEVENSON, R. B. **Convergence between science and environmental education.** *Science*, 344, 583-584, 2014.

WAMSLER, C. et al. **Operationalizing ecosystem-based adaptation: harnessing ecosystem services to buffer communities against climate change.** *Ecology and Society*, v. 21, n. 1, p. art31, 2016.

WOLF, K. L.; ROBBINS, A. S. **Environmental Health, and Economic Value.** *Environmental Health Perspectives*, v. 123, n. 5, p. 390–398, 2015.

WWF – Brasil. **Guia de fauna do Parque Nacional do Iguaçu.** 2014

VERCHOT, L. V. et al. **Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry.** *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 12, n. 5, p. 901-918, 1 jun. 2007.

XIAO, Q.; McPHERSON, E. G. **'Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest'**, *Urban Ecosystems*, vol. 6, no. 4, pp. 291–302, 2002.

ZADEH, M. K.; SEPASKHAH, A. R. **Effect of tree roots on water infiltration rate into the soil.** *Iran Agricultural Research*, 35, pp. 13-20, 2016.

ZOONIVERSE. **Projects.** [s.d]. Disponível em: <https://www.zooniverse.org/projects>. Acesso em: 08/10/2020.

## ANEXO 1 - Protocolo de medição e avaliação da saúde das árvores

As árvores necessitam de água, nutrientes, radiação solar e CO<sub>2</sub>, na medida certa. Em seus primeiros anos elas requerem mais cuidados até se estabelecerem e podem ser muito atacadas por insetos-praga dependendo do local de plantio. Porém com o desenvolvimento de uma maior biodiversidade de insetos, pássaros e microrganismos, que é promovida pelas árvores, a tendência é que as pragas sejam controladas por seus predadores naturais. É possível ainda tratar as folhas com caldas naturais para espantar as pragas.

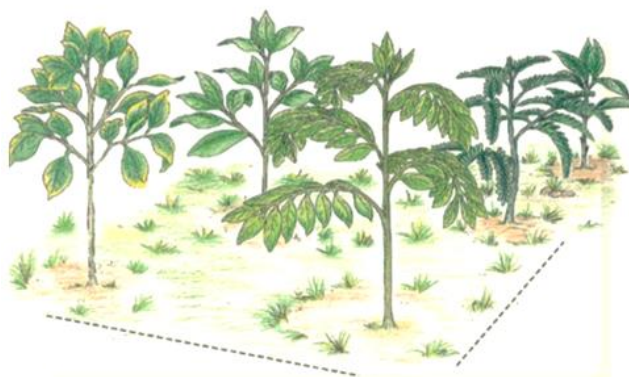
Para a obtenção dos nutrientes é necessária a adubação do solo no local do plantio. A deposição das folhas secas que caem no pé das árvores também contribui à medida que propiciam o aumento da biodiversidade de microrganismos no solo. Esses são responsáveis por decompor a matéria orgânica e disponibilizar para a árvore os nutrientes já prontos para serem absorvidos por suas raízes.

Em oposição a isso a presença de gramíneas no pé das mudas já não é benéfico para o seu desenvolvimento. Pois essas gramíneas também consomem nutrientes do solo e podem competir por eles com a muda. Depois que a árvore cresce a própria sombra que ela faz no solo, logo abaixo de sua copa, já controla o crescimento do mato. Porém no início é necessário fazer o coroamento em volta das mudas, que se trata de carpir o mato do entorno da árvore. Em casos que a prefeitura faz o manejo do mato com roçadeira é perigoso machucar o tronco das mudas, deixando-as mais vulneráveis a doenças.

Recomenda-se, para a aplicação deste protocolo, dividir a área de monitoramento em sub áreas numeradas. Para isso pode ser utilizado barbante, amarrando-o nas árvores para a divisão. Com as áreas divididas cada grupo de estudantes pode ser designado para ficar responsável do monitoramento de



Fonte: Rigueira (2015)



Fonte: Rigueira (2015)

uma sub área. Assim que uma árvore for analisada recomenda-se fazer uma marca de tinta branca nela para que ela não seja contabilizada novamente.

**Materiais:** rolo de barbante, potinhos com tinta branca e pincéis.

Para monitorar a saúde das árvores, primeiramente, identifique na tabela qual a área e o respectivo número da amostra (sub área) da área que está analisando. Em seguida complete na primeira coluna com o código da árvore, caso ela tenha, ou deixe esse campo em branco, se não tiver. Depois complete na tabela com a sigla respectiva ao status de mortalidade, apresentadas pelo Quadro 1, na coluna ‘Status’.

Quadro 1 – Status de mortalidade das árvores

Status	Sigla	Descrição
Viva	V	Qualquer árvore com folhas verdes, mesmo que com só algumas folhas e / ou botões de flores vivos
Morta em pé	M	Árvores classificadas como mortas em pé devem estar completamente mortas acima do solo, sem folhas verdes, sem botões, de flores, vivos e sem tecido verde sob a casca
Removida/ausente	R	A árvore foi removida do local
Sem classificação	SC	Não se encaixa nos status anteriores. Dessa forma é necessário que escreva uma nota sobre suas observações na coluna ‘nota’ da tabela

Fonte: adaptado de Roman et al. (2020).

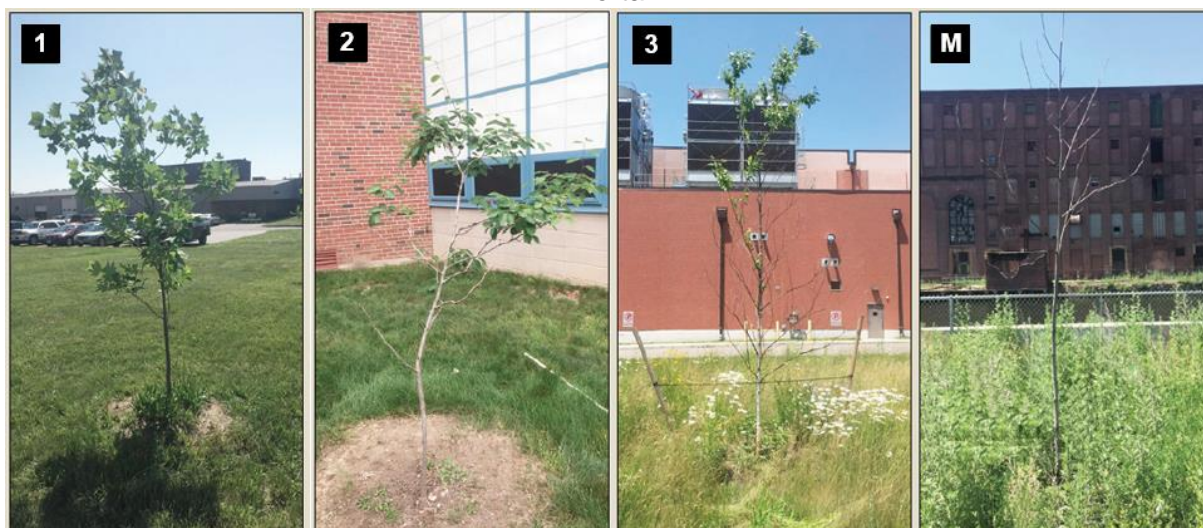
Em seguida, caso a árvore não esteja morta (M) ou removida/ausente HÁ, complete na coluna ‘Grau de vitalidade da copa’ com o respectivo grau avaliado de acordo com as condições apresentadas pelo Quadro 2.

Quadro 2 – Grau de vitalidade da copa das árvores

Grau de vitalidade da copa	Descrição
1	Saudável: a árvore parece estar razoavelmente bem de saúde; sem grande mortalidade de ramos ou de galhos quebrados. Até 1/10 de: galhos finos mortos (secos), descoloração das folhas e / ou desfolhamento (perda de folhas)
2	Moderadamente doente: até metade da copa apresenta galhos finos mortos (secos), descoloração das folhas e / ou desfolhamento (perda de folhas)
3	Gravemente doente: mais da metade da copa apresenta galhos finos mortos (secos), descoloração das folhas e / ou desfolhamento (perda de folhas). É importante atentar neste caso para não confundir com espécies decíduas ou semidecíduas, que perdem suas folhas no outono e no inverno, e pedir auxílio para o professor nessa identificação, caso necessário

Fonte: adaptado de Roman et al. (2020)



Figura 1 – Exemplos da classificação 1, 2 e 3 do grau de vitalidade da copa e M da árvore morta.






Fonte: Roman et al. (2020)

Outras observações podem ser feitas sobre o estado de saúde das árvores e possíveis causas deste estado. Algumas condições e suas possíveis causas são apresentadas no Quadro 3. Se uma ou mais delas forem observadas nas árvores você deve completar o que foi observado na coluna 'Outras evidências' na tabela.

Quadro 3 – Outras evidências sobre a saúde das árvores

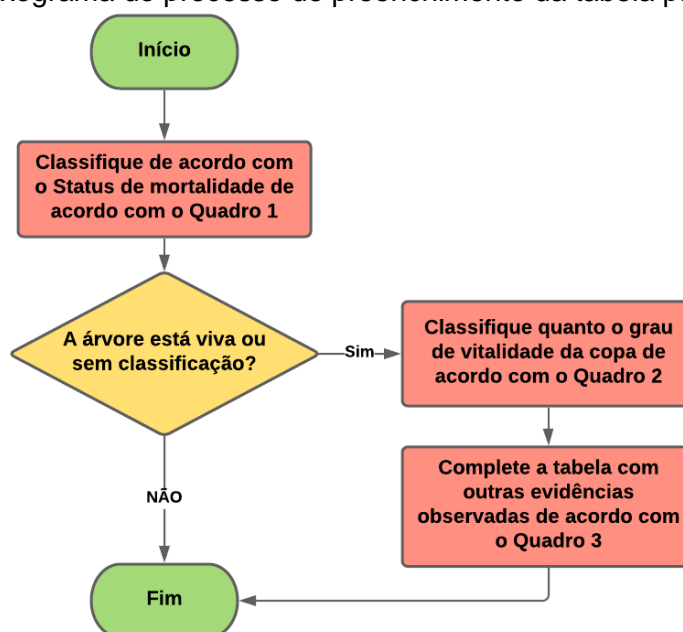
Outras evidências	Descrição	Exemplo
Folhas amareladas	Podem indicar falta de nutrientes no solo	
Folhas murchas	Podem indicar falta de rega	

Outras evidencias	Descrição	Exemplo
Folhas furadas/cortadas	Podem indicar ataques de insetos	
Mato alto no pé da muda	Podem estar contribuindo com o enfraquecimento da muda	
Ferida no tronco	Árvores exibindo danos no tronco inferior – causado por um cortador de grama, destruidor de ervas daninhas ou até mesmo animais. Atribui maior risco de infecção por fungos ou doença.	

Fonte: a partir de Vogt et al. (2014)

Após realizar esse processo de análise para uma árvore, passe para a próxima. O fluxograma a seguir resume o processo de preenchimento da tabela:

Figura 2 – Fluxograma do processo de preenchimento da tabela para cada árvore



Fonte: Elaboração própria



**Atividade:**

Com os dados coletados de todas as árvores e utilizando o Excel, faça um gráfico para o 'Status', um para o 'Grau de vitalidade da copa' e um para as 'Outras evidências'. Depois avalie os resultados obtidos diagnosticando o estado de saúde das árvores, na área em questão, e cite ações necessárias para a manutenção.

**Referências bibliográficas:**

BRANCALION, P. H. S.; VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração.** In: *Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados* [S.l: s.n.], 2013.

RIGUEIRA, D. **Como restaurar sua floresta** / Dary Rigueria; ilustrações: Jorge Santana, Ateliê Astúcias. – Mucugê, BA: Conservação Internacional (CI-Brasil); Secretaria do Meio Ambiente – Governo do Estado da Bahia (Sema); Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), 20 p., 2015.

ROMAN, L.A. et al. **Urban tree monitoring: A field guide.** Madison, WI: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 2020.

VOGT, J. M.; FISCHER, B. C. **A Protocol for Citizen Science Monitoring of Recently-Planted Urban Trees.** *Cities and the Environment (CATE)*: Vol. 7: Iss. 2, Article 4. 2014.

VOGT, J. M.; MINCEY, S.K.; FISCHER, B.C.; PATTERSON, M. **Planted Tree Re-Inventory Protocol.** Version 1.1. Indiana University. 2014.

## ANEXO 2 – Protocolo de medição da capacidade de interceptação de chuva de uma amostra de árvores do projeto

Quando a chuva cai ela pode ir direto para o solo ou pode ser evaporada enquanto cai, ou ainda pode ser interceptada pelas árvores. No caso de a chuva cair direto no solo, ela pode infiltrar. Porém se a quantidade de água exceder a capacidade do solo de armazená-la ou se a superfície for impermeabilizada, ela vira escoamento superficial.

A chuva interceptada pelas árvores é armazenada pelas folhas e galhos temporariamente, antes de cair ao solo, e parte dela ainda evapora. A parte de água que cai das árvores depois de interceptada é direcionada por gotejamento ou escoamento pelo tronco. Esse processo ainda dá mais tempo para o solo conseguir assimilar a água, permitindo melhor infiltração.

Com a interceptação da água da chuva as árvores colaboram para a diminuição do escoamento superficial. Esse que é intensificado nos ambientes urbanos por conta da maioria das superfícies serem impermeabilizadas (Ruas, calçadas, telhados etc.). Portanto, aumenta o volume de água que é direcionada para os córregos e rios, intensificando o risco de enchentes.

Deste modo, as árvores urbanas têm um papel importante para diminuir o risco de enchentes. Na Figura 1 é ilustrado o efeito de interceptação da chuva pela árvore.

Figura 1 – Particionamento da precipitação bruta em: queda direta, escoamento no tronco e interceptação de chuva



Fonte: adaptado de Inkiläinen et al. (2013)

**Definições:**

- ✓ *Escoamento superficial*: água da chuva que escorre sobre a superfície saturada (solo com a capacidade excedida de captar mais água) ou impermeabilizada. Esse volume de água escorre em direção aos locais mais baixos (rios e córregos).
- ✓ *Evaporação*: é a transformação da água no estado líquido para o estado gasoso em forma de vapor. Isso pela ação do calor (radiação solar).
- ✓ *Evapotranspiração*: é a transpiração das plantas.
- ✓ *Infiltração*: é a penetração da água no solo, que se move para baixo (por efeito da gravidade) percorrendo os vazios em direção aos aquíferos (reservatórios de água subterrânea).

Fonte: Miranda, Oliveira e Silva (2010)

**Material de apoio:**

MIRANDA, R. A.; OLIVEIRA, M. V.; SILVA, D. F. **Ciclo Hidrológico Planetário: abordagens e conceitos**. ISSN 1981-9021 – Geo UERJ – Ano 12, v.1, nº21, 1º semestre de 2010.

Diversos fatores das características das árvores e fatores meteorológicos (intensidade das chuvas, ventos etc.) influenciam na capacidade de interceptação de chuva pelas árvores.

Segundo os estudos sobre o tema, as árvores que apresentam folhas largas (latifoliadas) são capazes de interceptar maiores quantidades de chuva. Assim como as árvores perenes (que não perdem suas folhas) também têm melhor potencial de interceptação, em comparação com as árvores decíduas (que perdem suas folhas nos meses secos e frios).

O Quadro 1 apresenta o volume de água interceptado por árvore de acordo com seu tipo e seu respectivo diâmetro à altura do peito (DAP), divididos em intervalos de aproximadamente 15 centímetros. No caso das palmeiras, de acordo com a altura da árvore.

Quadro 1 – Volume de água (L) interceptada anualmente por árvore, de acordo com o respectivo DAP

<b>Classes DAP (cm)</b>				
<b>Tipo de árvore</b>	<b>0-15,2</b>	<b>15,2-30,5</b>	<b>30,5-45,7</b>	<b>45,7-61,0</b>
LD	883,7	3801,6	6610,6	8263,5
LP	811,5	3587,3	7233,7	11038,1
CP	1370,2	4662,9	8680,1	14163,6
<b>Classes Altura (m)</b>				
<b>Tipo de árvore</b>	<b>&lt;4,6 m</b>	<b>4,6–9,1 m</b>	<b>9,1–11,0 m</b>	<b>11,0–12,8 m</b>
PP	345,5	1166,9	4016,1	6908,6

Legenda: LD – latifoliada decídua; LP – latifoliada perene; CP – coníferas perenes e PP – palmeira perene

Fonte: adaptado de Xiao; McPherson (2002)

### **Medição do volume de água interceptada**

**Materiais:** régua, fita métrica e um smartphone.

#### **1º) Identifique o código e classifique a árvore por tipo:**

Anote na tabela o código da árvore que vai medir e o tipo dela, consultando o catálogo. Sendo os tipos: Latifoliada Decídua (LD), Latifoliada Perene (LP), Conífera Perene (CP) ou Palmeira Perene (PP).

#### **2º) Meça a circunferência do tronco ou a altura, caso for uma palmeira:**

A circunferência do tronco é o primeiro passo para encontrar o DAP da árvore. Esse diz respeito ao diâmetro, ou largura, do tronco principal da árvore na altura do peito. Ou seja, o diâmetro medido a uma altura, adotada, de 1,3 metro do chão. Então para encontrar o DAP marque a altura e 1,3 m na árvore e usando uma fita métrica meça a circunferência do tronco neste ponto.

Para medir a circunferência enrole a fita métrica no tronco na altura marcada e certifique-se que a fita esteja perpendicular ao tronco.

Se a árvore estiver em um terreno inclinado, meça a altura a partir do local mais alto do terreno.

Na Figura 2 são ilustrados exemplos de medição da circunferência:

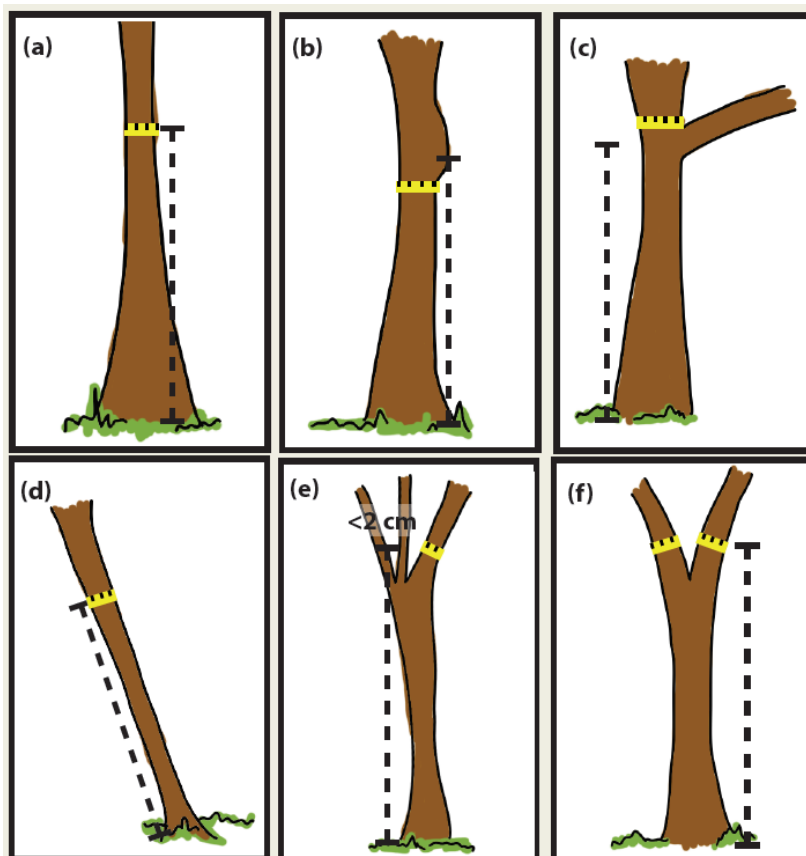


Figura 2 – Meça a circunferência no local da fita amarela. A linha tracejada indica a altura de 1,3 m. **(a)** A circunferência na maioria das árvores deve ser medida a 1,3 m acima nível do solo. **(b)** Onde a árvore tem uma protuberância, meça a circunferência o mais próximo possível de 1,3 m acima ou abaixo a protuberância. **(c)** Onde a árvore tem um galho a 1,3 m, meça apenas acima do ponto de ramificação. **(d)** Para árvores que se inclinam, meça a circunferência em uma distância de 1,3 m ao longo do tronco ou onde seria 1,3 m na árvore em pé. **(e) – (f)** Para árvores com vários

troncos, meça a circunferência de todos os troncos maiores que 2 cm e registre a circunferência do maior tronco para o cálculo do DAP. Fonte: Vogt et al. (2014).

### Altura

Têm-se que a altura de uma árvore é a distância do tronco principal a partir do solo até o topo dela.

Logo, para estimar a altura da árvore ( $H_a$ ) tire uma foto dela com um smartphone. Na foto deve estar uma pessoa ao lado da árvore.

Meça a altura da pessoa ( $H_p$ ) com a fita métrica em centímetros. Em seguida meça na foto (na tela do smartphone), com uma régua, a altura da pessoa ( $H_p'$ ) e a altura da árvore ( $H_a'$ ) em centímetros também.

Depois basta fazer uma regra de três:

$$\frac{H_p}{H_a} = \frac{H_p'}{H_a'} \rightarrow H_a = \frac{H_p \times H_a'}{H_p'}$$

Anote os dados na tabela.

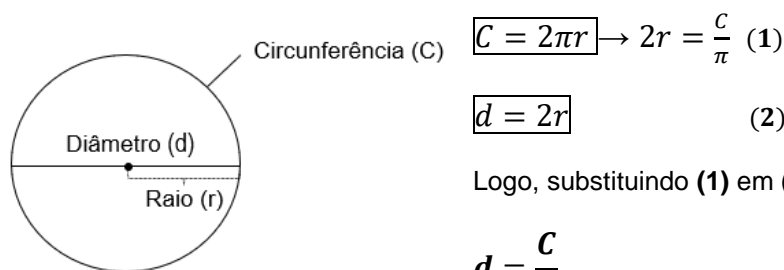
**3° Calcule o diâmetro à altura do peito (DAP) em centímetros e se a árvore for palmeira deixe esse campo em branco:**

*Diâmetro à altura do peito (DAP)*

Para calcular o DAP calcule o diâmetro da circunferência:

$$DAP (cm) = d = \frac{C (cm)}{\pi} = \frac{C}{3,14}$$

**Lembrando que:**



$$C = 2\pi r \rightarrow 2r = \frac{C}{\pi} \quad (1)$$

$$d = 2r \quad (2)$$

Logo, substituindo (1) em (2):

$$d = \frac{C}{\pi}$$

Anote o DAP na Tabela em centímetros.

**4° Encontre o Volume de água interceptada (L/ano):**

Com o DAP (cm) ou com a altura (m) e com o tipo de árvore encontre o respectivo volume de água interceptada (L/ano) consultando o Quadro 1 e complete a tabela.

**5° Repita esse processo para todas as árvores do recorte de medição:**

O recorte de medição são todas as árvores indicadas no catálogo para serem monitoradas para esse indicador, é possível localizá-las pela placa de identificação.

**6° Faça a atividade proposta:**

Depois das medições das árvores e dos devido cálculos, faça a atividade proposta.



**Atividade:**

Calcule a soma da quantidade de água da chuva interceptada, no ano, por todas as árvores do recorte de medição do indicador.

**Resposta:****Referências bibliográficas:**

INKILÄINEN, E. N. M.; McHALE, M. R.; BLANK, G. B.; JAMES, A. L.; NIKINMAA, E. **'The role of the residential urban forest in regulating throughfall: A case study in Raleigh, North Carolina, USA'**, Landscape and Urban Planning, vol. 119, pp. 91–103, 2013.

MIRANDA, R. A.; OLIVEIRA, M. V.; SILVA, D. F. **Ciclo Hidrológico Planetário: abordagens e conceitos**. ISSN 1981-9021 – Geo UERJ – Ano 12, v.1, nº21, 1º semestre de 2010.

VOGT, J. M.; MINCEY, S.K.; FISCHER, B.C.; PATTERSON, M. **Planted Tree Re-Inventory Protocol**. Version 1.1. Indiana University, 2014.

XIAO, Q; McPHERSON, EG. **'Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest'**, Urban Ecosystems, vol. 6, no. 4, pp. 291–302, 2002.

### **ANEXO 3 – Protocolo de medição do aumento da velocidade de infiltração básica do solo com árvore em relação ao sem árvore**

A infiltração é o nome dado ao processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo em direção ao subsolo. Esse processo é de extrema importância para o ciclo hidrológico, porque contribui para o reabastecimento dos lençóis freáticos e diminui o efeito das inundações e erosões. A presença de árvores favorece a infiltração da água principalmente pelos caminhos subterrâneos abertos pelas raízes. Além disso, a presença de vegetação e matéria orgânica no solo também favorece o desenvolvimento da fauna do solo, como as minhocas que aeram a terra e criam canais que também contribuem para a infiltração da água.

#### **MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL**

A infiltração da água no solo pode ser medida de uma forma simples utilizando o método do infiltrômetro de anel, esse método nos permite calcular a velocidade de infiltração básica (VIB) da água no solo.

#### **Materiais necessários:**

- 2 anéis de cilindros, de metal ou PVC, sendo um com 25 cm e o outro com 50 cm de diâmetro
- Uma ripa ou tábua de madeira
- Uma marreta ou bastão para cravar os anéis no solo
- Filme plástico
- Régua
- Nível
- Cronômetro
- Água

#### **Realizando o teste:**

##### *Passos para a preparação*

1º passo: limpe o solo, se tiver grama será preciso tirar. Posicione os anéis concentricamente como na Figura 1. Crave-os utilizando a ripa posicionada em cima dos anéis e uma marreta ou bastão para bater na ripa até que os anéis estejam cravados no solo a uma profundidade de 10 a 15 cm no solo;

2º passo: verifique se os anéis estão nivelados entre si utilizando o nível; é necessário que estejam.



3º passo: coloque o filme plástico dentro do anel interno a fim de isolá-lo;

4º passo: encha o anel externo com água;

5º passo: tire o filme plástico do anel interno e o encha de água também;

6º passo: posicione a régua graduada no anel interno;

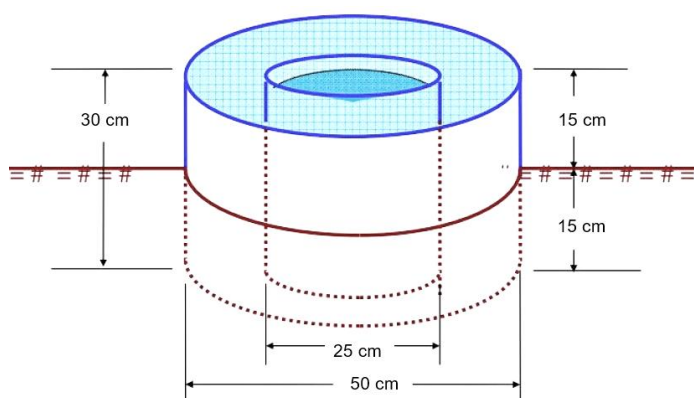


Figura 1 – Posicionamento dos anéis.

Fonte: Elaboração própria.

### *Método de medição*

Com a régua será feita a leitura da altura d'água. Registre primeiramente a altura no instante 0. Depois a cada determinado intervalo de tempo registre o nível da água na tabela (no final desse protocolo). Inicie utilizando os respectivos intervalos de tempo ( $\Delta$  Tempo) de 1 min e 3 min.

No começo do experimento a água vai infiltrar mais rapidamente, então a leitura da régua pode ser feita em intervalos menores. Depois a infiltração fica mais lenta e os intervalos de tempo podem passar a serem maiores.

A água do cilindro interno deve ser repostada sempre que o nível d'água chegar próximo de 10 cm. No caso de reposição da água o novo nível deve ser escrito na coluna "Reposição" da tabela. Reponha também a água do anel externo de forma a manter os níveis d'água similares.

A diferença da altura d'água ( $\Delta$  Altura d'água) representa a água que infiltrou e deve ser calculada com a  $\Delta$  Altura d'água anterior menos a correspondente. Em caso de ter tido reposição de água na altura d'água anterior, a  $\Delta$  Altura d'água será a "Reposição" menos a "Altura d'água" correspondente.

Em seguida calcula-se a “Infiltração acumulada” que corresponde a  $\Delta$  Altura d’água anterior mais a correspondente. Por fim a “Velocidade de infiltração” em centímetros por hora (cm/h) é calculada dividindo a  $\Delta$  Altura d’água pelo  $\Delta$  Tempo e multiplicando por 60 minutos para transformar a unidade de minutos para horas.

O teste termina quando a “Velocidade de infiltração” permanecer constante, ou seja, quando seu valor passar a ser o mesmo por pelo menos três vezes. Esse valor constante é a velocidade de infiltração básica (VIB) correspondente do solo neste ponto de medição.

Abaixo no Quadro 1 é apresentado um exemplo de preenchimento da tabela:

Quadro 1 – Exemplo de preenchimento da tabela

Horário	Tempo acumulado	$\Delta$ Tempo (min)	Altura d’água (cm)	Reposição (cm)	$\Delta$ Altura d’água (cm)	Infiltração acumulada (cm/h)	Velocidade de infiltração (cm/h)
14:16	0	0	30		0	0	0
14:17	1	1	29,2		0,8	0,8	48
14:19	3	2	28,4		0,8	1,6	24
14:21	5	2	27,5		0,9	2,5	27
14:26	10	5	26,7	30	0,8	3,3	9,6
14:31	15	5	29,2		0,8	4,1	9,6
14:41	25	10	28,3		0,9	5	5,4
14:51	35	10	26,8		1,5	6,5	9
15:06	50	15	25,7	30	1,1	7,6	4,4
15:21	65	15	28,7		1,3	8,9	5,2
15:51	95	30	27,5		1,2	10,1	<b>2,4</b>
16:22	125	30	26,3		1,2	11,3	<b>2,4</b>
16:52	155	30	25,1		1,2	12,5	<b>2,4</b>

Nota: os valores de velocidade de infiltração (cm/h) em negrito correspondem a VIB. Fonte: Souza et al. (2018)

#### Recomendação:

Para a aplicação desse protocolo sugere-se um grupo de 5 pessoas, para a divisão das seguintes tarefas: controlar o tempo, fazer a leitura da régua, preencher a tabela, repor a água nos anéis e fazer os cálculos.

O teste demora algumas horas, então é recomendado que aplique nos diferentes pontos ao mesmo tempo.

#### Pontos de medição:

Dois testes deverão ser realizados: um de baixo da árvore, a 5 cm do tronco e outro em um local próximo que não tenha árvores.



**Atividade:**

Depois de encontrar as velocidades de infiltração básicas (VIB) respectivas de cada ponto, encontre aumento da velocidade de infiltração básica do solo com árvore em relação ao sem árvore (em porcentagem). Se o experimento foi realizado em duplicata as velocidades nos pontos com árvore e sem árvore serão as respectivas médias.

**Resposta:****Material de apoio:**

Vídeo passo a passo: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/134>

**Referências bibliográficas:**

GONDIM, T. M. de S.; WANDERLEY, J. A. C.; SOUZA, J. M.; SOUSA, J. DA S. **Infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método do infiltrômetro de anel em solo areno-argiloso.** Revista Brasileira de Gestão Ambiental (REBAGA) v.4, n.1, p. 64-73, janeiro/dezembro de 2010.

SOILMOISTURE. **Operating instructions: 2830k1 double ring infiltrometer kit.** 2009.

SOUZA, D. B. et al. **Determinação Da Velocidade Infiltração Básica (VIB), Sob O Método De Infiltrômetro De Anéis Concêntricos Em Diferentes Tipos De Solo Na Região Oeste Da Bahia.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 12, Vol. 04, pp. 170-193 dezembro de 2018. ISSN:2448-0959

## ANEXO 4 – Protocolo de medição da diferença de temperatura do ar entre ‘verde e cinza’

As árvores, assim como a grama ou os arbustos, são capazes de interceptar a radiação solar e absorver o calor; respondendo com a evapotranspiração (transpiração das plantas), que se trata da liberação de umidade (vapor d’água) no ar. Porém as árvores comparadas com outras coberturas vegetais, têm ainda maior capacidade de promover sombreamento.

Deste modo elas contribuem para reduzir a temperatura do ar e das superfícies abaixo delas, melhorando o conforto térmico do microclima (clima localmente).

A capacidade de resfriamento de uma árvore adulta, em média, é equivalente a 5 aparelhos de ar-condicionado ligados 20 horas por dia. Sendo assim, elas reduzem a necessidade de consumo de energia elétrica com aparelhos de refrigeração.

Figura 1 – Contribuição de uma árvore para o conforto térmico

Veja a contribuição de uma mangueira para o conforto térmico em seu entorno



Fonte: Lage (2008)

A influência de cada árvore no conforto térmico depende de alguns aspectos como: espécie, tamanho, idade, tamanho da copa (área de sombreamento) e se ela perde todas as suas folhas durante algum período do ano ou se ela é uma árvore perene (que não perde suas folhas).

Nos meios urbanos os materiais que compõem as construções, em geral, apresentam grande capacidade de reter calor da radiação solar. Como o concreto e o asfalto. Assim como a grande concentração de gases de efeito estufa (CO, CO<sub>2</sub>, óxidos de nitrogênio etc.), que são emitidos pelos automóveis. Essa combinação de fatores atribui as zonas urbanas temperaturas mais altas em comparação com a zona rural.

Um fenômeno climático que as condições urbanas propiciam, são as ilhas de calor. Esse fenômeno se trata da elevação de temperatura de maneira concentrada em uma região. O que pode trazer até o aumento de problemas de saúde para a população. Um exemplo disso é o aumento da disseminação de vetores como o *Aedes aegypti*, pela combinação do efeito das ilhas de calor e dos períodos de chuvas, que promovem enchentes nas cidades.

Temperaturas mais amenas, sombra e maior humidade do ar trazem melhor qualidade de vida para as pessoas. Isso pode ser proporcionado pela ação das árvores.

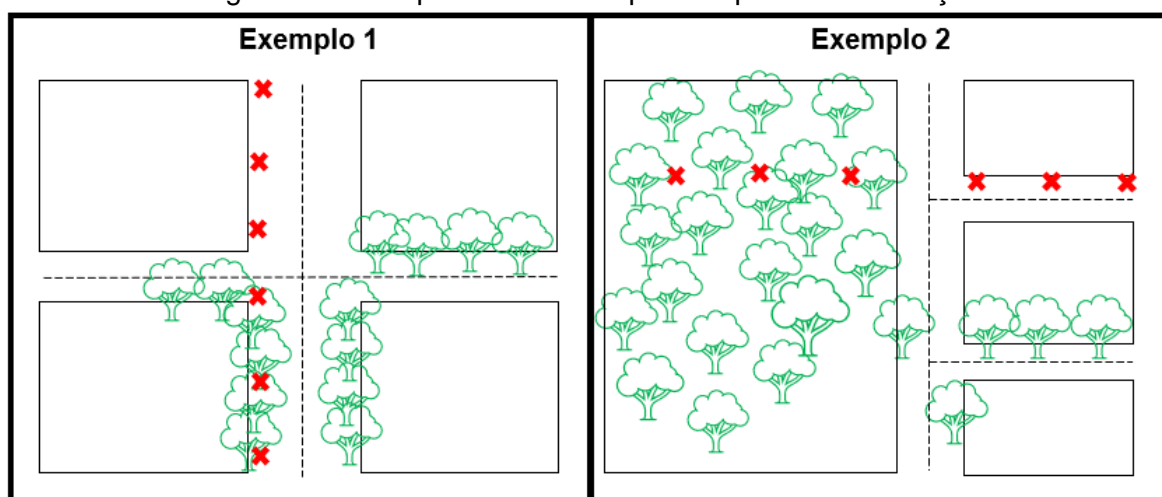
Para medir o efeito térmico das árvores, será utilizado um Termo-Higrômetro. Com ele será medido as temperaturas do ar em 6 pontos, 3 pontos dentro de áreas verdes ou ruas arborizadas e 3 pontos em locais próximos sem árvores.

Estes pontos de medição devem pertencer a uma mesma reta e o ponto deve ter uma distância igual entre eles, seu antecessor e o próximo. Sendo que essa distância deve ser de 50 metros.

Também é recomendado se atentar a sombra dos edifícios, procurando locais similares em relação a influência de sombras. Tanto para os locais verdes, quanto para os locais sem árvores.

A Figura 2, abaixo, ilustra dois exemplos para a escolha dos pontos de medição:

Figura 2 – Exemplos de escolha para os pontos de medição



Fonte: Elaboração própria

### Medição da diferença de temperatura do ar entre ‘verde e cinza’

**Materiais:** 3 Termo-Higrômetros, 3 cronômetros e uma fita métrica.

Serão feitas 10 medições de temperatura em cada ponto a cada 5 minutos e elas devem ser anotadas na tabela. O Termo-Higrômetro deve estar a 1,3 metros do solo (altura do peito) no momento das coletas das temperaturas, essa altura pode ser indicada com auxílio de uma fita métrica.

Para as coletas das temperaturas serão necessárias 3 duplas de estudantes (dupla A, B e C), cada dupla vai percorrer do ponto 1 ao 6, tendo 2 minutos para andar de um ponto ao próximo ponto e registrar a temperatura indicada pelo Termo-Higrômetro na tabela, no respectivo campo.

As três duplas deverão iniciar os cronômetros juntas no ponto 1 e seguir as indicações dos instantes, respectivos, em minutos dos quais serão responsáveis de coletar a temperatura em determinado ponto. Como apresentados na tabela a seguir. Devem voltar ao ponto 1 sempre que terminarem de registrar o ponto 6, em 5 minutos.

Após a coleta as duplas devem juntar os dados e calcular a soma das temperaturas em cada ponto ( $T_{total}$ ). Em seguida, calcular a média das temperaturas em cada ponto ( $\bar{T}$ ). Depois calcular a temperatura média da área ‘verde’ ( $\bar{T}_{verde}$ ) e da área ‘cinza’ ( $\bar{T}_{cinza}$ ). Por fim a diferença de temperatura ( $\Delta T$ ) entre ‘verde e cinza’.

#### Referências bibliográficas:

ARAUJO, et al. **São Paulo urban heat islands have a higher incidence of dengue than other urban areas**. Brazilian Journal of Infectious Diseases [online]. 2015, vol.19, n.2, pp.146-155, 2015.

CHEN, Y; WONG, NH. **‘Thermal benefits of city parks’**, *Energy and Buildings*, vol. 38, no. 2, pp. 105–120, 2006.

LAGE, A. **Oásis em miniatura**. Folha de São Paulo, Equilíbrio, São Paulo, 23 de out. 2008. Equilíbrio p.7.

ONISHI, A.; CAO, X.; ITO, T.; SHI, F.; IMURA, H. **Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots**. *Urban Forestry; Urban Greening*, vol. 9, no. 4, pp. 323–332, 2010.

SÃO PAULO. **Árvore amiga da cidade**. Antunes, A. Z. et al. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente e Instituto Florestal. 20p, 2015.

### Tabela para o preenchimento das temperaturas

Área de monitoramento: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

		Instantes (minutos)					
		Verde			Cinza		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Temperaturas (°C)	Dupla A	0 min	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min
	Dupla B	5 min	7 min	9 min	11 min	13 min	15 min
	Dupla C	10 min	12 min	14 min	16 min	18 min	20 min
	Dupla A	15 min	17 min	19 min	21 min	23 min	25 min
	Dupla B	20 min	22 min	24 min	26 min	28 min	30 min
	Dupla C	25 min	27 min	29 min	31 min	33 min	35 min
	Dupla A	30 min	32 min	34 min	36 min	38 min	40 min
	Dupla B	35 min	37 min	39 min	41 min	43 min	45 min
	Dupla C	40 min	42 min	44 min	46 min	48 min	50 min
	Dupla A	45 min	47 min	49 min	51 min	53 min	55 min
$T_{total}$							
$\bar{T}$							

$$\Delta T = \bar{T}_{verde} - \bar{T}_{cinza} = \underline{\hspace{10em}}$$

## ANEXO 5 – Espécies arbóreas para o monitoramento de interceptação de chuva

Quadro 1 – Espécies que para o monitoramento de interceptação de chuva que são consagradas ou indicadas para locais que não sejam no passeio público (locais “internos”) para a arborização urbana.

	<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>Tipo</b>
<b>Consagradas</b>	<i>Cassia leptophylla</i>	Falso barbatimão	LP
	<i>Cinnamomum camphora</i>	Canela canphoreira	LP
	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá mimoso	LD
	<i>Koelreuteria bipinnata</i>	Árvore da China	LD
	<i>Lagerstroemia indica</i>	Resedá	LD
	<i>Trachycarpus fortunei</i>	Palmeira moinho de vento	PP
<b>Indicadas para locais “internos”</b>	<i>Dypsis decaryi</i>	Palmeira triângulo	PP
	<i>Ficus microcarpa</i>	Figueira lacerdinha	LP
	<i>Magnolia grandiflora</i>	Magnólia branca	LP
	<i>Platanus acerifolia</i>	Plátano	LD
	<i>Tipuana tipu</i>	Tipuana	LD
	<i>Washingtonia robusta</i>	Washingtônia do sul	PP
Legenda: LD – latifoliada decídua; LP – latifoliada perene; LS – latifoliada semidecídua e PP – palmeira perene.			

Fonte: SMVM (2020)