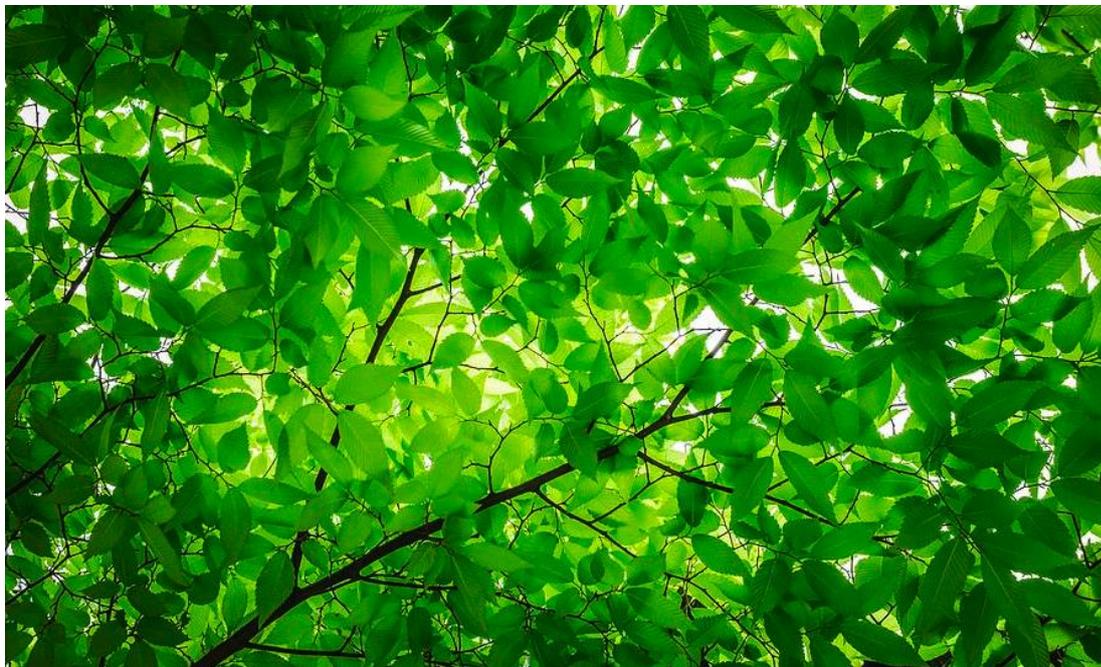


ARBORETOS DA USP

Proposta de gestão arborista



PREMISSA

A cobertura arbórea nos *campi* da Universidade de São Paulo é um bem público de valor inestimável.

DEMANDA

As árvores devem crescer saudáveis e integrar-se aos ambientes com o menor risco possível tanto para as pessoas como para o patrimônio público e privado.

PROPOSTA

Adotar medidas de planejamento integrado do manejo arbóreo, modulares na sua implantação, e baseadas em regras uniformizadas de gestão e implementadas por arboristas em todos os *campi* da USP.

JUSTIFICATIVA

Chuvas e ventos de crescente intensidade, somados ao envelhecimento das árvores nos *campi* da USP, têm causado acidentes e prejuízos significativos.

ARBÓREO: Da natureza da árvore, que pertence à árvore, relativo à árvore.

ARBORETO: Lugar onde se cultivam árvores, arbustos e plantas herbáceas, para fins científicos e educacionais.

[Michaelis](#)

ARBORISTA: indivíduo que exerce a atividade da arboricultura e que, através da experiência, da educação e treinamento complementar, possui competência para prestar ou supervisionar o manejo de árvores e outras plantas lenhosas

ARBORICULTURA: ciência e arte do cultivo, cuidado e manejo das árvores e outras plantas lenhosas, em grupos ou individualmente, em ambientes urbanos ou rurais.

Definições extraídas do texto-base da proposta de [POLÍTICA NACIONAL DE ARBORIZAÇÃO URBANA](#), sugerida pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana ([SBAU](#))

CONTEÚDO

1. Introdução	1
Objetivos	4
Equipes Arboristas e Planos Operacionais de Gestão Arbórea	4
2. Convívio com árvores nos campi da USP	9
Priorização de localidades	9
Localidades que integram as frentes de trabalho arborista	11
Frente de Trabalho 1	12
Frente de Trabalho 2	14
Frente de Trabalho 3	15
Frente de Trabalho 4	16
3. Uma análise relativizada de benefícios e custos	17
Benefícios de uma cobertura arbórea bem manejada nos campi da USP	17
Investimento total desta proposta de estruturação da gestão arbórea na USP	18
Relação benefício-custo	18
4. Proposta de gestão arbórea	21
Inventário e mapeamento de árvores	21
Avaliações do estado fitossanitário e estrutural das árvores	21
Geolocalização das árvores	22
Transversalidade e interação com voluntários	22
Planejamento e licenciamento ambiental das intervenções	22
Operacionalização do manejo arbóreo	23
Sistema de apoio às atividades de gestão arbórea	23
5. Literatura Recomendada	25

GRUPO DE TRABALHO

Coordenação

Luiz Carlos Estraviz Rodriguez, Professor Titular
Chefe do Departamento de Ciências Florestais – ESALQ

Demóstenes Ferreira da Silva Filho, Professor Associado
Professor de Silvicultura Urbana

Corpo de Revisores

Ana Maria de Meira, Prefeitura do campus Luiz de Queiroz, USP
Claudia F. M. Mattiuz, Escola Sup. de Agricultura Luiz de Queiroz, USP
Ernani Pinto Junior, Conselho Gestor do campus Luiz de Queiroz, USP
Hermes Fajersztajn <hfajer@usp.br>, Prefeitura do campus Capital, USP
João Carlos Teixeira Mendes, Estações Experimentais Florestais, USP
Luciano Mendes, Prefeitura do campus Luiz de Queiroz, USP
Luis Fernando C. Alberto, Prefeitura do campus de São Carlos, USP
Marcelo Machado Leão, ProPark Paisagismo e Ambiental Ltda.
Marcos Milan, Escola Sup. de Agricultura Luiz de Queiroz, USP
Marcos Silveira Buckeridge, Instituto de Biociências, USP
Mário Tommasiolo Filho, Escola Sup. de Agricultura Luiz de Queiroz, USP
Paulo Sergio Lopes de Souza, Prefeitura do campus de São Carlos, USP
Raquel Rolnik, Prefeitura do Campus da Capital, USP
Ricardo Ivan F. da Trindade, Conselho Gestor do campus da Capital, USP
Rildo Moreira e Moreira, Estações Experimentais Florestais, USP
Sergio Brazolin, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, IPT
Thais Maria F. S. Vieira, Escola Sup. de Agricultura Luiz de Queiroz, USP
Vinícius Castro Souza, Escola Sup. de Agricultura Luiz de Queiroz, USP
Wagner Costa Ribeiro, Prefeitura do campus Capital, USP

RESUMO EXECUTIVO

Atualmente, a prática de princípios básicos de arboricultura e a gestão de áreas verdes nos campi da USP acontece sem regramento institucional unificado. Uma das consequências dessa situação é a gestão heterogênea dos espaços verdes, com padrões estéticos e fito-sociais irregulares, e a existência nessas áreas de árvores de alto risco para a integridade de pessoas e do patrimônio na USP. Este documento, *Arboretos da USP – proposta de gestão arborista*, oferece uma estratégia, modular e adaptativa, de criação de uma estrutura de gestão voltada para as necessidades de cada *campus* que compõe a Universidade de São Paulo.

Num primeiro momento, prioriza-se o atendimento das unidades da USP que se mostram mais carentes no momento em termos de especialistas e de rotinas de arboricultura. A Tabela 1 resume dados que revelam a ocupação de espaços pelas diferentes unidades e *campi* da USP, assim como a distribuição das pessoas nesses espaços, permitindo estimar um indicador de densidade média de pessoas por hectare.

Tabela 1: Distribuição de espaços e pessoas entre as unidades e campi da USP

Frente Arborícola	Localidade	Área (ha)	Área Total (ha)	Reserva Ecológica (ha)	Alunos Grad	Alunos PG	Docentes	Tecnico Administrativos	População	Densidade Pop/ (Área-Reserva)
2	Campus da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"	453.80	537	132	34.266	17.431	2.704	7.316	61.717	152,4
	Obs. Astronômico e Geofísico Abrahão de Moraes - Valinhos	42.73								
	Campus de Lorena I	27.84								
	Campus de Lorena II	12.70								
1	Parque CIENTEC - Água Funda	137.31	406	-	9.787	5.937	920	1.351	17.995	44,3
	EACH - USP Leste	128.53								
	Estação Biológica de Boracéia - Salesópolis	96.06								
	Quadrilátero Saúde	16.12								
	MAC - Ibirapuera	8.01								
	CEBIMar - São Sebastião	5.33								
	Largo São Francisco	3.59								
	MP e MZ - Ipiranga	2.78								
	Base de Ubatuba	2.31								
	Ruínas Engenho São Jorge dos Erasmos - Santos	2.20								
	Base de Cananéia	1.02								
	Centro Universitário Maria Antonia	0.88								
	FAU - Rua Maranhão	0.63								
	Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC)	0.59								
	Casa de Dona Yayá - Bela Vista	0.35								
	Museu Republicano - Itu	0.24								
Centro Regional de Pesquisas Arqueológicas - Piraju	0.17									
Posto Avançado da FSP - Pariquera-açu	0.07									
3	Campus de Ribeirão Preto	599.28	774	205	12.734	6.970	1.383	2.586	23.673	41,6
	Campus de São Carlos II	102.45								
	Campus de São Carlos I	46.18								
	Centro de Rec. Hídricos e Ecologia Aplicada - Itirapina	25.80								
	Serviço Especial de Saúde de Araraquara	0.57								
4	Campus "Fernando Costa" - Pirassununga	2342.77	6.124	1.895	4.384	2.033	453	1.965	8.835	2,1
	Campus "Luiz de Queiroz" - Piracicaba	839.26								
	Campus de Bauru	21.89								
	Polo de Jaú	9.02								
	Estação Experimental de Itatinga	2225.25								
	Estação Experimental de Anhembi	380.10								
Estação Experimental de Anhumas	306.17									

Esses dados permitiram estabelecer frentes de prioridade para a gradual e modular expansão das etapas propostas neste plano. A estratégia é modular e adaptativa para que, no prazo de até três anos, a USP possa evoluir de um modelo pautado pelo atendimento de demandas emergenciais, para um modelo que promove o funcionamento seguro e ecossistêmico dos seus espaços verdes.

A minimização do risco de danos ao patrimônio da universidade, e à integridade física das pessoas que coabitam as áreas verdes da USP, é possível por meio da adoção de um plano que propõe e gera rotinas de arboricultura. As rotinas serão desenvolvidas por equipes constituídas por três colaboradores não-docentes (um de nível superior e dois de nível técnico), que prestarão serviços e supervisionarão o manejo de árvores e de outras plantas em quatro frentes regionais da USP. A Figura 1 sintetiza o organograma e as unidades atribuídas a cada equipe arborista.

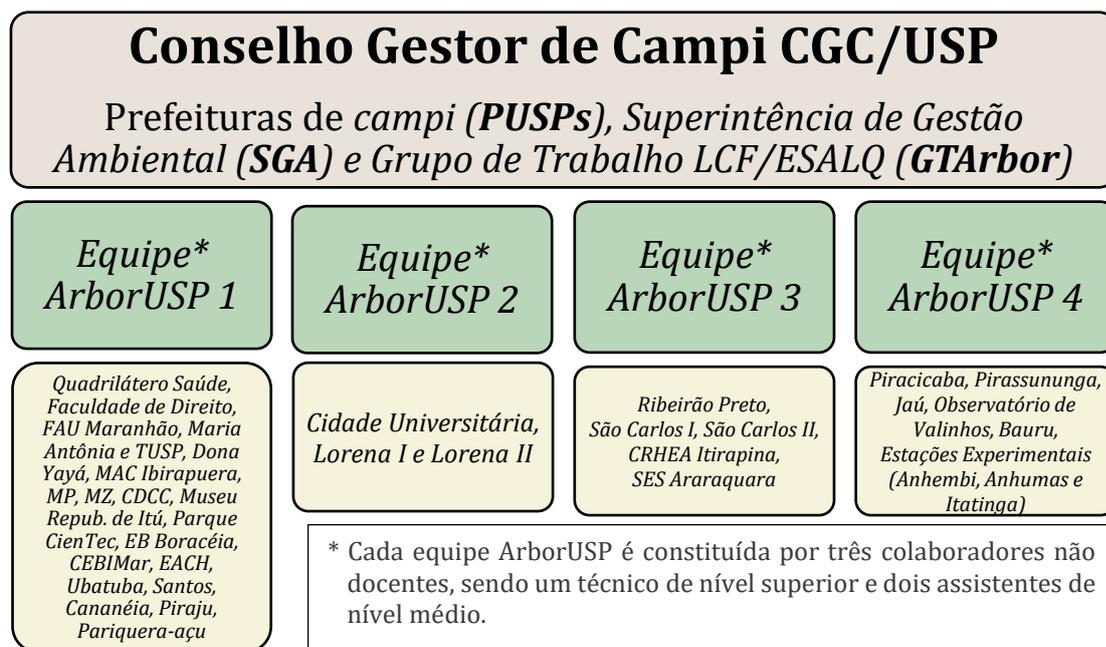


Figura 1: Coordenação das equipes e atribuição de unidades a cada equipe arborista

A primeira equipe arborista (**ArborUSP 1**) a ser constituída no primeiro ano, atenderá as unidades que apresentam alta densidade populacional e as demandas mais urgentes no momento. Se subordinará, para efeito de vínculo trabalhista, à prefeitura de uma das unidades que compõe a frente, e implementará as ordens de serviço geradas pelo grupo de trabalho constituído no âmbito do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP (**GTArbor**), encarregado de propor e manter o *Plano Arboretos da USP*.

A **ArborUSP 1** adquirirá experiência, educação e treinamento que repassará posteriormente às outras três equipes, conforme estas forem sendo constituídas. O estabelecimento de um prazo de três anos permite a constituição gradual das equipes e a consolidação adaptativa das rotinas desta proposta de gestão arborista. Findo o período de contratação das quatro equipes, espera-se que as ações mais urgentes de mitigação de riscos tenham sido implementadas e um

conjunto padrão de rotinas para toda a USP tenha sido aperfeiçoado, consolidado e uniformizado.

Sugere-se que o *Plano Arboretos da USP* seja monitorado e avaliado regularmente por um conselho central (Conselho Gestor de Campi da USP – **CGC/USP**). Esse conselho central seria composto pelos prefeitos de campi (**PUSPs**), pela Superintendência de Gestão Ambiental (**SGA**) da USP e pela coordenação do **GTArbor**. A avaliação regular do desempenho do **GTArbor** e das equipes arboristas **ArborUSP** é fundamental para que todos os colaboradores se mantenham comprometidos com a melhoria contínua do plano.

Tabela 2: Fluxo de contratações e dotação orçamentária estimada do plano arborista

Equipes		2023	2024	2025
GTArbor	1 Bolsista pós-doc			
	Licença do Sistema de Gestão Digital	150,000.00	120,000.00	120,000.00
ArborUSP 1	1 Técnico de nível superior			
	2 Técnicos de nível médio			
	1 Bolsistas IC			
	Credenciamento e capacitação	100,000.00		
	Equipamentos	450,000.00		
	Serviço externo (supressão especializada)	100 x 4000 = 400,000.00		
ArborUSP 2	1 Técnico de nível superior			
	2 Técnicos de nível médio			
	1 Bolsistas IC			
	Credenciamento e capacitação		100,000.00	
	Equipamentos		450,000.00	
	Serviço externo (supressão especializada)		50 x 4000 = 200,000.00	
ArborUSP 3	1 Técnico de nível superior			
	2 Técnicos de nível médio			
	1 Bolsistas IC			
	Credenciamento e capacitação		100,000.00	
	Equipamentos		450,000.00	
	Serviço externo (supressão especializada)		50 x 4000 = 200,000.00	
ArborUSP 4	1 Técnico de nível superior			
	2 Técnicos de nível médio			
	1 Bolsistas IC			
	Credenciamento e capacitação			100,000.00
	Equipamentos			450,000.00
	Serviço externo (supressão especializada)			20 x 4000 = 80,000.00
Acumulado	Bolsistas pós-doc	1	1	1
	Bolsistas IC	1	3	4
	Técnicos de nível superior	1	3	4
	Técnicos de nível médio	2	6	8
Orçamento anual		1,100,000.00	1,620,000.00	750,000.00

A Tabela 2, complementada pela Tabela 3, apresenta uma estimativa da dotação e do fluxo de contratações se o plano for implementado em três etapas anuais. O primeiro ano (2023) contempla a seleção de um bolsista de pós-doutoramento para apoio ao **GTArbor**, a aquisição de uma licença de sistema digital de gestão de processos de arboricultura¹, a contratação para supressão emergencial de 100

¹ A aquisição de um sistema com essas características ([ArboLink](#)) foi iniciado na PUSP-LQ em 2022 e, caso seja selecionado, poderia ter o escopo ampliado para contemplar esta proposta.

árvores de alto-risco e a contratação da primeira equipe (**ArborUSP 1**) com o respectivo custeio dos processos de credenciamento, treinamento arborista da equipe, seleção de um bolsista de IC e compra dos equipamentos necessários para o trabalho dessa primeira equipe.

No segundo ano (2024), juntamente com o pagamento do segundo ano de licença do sistema digital de gestão, manutenção do bolsista pos-doc e supressão de mais 100 árvores de alto-risco, sugere-se a contratação da segunda e terceira equipes, com respectiva seleção de dois bolsistas IC, investimento no credenciamento e treinamento arborista dessas duas novas equipes e compra de equipamentos. O terceiro ano (2025) completa ao período de constituição das equipes arboristas, com a contratação da quarta e última equipe, respectivo investimento em credenciamento e treinamento arborista, compra de equipamentos, supressão de 20 árvores residuais de alto-risco, manutenção do bolsista pos-doc e pagamento da licença do sistema digital de gestão.

As citadas supressões de árvores de alto-risco referem-se a atividades de difícil execução, envolvendo árvores de grande porte em locais de difícil acesso, e que exigem a contratação de serviços externos especializados. Considera-se que a dificuldade de execução em operações similares irá se mitigando conforme as equipes próprias da USP (**ArborUSP 1 a 4**) forem adquirindo experiência e a possibilidade de que eventuais necessidades, quando necessárias, passem a ser executadas sem a necessidade de contratação de serviços externos.

É importante destacar a importância da USP internalizar a gestão e a execução de atividades rotineiras de arboricultura, e o alto valor da relação benefício-custo dessa decisão. A gestão atual da cobertura arbórea na USP desconsidera riscos que podem levar a fatalidades e à invalidez de vítimas de acidentes com árvores.

A gestão arborista altera essa percepção, equilibrando a mitigação de riscos com a existência de extensos e belos arboretos. É possível perceber também, mesmo que com um certo grau de abstração e intuição, que o tamanho da equipe necessária, o investimento inicial e o custeio anual são relativamente pequenos, se considerados os benefícios que essa decisão trará para a universidade.

Além da eliminação, ou pelo menos forte redução, do risco à integridade física da comunidade que frequenta os espaços da USP, será menor também o risco de danos ao patrimônio da universidade, dos que a visitam e dos seus vizinhos. Soma-se, por fim, a esses benefícios, a melhoria de valores estéticos, o conforto térmico em ambientes externos e internos, a redução de consumo energético, a

diminuição do impacto de processos erosivos em calçamentos e na pavimentação viária, a melhoria da qualidade do ar e a diminuição dos níveis de dióxido de carbono.

As demais seções desta proposta apresentam com mais detalhes os aspectos a serem considerados para uma efetiva gestão arborista que no curto prazo garanta o atendimento das atuais demandas emergenciais e, no médio e longo prazos, o gradual aprimoramento da gestão dos espaços arborizados em todos os *campi* da USP.

The character of the campus ... should be distinguished first and foremost by the landscape, both natural and designed.

In preserving and enhancing the appearance of the campus, trees and the tree canopy play a major role. Further, the presence of trees plays an important environmental role on campus. Strategically located trees reduce air pollution by trapping particle pollutants, absorbing CO₂ and other harmful gases, act as a carbon sink to reduce the atmospheric greenhouse effect, reduce storm water runoff and soil erosion and sedimentation, reduce energy use through shading and windbreaks, and reduce the urban heat island effect.

[Cornell University Campus Tree Care Plan \(2021\)](#)

1. Introdução

As árvores representam importante elemento para melhorar a qualidade de vida dos habitantes das cidades, à medida que contribuem para reduzir as “ilhas de calor”, filtrar os poluentes da atmosfera, diminuir a intensidade dos ruídos, minimizar o impacto das águas pluviais, valorizar a paisagem, proporcionar abrigo e alimentação à fauna, além de outros benefícios indiretos, tais como a diminuição de doenças cardiovasculares, ansiedade e depressão em seres humanos.

A arborização pode também gerar valorização imobiliária, paisagística e contribuir para processos educativos que levam as pessoas a olharem com maior atenção para as árvores existentes nas áreas urbanizadas. Por outro lado, com o decorrer do tempo, nem sempre as árvores recebem o adequado manejo silvicultural e agrônômico – inspeção, avaliação, poda, tratamento fitossanitário, adubação, tutoramento, cabeamento, plantio de reposição (substituição), entre outros cuidados. E quando, em ambientes urbanos, recebem alguma intervenção, observa-se pouco rigor técnico e descontinuidade na conservação perfeita, segura e eficiente dessas valiosas árvores.

Dessa forma, uma situação, que se pretendia benéfica, corre o risco de se transformar em um sério problema para a comunidade, devido à eventual queda de árvores e de seus ramos, envolvendo acidentes de proporções variáveis que afetam dramaticamente pessoas, patrimônio e serviços essenciais (Figura 2). No caso de serviços essenciais, os mais comuns são a interrupção da alimentação da rede de energia elétrica, de telecomunicações e do trânsito em importantes vias de circulação.





Figura 2: Danos, prejuízos e acidentes de variadas proporções decorrentes da queda de árvores e suas partes em áreas verdes em dois campi da USP e em parque no interior do estado.

Problemas relacionados com quedas de árvores, ou de suas partes, podem se agravar em função da idade das árvores, do seu estado fitossanitário, da sua incompatibilidade locacional e de outras fragilidades ou debilidades decorrentes do solo que a sustenta e da exposição a fenômenos naturais, como chuvas intensas e ventos fortes.

Atualmente, em muitos dos arboretos existentes nos *campi* da Universidade de São Paulo, são frequentemente encontradas árvores em locais inadequados, ou senescentes ou fortemente atacadas por pragas e doenças, ou carentes de um manejo adequado, e algumas inclusive já mortas. Potencialmente, nenhuma árvore oferece uma coexistência livre de riscos, assim como tudo que é mantido em áreas externas com exposição direta a forças e intempéries naturais. A previsão dessas situações é difícil e obriga técnicos e gestores a lidar com pressões, tanto a favor como contra a supressão de árvores, por parte de membros da sociedade.

Além disso, há o controle legal baseado em doutrinas de proteção das árvores, como, por exemplo, a Lei de Crimes Ambientais, o Código Florestal e as leis estaduais e municipais, que incidem em cada *campus*, e que precisam ser observadas pelos administradores. Em muitos casos, as áreas verdes são também regidas por decretos de tombamento, ou estão inseridas em locais de proteção ambiental, que dificultam certas intervenções.

A avaliação dos riscos que envolvem as árvores exige a participação de pessoal capacitado, treinado e familiarizado com os locais em que estão plantadas para a execução dos trabalhos. Requer também a realização de análises do microclima em que se inserem, incluindo análises de predominância de ventos e de ocorrência de chuvas, caracterização do tipo de solo e cultivo, e ainda, o conhecimento dos aspectos legais que orientam a tomada de decisão sobre o seu manejo.



Figura 3: Fluxo de procedimentos para avaliação e classificação de risco de queda de árvores e de suas partes até a recomendação de manejo arbóreo e controle.

O processo de avaliação arbórea (Figura 3) deve ser complementado com o estudo da integridade estrutural da árvore, das propriedades biomecânicas de sua madeira e das suas condições fitossanitárias e fisiológicas, de forma individualizada. É preciso, também, considerar a ocupação do seu entorno, identificando a intensidade de uso, as interferências com edificações, instalações e equipamentos públicos, os possíveis alvos a serem atingidos com a sua eventual queda, o dimensionamento dos impactos e a probabilidade de ocorrer acidentes ou danos, que podem determinar, com maior precisão, as situações de risco e as medidas para mitigá-los, reduzi-los, assumi-los ou transferi-los.

O monitoramento das árvores e do seu entorno precisa ser efetuado regularmente pelo gestor público ou privado e, atualmente, é regido no Brasil pela norma regulamentadora NBR n. 16246-3, de setembro de 2019, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – Florestas urbanas - manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas – Parte 3: Avaliação de risco de árvores, além de normas internacionais, tais como a norma ANSI - A300 Part 9 *Tree Risk Assessment*.

Nesse contexto, apresenta-se esta proposta de gestão integrada de processo arborícolas. Denominada “Arboretos da USP – proposta de gestão arborista”, a proposta visa estabelecer diretrizes que estabelecem a forma como a universidade deve manejar as árvores nos seus *campi*. Apoiado por um sistema de gestão digital, que registra cada árvore e como ela se integra às demais formando arboretos em zonas de gestão prioritária, a proposta estabelece a contratação de equipes de arboristas capacitados e bem treinados, para conduzir as devidas avaliações e ações de rotina, garantindo a segurança dos frequentadores, a conservação da biodiversidade e a valorização da paisagem.

Objetivos da proposta de gestão arborista

- Reduzir o risco de acidentes, danos e prejuízos decorrentes da queda de árvores e ramos nos *campi* da USP e minimizar os impactos negativos na infraestrutura existente.
- Gerir as árvores de forma eficaz e eficiente, otimizando recursos humanos e operacionais, apoiado por profissionais qualificados e modernos sistemas de gestão especializada.
- Reduzir os custos da gestão arbórea nos *campi*, padronizando processos, digitalizando rotinas e racionalizando ações.
- Fundamentar tecnicamente os pedidos de supressão e poda de árvores que apresentam risco de causar acidentes.
- Melhorar o atendimento e aumentar a satisfação da população interna e externa à USP em relação à arborização dos *campi* da USP.
- Aperfeiçoar a comunicação entre a comunidade, prestadores de serviços, unidades da USP e prefeituras de *campi* da USP responsáveis pela gestão de áreas verdes.
- Diminuir as ações ajuizadas, e fundamentar melhor as que venham a existir, decorrentes de problemas envolvendo a arborização nos *campi* da USP.
- Valorizar a imagem institucional da Universidade de São Paulo, melhorando a qualidade dos processos de gestão do seu patrimônio arbóreo.

Equipes Arboristas e Planos Operacionais de Gestão Arbórea

Atualmente, a prática de princípios básicos de arboricultura na administração de áreas verdes nos *campi* da USP é desvinculada de um regramento institucional unificado. Uma das consequências dessa situação é a gestão heterogênea dos espaços verdes, com padrões estéticos e fito-sociais irregulares e a existência de árvores que colocam em risco a integridade de pessoas e do patrimônio público e privado.



Esta proposta oferece uma estratégia modular e adaptativa, voltada para as reais necessidades de cada *campus* da Universidade de São Paulo. São propostas quatro frentes de gestão arborista para manejar as áreas verdes da Universidade de São Paulo. Sugere-se a priorização de uma primeira frente, na qual um módulo inicial será dimensionado para atender às unidades dessa frente, mapeando os locais com grande fluxo de pessoas e veículos e com forte interação entre áreas construídas e vegetação de porte arbóreo. Buscará a rigorosa adequação a requisitos legais municipais locais, e identificará as situações mais carentes de uma intervenção arborícola.

Essa frente será constituída imediatamente, já no corrente ano, sendo mais três frentes criadas em etapas anuais sucessivas e graduais. Ao longo de um horizonte de três anos, a USP evoluirá de um modelo hoje pautado pelo atendimento de demandas emergenciais, para uma gestão que planeja o manejo técnico-científico de cada árvore e promove o funcionamento seguro e ecossistêmico dos seus espaços verdes em todos os *campi* da USP.

Cada frente corresponde a um conjunto específico de unidades e *campi* da USP, e é atendida por uma **Equipe Arborista (ArborUSP)** designada e dimensionada para implementar o respectivo **Plano Operacional de Gestão Arbórea**. Cada equipe arborista conta com um número mínimo de profissionais bem treinados e capacitados, e é dotada de suficientes recursos e equipamentos para que atenda adequadamente às demandas nas suas respectivas frentes de gestão.

Cada equipe arborista é constituída por uma equipe de três colaboradores não docentes (um de nível superior e dois de nível técnico), e prestará serviços de supervisão e manejo de árvores e de outras plantas lenhosas nas quatro frentes de trabalho delimitadas nos *campi* da USP. A primeira equipe arborista (**ArborUSP 1**) atenderá a frente com as demandas mais urgentes neste momento (Figura 1).

Para efeito de vínculo trabalhista, cada equipe arborista é subordinada à prefeitura de uma das unidades que integram essa frente, e executará as ordens de serviço geradas pelo grupo de trabalho coordenado pelo Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP (**GTArbor**), que propõe e mantém os **Planos Operacionais de Gestão Arbórea** das frentes de trabalho na USP.

A **ArborUSP 1** adquirirá experiência, capacitação e treinamento que repassará posteriormente às outras três equipes, conforme estas forem sendo contratadas. O prazo de três anos para a contratação gradual e implementação incremental desta proposta permite uma evolução adaptativa que melhora a qualidade dos serviços, e se beneficia do aprendizado contínuo que permitirá às equipes evoluírem juntas para superar os estágios iniciais de maturação. Ao final de três anos, espera-se que as ações mais urgentes de mitigação de riscos tenham sido concluídas e um conjunto padrão de rotinas para a USP tenha sido aperfeiçoado, consolidado e uniformizado.

Como indicado na Figura 1, sugere-se que o funcionamento das equipes e do grupo de trabalho seja monitorado e avaliado por um **Conselho Gestor de Campi da USP – CGC/USP**. Esse conselho central seria composto pelos prefeitos de campi (**PUSPs**), pela Superintendência de Gestão Ambiental (**SGA**) da USP e por um representante do **GTArbor**. As avaliações feitas pelo **CGC/USP** são fundamentais para que o **GTArbor** e os colaboradores nas equipes **ArborUSP** se mantenham comprometidos com a melhoria contínua do plano.

A Tabela 2 apresentada no Resumo Executivo mostra, para fins orçamentários, uma estimativa da dotação e do fluxo de contratações, caso esta proposta seja implementada em três etapas anuais. O primeiro ano (2023) contempla a seleção de um bolsista de pós-doutoramento para apoiar **GTArbor**, a aquisição da licença de um sistema digital de gestão arbórea² para gestão profissional dos processos de arborização e arboricultura, a contratação para supressão emergencial de 100 árvores de alto-risco e a contratação da primeira equipe (**ArborUSP 1**) com o respectivo custeio dos processos de credenciamento, treinamento arborista da equipe, seleção de um bolsista de IC e compra dos equipamentos necessários para o trabalho dessa primeira equipe.

No segundo ano (2024), juntamente com o pagamento do segundo ano de licença do sistema de gestão digital, manutenção do bolsista pos-doc e supressão de mais 100 árvores de alto-risco, sugere-se a contratação da segunda e terceira equipes, com respectiva seleção de dois bolsistas IC, investimento no credenciamento e treinamento arborista dessas duas novas equipes e compra de equipamentos. O terceiro ano (2025) completa a constituição das equipes arboristas, com a contratação da quarta equipe, respectivo investimento em credenciamento e treinamento arborista, compra de equipamentos, supressão de 20 árvores residuais de alto-risco, manutenção do bolsista pos-doc e pagamento da licença do sistema digital de gestão arbórea.

Na Tabela 2, as supressões de árvores referem-se a atividades de execução mais complexa, envolvendo árvores de grande porte, situados em locais de difícil acesso e que exigem a contratação de serviços externos especializados. Considera-se que tais dificuldades, em operações similares, diminuirão à medida em que as equipes próprias da USP (**ArborUSP 1, 2, 3 e 4**) adquiram experiência e possam substituir a contratação de serviços externos. A Figura 4 ilustra as mais frequentes rotinas do gestor arborícola, e inclui as etapas de avaliação, registro da classificação de risco e recomendação de manejo para cada árvore.

Esta proposta parte da premissa que, num primeiro momento, é necessário priorizar demandas emergenciais e corretivas. E assim, o número de ordens de serviço a serem cumpridas pelas quatro equipes arboristas será grande no primeiro triênio deste plano. Entretanto, rotinas

² A aquisição de um sistema com essas características ([ArboLink](#)) já teve início na PUSP-LQ em 2022 e, caso seja indicado como a melhor opção, poderia ter o escopo ampliado para contemplar os objetivos desta proposta.

envolvendo podas e supressões preventivas de menor urgência também precisam ser executadas para uma adequada conservação do patrimônio arbóreo vegetal dos *campi* da USP.

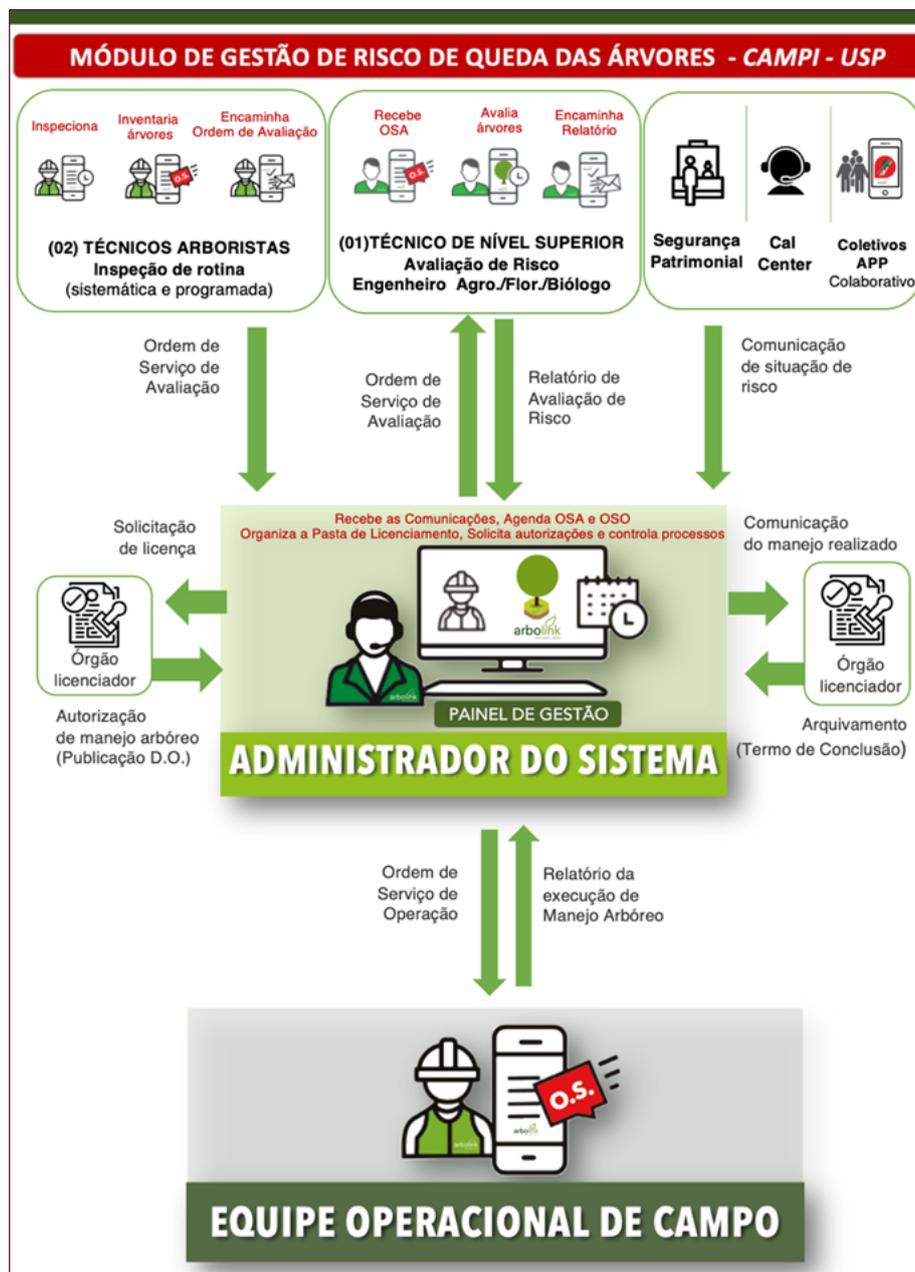


Figura 4: Fluxo de procedimentos para avaliação conclusiva, classificação de risco de queda de árvores ou suas partes e recomendação

Numa visão de médio e longo prazo, a conservação de todos os arboretos da USP precisa incluir operações preventivas de médio e longo prazo, como as propostas no módulo *TreeCare* do sistema [ArborLink](#) (Figura 5) e o planejamento sucessional das árvores (replanteio) que repõe aquelas que tiveram que ser suprimidas para manter viva a valiosa coleção de arboretos da USP.

Deve-se destacar a importância de a USP internalizar a gestão e a execução de atividades rotineiras de arboricultura, e o alto valor benefício-custo dessa decisão. A internalização de procedimentos de gestão arbórea, e a criação de equipes arboristas próprias, tornam mais

prudentes, eficientes e eficazes as intervenções. A situação atual, pelo contrário, nos expõe a críticas, pela omissão, morosidade e falta de agilidade em lidar com situações que exigem pronta resposta. Essa falta atual de resposta rápida e de manejo preventivo na gestão da cobertura arbórea da USP aumenta a nossa exposição ao risco de gravíssimos acidentes, com fatalidades ou vítimas por invalidez permanente, e onerosos impactos ao patrimônio público e privado.

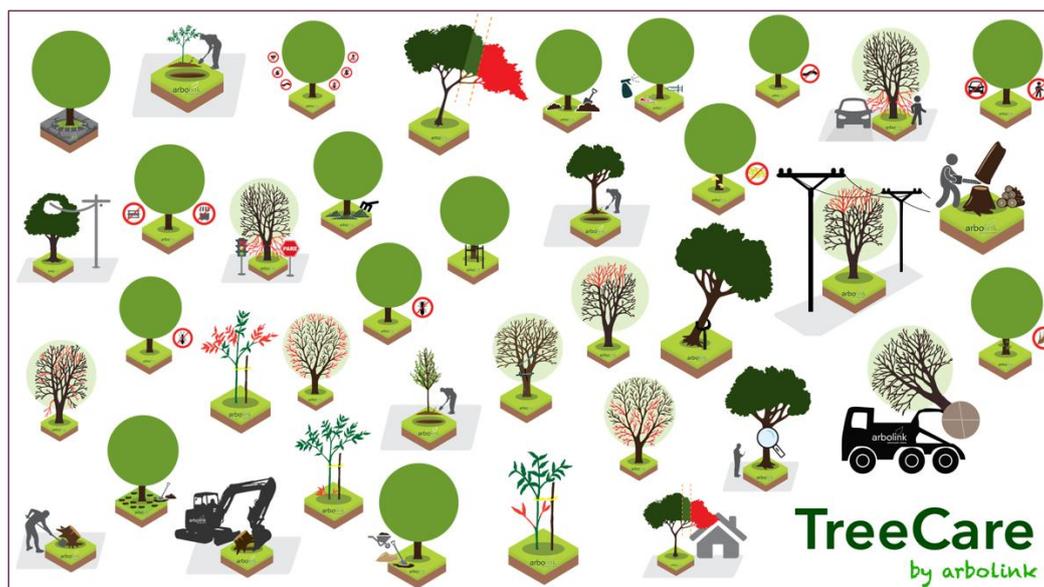


Figura 5: Exemplos de intervenções arborícolas normalmente implementadas ao longo da existência de uma árvore para a adequada conservação do patrimônio arbóreo.

A gestão arbórea aqui proposta busca a mitigação desses riscos, equilibrando a coexistência de pessoas com os extensos e belos arboretos da USP. Um certo grau de abstração e intuição é necessário para perceber que o custo de criação da estrutura física e humana mínima necessária para mitigar tão importantes riscos é relativamente pequeno, se considerado o ganho que essa decisão trará para a universidade.

Além da forte redução do risco à integridade física da comunidade que frequenta os espaços da USP, será menor também o risco de danos ao patrimônio da universidade, dos que a visitam e dos seus vizinhos. Somam-se, por fim, a esses benefícios, a melhoria de valores estéticos, o conforto térmico em ambientes externos e internos, a redução de consumo energético, a diminuição do impacto de processos de degradação em calçamentos e na pavimentação viária, a melhoria da qualidade do ar e a diminuição dos níveis de dióxido de carbono nos campi.

As próximas seções apresentam alguns aspectos a serem considerados nesta fase inicial e propositiva de uma estrutura de gestão e manejo para os arboretos da USP.

2. Convívio com árvores nos *campi* da USP

Espontâneas experiências desenvolvidas em diferentes *campi* da USP testemunham casos em que a comunidade acadêmica procurou qualificar e quantificar a diversidade de árvores, assim como o estado das árvores e da sua interação entre espaços verdes e pessoas. Aparentemente, essas experiências foram motivadas pela afinidade das atividades que os seus autores desenvolviam dentro das unidades da USP onde a experiência aconteceu.

A alta densidade de pessoas por unidade de área, a menor concentração de especialistas que trabalham com temas relacionados com a gestão de áreas verdes e o relato de pedidos de apoio foram os critérios usados para agrupar as unidades da USP mais carentes e formar a Frente 1 de trabalho, como aparece indicada na Tabela 1. Esse agrupamento por carência e prioridade gerou quatro frentes que determinam os limites de atuação das equipes arborícolas propostas. A Frente 1 agrupa as localidades onde são mais urgentes as intervenções de gestão arbórea e para a qual se propõe a contratação da primeira equipe **ArborUSP**.

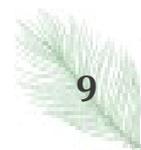
Priorização de localidades

Todas as unidades e *campi* da USP carecem de um plano de gestão arborista. Entretanto, algumas localidades não dispõem de colaboradores que trabalhem em áreas de maior afinidade com plantas ou que já tenham se envolvido no passado iniciativas de gestão arbórea. Essas áreas foram consideradas prioritárias e agrupadas na Frente 1, a primeira frente que receberá a primeira equipe **ArborUSP**. As demais frentes também serão contempladas com uma equipe **ArborUSP** cada, dentro do triênio como indicado na Figura 1.

Por já apresentarem alguma afinidade com o tema, as unidades que integram as frentes 2 a 4 receberão com mais facilidade o apoio das equipes que a elas forem designadas. A formação gradativa de equipes, dentro do triênio de referência deste plano ajudará a construir processos sólidos e robustos de trabalho.

Em algumas das unidades listadas nas frentes de trabalho 2 a 4 há relatos de já terem sido conduzidos inventários e da criação de bases de dados que registram de forma não padronizada diferentes atributos das árvores catalogadas. Dentre os atributos mais frequentemente registrados destacam-se: identificação botânica, idade estimada, localização geográfica, vínculo com comemorações ou simbolismo, parâmetros dimensionais como altura da árvore e diâmetro do tronco à altura do peito etc.

Outras informações igualmente importantes, mas menos frequentes, são: estado sanitário, tortuosidade do tronco e o formato de copa, inclinação e risco de queda. Raras são as iniciativas, entretanto, que puderam se manter regulares e que contribuíram para a padronização, o



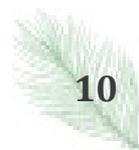
intercâmbio de dados e a integração com outros sistemas. Algumas iniciativas também puderam criar páginas na rede mundial de computadores, como o projeto [Árvores USP](#), coordenado pelo Prof. José Rubens Pirani (Depto. de Botânica – IB/USP), o [Trilhas da ESALQ](#) (coordenado no âmbito da PUSP-LQ) e o recém criado [Arboreto Luiz de Queiroz](#) (coordenado pelo Departamento de Ciência Florestais da ESALQ/USP – FEALQ).

A ESALQ, por exemplo, tem monitorado, com a ajuda de bolsistas de iniciação científica, de alunos voluntários e de um técnico de informática, através de levantamentos regulares, um conjunto de árvores nas áreas de maior circulação do campus da USP em Piracicaba. Coordenado pelo Prof. Demóstenes Silva, os dados desses levantamentos são mantidos em uma base de dados relacional disponível para consulta. As árvores monitoradas receberam uma placa de identificação, e são avaliadas quanto ao seu estado físico e fitossanitário. No momento, essa base guarda dados de 5.341 árvores, das quais 833 ainda não foram botanicamente identificadas e 51 aparecem catalogadas como mortas.

O trabalho desenvolvido na ESALQ mostra que 40 espécies concentram 70% dos indivíduos catalogados (de um total 218 espécies identificadas até o momento). A elevada concentração de árvores em poucas espécies, nas áreas de maior circulação, põe em risco a diversidade, pois basta a morte de um indivíduo para que a respectiva espécie deixe de se manter representada no arboreto dessa unidade. O trabalho mostra também que, mesmo num campus com vocação para estudos desse tipo, a ausência de apoio institucional formal impede que o monitoramento de importante patrimônio da USP seja feito com regularidade, de forma completa, e não dependa exclusivamente de iniciativas voluntárias, que comprometem a sua continuidade.

Informação interessante também é muitas vezes encontrada em dissertações e teses, como a recente tese de doutorado de Santini Jnr (2018) ou em trabalhos mais antigos, como a dissertação de mestrado defendida por Barbin em 1999. Esses trabalhos podem ser citados como exemplos de estudos e levantamentos que tiveram as árvores como foco da atenção em *campi* da USP. Todavia, apesar de serem bons exemplos, fazem parte de um universo muito pequeno de trabalhos. Esse universo seria maior se existissem na USP rotinas permanentes que alimentassem bases ricas de dados sobre o crescimento das nossas árvores e normas que orientassem a gestão e o manejo adequados do nosso patrimônio arbóreo.

As próximas seções apresentam dados e mapas extraídos do Anuário Estatístico da USP para uma melhor visualização da dimensão do desafio nas principais localidades da USP listadas na Tabela 1. As áreas verdes nesses mapas são espaços de convívio de pessoas, árvores e fauna. Esse convívio se dá de forma muito diversa, dispersa e heterogênea, dependendo da unidade ou *campus*. Os dados apresentados revelam parcialmente a enorme riqueza do patrimônio verde da universidade. Certamente, levantamentos mais pormenorizados visando identificar as zonas de



maior valor e prioritárias para ação das equipes arboristas em cada localidade será uma das ações mais urgentes, assim que o plano aqui proposto possa ser implementado.

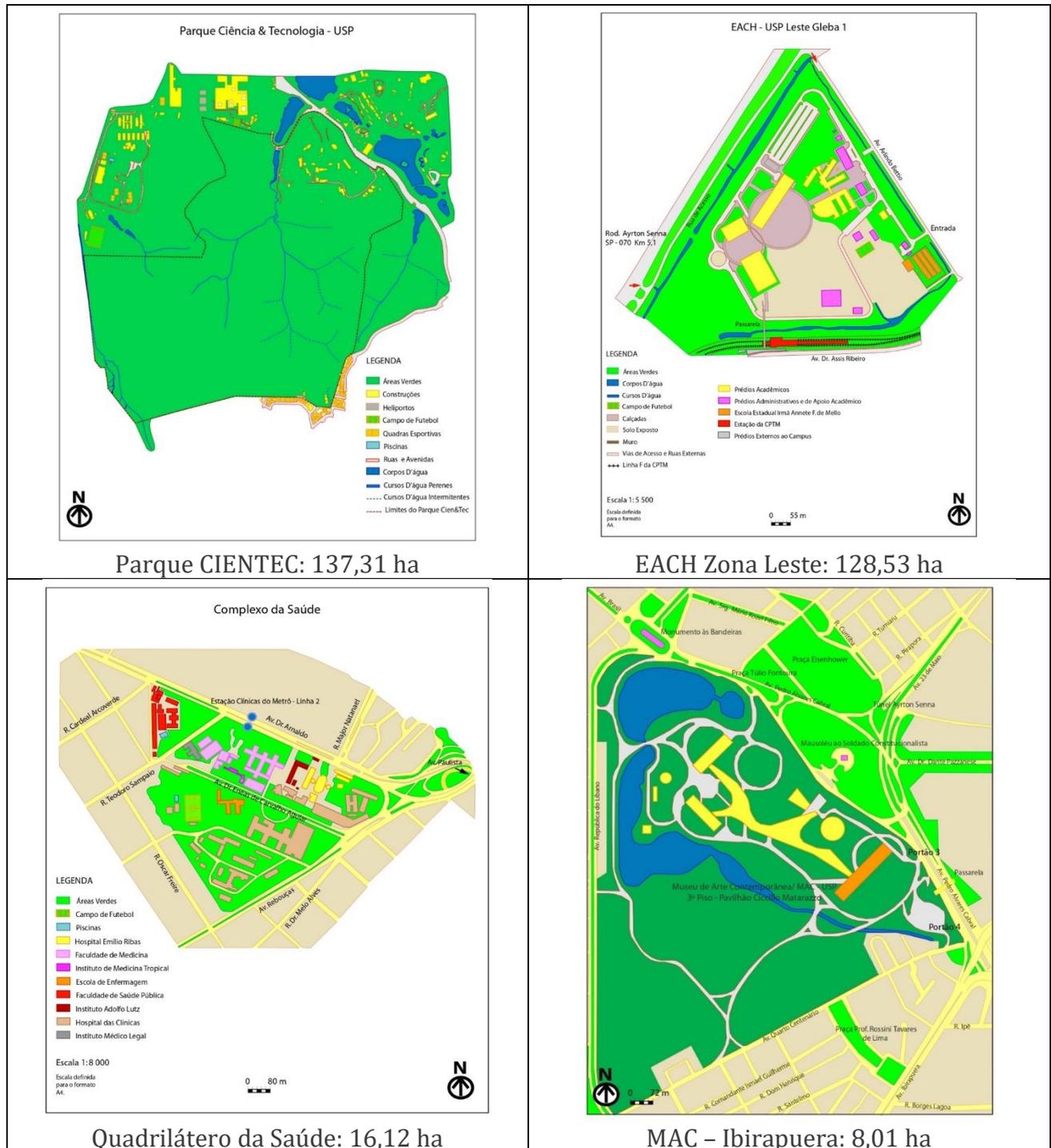
Localidades que integram as frentes de trabalho arborista

Os mapas das principais localidades listadas na Tabela 1 são apresentados nesta seção. Esses mapas permitem uma melhor apreciação do tamanho do desafio que cada equipe arborista enfrentará. Os mapas foram extraídos do Anuário USP (2021).

<colegas de outros campi e prefeituras podem agregar mais informação nesta seção>

Frente de Trabalho 1

Figura 6: Maiores localidades designadas à equipe arborista ArborUSP 1



Parque CIENTEC: 137,31 ha

EACH Zona Leste: 128,53 ha

Quadrilátero da Saúde: 16,12 ha

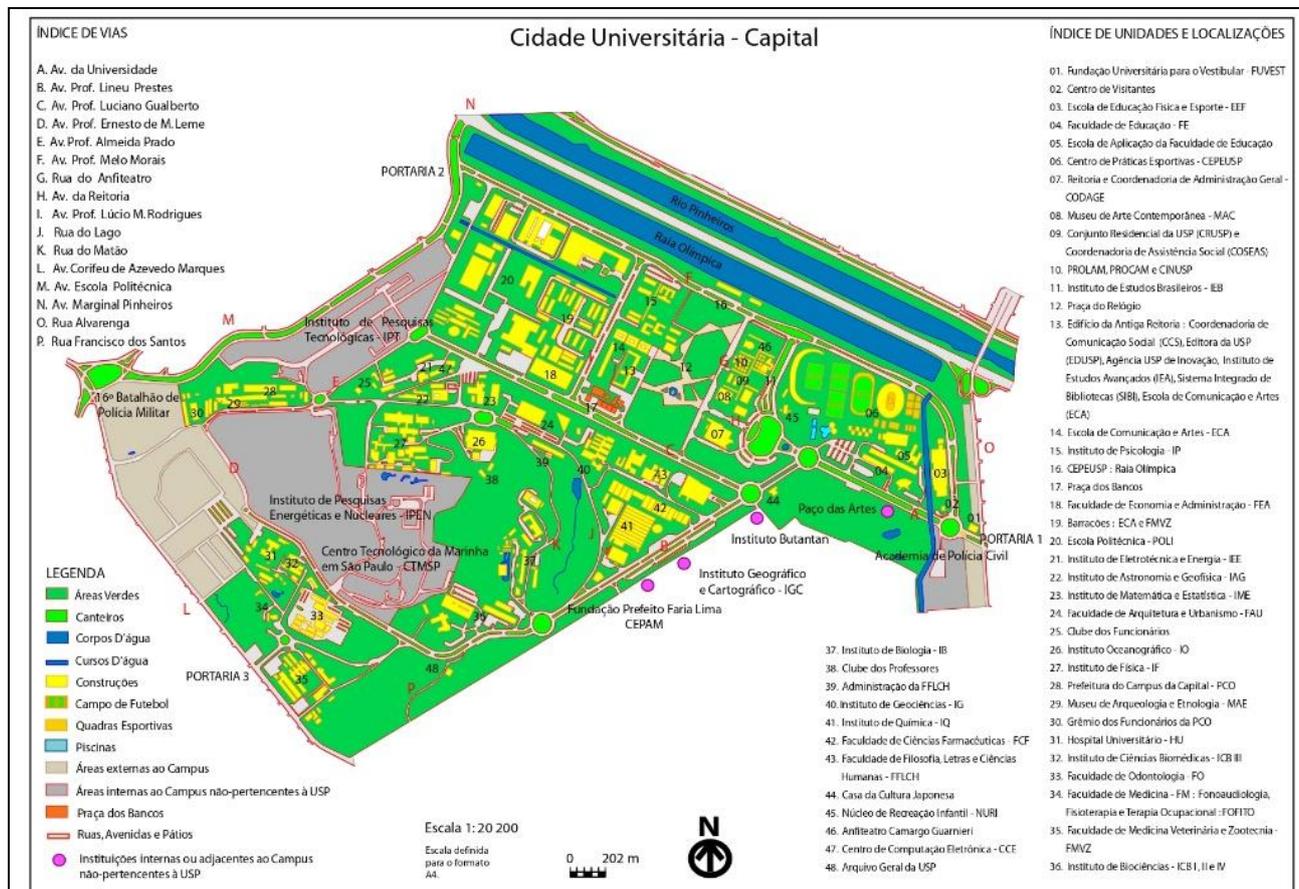
MAC - Ibirapuera: 8,01 ha

Figura 7: Localidades designadas à equipe ArborUSP 1 imersas em área urbana densamente povoada

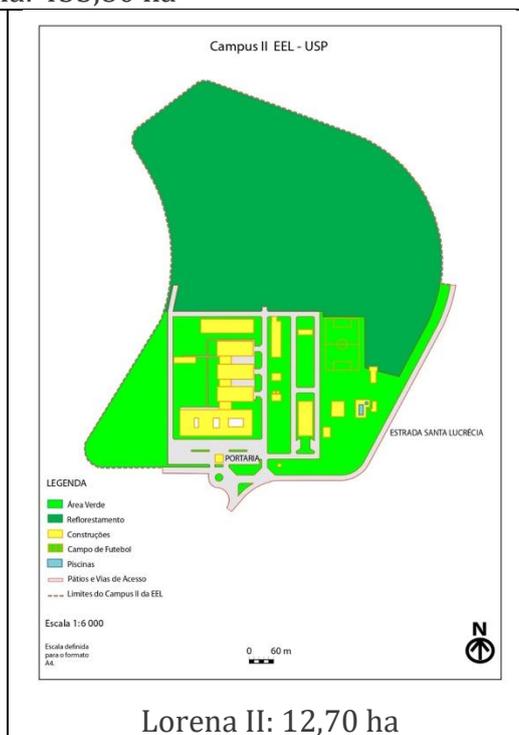
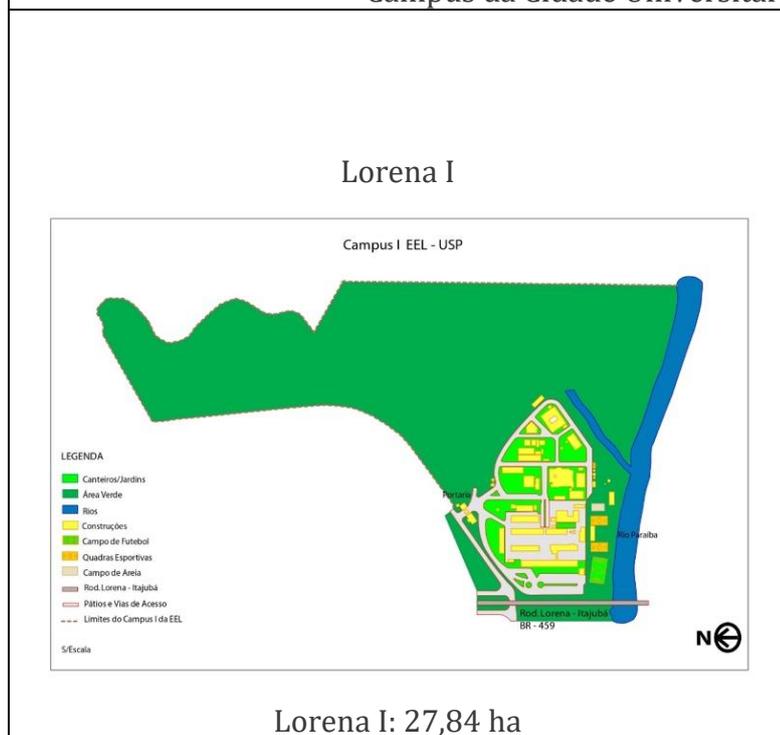


Frente de Trabalho 2

Figura 8: Localidades de maior porte designadas à equipe arborista ArborUSP 2

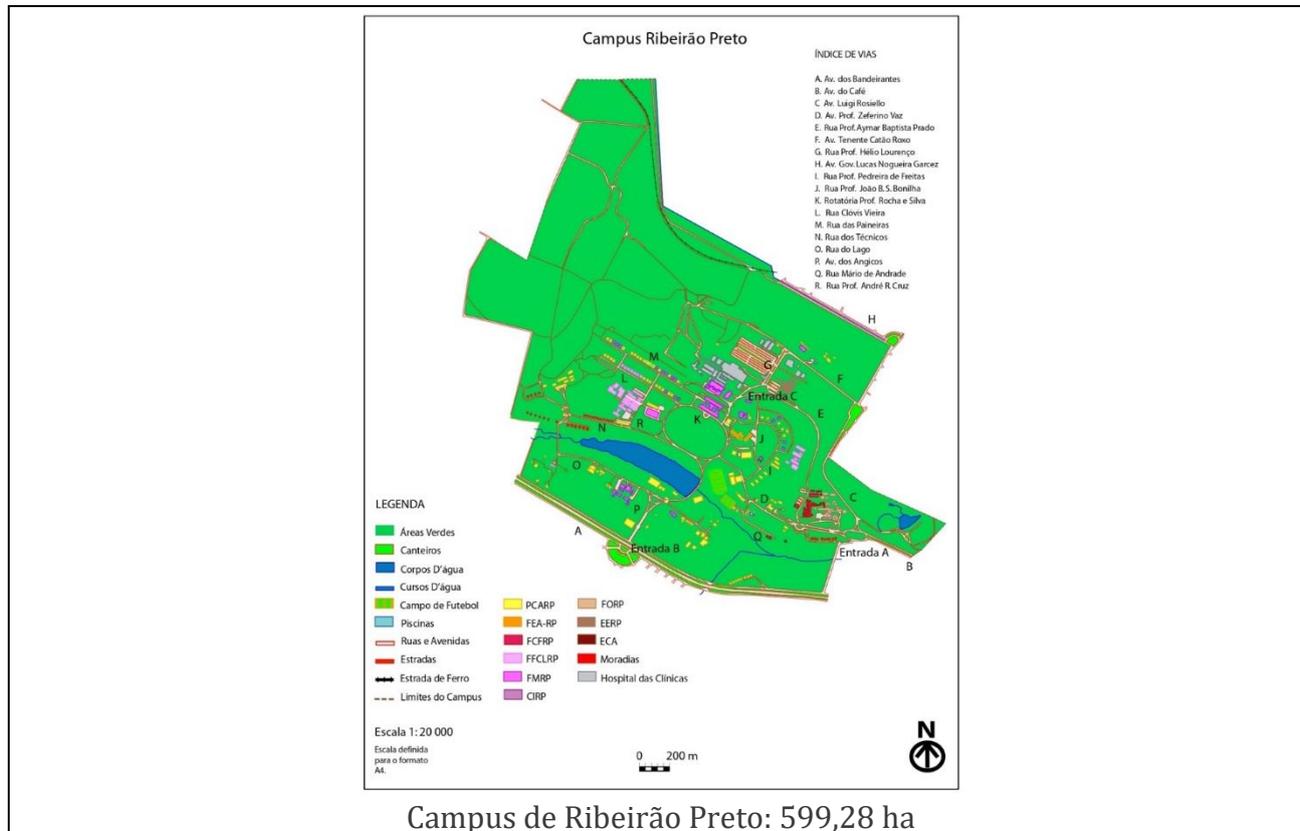


Campus da Cidade Universitária: 453,80 ha

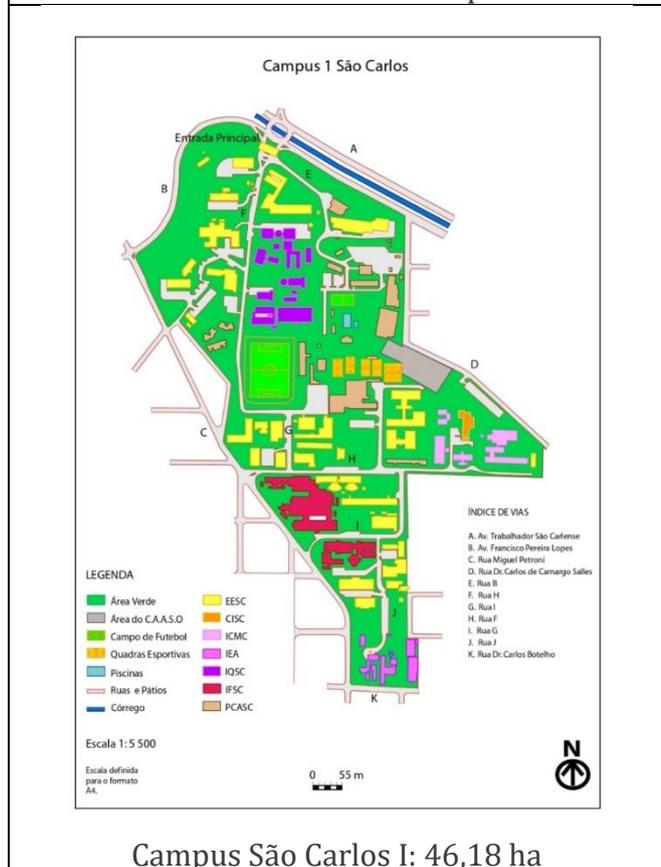


Frente de Trabalho 3

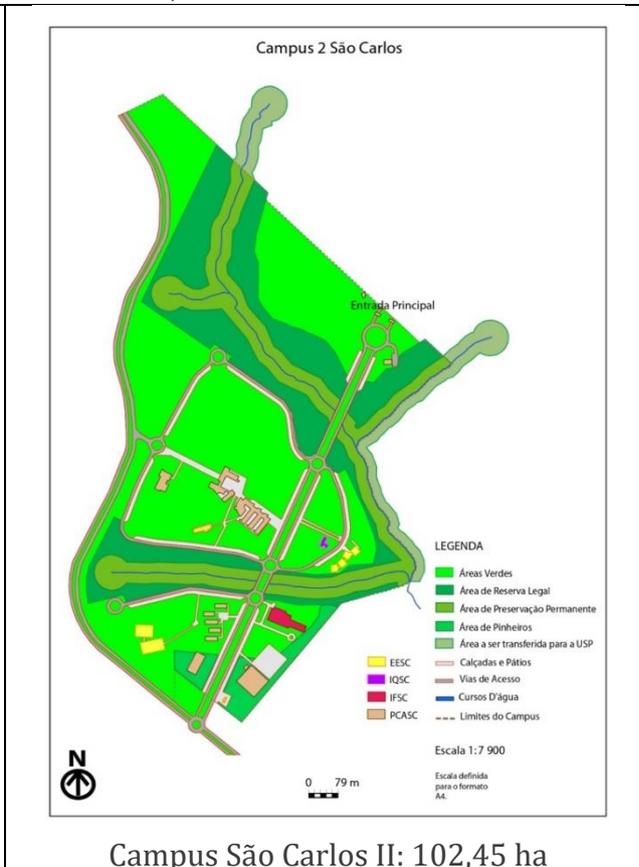
Figura 9: Localidades de maior porte designadas à equipe arborista ArborUSP 3



Campus de Ribeirão Preto: 599,28 ha



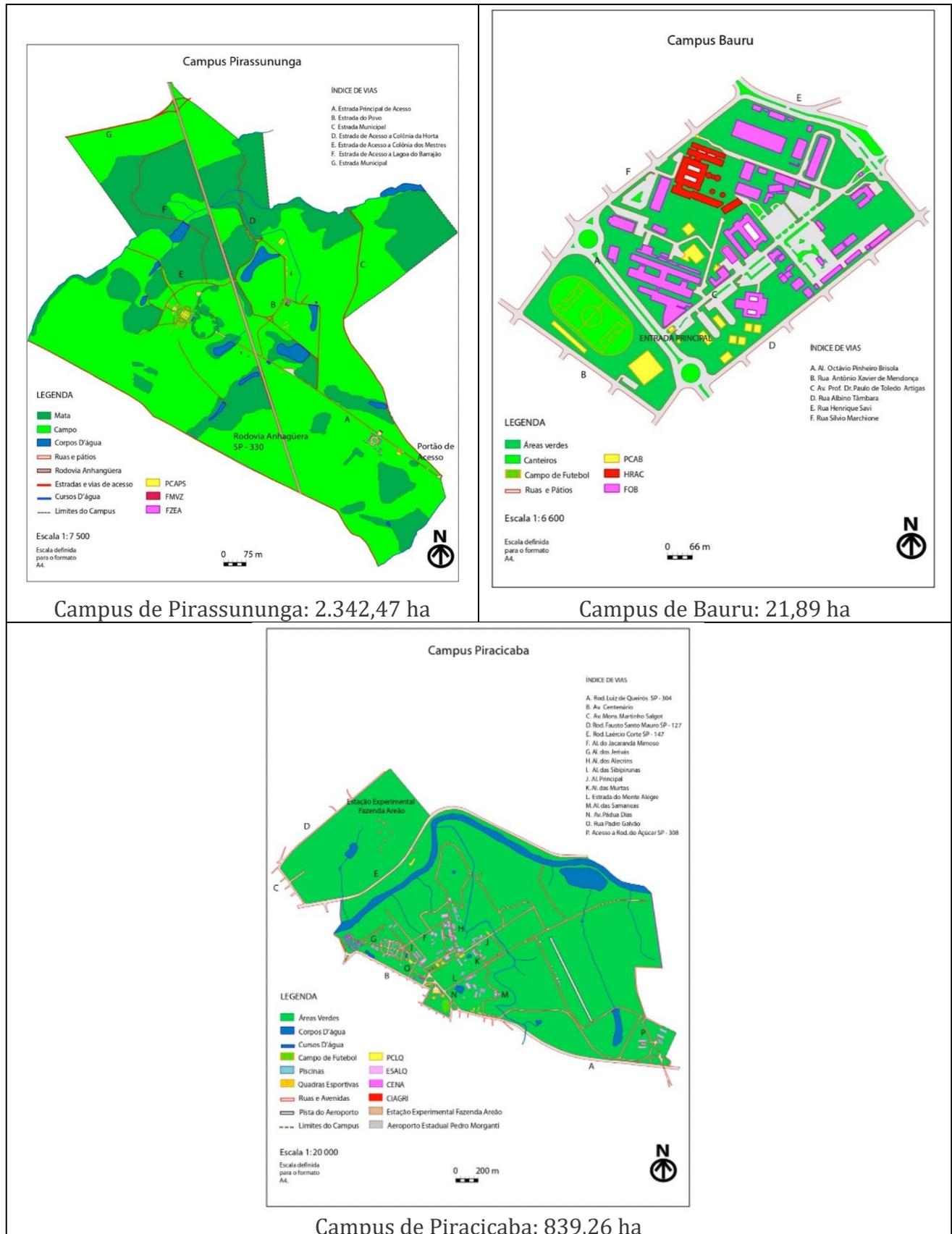
Campus São Carlos I: 46,18 ha



Campus São Carlos II: 102,45 ha

Frente de Trabalho 4

Figura 10: Localidades de maior porte designadas à equipe arborista ArborUSP 4



3. Uma análise relativizada de benefícios e custos

Praticamente inexitem dados que revelem o custo de gerir e o benefício de manter áreas verdes arborizadas nas universidades brasileiras. Em instituições estrangeiras essa informação é mais comum. Alguns exemplos podem ser citados:

Painter & Duntemann (2020) Plano de Gestão de Árvores da Universidade de Yale - EUA

Este plano chega a estimar o valor de alguns dos benefícios anuais gerados pelo ecossistema natural mantido no *campus* da Universidade de Yale: carbono sequestrado (56.83 ton = \$9.690/ano); erosão evitada (71.330 pés cúbicos de solo = \$4.770/ano); poluição removida (1,29 ton \$27.600/ano); estoque de carbono (377.000 tons = \$636,000). Às 6.414 árvores inventariadas, o relatório atribui um valor total de mais de 23 milhões de dólares, e considera que os gastos com supressão e poda, dependendo da localização no campus, representam entre 1,8% a 14,7% do valor médio de cada árvore.

Davey Resource Group (2011) Plano de Gestão de Árvores e Revisão do Ativo Ambiental no Campus da Universidade de Windsor – Canadá

Este relatório afirma que as árvores mantidas no campus reduzem o consumo de energia e os níveis de dióxido de carbono em suspensão, melhoram a qualidade do ar, mitigam os efeitos de inundações e oferecem outros benefícios como beleza estética e aumento do valor do patrimônio físico e da qualidade de vida no campus. Afirma que cada árvore aumenta em média o patrimônio físico e estético em \$19,69/ano; reduz o consumo de energia em \$13,97/ano; mitiga a perda de solo por erosão em \$6,92/ano; melhora a qualidade do ar em \$5,34/ano; sequestra CO₂ a uma taxa de \$0,66/ano; e capta \$ 4,76/ano em função em doações. Se computados os custos com a manutenção de suas árvores, esta universidade afirma que recebe \$6,34 por \$1,00 investido na gestão dos seus arboretos.

Benefícios de uma cobertura arbórea bem manejada nos campi da USP

As árvores oferecem à USP uma infinidade de benefícios ambientais e econômicos, e representam um ativo ambiental que mitiga os efeitos negativos de fatores como o escoamento de águas pluviais durante fortes chuvas, economizam energia, melhoram a qualidade do ar e reduzem os níveis de dióxido de carbono. A manutenção de arboretos gera também benefícios estéticos, traz benefícios econômicos e sociais, bem-estar e abrigo para a vida selvagem. Se considerados os relatos já citados no início desta seção, espera-se que apenas os benefícios tangíveis permitam atingir valores seis a dez vezes maiores do que os custos fixos e variáveis normalmente observados nesses exemplos. No caso da USP, se implementado o plano aqui proposto, será possível ao final do primeiro triênio quantificar exatamente essa relação. Na



remota hipótese de uma relação benefício-custo inferior a essas expectativas, a gestão central poderá, com base nos dados acumulados, propor os ajustes devidos.

Investimento total desta proposta de estruturação da gestão arbórea na USP

Ao que poderia ser considerado custo fixo, que inclui a manutenção de espaços, depreciação dos equipamentos usados e salários das equipes gestoras e arborícolas, somam-se os custos variáveis com insumos, serviços externos para intervenções e estudos especiais, bolsas de estudo, ações legais e de licenciamento, investimentos em capacitação e treinamento, compra de novos equipamentos e os custos de manutenção de viveiros e de produção de mudas. A precisa estimativa dos investimentos necessários para os três primeiros anos de estruturação desta proposta exigiria a determinação de valores para as bolsas (de pós-doc e iniciação científica), dos salários e encargos trabalhista (dos técnicos de nível superior e de nível técnico) e de adequação de espaços para acomodação das equipes.

A Tabela 2 não estabelece valores específicos para esses itens, e sugere limites máximos para os demais itens da proposta (credenciamento e capacitação, equipamento, serviços de supressão e poda e licença do sistema gestor). Tomando como referência valores médios de bolsas e salários praticados na USP em 2022, e com o propósito de produzir um valor aproximado, ainda que pouco preciso, esta proposta adotou os seguintes valores: R\$ 13.000 para o salário dos técnicos de nível superior; R\$ 9.000 para o salário de técnicos de nível médio; R\$ 8.000 para a bolsa de pós-doutoramento; e R\$ 1.000 para a bolsa de iniciação científica. Considerando 100% o valor dos encargos trabalhistas, e que o investimento em adequação de espaços consumiria uns 20% do valor gasto com os salários das novas equipes no respectivo ano, teríamos como totais os valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Investimento total dadas certas premissas de custos com pessoal

Rúbrica	2023	2024	2025
Dotação prevista na Tabela 2	1.100.000,00	1.620.000,00	750.000,00
Salários + Encargos Arboristas Superior	312.000,00	936.000,00	1.728.000,00
Salários + Encargos Arboristas Técnico	432.000,00	1.296.000,00	1.728.000,00
Bolsa Pós-Doc	96.000,00	96.000,00	96.000,00
Bolsas IC	12.000,00	36.000,00	48.000,00
Adequação de espaços	170.400,00	340.800,00	170.400,00
Total	2.122.400,00	4.324.800,00	4.040.400,00

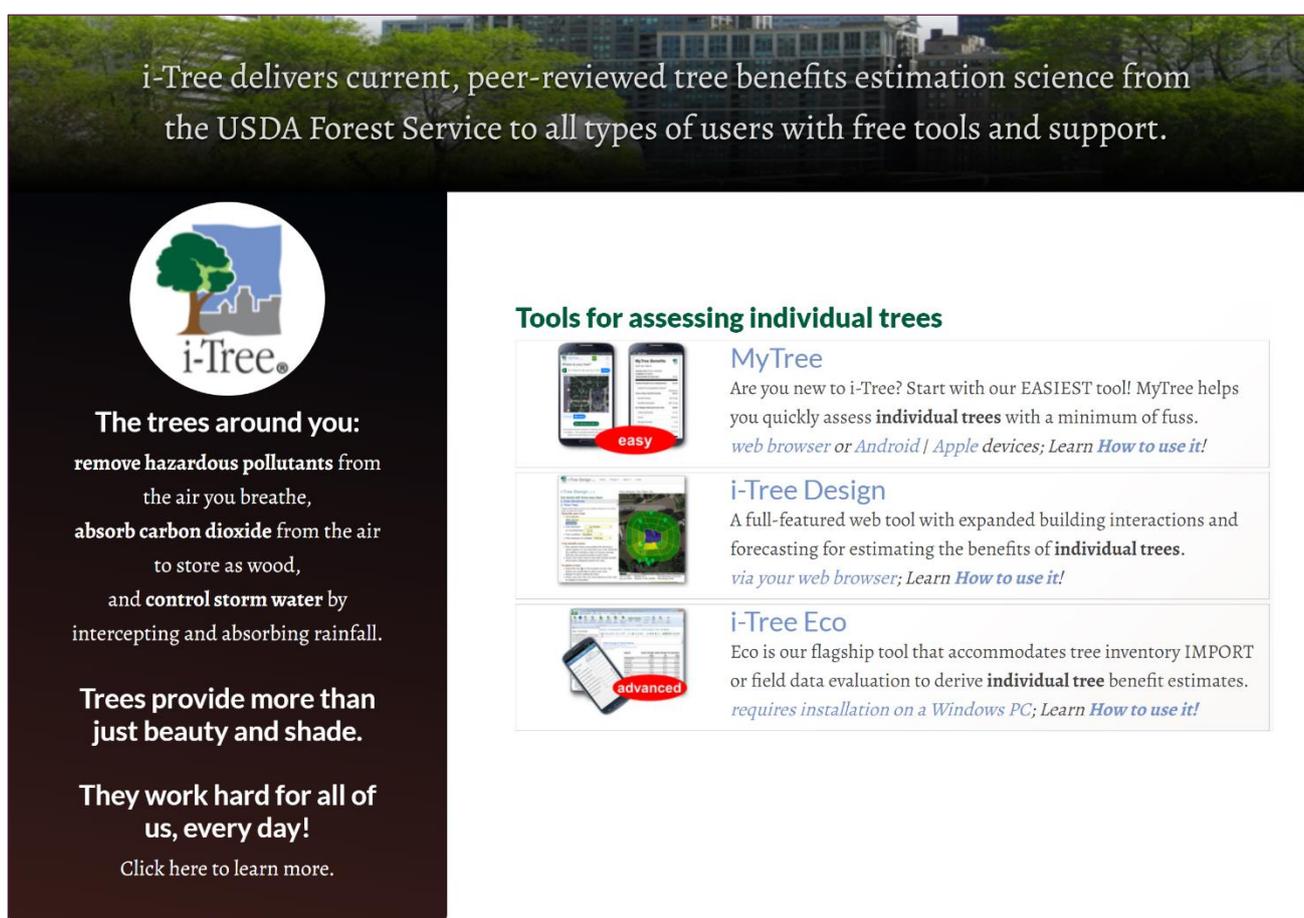
Relação benefício-custo

Para uma efetiva estimativa da relação benefício-custo no caso da USP, seria necessário já termos estabelecido quais coleções de árvores em todos os *campi* da USP serão mapeadas como *Arboretos da USP*, e determinado a população de árvores em cada Arboreto. A população de

árvores e as respectivas características locais (serviços ecossistêmicos que as árvores provêm localmente) formarão o conjunto de informações básicas para estimar o valor dos mais importantes benefícios gerados por essas árvores.

Aconselhado pelo *GTArbor*, o *CGC/USP* deverá deliberar pela escolha de critérios e indicadores que serão usados para cálculo dos benefícios de cada plano de gestão arbórea nas quatro diferentes frentes de trabalho na USP.

Para esse fim, sugere-se que seja usada a ferramenta desenvolvida pelo Serviço Florestal Norte-Americano, denominada *i-Tree*³ (Figura 11). Essa ferramenta, de domínio público e acesso livre, tem sido usada por consultores para produzir os relatórios de gestão arbórea de várias universidades norte-americanas, e é citada como referência por gestores arboristas para estimação dos benefícios gerados por árvores mantidas em meio urbano.



i-Tree delivers current, peer-reviewed tree benefits estimation science from the USDA Forest Service to all types of users with free tools and support.



The trees around you:
remove hazardous pollutants from the air you breathe,
absorb carbon dioxide from the air to store as wood,
and control storm water by intercepting and absorbing rainfall.

Trees provide more than just beauty and shade.

They work hard for all of us, every day!
Click here to learn more.

Tools for assessing individual trees

 easy	MyTree Are you new to i-Tree? Start with our EASIEST tool! MyTree helps you quickly assess individual trees with a minimum of fuss. <i>web browser or Android / Apple devices; Learn How to use it!</i>
	i-Tree Design A full-featured web tool with expanded building interactions and forecasting for estimating the benefits of individual trees . <i>via your web browser; Learn How to use it!</i>
 advanced	i-Tree Eco Eco is our flagship tool that accommodates tree inventory IMPORT or field data evaluation to derive individual tree benefit estimates. <i>requires installation on a Windows PC; Learn How to use it!</i>

Figura 11: Referência de cálculo para estimativa de benefícios gerados por árvores urbanas

³ <https://www.itreetools.org>

A estimação dos benefícios gerados pelos arboretos é essencial para avaliação de desempenho do plano oferecido nesta proposta. Para ilustrar essa questão, vamos assumir que:

- (i) prevalecerá uma relação benefício-custo que varia entre 6:1 a 10:1 (valores encontradas nos relatórios das universidades citadas nesta proposta),
- (ii) a USP destinará anualmente um valor médio de aproximadamente R\$ 4 milhões para a gestão do seu patrimônio arbóreo, e
- (iii) a população total de árvores beneficiada pelo plano de gestão arbórea *Arboretos da USP* será de aproximadamente 50 mil árvores no final do primeiro triênio.

Nesse caso, seria possível afirmar que cada árvore geraria um benefício anual médio da ordem de R\$ 800 a R\$ 1.000 por árvore. Caso essas estimativas, no final do triênio, fossem menores, o **CGC/USP** teria que deliberar pela revisão de métodos, despesas e constituição das equipes. Caso contrário, a USP poderia se assegurar de que mantém níveis compatíveis com o das melhores instituições gestoras de arboretos no mundo.

4. Proposta de gestão arbórea

Esta seção descreve os principais procedimentos que, realizados segundo normas técnicas e amparados por um sistema de gestão do patrimônio arbóreo, permitirão controlar, emitir e coordenar as ordens de serviço a serem implementadas pelas equipes arboristas. Se bem treinadas e qualificadas para desempenhar as suas funções, essas equipes aplicarão a experiência acumulada e o conhecimento adquirido para avaliar, gerenciar e manter saudáveis os arboretos da USP. Resumidamente, a estrutura de recursos humanos e físicos proposta neste plano permitirá a colocar em práticas com alto grau de profissionalismo as seguintes atividades:

Inventário e mapeamento de árvores

A mais regular e frequente rotina conduzida pelas equipes **ArborUSP** envolve a manutenção e a atualização de um amplo conjunto de dados que integra o inventário de todas as árvores na frente de trabalho sob sua responsabilidade. Esse inventário, que inclui informações sobre espécies, localização, tamanho, saúde e histórico de manutenção de cada árvore, é a principal fonte de dados que retroalimenta o plano de manejo de árvores. Um plano abrangente de manejo das árvores monitoradas pelos inventários regulares descreve metas e objetivos para o manejo dos arboretos mantidos na frente de trabalho, bem como as ações específicas e cronogramas para atingir essas metas.

Avaliações do estado fitossanitário e estrutural das árvores

As avaliações regulares de árvores envolvem a medição ou determinação do estado de um conjunto padronizado de atributos, e visam garantir a saúde e a segurança das árvores no campus. Essas avaliações podem ser conduzidas em conjunto com as medições de inventário promovidas para monitorar o crescimento das árvores, e incluem: (i) a determinação de indicadores de saúde das árvores (como os decorrentes do ataque de insetos e fungos, e deficiências nutricionais); (ii) inspeção regular da estrutura de tronco, galhos e ramificações; (iii) a análise do solo para identificar deficiências nutricionais ou outros problemas que afetem o crescimento das árvores; (iv) levantamento de danos provocados por acidentes no entorno da árvore, obras nas proximidades, fogo, ventos ou fortes chuvas; e (v) identificar se a árvore serve de abrigo para aves ou outros animais que compõem a fauna endêmica na região. Caso sejam detectados indícios de risco iminente, as equipes procederão à sinalização e isolamento da árvore para evitar que pessoas se aproximem.

Geolocalização das árvores

As equipes arboristas dispõem de orçamento e recursos dimensionados para que as operações regulares de avaliação, cultivo, poda e eventual supressão sejam bem conduzidas. Por estarem espacialmente distribuídas nas frentes de trabalho sob a sua responsabilidade, as equipes se esmeram em garantir que as coordenadas geográficas de cada árvore sejam corretamente inseridas no sistema de gestão digital, para que o próprio sistema, ou a integração desse sistema com sistemas de informação geográfica (SIG), possa gerar mapas precisos e os respectivos atributos coletados durante as atividades de inventário permitam o rastreamento e acompanhamento adequado de cronogramas e de execução de ordens de serviço.

Transversalidade e interação com voluntários

As equipes **ArborUSP** estarão regularmente interagindo com o **GTArbor** e com outros grupos e partes interessadas, como arquitetos paisagistas, planejadores de campus, procuradoria jurídica e organizações estudantis, para garantir que as práticas de gestão arbórea se mantenham alinhadas e integradas com os marcos regulatórios e com metas e objetivos mais amplos da universidade. As equipes se manterão atualizadas quanto às normas técnicas que orientam e regem a escolha e localização de árvores nas proximidades de edifícios e espaços públicos. Nesse sentido, e principalmente durante os primeiros anos de formação das equipes ArborUSP, serão constantes os exercícios de atualização e estudo de normas nacionais da ABNT (15.575 e 16.246) e internacionais da American National Standards Institute (ANSI), de manuais técnicos, como o de arborização urbana da prefeitura de São Paulo e as listas de boas práticas da Sociedade Internacional de Arboricultura (ISA), e das leis municipais e estaduais sobre arborização urbana.

Complementarmente, as equipes se envolverão em atividades de educação e engajamento com a comunidade usuária dos espaços verdes da USP. A comunidade local em cada frente de trabalho precisa ser envolvida nas rotinas de gestão das árvores, contribuindo para a identificação voluntária de problemas e eventual implementação de soluções. Isso pode incluir a criação de grupos de voluntários para monitorar árvores e a realização de campanhas de conscientização sobre a importância da conservação do ambiente.

Planejamento e licenciamento ambiental das intervenções

Os arboretos da USP devem se integrar de forma segura à composição paisagística e urbanista dos jardins, dos prédios e da malha viária da USP. Para isso é importante levar em consideração várias questões de segurança que visam proteger as pessoas e o ambiente. Essas questões de segurança afetam decisões técnicas como a escolha: (i) da espécie (que leva em consideração

fatores como clima, tipo de solo, disponibilidade de água e presença de pragas e doenças); e (ii) do porte que a árvore terá quando adulta. A localização das árvores deve ser cuidadosamente planejada para evitar futuros conflitos com a infraestrutura urbana (fiação elétrica, calçamento e edifícios) e exposição a riscos desnecessários caso sejam ignoradas as restrições topográficas e ambientais locais (como encostas íngremes ou áreas sujeitas a inundação). As intervenções envolvendo a supressão ou poda próxima a linha de transmissão somente será implementada depois de superados todos os ritos legais de licenciamento e autorização.

Operacionalização do manejo arbóreo

A equipes arboristas dispensarão boa parte do seu tempo envolvidas em intervenções de manejo, como podas regulares para controle do crescimento das árvores, remoção de galhos que possam representar risco de queda e monitoramento da saúde das árvores, e identificação prévia e tratamento preventivo de pragas e doenças. Em alguns casos, será necessária a contratação de serviços especializados providos por arboristas certificados, como por exemplo nos casos de supressão de árvores de grande porte em condições de alto risco e de difícil execução. Essa terceirização é mais provável que aconteça apenas nos três primeiros anos, quando as equipes arboristas próprias da USP estarão ainda se capacitando e ganhando experiência. São exemplos de arboristas certificados disponíveis no mercado: a ArborPro (<https://arborprobrasil.com.br>), a PlantCare (<https://www.plantcare.com.br/sobre-a-plant-care>) e a LegalTree (<http://legaltree.com.br>).

Sistema de apoio às atividades de gestão arbórea

Para adequada implementação dos procedimentos sugeridos nesta proposta, é fundamental a aquisição de um sistema digital de apoio à gestão arbórea que tenha sido desenvolvido por profissionais habilitados, já testada em situações reais e que garanta profissionalmente ao **GTArbor** e às equipes **ArborUSP** suporte contínuo para que os processos de automatização, agendamento e controle de ordens de serviço não seja interrompido, e que se mantenham dispostos a agregar melhorias no sistema para que possamos evoluir a aperfeiçoar as nossa rotinas.

Um bom exemplo desse tipo de sistema é o **ArboLink** (<https://arbolink.com.br>), que agrupa as possíveis intervenções em um cardápio batizado de *Tree Care* (Figura 5). Os seguintes itens resumem as especificações mínimas desejáveis que deveríamos incluir no edital de compra que venha a ser usado para contratação de um sistema de gestão digital que apoie as atividades de gestão arbórea propostas neste plano:

- Sistema montado em cima de funções de acesso a uma base única de dados relacionais
- Acesso ao sistema via navegador internet ou aplicativo de celular móvel
- Acesso a todas as funcionalidades via painel de controle
- Permissão de acesso ao sistema via diferentes perfis de segurança
- Registro de usuários e do vínculo a equipes próprias ou terceirizadas
- Possibilidade de armazenar imagens como atributos de árvore catalogada no sistema
- Recebimento de cópia da base de dados desbloqueada e sem ônus no caso de distrato
- Possibilidade de identificar a autoria da inserção/edição dos dados no sistema
- Capacidade para apoiar diferentes frentes de trabalho
- Documentação e manual do sistema *online*
- Funcionalidades dispostas em módulos para:
 - inclusão e exclusão de árvores na base de dados única
 - alimentação e gestão de dados transmitidos por colaboradores voluntários
 - entrada remota dos dados de inventário coletados pelas equipes arboristas da USP
 - entrada remota das medições realizadas pelas equipes arboristas da USP
 - alimentação via formulário padronizado dos indicadores de risco
 - agendamento de atividades de campo
 - emissão de ordens de serviço que se vinculam automaticamente às árvores catalogadas
 - consulta às ordens de serviço e demais informações mantidas na base de dados única
 - visualização de mapas e das coordenadas de localização das árvores catalogadas
 - emissão de relatórios
 - emissão dos documentos necessários para o licenciamento de supressão/poda
 - importação e exportação de dados
 - importação e exportação de mapas no formato *shape*
 - edição e correção de dados, incluindo ajustes nas coordenadas de localização
 - criação de cópias de segurança da base de dados para recuperação em casos de pane



5. Literatura Recomendada

Uma vasta literatura pode ser consultada, caso haja interesse no aprofundamento de conceitos usados nesta proposta. As referências a seguir servem como fonte para alguns desses conceitos.

- ADAMS, J. Dangerous Trees Arboricultural Journal, v. 30, n. 2, p. 95-103, 2007. ISSN 0307-1375.
- ADEYEMI, Adesoji A.; ADESOYE, Peter O.. Tree Slenderness Coefficient and Percent Canopy Cover in Oban Group Forest, Nigeria. Journal Of Natural Sciences Research, v. 6, n. 4, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/311107955_Tree_Slenderness_Coefficient_and_Percent_Canopy_Cover_in_Oban_Group_Forest_Nigeria>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- ALBERS, J.; HAYES, E. How to detect, assess and correct hazard trees in recreational areas, revised edition. St. Paul, MN: Minnesota DNR, 1993.
- ALY, A. M. et al. Wind loading on trees integrated with a building envelope. Wind Struct, v. 17, n. 1, p. 69-85, 2013.
- ANSI, B. A300 Part 1-American National Standard for Tree Care Operations--Tree, Shrub and Other Woody Plant Maintenance--Standard Practices, 2001.
- BAAS, P. A new tree biology dictionary. Terms, topics and treatments for trees, their problems and proper care. Ibid. x+ 132 pp., 1986 (soft cover). IAWA Journal, v. 9, n. 3, p. 292-293, 1988. ISSN 2294-1932.
- BAKER, C.; BELL, H. The aerodynamics of urban trees. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 44, n. 1, p. 2655-2666, 1992. ISSN 0167-6105.
- Barbin (1999)**
- BETHGE, K.; MATTHECK, C.; HUNGER, E. Equipment for detection and evaluation of incipient decay in trees. Arboricultural Journal, v. 20, n. 1, p. 13-37, 1996. ISSN 0307-1375.
- BOND, J. Foundations of tree risk analysis: Use of the t/R ratio to evaluate trunk failure potential. Arborist News, v. 15, n. 6, p. 31-34, 2006.
- BOWMAN, K. D. Identification of woody plants with implanted microchips. HortTechnology, v. 15, n. 2, p. 352-354, 2005. ISSN 1063-0198.
- _____. Longevity of radiofrequency identification device microchips in citrus trees. HortScience, v. 45, n. 3, p. 451-452, 2010. ISSN 0018-5345.
- CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart Cities in Europe, Series Research Memoranda 0048. VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics, Amsterdam, 2009.
- CARMELO, S. R. E SEITZ, R. A. Diagnóstico das interferências de árvores na rede de distribuição aérea de energia elétrica. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/citenel2007/pdf/it90.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2018
- CHAKI, J.; PAREKH, R.; BHATTACHARYA, S. Recognition of whole and deformed plant leaves using statistical shape features and neuro-fuzzy classifier. Recent Trends in Information Systems (ReTIS), 2015 IEEE 2nd International Conference on, 2015, IEEE. p.189-194.

- CIFTCI, C. et al. The effect of crown architecture on dynamic amplification factor of an open-grown sugar maple (*Acer saccharum* L.). *Trees*, v. 27, n. 4, p. 1175-1189, 2013. ISSN 0931-1890.
- CLARK, J. R.; MATHENY, N. The research foundation to tree pruning: A review of the literature. *Arboriculture & Urban Forestry*, v. 36, n. 3, p. 110-120, 2010.
- CLARK, J. R.; MATHENY, N. P. Management concepts for 'natural' urban forests. *Proceedings of the Fifth National-Urban Forest Conference. American Forests*, Washington, DC, 1991. p.22-29.
- CODER, K. *Tree Biomechanics Publication Series. University of Georgia Warnell School of Forest Resources*, Athens, GA, USA. FOR00-13 through FOR00-32, 2000.
- COUTTS, M.; GRACE, J. *Wind and trees. Cambridge University Press*, 1995. ISBN 0521460379.
- CULLEN, S. *Trees and wind: a bibliography for tree care professionals. Journal of Arboriculture*, 2002. ISSN 0278-5226.
- CUNHA, C. R. et al. The use of mobile devices with multi-tag technologies for an overall contextualized vineyard management. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 73, n. 2, p. 154-164, 2010. ISSN 0168-1699.
- CUTLER, D.; GASSON, P.; FARMER, M. The wind blown tree survey: Analysis of results. *Arboricultural Journal*, v. 14, n. 3, p. 265-286, 1990. ISSN 0307-1375.
- DAKE, W.; CHENGWEI, M. The Support Vector Machine (SVM) based near-infrared spectrum recognition of leaves infected by the leafminers. *First International Conference on Innovative Computing, Information and Control-Volume I (ICICIC'06)*, 2006, IEEE. p.448-451.
- Davey Resource Group (2011) *Plano de Gestão de Árvores e Revisão do Ativo Ambiental no Campus da Universidade de Windsor – Canadá*
- DE LANGRE, E. Effects of wind on plants. *Annu. Rev. Fluid Mech.*, v. 40, p. 141-168, 2008. ISSN 0066-4189.
- DI RUBERTO, C.; PUTZU, L. A fast leaf recognition algorithm based on SVM classifier and high dimensional feature vector. *Computer Vision Theory and Applications (VISAPP), 2014 International Conference on*, 2014, IEEE. p.601-609.
- DURYEA, M. L. et al. Hurricanes and the urban forest: II. Effects on tropical and subtropical tree species. *Arboriculture and Urban Forestry*, v. 33, n. 2, p. 98, 2007. ISSN 0278-5226.
- EDBERG, R. J.; BERRY, A. M.; COSTELLO, L. R. Patterns of structural failure in Monterey pine. *Journal of Arboriculture*, v. 20, p. 297-297, 1994. ISSN 0278-5226.
- EL MASSI, I. et al. Automatic recognition of the damages and symptoms on plant leaves using parallel combination of two classifiers. *2016 13th International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization (CGiV)*, 2016, IEEE. p.131-136.
- _____. Serial combination of two classifiers for automatic recognition of the damages and symptoms on plant leaves. *2015 Third World Conference on Complex Systems (WCCS)*, 2015, IEEE. p.1-6.
- ELIASSON, J. et al. Using smartphones and QR codes for supporting students in exploring tree species. *European Conference on Technology Enhanced Learning*, 2013, Springer. p.436-441.

- ELLISON, M. J. Quantified tree risk assessment used in the management of amenity trees. *Journal of Arboriculture*, v. 31, n. 2, p. 57-654, 2005.
- FOURNIER, M. et al. Integrative biomechanics for tree ecology: beyond wood density and strength. *Journal of experimental botany*, p. ert279, 2013. ISSN 0022-0957.
- GILMAN, E. F. Branch-to-stem diameter ratio affects strength of attachment. *Journal of Arboriculture*, v. 29, n. 5, p. 291-294, 2003. ISSN 0278-5226.
- GREENING, LANDSCAPE AND TREE MANAGEMENT SECTION DEVELOPMENT BUREAU. GUIDELINES FOR TREE RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT ARRANGEMENT. Hong Kong, 2015. Disponível em: <https://www.greening.gov.hk/filemanager/content/pdf/tree_care/TRAM_2015_R8-Guidelines_for_TRAM_Arrangement.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2018.
- GORELLI, S. et al. Validation of air pollution biomonitoring networks and related data modelling: a geostatistical approach. *Journal of Environmental Monitoring*, v. 11, n. 4, p. 793-797, 2009.
- GRAHAM, S. Bridging urban digital divides? Urban polarisation and information and communications technologies (ICTs). *Urban studies*, v. 39, n. 1, p. 33-56, 2002. ISSN 0042-0980.
- GRAY, C. MAN AND ARCHITECTURE-HIGHMINDEDNESS OF PAOLO SOLERI: ELSEVIER SCIENCE BV PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS 1979.
- GRIGORIAN, M. Biomimicry and theory of structures-design methodology transfer from trees to moment frames. *Journal of Bionic Engineering*, v. 11, n. 4, p. 638-648, 2014. ISSN 1672-6529.
- GUBBI, J. et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, v. 29, n. 7, p. 1645-1660, 2013. ISSN 0167-739X.
- HAN, L. Recognition of the part of growth of flue-cured tobacco leaves based on support vector machine. *Intelligent Control and Automation, 2008. WCICA 2008. 7th World Congress on, 2008, IEEE*. p.3624-3627.
- HAUER, R. J.; WANG, W.; DAWSON, J. O. Ice storm damage to urban trees. *Journal of Arboriculture*, v. 19, p. 187-187, 1993. ISSN 0278-5226.
- HSE, U. Five steps to risk assessment. INDG163 (rev), 1998.
- HU, S.; CHIBA, N.; HE, D. Realistic animation of interactive trees. *The Visual Computer*, v. 28, n. 6-8, p. 859-868, 2012. ISSN 0178-2789.
- HAYES, Ed. *Evaluating Tree Defects*. Rochester: Safetrees, 2007. 30p.
- JAMES, K. Dynamic loading of trees. *Journal of arboriculture*, v. 29, n. 3, p. 165-171, 2003. ISSN 0278-5226.
- JAMES, K. R.; HARITOS, N.; ADES, P. K. Mechanical stability of trees under dynamic loads. *American journal of Botany*, v. 93, n. 10, p. 1522-1530, 2006. ISSN 0002-9122.
- JAMES, K. R.; KANE, B. Precision digital instruments to measure dynamic wind loads on trees during storms. *Agricultural and forest meteorology*, v. 148, n. 6, p. 1055-1061, 2008. ISSN 0168-1923.
- JELONEK, T. et al. Indices of tree stability in Scots pine stands damaged by wind. *SYLWAN*, v. 157, n. 5, p. 323-329, 2013. ISSN 0039-7660.



- JOHNSON, D. W. Tree hazards: recognition and reduction in recreation sites. Forest Pest Management, State and Private Forestry, Rocky Mountain Region, USDA Forest Service, 1981.
- KANE, B.; CLOUSTON, P. Tree pulling tests of large shade trees in the genus *Acer*. *Arboriculture and Urban Forestry*, v. 34, n. 2, p. 101, 2008. ISSN 0278-5226.
- KANE, B. et al. Failure mode and prediction of the strength of branch attachments. *Arboriculture and Urban Forestry*, v. 34, n. 5, p. 308-316, 2008.
- KANE, B.; JAMES, K. R. Dynamic properties of open-grown deciduous trees. *Canadian journal of forest research*, v. 41, n. 2, p. 321-330, 2011. ISSN 0045-5067.
- KANE, B. et al. Effects of crown structure on the sway characteristics of large decurrent trees. *Trees*, v. 28, n. 1, p. 151-159, 2014. ISSN 0931-1890.
- KANE, B. C.; RYAN, H. Examining formulas that assess strength loss due to decay in trees: woundwood toughness improvement in red maple (*Acer rubrum*). *Journal of Arboriculture*, v. 29, n. 4, p. 209-217, 2003. ISSN 0278-5226.
- KANE, B. C.; RYAN III, H. D. P. accuracy of formulas used to assess strength loss due to decay in trees. *Journal of Arboriculture*, 2004. ISSN 0278-5226.
- KENNEY, W. A.; VAN WASSENAER, P. J.; SATEL, A. L. Criteria and indicators for strategic urban forest planning and management. *Arboriculture & Urban Forestry*, v. 37, n. 3, p. 108-117, 2011.
- KONTOGIANNI, Aimilia; TSITSONI, Thekla; GOUDELIS, Gerasimos. An index based on silvicultural knowledge for tree stability assessment and improved ecological function in urban ecosystems. *Ecological Engineering*, [s.l.], v. 37, n. 6, p.914-919, jun. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.01.015>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857411000498>>. Acesso em: 22 ago. 2018.
- KUMAGAI, M. H.; MILLER, P. Development of electronic barcodes for use in plant pathology and functional genomics. *Plant molecular biology*, v. 61, n. 3, p. 515-523, 2006. ISSN 0167-4412.
- LECH, P. M. Reliability assessment of selected indicators of tree health. 2000.
- LILLY, S.; SYDNOR, T. D. Comparison of branch failure during static loading of silver and norway maples. *Journal of Arboriculture*, v. 21, p. 302-305, 1995. ISSN 0278-5226.
- LIMA, J. T.; HEIN, P. R. G.; DA SILVA VIEIRA, R. DETECÇÃO DE REGIÕES DETERIORADAS NO INTERIOR DO CAULE DE ÁRVORES VIVAS MEDIANTE O USO DO RESISTOGRAPH® F400-S.
- LIN, H.; PENG, H. Machine recognition for broad-leaved trees based on synthetic features of leaves using probabilistic neural network. *Computer Science and Software Engineering*, 2008 International Conference on, 2008, IEEE. p.871-877.
- LONG, J.; PORTER, B.; JONES, M. Animation of trees in wind using sparse motion capture data. *The Visual Computer*, v. 31, n. 3, p. 325-339, 2015. ISSN 0178-2789.
- LONSDALE, D. Principles of tree hazard assessment and management. Stationery Office Ltd, Publications Centre, 1999. ISBN 0117533556.
- LORENZINI, G. A miniaturized kit for ozone biomonitoring. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 48, n. 1, p. 1-4, 1994. ISSN 0273-2289.



- LOU, J. J. et al. A review of radio frequency identification technology for the anatomic pathology or biorepository laboratory: much promise, some progress, and more work needed. *Journal of pathology informatics*, v. 2, n. 1, p. 34, 2011. ISSN 2153-3539.
- LUVISI, A.; PAGANO, M. PLANTS WITH IMPLANTED RFID MICROCHIPS: TRACEABILITY AND OUTLOOK IN INFORMATION MANAGEMENT SYSTEMS. *Journal of Current Issues in Media & Telecommunications*, v. 3, n. 1, 2011. ISSN 1935-3588.
- LUVISI, A. et al. RFID microchip internal implants: effects on grapevine histology. *Scientia horticulturae*, v. 124, n. 3, p. 349-353, 2010. ISSN 0304-4238.
- _____. Implanting RFIDs into Prunus to facilitate electronic identification in support of sanitary certification. *biosystems engineering*, v. 109, n. 2, p. 167-173, 2011. ISSN 1537-5110.
- _____. Ultra-high frequency transponders in grapevine: a tool for traceability of plants and treatments in viticulture. *Biosystems engineering*, v. 113, n. 2, p. 129-139, 2012. ISSN 1537-5110.
- LUVISI, A.; PANATTONI, A.; TRIOLO, E. Electronic identification-based Web 2.0 application for plant pathology purposes. *Computers and electronics in agriculture*, v. 84, p. 7-15, 2012. ISSN 0168-1699.
- LUVISI, A. et al. Radiofrequency applications in grapevine: From vineyard to web. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 70, n. 1, p. 256-259, 2010. ISSN 0168-1699.
- MATHENY, N. P.; CLARK, J. R. A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas. *International Soc. Arboriculture: Savoy, Illinois*. 2nd edn. 85pp, v. 634, 1994.
- _____. *Trees and development: A technical guide to preservation of trees during land development*. International Society of Arboriculture, 1998. ISBN 1881956202.
- MATHENY, N. P. et al. Assessment of fracture moment and fracture angle in 25 trees species in the United States using the fractometer. *Journal of arboriculture (USA)*, 1999. ISSN 0278-5226.
- MATTHECK, C. *Updated Field Guide for Visual Tree Assessment*. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, 2007. 170 p.
- MATTHECK, C.; BETHGE, K. Simple mathematical approaches to tree biomechanics. *Arboricultural Journal*, v. 24, n. 4, p. 307-326, 2000. ISSN 0307-1375.
- MATTHECK, C.; BETHGE, K.; ERB, D. Failure criteria for trees. *Arboricultural Journal*, v. 17, n. 2, p. 201-209, 1993. ISSN 0307-1375.
- MATTHECK, C.; BRELOER, H. *The body language of trees: a handbook for failure analysis*. HMSO Publications Centre, 1994. ISBN 0117530670.
- MENDES, F. H. *Densidade básica e velocidade de propagação de ondas tomográficas em árvores: uma relação interessante*. 2013.
- Mercado Brasileiro de Software: panorama e tendências, 2015, Brazilian Software Market: scenario and trends, 2015 - versão para o inglês: Anselmo Gentile - 1ª. ed. - São Paulo: ABES - Associação Brasileira das Empresas de Software, 2015.*
- MURPHY, K. D.; RUDNICKI, M. A physics-based link model for tree vibrations. *American journal of botany*, v. 99, n. 12, p. 1918-1929, 2012. ISSN 0002-9122.
- MYNORS, C. *The law of trees, forests and hedgerows*. Sweet & Maxwell, 2002. ISBN 0421590408.

NGAI, E. et al. RFID research: An academic literature review (1995–2005) and future research directions. *International Journal of Production Economics*, v. 112, n. 2, p. 510-520, 2008. ISSN 0925-5273.

NIKLAS, K. J. Biophysical and size-dependent perspectives on plant evolution. *Journal of experimental botany*, v. 64, n. 15, p. 4817-4827, 2013. ISSN 0022-0957.

ODIJK, T. A tree swaying in a turbulent wind: a scaling analysis. *Journal of biological physics*, v. 41, n. 1, p. 1-7, 2015. ISSN 0092-0606.

OW, L. F. et al. Tree-pulling experiment: an analysis into the mechanical stability of rain trees. *Trees*, v. 24, n. 6, p. 1007-1015, 2010. ISSN 0931-1890.

Painter & Duntemann (2020) Plano de Gestão de Árvores da Universidade de Yale - EUA

PIRK, S. et al. Windy trees: computing stress response for developmental tree models. *ACM Transactions on Graphics*, v. 33, n. 6, 2014. ISSN 0730-0301.

POKORNY, Jill D. et al. *Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation*. St. Paul, 2003.

PRIYA, C. A.; BALASARAVANAN, T.; THANAMANI, A. S. An efficient leaf recognition algorithm for plant classification using support vector machine. *Pattern Recognition, Informatics and Medical Engineering (PRIME)*, 2012 International Conference on, 2012, IEEE. p.428-432.

PUJALS, Alexandrina et al. SELEÇÃO DE MATRIZES DE Tabebuia roseoalba (RIDL) Sandwith COM USO DE MÉTODO DE PONTUAÇÃO DE VARIÁVEIS NA ARBORIZAÇÃO URBANA DE MARINGÁ-PR. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 4, n. 1, p.107-132, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237217731_SELECAO_DE_MATRIZES_DE_Tabebuia_roseoalba_RIDL_Sandwith_COM_USO_DE_METODO_DE_PONTUACAO_DE_VARIAVEIS_NA_ARBORIZACAO_URBANA_DE_MARINGA-PR. Acesso em: 20 ago. 2018

QIN, J. et al. Influence of green spaces on environmental satisfaction and physiological status of urban residents. *Urban forestry & urban greening*, v. 12, n. 4, p. 490-497, 2013.

ROLLO, Francisco Martins de Almeida. Identificação de padrões de resposta à tomografia de impulso em tipuanas (*Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze. 2009. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2010. doi:10.11606/D.11.2010.tde-16032010-142305. Acesso em: 29 ago. 2018

ROWNTREE, R. A. Ecology of the urban forest—introduction to part I. *Urban Ecology*, v. 8, n. 1-2, p. 1-11, 1984. ISSN 0304-4009.

SAMPAIO, André César Furlaneto et al. AVALIAÇÃO DE ÁRVORES DE RISCO NA ARBORIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS DE NOVA OLÍMPIA, PARANÁ. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 5, n. 2, p.82-104, fev. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/285578660_AVALIACAO_DE_ARVORES_DE_RISCO_NA_ARBORIZACAO_DE_VIAS_PUBLICAS_DE_NOVA_OLIMPIA_PARANA>. Acesso em: 29 ago. 2018.

Santini Jnr (2018)

SEBERA, V. et al. Using optical full-field measurement based on digital image correlation to measure strain on a tree subjected to mechanical load. *Trees*, v. 28, n. 4, p. 1173-1184, 2014. ISSN 0931-1890.

- SHIGO, A. A new tree biology. Shigo and Trees Associates, Durham, New Hampshire. ISBN 0-943563-04-6. 1989
- SHIGO, A. L. Tree decay in our urban forests: What can be done about it. *Plant Disease*, v. 66, p. 763-767, 1982.
- SHIGO, A. L.; MARX, H. G.; CARROLL, D. M. Compartmentalization of decay in trees. 1977.
- SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira da et al. *Arborização Urbana: Guia para identificação, manejo e avaliação do risco de queda*. Piracicaba: Fealq, 2018. 119 p.
- SMILEY, E. Thomas; MATHENY, Nelda; LILLY, Sharon. *Best Management Practices - Tree Risk Assessment*. Champaign: International Society Of Arboriculture, 2011. 80 p.
- SMILEY, E.; FRAEDRICH, B. R. *Hazardous tree evaluation and management: Bartlett Tree Research Laboratory*. Charlotte, NC 1990.
- SINN, G.; WESSOLLY, L. A contribution to the proper assessment of the strength and stability of trees. *Arboricultural Journal*, v. 13, n. 1, p. 45-65, 1989. ISSN 0307-1375.
- SPATZ, H. C.; PFISTERER, J. Mechanical Properties of Green Wood and Their Relevance for Tree Risk Assessment. *Arboriculture & Urban Forestry*, v. 39, p. 218-225, 2013.
- SPECK, T.; BURGERT, I. Plant stems: functional design and mechanics. *Annual review of materials research*, v. 41, p. 169-193, 2011. ISSN 1531-7331.
- STERKEN, P. *A guide for tree-stability analysis*. el autor, 2005. ISBN 9090193774.
- STERKEN, P.; CODER, K. Protocol for tree-stability assessments in Southern Europe. *Arborist News*, v. 537, p. 270-274, 2005.
- TIAN, Y. et al. SVM-based multiple classifier system for recognition of wheat leaf diseases. *World Automation Congress (WAC)*, 2012, 2012, IEEE. p.189-193.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – Forest Service. *Hazard Tree Rating Method*. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/detail/r10/forest-grasslandhealth/?cid=fsbdev2_038339>. Acesso em: 29 ago. 2018.
- VALLIAMMAL, N.; GEETHALAKSHMI, S. Multiple noise reduction using hybrid method for leaf recognition. *Devices, Circuits and Systems (ICDCS)*, 2012 International Conference on, 2012, IEEE. p.708-712.
- VAN WASSENAER, P.; RICHARDSON, M. A review of tree risk assessment using minimally invasive technologies and two case studies. *Arboricultural Journal*, v. 32, n. 4, p. 275-292, 2009. ISSN 0307-1375.
- VOGEL, S. Blowing in the wind: storm-resisting features of the design of trees. *J. arboriculture*, v. 22, p. 92-98, 1996.
- WARD, K. T.; JOHNSON, G. R. Geospatial methods provide timely and comprehensive urban forest information. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 6, n. 1, p. 15-22, 2007. ISSN 1618-8667.
- WESSOLLY, Lothar; ERB, Martin. *Manual of Tree Statics and Tree Inspection*. Bad Munder: Patzer Verlag, 2016. 288 p.
- WU, C.; XIAO, Q.; MCPHERSON, E. G. A method for locating potential tree-planting sites in urban areas: A case study of Los Angeles, USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 7, n. 2, p. 65-76, 2008. ISSN 1618-8667.

ZHANG, C. et al. A Convolutional Neural Network for Leaves Recognition Using Data Augmentation. Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing (CIT/IUCC/DASC/PICOM), 2015 IEEE International Conference on, 2015, IEEE. p.2143-2150.