

Árvores Urbanas: Avaliação de Risco de Queda



Biólogo Sérgio Brazolin

Cidades no Brasil

(IBGE, 2013)

80 % da população brasileira vive
nas cidades





E num belo verão em São Paulo...



Árvores caem e param a Marginal do Pinheiros



Bloqueio. Pista local da Marginal do Pinheiros foi interditada

Jornal O Estado de São Paulo (22/12/2014)

São Paulo, SP (2014 - 2015)

“Cerca de 900 árvores caíram em SP em 15 dias, diz balanço da Prefeitura”

(Portal G1 - Globo – 12/01/2015)

“Mais de 1.700 árvores caíram em São Paulo nos últimos três meses”

(Portal G1 - Globo – 17/02/2015)



São Paulo, SP (2014 - 2015)

“Árvore cai em táxi e mata passageiro em São Paulo”

(Estadão, 23/12/2014)

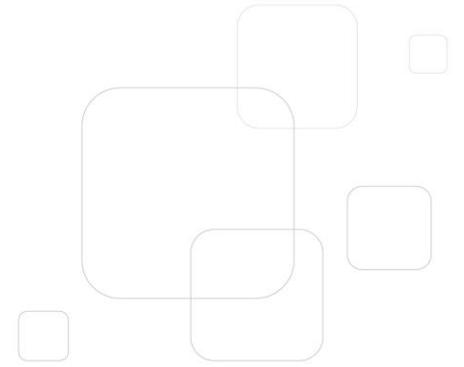


São Paulo, SP (2014 - 2015)

“Homem morre eletrocutado após queda de árvore em SP”

(Estadão, 25/02/2015)





Quais os fatores envolvidos na queda de uma árvore?

Olhar do IPT...

FATORES INTRÍNSECOS (ÁRVORE)

(Propriedades; defeitos; tensões de crescimento; peso próprio; dendrometria; arquitetura)



FATORES EXTRÍNSECOS (AMBIENTE)

(Solo; **vento**; condições de entorno; **organismos xilófagos**; patógenos)



AÇÃO ANTRÓPICA

(poda inadequada; injúrias; **falta de planejamento** e informação)





Qual o conhecimento/perfil
necessário para a avaliação de
risco de árvores?

Sensatez!!!



Avaliação de risco

Áreas do conhecimento

BOTÂNICA

Taxonomia

Morfologia externa

Anatomia

Fisiologia vegetal

Nutrição

Crescimento

Plantas superiores

Epífitas

Semiparasitas

Parasitas

FITOSSANIDADE/FITOPATOLOGIA

Entomologia (insetos)

Micologia (Fungos)

Virologia

Bacteriologia

Nematologia

ARQUITETURA

Planejamento urbano

ENGENHARIA

Biomecânica

Propriedades básicas (madeira)

Tecnologia



Entomologia e micologia



cupins



Coleobrocas

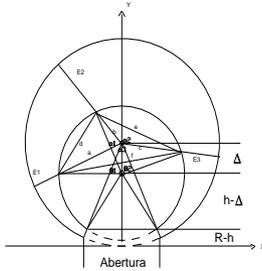


Fungos apodrecedores

Planejamento urbano

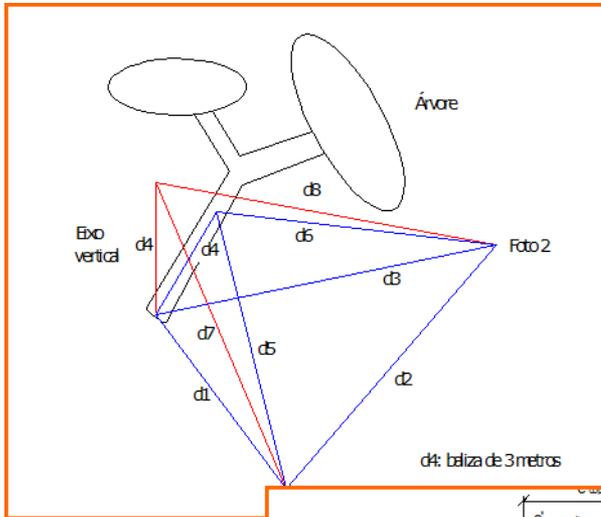


Biomecânica



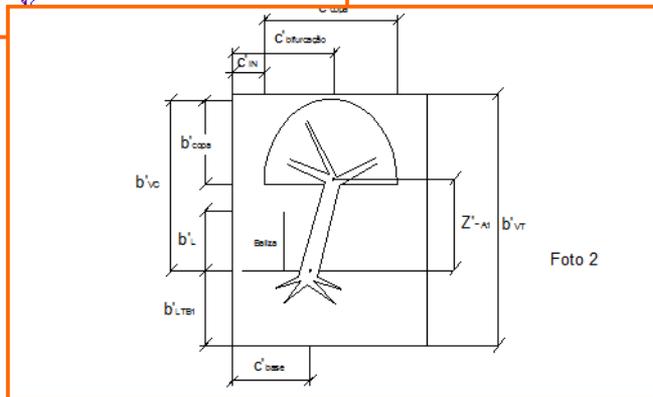
$$\int \frac{ds}{e} = 2 \int_{\alpha=0}^{\alpha=\pi} \left(\frac{r + \frac{c-r}{2}}{(c-r)} \right) * \left[\frac{(R * \cos \alpha - \Delta) * R * \cos \alpha + R^2 * \sin^2 \alpha}{(R * \cos \alpha - \Delta)^2 + R^2 \sin^2 \alpha} \right] d\alpha$$

$$J_t = \frac{4A_m^2}{\int \frac{ds}{e}} \quad W_x = \text{mínimo} \left(\frac{I_x}{y_G}; \frac{I_x}{(2R - y_G)} \right)$$



$$CG_1 = y_{G1} - y_G \quad f_{c,0,k} = 0,7 * f_{c0} \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$J_t = \frac{2}{3} \int_{\alpha_0}^{\alpha_N} (c-r)^3 \left(r + \frac{c-r}{2} \right) * \left[\frac{(R * \cos \alpha - \Delta) * R * \cos \alpha + R^2 * \sin^2 \alpha}{(R * \cos \alpha - \Delta)^2 + R^2 \sin^2 \alpha} \right] d\alpha$$



$$\int \frac{ds}{e} = 2 \int_{\alpha=0}^{\alpha=\pi} \left(\frac{r + \frac{c-r}{2}}{(c-r)} \right) * \left[\frac{(R * \cos \alpha - \Delta) * R * \cos \alpha + R^2 * \sin^2 \alpha}{(R * \cos \alpha - \Delta)^2 + R^2 \sin^2 \alpha} \right] d\alpha$$

$$J_t = \frac{4A_m^2}{\int \frac{ds}{e}} \quad CG_{12} = y_{G12} - y_G$$

Biomecânica das Árvores

RUPTURA – QUEDA DA ÁRVORE

A árvore como uma estrutura

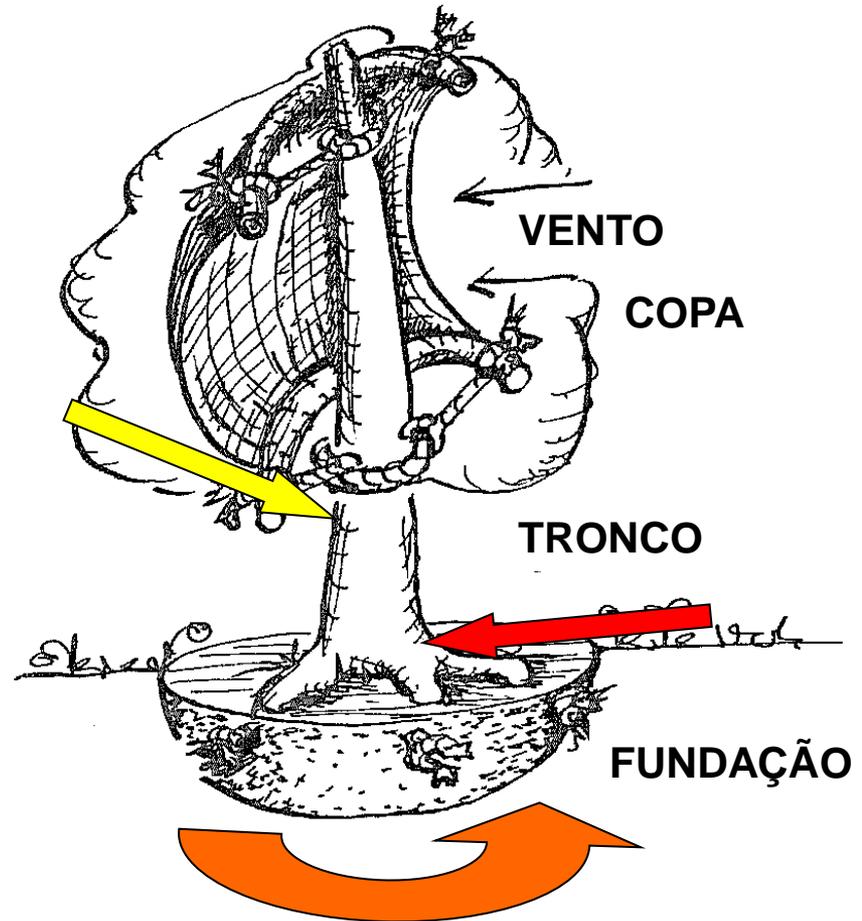
Defeitos naturais

x

Ação antrópica

x

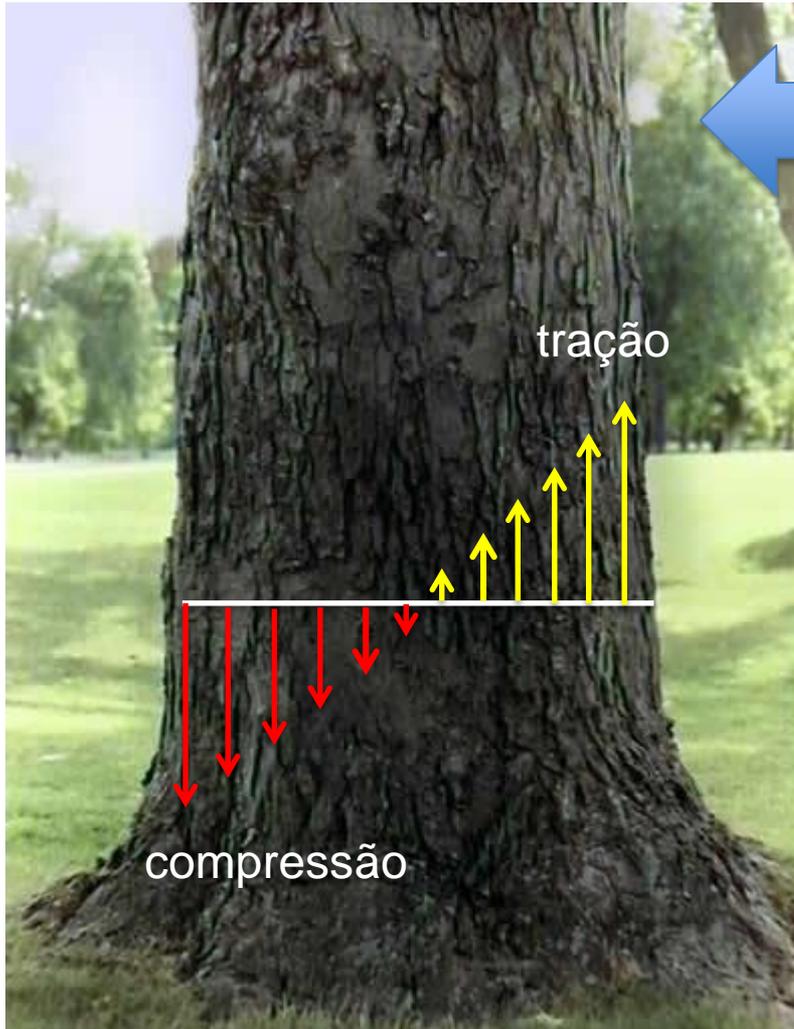
esforços solicitantes
(vento e peso próprio)



Mattheck (1987)

Biomecânica

Forças atuantes



Árvore inclinada

Biomecânica

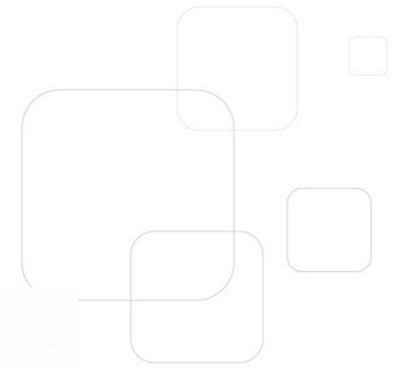
Fraturas



Transversal



Flexão



Biomecânica – crescimento adaptado

Árvore é uma estrutura mecânica com **auto otimização** para defeitos: economia de material, mas forte o necessário



Forma ou composição química



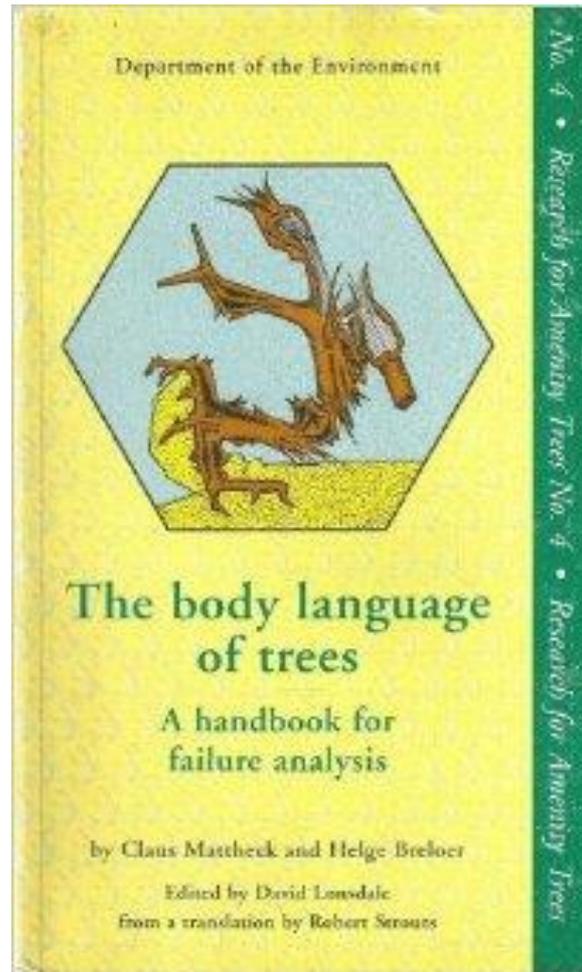
Biomecânica

Auto otimização

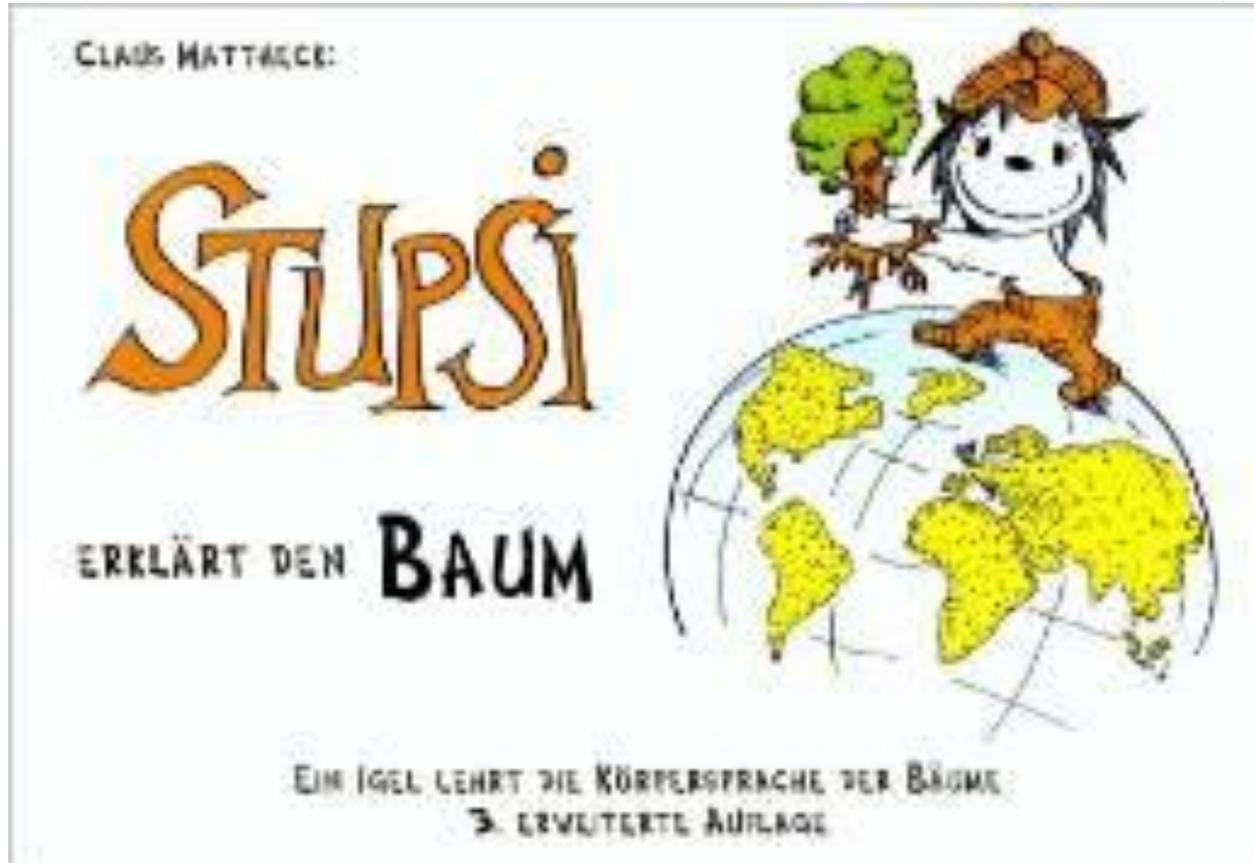


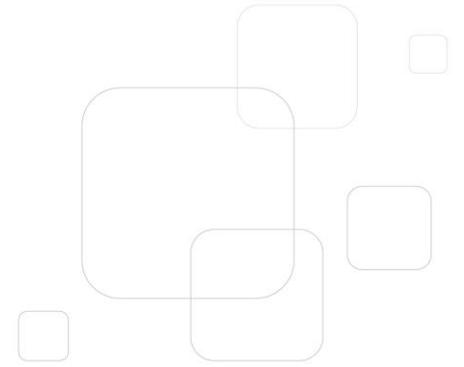
Mattheck (2007)

Biomecânica de Árvores



Biomecânica de Árvores





Como é feita a avaliação de risco de uma árvore?

(Projeto de Norma ABNT)

Avaliação de Risco

Nível de inspeção

Nível 1 – Análise Visual Externa

- Localização
- Identificação botânica
- Dendrometria
- Condições de entorno
- Estado Fitossanitário
- Estado geral (raiz, fuste e copa)
- Ação antrópica
- Biomecânica
- Análise de alvo
- Análise de risco de queda
- Ação antrópica
- Ação do vento
- Manejo...



Avaliação de Risco

Nível de inspeção

Nível 2 – Análise externa e **interna**

- Processos de biodeterioração
- Defeitos mecânicos (rachaduras...)

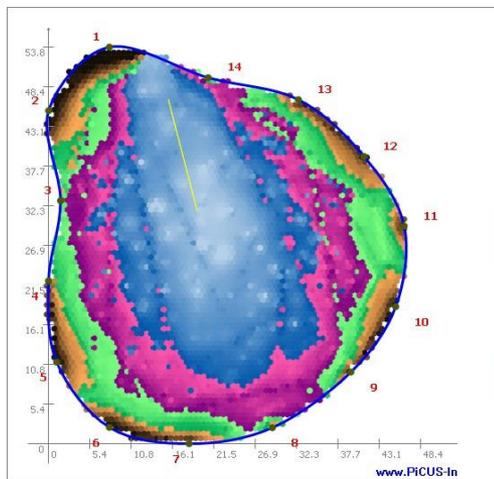


Apodrecimento do cerne
("heart rot")

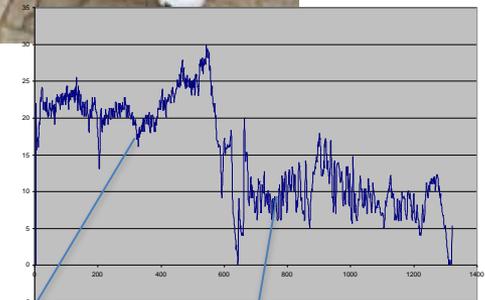
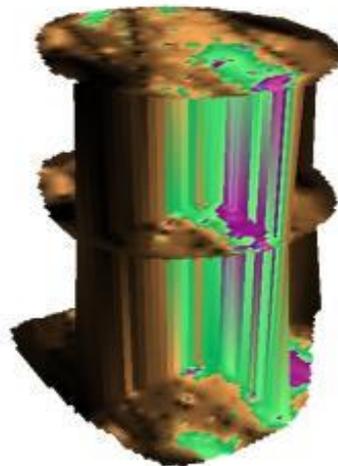
Tecnologias Não Destrutivas



Penetrógrafo



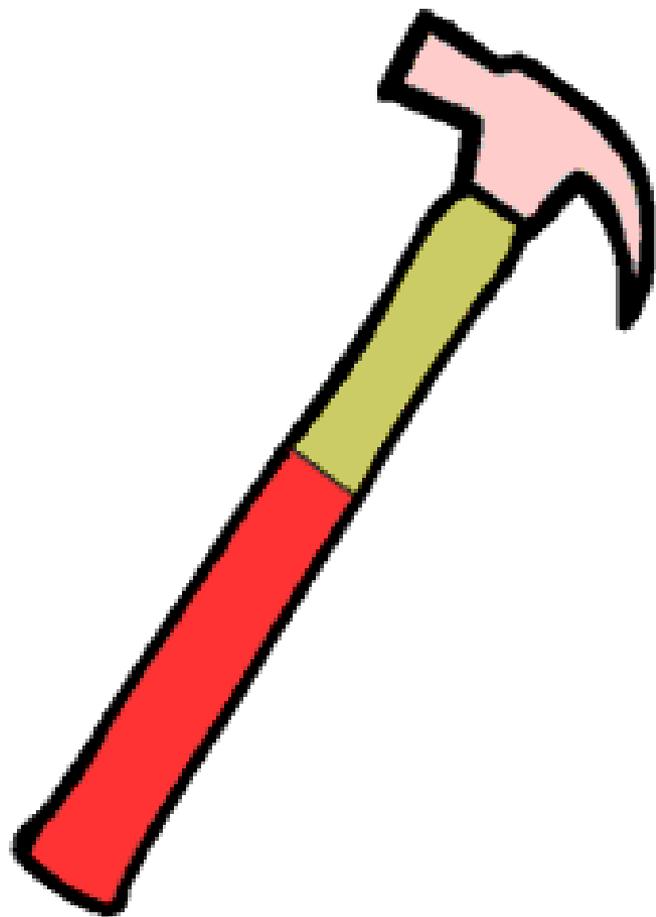
Tomografia



Lenh
o
sadio

Lenho
deteriorado

Tecnologia não destrutiva



Avaliação de Risco

Nível de inspeção

Nível 3 – Análise da **resistência e ancoragem da árvore e galhos em grandes alturas.**

“Após galho matar estudante, árvores são mapeadas na USP de São Carlos”

(Folha de São Paulo, 20/03/2013)



Drones



Galhos de risco - escalada 

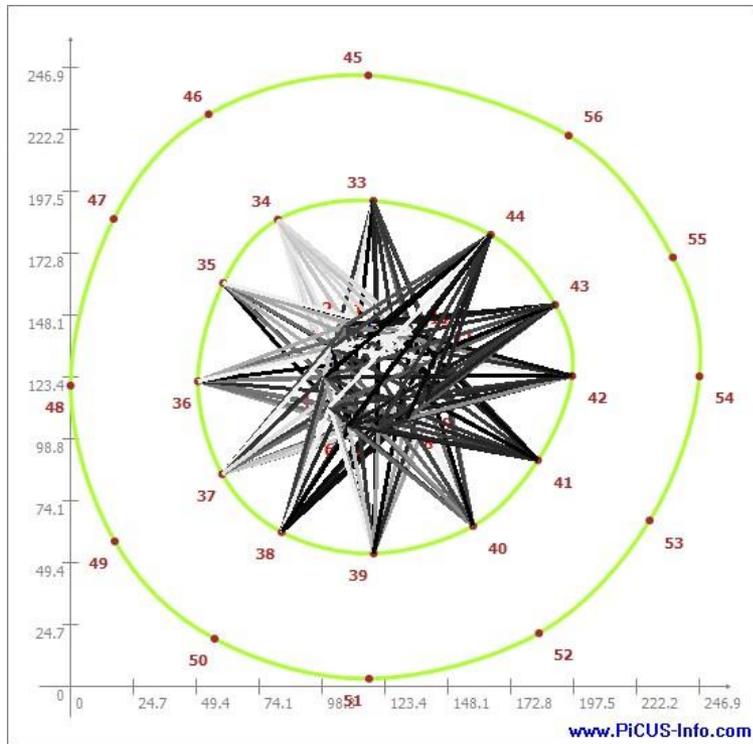
Tomografia de impulso mecânico

Detector de raízes

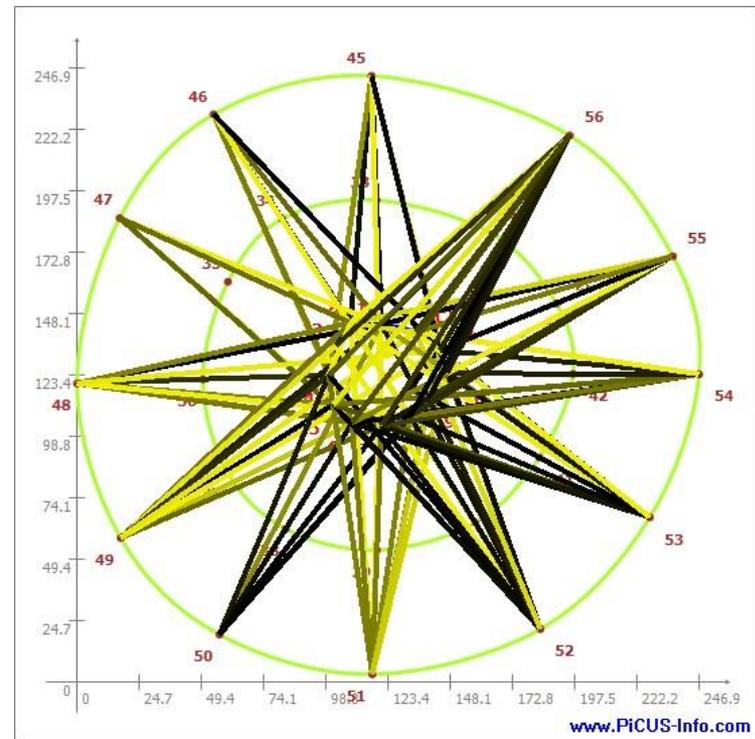


Tomografia de impulso mecânico

Detector de raízes

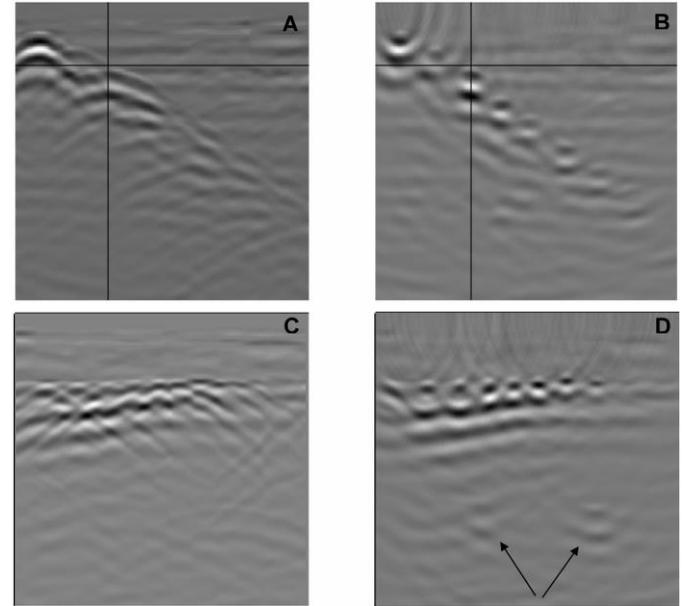


50 cm



100 cm

Radar

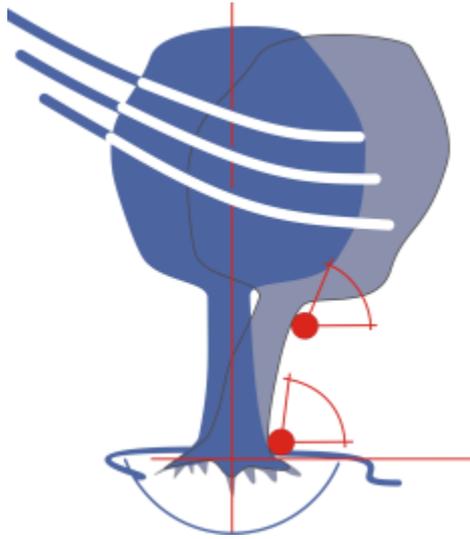


Barton e Montagu (2004)

Necessita de P&D e validação

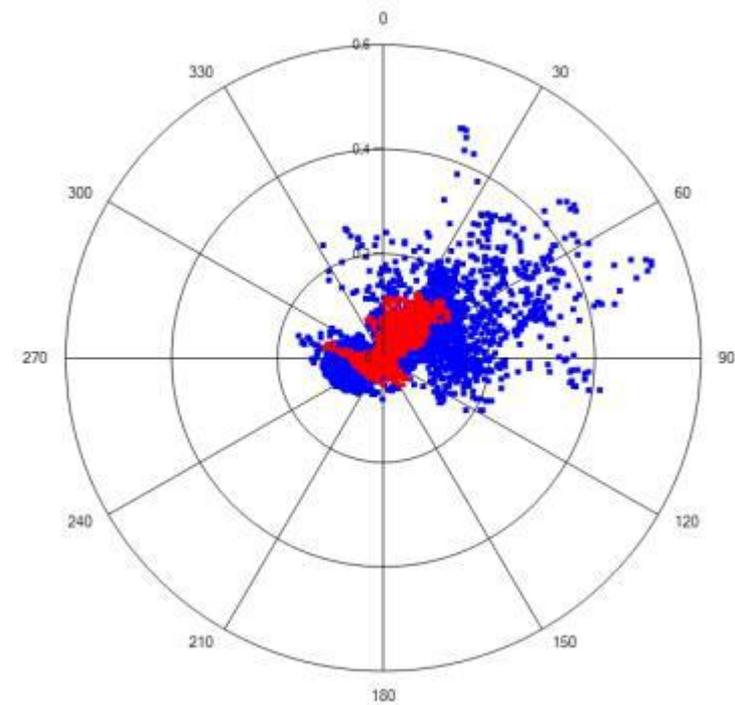
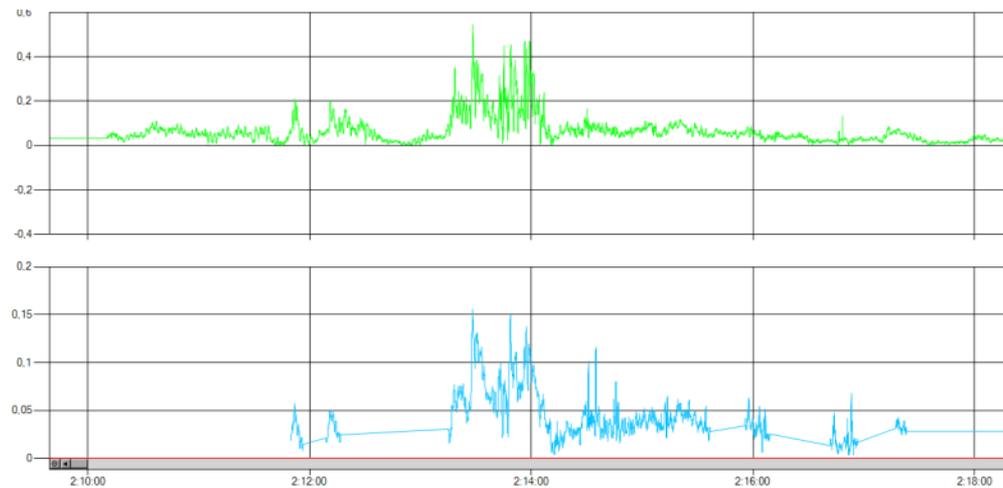
Sistemas de instrumentação

Sensores de movimento



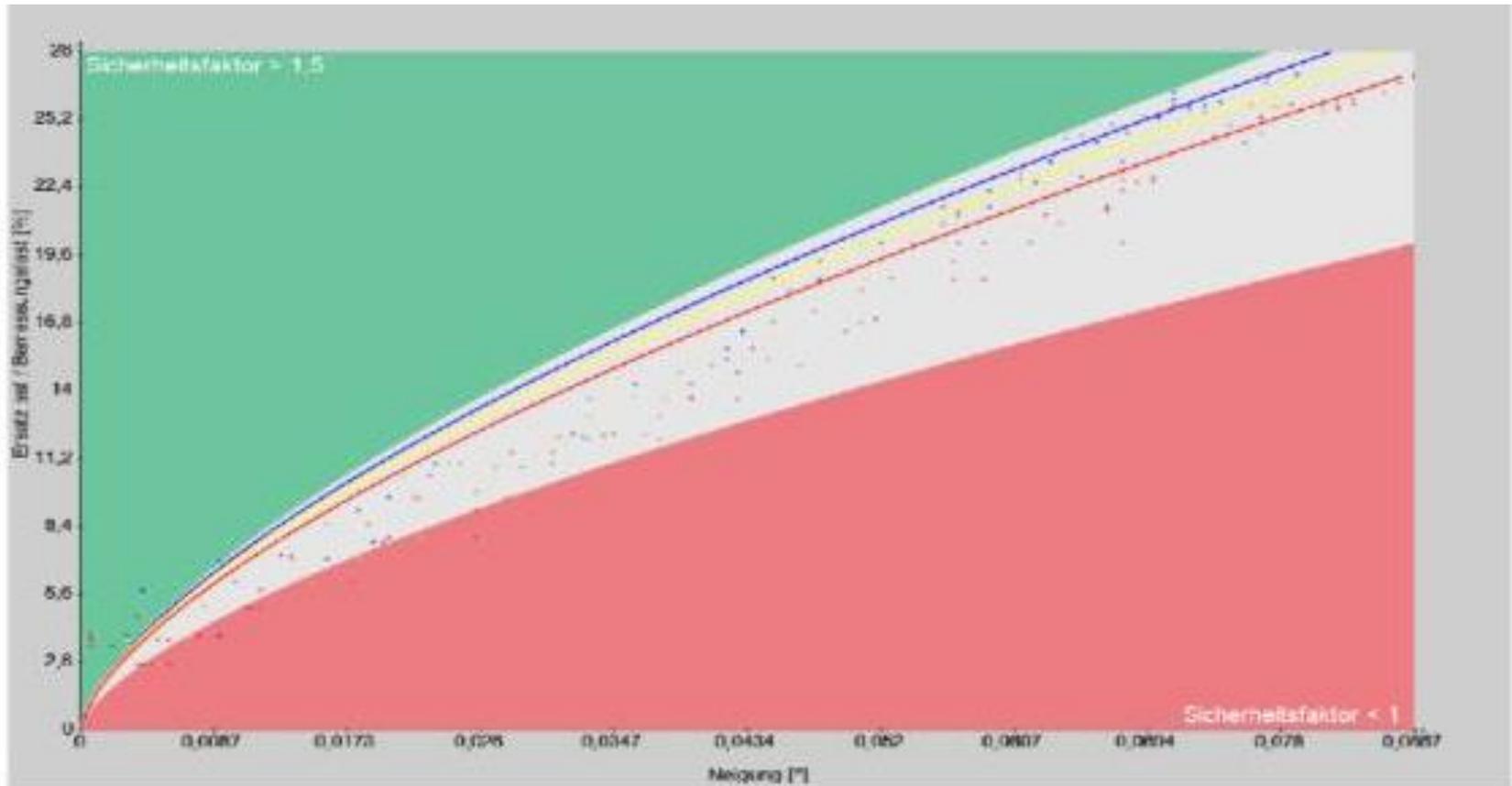
Sistemas de instrumentação

Sensores de movimento



Sistemas de instrumentação

Sensores de movimento



Necessita de P&D e validação

Projeto Ame Jardins



Projeto Ame Jardins (2200 árvores)



Manejo		Nível de alerta - nº árvores (%)	
		Mínimo	Máximo
Monitoramento	Inclinação do fuste	34 (2)	5 (<1)
	Biodeterioração	440 (20)	54 (2)
	1ª bifurcação	10 (<1)	5 (<1)
Poda	Condução	65 (3)	1 (<1)
	Limpeza e manutenção	1308 (59)	45 (2)
	Emergencial	656 (30)	45 (2)
	Galho com risco	92 (4)	4 (<1)
	Equilíbrio da copa	97 (4)	3 (<1)
	Alívio da copa	467 (21)	38 (2)
	Adequação	79 (4)	4 (<1)
Remoção	Árvore	---	322 (15)
	Vegetação interferente	11 (1)	---
Outros	Adequação de canteiro	43 (2)	1 (<1)
	Avaliação téc. especializada	15 (1)	1 (<1)



Qual a situação nas prefeituras?

(Experiência IPT)

Prefeituras

Responsabilidade pela arborização urbana
Verba Restrita para arborização urbana

X

Princípio da Eficiência

“A **Administração Pública** deve **aperfeiçoar os serviços prestados**, buscando otimizar os resultados e atender o interesse público com maiores índices de adequação, **eficácia** e satisfação.”

(Constituição Federal; Emenda Constitucional 19/1998)



Prefeituras

Dificuldades e carências

- Pessoal (quantidade, terceiros, salários incompatíveis)
- Treinamento e **Qualificação** para avaliação de risco
- **Protocolo de inspeção** (inexistente ou inadequado)
- Equipamentos para **análise externa** e prospecção interna
- Ferramenta de gestão confiável (software)

Nome Usuário - Sair

Banco de espécies Inventário Planejamento Queda

INSPEÇÕES

Árvore nº: 05678000-4- Inspeção nº: 5
Bairro- Endereço:

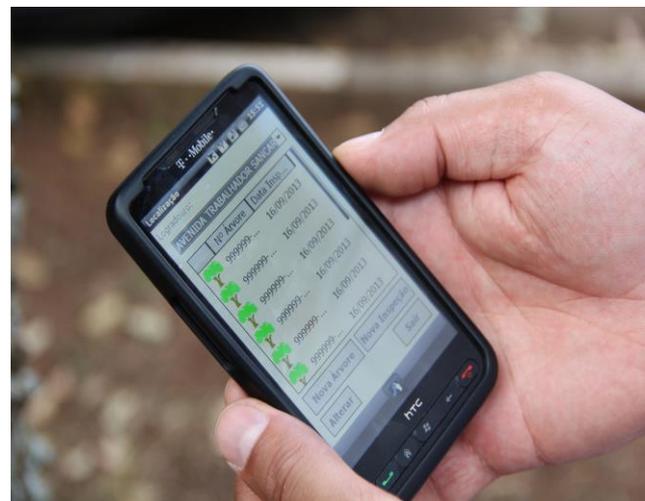
Dados Principais	Condição Entorno	Dendrometria	Estado Fitossanitário	Avaliação Radicular
Avaliação Fuste	Avaliação Copa	Ação Antrópica	Análise Interna	Análise Risco
Relatório de Risco	Fotos	Recomendações		

Dados Principais

Inspeção Localização Identificação botânica Vitalidade

Responsável * Giuliana
Data * 04/02/2016

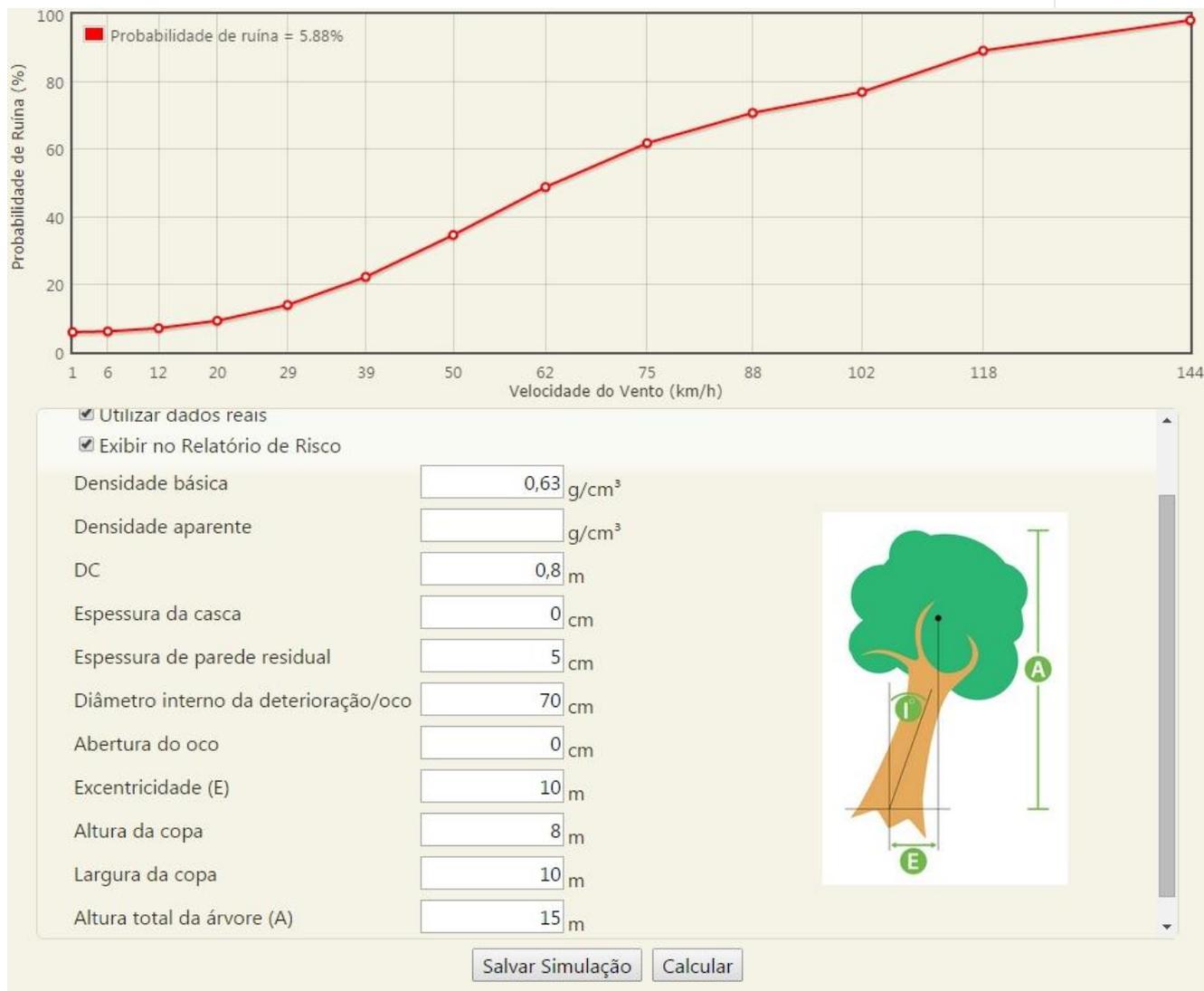
Sistema web
Intranet ou internet



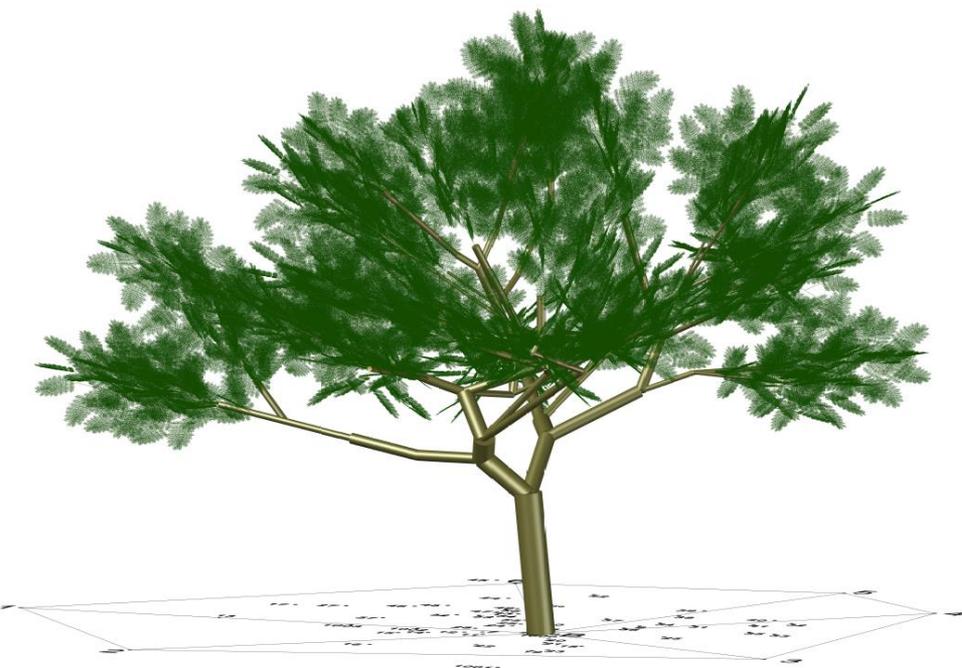
Sistema móvel para inspeção
de árvores

Análise de Risco

Modelo de Cálculo estrutural – Ferramenta auxiliar



Ação do vento - pesquisa



Técnicos e Arboristas!
O que nos move a ir em frente?

Respeito à natureza
Respeito ao ser humano

Ética
Responsabilidade

Coragem!!!





Sérgio Brazolin
0 11 3767-4533
brazolin@ipt.br