

## GRUPO 11

### GIA - GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

#### INDICADORES DE RISCO DE QUEDAS E ELÉTRICOS PARA AVALIAÇÃO VISUAL DE ÁRVORE URBANAS

**Antonio C. V. Delgado(\*)**  
CGTI

**José Mak**  
CGTI

**Newton José Guaraldo**  
CGTI

**Marina M. de Souza**  
CEMIG-D

#### RESUMO

Esse artigo apresenta a aplicação do uso de indicadores de sustentabilidade junto ao Formulário de Avaliação Visual de Árvores Urbanas de modo a converter as informações nele contidas em dados informatizados capazes de serem traduzidos em índices de avaliação de riscos de quedas e elétricos. De posse destes índices é possível realizar um pré-diagnóstico rápido e fortemente influenciado pelas condições da árvore em relação ao local em que se encontra, de forma a subsidiar de imediato o arborista inspetor na maior ou menor atenção no término de sua inspeção visual.

A descrição aqui apresentada visa não só mostrar os resultados das técnicas e desenvolvimento aplicados, mas também um guia para que outros possam aplicá-los em outras situações que envolvem os aspectos de sustentabilidade e de conversão de informações em dados que posteriormente possam ser processados para aplicações diversas.

#### PALAVRAS-CHAVE

Indicadores, Indicadores de Sustentabilidade, Conversão de Informações, Avaliação Visual de Árvores Urbanas.introdução

#### 1.0 - INTRODUÇÃO

A arborização urbana nas cidades constitui-se em um elemento de grande importância para a elevação da qualidade de vida de sua população, pois melhora o ambiente urbano tanto no aspecto ecológico quanto na estética. Como aspectos positivos da arborização urbana destaca-se: a purificação do ar e a melhoria do microclima da cidade, a atenuação da poluição sonora, a redução da velocidade dos ventos, a redução do impacto das chuvas e o abrigo à fauna favorecendo a biodiversidade.

A arborização, quando mal planejada e gerida acarreta diversos problemas, tanto nas edificações quanto nos equipamentos urbanos, tais como: danos em calçadas, redes de água, esgoto, gás e galerias pluviais; dificuldade para a mobilidade de veículos e pedestres e obstrução de placas de sinalização. Por questões econômicas a distribuição de energia elétrica no Brasil é feita normalmente por linhas de distribuição aéreas e nuas, fato que gera constantes conflitos entre estas e os galhos das árvores que constantemente crescem. Quando as árvores caem atingindo a rede de Distribuição causam desligamentos e necessidade de reparos que implicam em milhões de reais de prejuízo às concessionárias de energia elétrica.

As prefeituras brasileiras por razões diversas não disponibilizam recursos suficientes para fazer a gestão e o manejo adequado das arborizações urbanas, faz-se então necessário que esforços sejam consorciados visando a redução dos riscos de quedas e elétricos causados pela floresta urbana. Às concessionárias de serviços públicos, principalmente as distribuidoras de energia elétrica, cabem atribuições de alta significância, bem como legítimo interesse próprio no processo de aprimoramento da arboricultura urbana, pois as árvores precisam conviver com os sistemas elétricos, desde que sejam observadas suas necessidades, e utilizadas metodologias e procedimentos que garantam a integridade de ambos.

Tendo em vista estes aspectos o projeto de P&D regulado pela ANEEL intitulado “D364 - PB - Desenvolvimento de Metodologia para Diagnóstico de Insanidade de Árvores Urbanas Quanto a Risco de Quedas e Risco Elétrico” realizado pela empresa proponente CEMIG-D e pela empresa executora CGTI – Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação, no período de 2012 a 2016, desenvolveu uma nova e inédita Metodologia Visual capaz de transformar o conhecimento tácito dos arboristas experientes em uma metodologia explícita, complementada por uma Metodologia Instrumental com dados obtidos de equipamentos de alta tecnologia, que permitem a visualização do interior de troncos e raízes, resultando numa sistemática completa e inédita para detecção de insanidades de árvores urbanas.

#### 2.0 - FORMULÁRIO DA METODOLOGIA VISUAL

Após estudos e análises qualitativas e quantitativas da metodologia norte-americana da ISA – International Society of Arboriculture, amplamente usada nos Estados Unidos da América, nove metodologias visuais desenvolvidas por

pesquisadores brasileiros de diferentes universidades e da metodologia de riscos elétricos do Programa PREMIAR da CEMIG-D, o projeto idealizou uma Metodologia Visual adaptada das existentes e baseada nas extensas experiências vivenciadas em campo por pesquisadores pertencentes ao projeto. Assim a Metodologia Visual obtida foi adaptada das metodologias:

- ISA - Tree Risk Assessment Best Management Practice (BMP) Method (2011) (1);
- “Avaliação Visual de Árvores de Risco – AVR” (SEITZ, R. A.) (2); e
- Formulário do Programa PREMIAR/CEMIG “Laudo Técnico para Análise de Conflito entre Árvore e Rede” (3).

Foram abordados também aspectos paisagísticos e ecológicos desenvolvidos pela metodologia: “Análise de Árvores Urbanas para Fins de Supressão”, proposto por GONÇALVES, et al. (2007) (4).

Basicamente a Metodologia é composta de um formulário com 4 páginas com diversos campos a serem assinalados ou preenchidos, uma apostila de instruções que esclarece as características de cada um dos campos e uma planilha “espelho” que transcreve os dados contidos no formulário. Das 317 informações no máximo a serem alocadas no formulário de Avaliação Visual, 92 informações subsidiam a geração dos indicadores. A Figura 1 mostra três secções deste formulário com os campos utilizados para a geração dos indicadores assinalados em “rosa”.

Formulário para Avaliação de Risco Árvore - P&D364							
Solicitante					Data		
ID árvore	Endereço			Pública/Privada			
Espécie:	DAP (cm)	Altura (m)	Diâmetro da copa (m)				
Tempo falha (6 - 60 meses)		Arborista					
Avaliação do alvo							
Nº do alvo	Descrição do alvo	Zona do alvo			Ocupação 1 - raro 2 - ocasional 3 - frequente 4 - constante	Pode remover?	Pode restringir?
		na copa	1 x altura	1,5 x altura			
1							
2							
3							
4							
Composição do cenário avaliado							
Rede elétrica							
Loc. Árvore: calçada da rede <input type="checkbox"/> calçada oposta <input type="checkbox"/> Posição: ao lado da rede <input type="checkbox"/> embaixo da rede <input type="checkbox"/> barranco <input type="checkbox"/>							
Rede alta tensão (AT) <input type="checkbox"/> Obs.							
Rede média tensão (MT) <input type="checkbox"/> Tipo nua <input type="checkbox"/> isolada <input type="checkbox"/> protegida <input type="checkbox"/> subterrânea <input type="checkbox"/>							
Rede baixa tensão (BT) <input type="checkbox"/> Tipo nua <input type="checkbox"/> canaletada <input type="checkbox"/> espaçada <input type="checkbox"/> isolada <input type="checkbox"/> subterrânea <input type="checkbox"/>							
Elementos da rede: estaião <input type="checkbox"/> transformador <input type="checkbox"/> ch. Fusível <input type="checkbox"/> ch. Faca <input type="checkbox"/> outro equip. <input type="checkbox"/>							
Conflitos: Rede AT: Grau leve <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> grave <input type="checkbox"/>							
Rede MT: sob rede <input type="checkbox"/> sobre rede <input type="checkbox"/> lado da rede <input type="checkbox"/> Grau leve <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> grave <input type="checkbox"/>							
Rede BT: sob rede <input type="checkbox"/> sobre rede <input type="checkbox"/> lado da rede <input type="checkbox"/> Grau leve <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> grave <input type="checkbox"/>							
Observação							

Figura 1 - Parâmetros da planilha “Avaliação Visual” usados para gerar os indicadores.

### 3.0 - INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

#### 3.1 Sustentabilidade

As questões da sustentabilidade vêm requerendo a atenção mundial e, na esfera da arborização urbana, coloca-se a necessidade da atuação das entidades envolvidas (prefeituras, concessionárias e comunidade) estarem voltadas a contribuir para a sustentabilidade local e global. Neste contexto, requer-se como princípio, que cada pessoa, física ou jurídica contribua com seu papel para garantir que os recursos naturais e o planeta, assim como se conhece hoje, sejam preservados para as futuras gerações. A busca pela sustentabilidade ainda é incipiente em relação às florestas urbanas, fato que levou a inserção da avaliação da sustentabilidade neste ambiente poder contribuir para a melhoria do desempenho setorial e tomada de decisão de novos investimentos.

A conscientização ambiental vem evoluindo, desde a Conferência de Estocolmo em 1972, com o ecodesenvolvimento, passando pela Conferência de Toronto em 1988 e culminando com a Agenda 21 - documento assinado em 14 de junho de 1992, no Rio de Janeiro, por 179 países, resultado da “Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento” – Rio 92, podendo ser definida como um “instrumento de planejamento participativo visando o desenvolvimento sustentável”. Mais recentemente, são os estudos sobre o aquecimento global do Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC que mantêm a questão ambiental na ordem do dia da comunidade científica, das administrações públicas e da população em geral.

O aquecimento global, de grande preocupação atual, é uma destas consequências, e o desastre que ele pode causar afetará toda a humanidade. A Organização das Nações Unidas adota desde 1983 o conceito formal de

desenvolvimento sustentável como "aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades". As estratégias de busca do desenvolvimento sustentável devem atuar em três dimensões da sustentabilidade: ambiental, sociocultural e econômica; o objetivo deve ser o equilíbrio entre estas três dimensões, sendo definidas como metas as ações "ambientalmente responsáveis, socialmente justas, economicamente viáveis", o Triple Bottom Line (Figura 2).

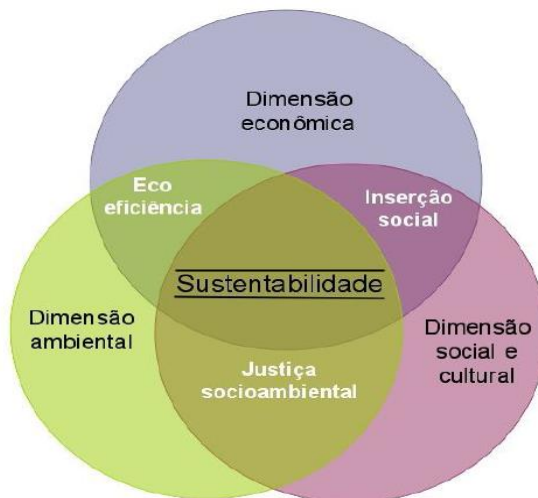


Figura 2 - Dimensões da Sustentabilidade - Triple Bottom Line (Fonte: Motta e Aguilar - 2009) (5).

### 3.2 Conceito de Indicadores

Um indicador, na metodologia proposta, pode ser definido como um parâmetro ou valor derivado de parâmetros, que forneça informações relevantes sobre variáveis definidas referentes a padrões arbóreos, do estado do ambiente e de tendências a riscos oriundos das relações entre estes. Neste sentido, os indicadores devem fornecer informação qualitativa e/ou quantitativa, de forma simples e rapidamente compreensível, sendo resultado da aplicação de um modelo ou conjunto de considerações que relacionam o indicador a fenômenos mais complexos, indicando consistência e mensurabilidade. Os indicadores possuem a capacidade de qualificar, quantificar e simplificar a informação. Indicadores podem ajudar a reduzir o número de medidas e parâmetros utilizados para representar e caracterizar uma situação e simplificar o processo de comunicação pelo qual os resultados são fornecidos ao usuário.

Para a elaboração de indicadores, um conjunto de observações, dados e conhecimentos deve ser sistematicamente ordenado e condensado em informação chave. Os indicadores devem ser agrupados para formar um sistema que propicie uma base para a avaliação do estado vigente e do desenvolvimento do sistema sob análise. Estudiosos do assunto sugerem a utilização de uma pirâmide para esta representação, conforme mostrado na Figura 2.



Figura 3 - Pirâmide síntese para o estabelecimento de indicadores a partir de uma base de dados (Fonte: FIDALGO - 2003) (6).

### 3.3 Metodologia para Desenvolvimento dos Índices e Indicadores de Sustentabilidade para as Árvores Urbanas

## Diretrizes

Na busca do conceito de sustentabilidade apregoadado no modelo Triple Bottom Line as diretrizes para a sustentabilidade das árvores urbanas foi desenhada para as áreas ambientais, sociais, econômicas e institucionais. A modelagem aborda os parâmetros de sustentabilidade evidenciando as responsabilidades de cada agente do processo.

Tabela 1 – Diretrizes para a sustentabilidade das árvores urbanas em relação a riscos de quedas e riscos elétricos (Adaptação de VILHENA - 2007) (7).

Diretrizes	Parâmetros de Sustentabilidade
Ambientais	Uso de recursos naturais: 1) Implantação: uso do solo, alterações da ecologia e biodiversidades locais. 2) Energia: eficiência energética e fontes renováveis. 3) Água: absorção e conservação. 4) Cargas ambientais: poluições.
Sociais	Impacto sobre os usuários: 5) Benefícios paisagísticos. 6) Qualidade do ambiente: acessibilidade, contexto de transporte. 7) Qualidade dos serviços: manutenção do espécime arbóreo, flexibilidade e adaptabilidade, controlabilidade dos sistemas e impactos nos sítios adjacentes.
Econômicas	Impacto econômico e ou financeiro: 8) Sistema de Gestão da Qualidade: melhoria do produto oferecido / custos, ciclo de vida, investimentos. 9) Agregação de valor e benefícios: impacto sobre a comunidade e sociedade (saúde e economias com gastos).
Institucionais	Conjunto de regras e normas estabelecidas para a satisfação de interesses coletivos: 10) Sistema de Gestão Ambiental e Aspectos de Sustentabilidade: integração de gestão ambiental ao planejamento do processo; sustentabilidade como prioridade pública; proatividade em sustentabilidade. 11) Responsabilidade Social e desenvolvimento Econômico: relacionamento com a comunidade local e sociedade; contribuição para a construção de comunidades estáveis; valorização e investimento em recursos humanos. 12) Relação com o plano diretor: espécie recomendada, área de plantio, infra-estrutura.

## Índices

As definições relativas aos Índices visou atingir os objetivos finais em relação aos riscos de quedas e elétricos das árvores urbanas com base no trabalho de FLORIANO (2004) (8):

**MSA** - Manter a situação atual: sem quaisquer procedimentos: quando o espécime arbóreo apresenta aspecto saudável, não provoca conflitos graves, sua presença e seu crescimento não representam riscos no médio prazo.

**RM** - Requer manutenção: quando o espécime arbóreo apresenta aspecto saudável, mas ações devem ser tomadas no sentido de adequá-lo melhor ao espaço disponível ou ao aspecto paisagístico, requerendo limpeza de partes debilitadas que roubam força do crescimento ou interferem em seu mau aspecto, ou criam oportunidades a pragas e doenças, ou ainda quando de modo preventivo busca-se a melhoria da árvore ou da infra-estrutura.

**RS** - Remoção e substituição: recomenda-se a substituição de um dado espécime arbóreo quando o mesmo apresenta situações do tipo: árvore doente, com tronco e galhos em apodrecimento; árvores desfiguradas e descaracterizadas por excesso de poda ou árvores visivelmente debilitadas por ataque de praga ou doença. Ou os seguintes conflitos: raízes causando grandes danos de qualquer tipo, proximidade excessiva de edificações, árvores relativamente muito grandes para o local, árvores de copa larga impedindo a circulação de veículos, árvores de copa larga plantadas em calçadas contíguas a local de estacionamento para carga e descarga, ou parada de ônibus e árvore não apropriada à convivência com redes aéreas de distribuição de serviços (eletricidade ou comunicações).

## Indicadores

A sistemática de ordenamento e condensação das informações contidas na base de dados em informações chaves: índices, indicadores agregados e indicadores simples, segue a pirâmide sugerida por FIDALGO (2003) mostrada na Figura 3. Como mostra o modelo, os índices são oriundos das ponderações dos indicadores agregados que devem espelhar o modelo Triple Bottom Line de forma a considerar as diretrizes ambientais, sociais, econômicas e institucionais, minimizar os erros subjetivos e de interpretações, e garantir os balanços das mesmas nos índices a serem obtidos.

Para a criação dos indicadores agregados deverão ser cruzadas as diretrizes de sustentabilidade apontadas pelo Triple Bottom Line com as informações relativas às características da árvore analisada em seu ambiente, conforme mostra a Figura 3.

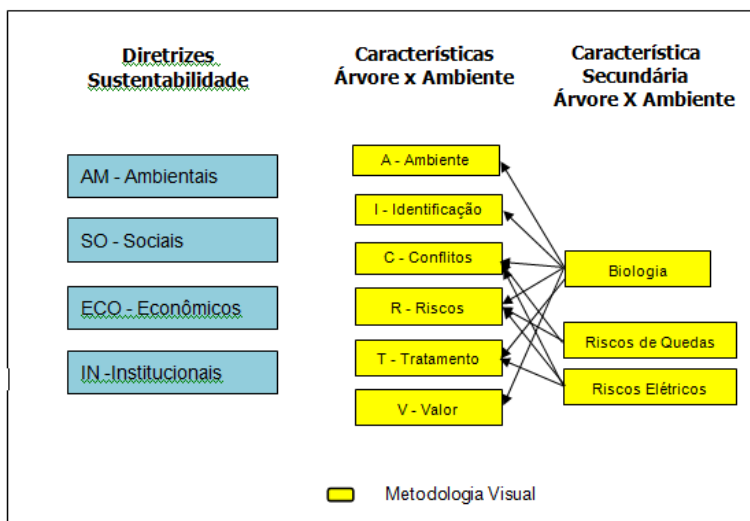


Figura 4 - Relação das diretrizes de sustentabilidade, das características da árvore em seu ambiente a serem obtidas pelo Formulário da Metodologia Visual.

Para que se possam traçar as correlações entre os indicadores agregados, pertencentes às diferentes diretrizes, e as características Árvore x Ambiente, inicialmente são abordadas as definições relativas às características, a saber:

**Ambiente (A):** refere-se às condições ambientais em que se encontra o espécime sob análise, dadas por condições e tipos de canteiros, calçadas, localização relativa a obstáculos (muros, edificações, posteamento, fiações e outras árvores), condições da via urbana (tipo, calçamento, tráfego), região (tipo de solo, inclinação, sujeição a enchentes, ventos), etc.

**Identificação (I):** refere-se ao espécime arbóreo sob análise cuja identificação é feita pelo nome vulgar, dimensões (alturas, DAP), domínio (público ou privado), documentação (descritiva, fotográfica, amostras), etc.

**Conflitos (C):** refere-se à interferência já existente do espécime arbóreo sob análise em relação aos obstáculos de seu entorno, tais como em relação à mobília urbana (paradas de ônibus, postes, iluminação, sinalização), construções (calçadas, muros, edificações, bocas de lobo, fiações, tubulações) e com o tráfego (limitações, visibilidade) tanto de pessoas como de veículos, etc.

**Riscos (R):** refere-se à adequação do espécime arbóreo sob análise em seu porte final e o espaço disponível ao seu crescimento (copa, tronco, raízes) tanto horizontal como vertical, em relação à mobília urbana, às construções e ao tráfego. As principais variáveis relacionadas são as dimensões, distâncias e as condições de sanidade envolvendo em especial o desenvolvimento e disposição das raízes em relação ao solo disponível, etc. As informações de riscos podem compor o mapa de risco de uma dada região, o qual permite o monitoramento das espécies que oferecem potenciais de danos e certa agilidade para ações quando ocorrem intempéries (DUNTEMANN, 2006). Os riscos abordados são em relação aos riscos de quedas e elétricos.

**Tratamento (T):** refere-se à recomendação ou não de tratamentos (manutenções) que deverão ser dispensados ao espécime arbóreo sob análise, tais como tutoramentos, podas, adubação e tratamentos sanitários, sejam para melhorias, manutenções preventivas ou corretivas para viabilizar sua permanência, etc.

**Valor (V):** a necessidade de criar-se um padrão de valor a um espécie arbóreo é a maneira de transformar valores reais e subjetivos das vantagens geradas pelas árvores aos seres humanos e ao meio ambiente em códigos numerais. Duas quantificações monetárias diferentes devem ser expressas em relação ao espécime arbóreo sob análise: i) a primeira buscando-se valorar o espécime através de técnicas clássicas disponíveis em função de seu tamanho, idade, espécie e ganhos gerados por ela à comunidade e ao meio ambiente; ii) a segunda refere-se à estimativa de custos necessários a serem dispensados nos tratamentos, sejam eles preventivos ou corretivos.

De posse desta abordagem foi traçada a Matriz de Responsabilidades mostrada na Figura 5 com as denominações finais para os Indicadores Simples e os Indicadores Agregados.

Matriz de Correlações dos Indicadores Agregados e Indicadores Simples para Avaliação da Sustentabilidade das Árvores Urbanas Quanto aos Riscos de Quedas e Riscos Elétricos													
Relações		Diretrizes de Sustentabilidade											
		AM (Ambientais)				SO (Sociais)			ECO (Econômicos)		IN (Institucionais)		
		AM1	AM2	AM3	AM4	SO5	SO6	SO7	ECO8	ECO9	IN10	IN11	IN12
Ambiente	A	AM1-A	AM2-A	AM3-A	AM4-A	SO5-A	SO6-A	SO7-A	ECO8-A	ECO9-A	IN10-A	IN11-A	IN12-A
Identificação	I	AM1-I	AM2-I	AM3-I	AM4-I	SO5-I	SO6-I	SO7-I	ECO8-I	ECO9-I	IN10-I	IN11-I	IN12-I
Conflitos	C					SO5-C	SO6-C	SO7-C	ECO8-C	ECO9-C	IN10-C	IN11-C	IN12-C
Riscos	R	AM1-R	AM2-R	AM3-R	AM4-R	SO5-R	SO6-R	SO7-R	ECO8-R	ECO9-R	IN10-R	IN11-R	IN12-R
Tratamento	T	AM1-T	AM2-T	AM3-T	AM4-T	SO5-T	SO6-T	SO7-T	ECO8-T	ECO9-T	IN10-T	IN11-T	IN12-T
Valor	V					SO5-V	SO6-V	SO7-V	ECO8-V	ECO9-V	IN10-V	IN11-V	IN12-V

Figura 5 – Matriz de Responsabilidades mostrando os Indicadores Simples pertencentes aos Indicadores Agregados e estes em suas Diretrizes.

Os indicadores ambientais (AM) referem-se basicamente às categorias de impactos relacionados ao uso de recursos (solo, água e energia), potencial de aquecimento global, acidificação, eutroficação, formação de foto-oxidantes, danos à camada de ozônio, ecotoxicidade, contaminação do solo, saúde e biodiversidade. Os indicadores sociais (SO) são tratados em termos de benefícios aos usuários segurança do usuário, igualdade (acessibilidade) e herança cultural (benefícios paisagísticos); flexibilidade e adaptabilidade; produtividade no contexto de acessibilidade e impactos nos sítios adjacentes. Os indicadores econômicos (ECO) referem-se em termos do valor econômico do espécime (ganhos ao meio ambiente e à sociedade) ao longo de sua vida útil e em relação aos gastos e economias redundantes de sua manutenção. Os indicadores institucionais (IN) referem-se basicamente em relação às regras e normas estabelecidas para atendimento dos interesses públicos e seus impactos sobre os recursos humanos aderidos às atividades de arborização, à promoção da sustentabilidade e a relação com o plano diretor instituído na região em que se encontra o elemento arbóreo

### 3.4 Indicadores Agregados e Indicadores Simples

Em seguida passou-se a melhor definir cada um dos 12 Indicadores Agregados, conforme os exemplos:

**AM2 (Ambiental – Energia):** refere-se aos ganhos proporcionados em relação à eficiência energética e as fontes renováveis.

**SO6-R (Social x Riscos):** relaciona a influência dos riscos futuros do espécime arbóreo em relação à acessibilidade de pessoas e trânsito.

**ECO8 (Econômicos – Gestão da qualidade):** refere-se aos impactos econômicos e financeiros em relação a investimentos e custos de manutenção ao longo do ciclo de vida do espécime arbóreo.

E posteriormente foram definidos os 64 Indicadores Simples, conforme os exemplos:

**AM2-A (Ambiental x ambiente):** relaciona as condições ambientais em que se encontra o espécime sob análise, registrando condições e tipo de canteiro, calçadas, localização relativa a obstáculos (muros, edificações, posteamento, fiações e outras árvores), condições da via urbana (tipo, calçamento, tráfego), região (tipo de solo, inclinada, sujeita a enchentes, ventos) e sua importância em relação a eficiência energética propiciada (redução de ilhas de calor).

**ECO9-V (Econômica x valor):** relaciona o valor intrínseco do espécime arbóreo e de seus custos de manutenção aos ganhos econômicos advindos dos benefícios (saúde e economias com gastos) por ele dispensados.

### 3.5 Métrica dos Indicadores

Finalmente passou-se a estabelecer a métrica dos indicadores através da valoração média dada pelos pesquisadores nas diversas relações entre os indicadores. Foram traçadas dezenas de matrizes, estas matrizes criaram os pesos relativos entre os Indicadores Simples de uma mesma Diretriz, o Indicadores Simples (AM1-A, AM1-I, AM1-R, AM1-T) em relação ao respectivo Indicador Agregado AM1, entre os indicadores agregados (AM1, AM2, AM3, AM4), em seguida dos Indicadores Agregados em relação à respectiva Diretriz AM (Ambiente) e da mesma forma destas em relação aos Índices finais (MAS, RM, RS), que combinados com as notas dos Indicadores Simples nos Índices estabelecem a matriz final que calcula os Índices.

Na Figura 6 a seguir pode-se visualizar uma dessas matrizes. Nesta matriz os pesquisadores dão notas entre 0,25 e 4, nos campos de cor “rosa” na comparação entre os Indicadores Simples Ambientais, de forma a estabelecer uma hierarquia de importância entre eles.

Ponderação Relativa Entre os Indicadores Simples Ambientais										
Notas a serem dadas na relatividade entre Indicadores Simples de Ambiente  Muito importante ++ 4 Mais importante + 2 Igual = 1 Menos importante - 0,5 Menos importante -- 0,25			AM1-A	AM2-A	AM3-A	AM4-A	Total dos Pontos por Indicador	Importância Relativa Entre os Indicadores Ambientais e o Ambiente		
			1,00	0,50	1,00	0,50			3,00	17,1%
			2,00	1,00	2,00	1,00			6,00	34,3%
			1,00	0,50	1,00	1,00			3,50	20,0%
			2,00	1,00	1,00	1,00			5,00	28,6%
Total geral							17,50	100%		

Figura 6 – Matriz de ponderação entre os Indicadores Simples da característica Ambiente.

Após as multiplicações dos pesos relativos entre os diversos Indicadores Simples e Agregados é gerada a Matriz Final mostrada na Figura 7.

Matriz de Correlações dos Indicadores Agregados e dos Índices de Riscos no Risco Final para Avaliação da Sustentabilidade das Árvores Urbanas Quanto aos Riscos de Quedas e Riscos Elétricos																			
Índices	Riscos Finais																		
	Manter a Situação						Requer Manutenção						Remoção sem manutenção						
	MAS						RM						RS						
	33,52%						39,44%						27,04%						
Indicadores Simples e Agregados	A	I	C	R	T	V	A	I	C	R	T	V	A	I	C	R	T	V	
	AM1	0,00	0,00		0,00	0,01		0,01	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,01	0,00	
	AM2	0,04	0,02		0,00	0,02		0,05	0,03		0,00	0,01		0,02	0,01		0,02	0,01	
	AM3	0,02	0,01		0,00	0,00		0,03	0,02		0,00	0,00		0,01	0,01		0,01	0,00	
	AM4	0,03	0,02		0,00	0,01		0,04	0,02		0,00	0,01		0,01	0,01		0,01	0,00	
	SOC5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
	SOC6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,02	0,00	0,02	0,02	0,04	0,02	0,00	0,00	0,02	0,09	0,02	0,02	0,01
	SOC7	0,00	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,00	0,02	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,02	0,08	0,02	0,02	0,01
	EC08	0,06	0,04	0,00	0,00	0,01	0,04	0,08	0,05	0,00	0,00	0,01	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
	EC09	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,03	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02
	IN10	0,03	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,02
	IN11	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	IN12	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01
AM1	2,00	1,50		2,33	3,75		2,00	1,50		2,33	3,75		2,00	1,50		2,33	3,75		
AM2	4,00	2,50		1,33	1,75		4,00	2,50		1,33	1,75		4,00	2,50		1,33	1,75		
AM3	5,00	3,00		0,83	0,75		5,00	3,00		0,83	0,75		5,00	3,00		0,83	0,75		
AM4	4,33	2,67		1,17	1,42		4,33	2,67		1,17	1,42		4,33	2,67		1,17	1,42		
SOC5	3,00	2,00	3,00	2,00	2,75	3,50	3,00	2,00	3,00	2,00	2,75	3,50	3,00	2,00	3,00	2,00	2,75	3,50	
SOC6	0,50	0,75	5,00	4,50	5,00	2,88	0,50	0,75	5,00	4,50	5,00	2,88	0,50	0,75	5,00	4,50	5,00	2,88	
SOC7	0,50	0,75	5,00	4,50	5,00	2,88	0,50	0,75	5,00	4,50	5,00	2,88	0,50	0,75	5,00	4,50	5,00	2,88	
EC08	4,13	2,63	0,88	0,00	0,75	3,25	4,13	2,63	0,88	0,00	0,75	3,25	4,13	2,63	0,88	0,00	0,75	3,25	
EC09	4,44	2,72	1,56	0,56	0,56	4,22	4,44	2,72	1,56	0,56	0,56	4,22	4,44	2,72	1,56	0,56	0,56	4,22	
IN10	3,33	1,00	2,67	1,67	2,42	3,67	3,33	1,00	2,67	1,67	2,42	3,67	3,33	1,00	2,67	1,67	2,42	3,67	
IN11	4,44	2,72	1,56	0,56	1,31	4,22	4,44	2,72	1,56	0,56	1,31	4,22	4,44	2,72	1,56	0,56	1,31	4,22	
IN12	2,78	1,89	2,22	2,22	2,97	3,39	2,78	1,89	2,22	2,22	2,97	3,39	2,78	1,89	2,22	2,22	2,97	3,39	

Figura 7 – Matriz Final que calcula os Índices de Riscos.

Quando a parte de baixo da planilha em “rosa” recebe os valores dos Indicadores Simples, de forma automática através de cálculos são obtidos os Riscos Finais, mostrando, por exemplo, se a árvore em avaliação deve ser mantida nas condições atuais, sofrer manutenção, ou deve ser suprimida e substituída por outra. Os valores dos Indicadores Simples são calculados por algoritmos a partir das informações colhidas junto ao Formulário de Avaliação Visual. No exemplo da Figura 7 como o maior Índice é RM a árvore Requer Manutenção.

### 3.6 Algoritmos

De posse dos indicadores desenvolvidos e das métricas estabelecidas, foram criados os algoritmos que calculam os Indicadores Simples em função das informações constantes do Formulário de Avaliação Visual em uma planilha tipo Excel®. A seguir são citados a título de exemplo como foram estabelecidos os algoritmos de dois indicadores simples.

**AM2-A (Ambiental x ambiente):** relaciona as condições ambientais em que se encontra o espécime sob análise, registrando condições e tipo de canteiro, calçadas, localização relativa a obstáculos (muros, edificações, posteamento, fiações e outras árvores), condições da via urbana (tipo, calçamento, tráfego), região (tipo de solo, inclinada, sujeita a enchentes, ventos) e sua importância em relação a eficiência energética propiciada (redução de ilhas de calor).

Algoritmo

- Cálculo da copa: peso 1 – < 3m / peso 2 – 3m < a < 5m / peso 3 – 5m < a < 10m / peso 4 – 10m < a < 15m / 5 - > 15m
- Densidade da copa e folhagem: esparsa= -1 / normal= 0 / densa= +1 combinado com não sazonal= -1 / não morta= -5 / normal= 0

Soma dos dois fatores

**AM2-A:** soma dos dois parâmetros anteriores com limite de 5, varia de 0 a 5.

**AM1-R (Ambiental x riscos):** relaciona a influência dos riscos futuros do espécime arbóreo nas alterações ecológicas e de biodiversidade que o mesmo irá provocar no ambiente.

Algoritmo

- Valor ecológico e biodiversidade (mesmo que ecologia e biodiversidade): AM1-A
  - Riscos: Local e porte: se pequeno= 5 / se médio, privada e rua= 3, praça= 5 / se grande, provada e rua= 1, praça= 5
  - Valor das águas (mesmo que absorção de águas): AM3-A
  - Exposição ao vento: 5 menos protegida= 0 / parcial= 0 / exposta= -1 / afunilamento= -2
- Média dos 3 fatores anteriores

Resultado intermediário: 5 menos a média dos dois parâmetros anteriores.

- Riscos residuais: 0 – baixo / -1 – moderado / -3 – alto / -5 – extremo.

**AM1-R:** resultado intermediário mais os riscos residuais, limitado em 0 e em 5, varia de 0 a 5.

#### 4.0 - VALIDAÇÃO DOS INDICADORES

Para validação dos indicadores foram pegadas as informações oriundas dos Formulários de Avaliação Visual calculados os Indicadores Simples através dos 64 algoritmos desenvolvidos e enviados a Matriz Final. Os Índices Finais obtidos resultaram nas mesmas recomendações que os arboristas pesquisadores do projeto fizeram após as análises das inspeções visuais realizadas. É claro que para que essa validação tivesse sucesso foram feitos pequenos ajustes em alguns pesos de Indicadores Simples em relação aos Índices de Riscos, tal fato deve-se a uma certa “descalibragem” existente entre os algoritmos construídos.

#### 5.0 - CONCLUSÃO

A Inspeção Visual instaurada pela presente pesquisa utiliza uma planilha em que podem ser registradas até 317 informações. Tamanho volume de informações nem sempre conseguem ser ponderadamente processadas, com a objetividade de um aplicativo, pelo cérebro das pessoas.

A maneira de conversão de todas estas informações em avaliação de riscos, para medidas futuras a serem tomadas, foram realizadas pelos Indicadores de Insanidade de Árvores especialmente desenvolvidos para a Metodologia Visual obtida na pesquisa, utilizando 92 informações. Assim, o uso destes indicadores permite um pré-diagnóstico, incompleto, mas rápido e fortemente influenciado pelas condições da árvore em relação ao local em que se encontra, de forma a subsidiar de imediato o arborista inspetor, no término da inspeção. Outro fator muito importante é que a sistemática sinaliza ao inspetor a apuração de informações imprescindíveis a serem obtidas no momento da inspeção, e que muitas vezes são negligenciadas.

Na pesquisa realizada a Inspeção Visual não foi desenvolvida num aplicativo computacional específico, mas em planilhas preenchidas manualmente que posteriormente são transferidas a uma planilha Excel onde os indicadores são calculados por algoritmos. No interior destes algoritmos existem “métricas” que valorizam uma dada condição da árvore em detrimento de outras. A ponderação destas métricas é uma das principais características da confiabilidade da metodologia que pode ser validada e sistematicamente melhorada e ajustada em função de sucessivos casos reais experimentados em campo.

Tendo em vista que na pesquisa realizada durante o P&D foram avaliadas, na quase totalidade das inspeções, árvores que apresentavam alguma insanidade, a avaliação dos indicadores e suas métricas ficou restrita àquelas árvores em relação às árvores totalmente sãs. Assim, a equipe do projeto indica que mais análises continuem a ser realizadas para que a metodologia seja aperfeiçoada ao contemplar maior número de indivíduos arbóreos de mesma espécie e quando de sua implementação em um aplicativo computacional o mesmo possa ser facilmente customizável com sinalizações diversas e possibilite saída de outros relatórios modelos.

É importante registrar que dentro da cadeia de inovação o projeto foi do tipo Pesquisa Básica Aplicada, e forneceu todos os elementos para a compilação de uma Metodologia completa para uso na avaliação quanto aos riscos de quedas e elétricos em relação às árvores urbanas. Seria muito importante que em uma próxima etapa tipo Desenvolvimento Experimental essa Metodologia fosse descrita em um aplicativo computacional, capaz não só capaz de transformar o conhecimento *tácito* dos arboristas experientes em uma metodologia *explícita*, com a ajuda dos indicadores, mas também capaz de emitir os relatórios de inspeção de forma automática e padronizada.



## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Formulário do Método: ISA Tree Risk Assessment Best Management Practice (BMP) Method, 2011. Disp. em: [http://www.isa-arbor.com/education/resources/BasicTreeRiskAssessmentForm\\_Fillable\\_FirstEdition.pdf](http://www.isa-arbor.com/education/resources/BasicTreeRiskAssessmentForm_Fillable_FirstEdition.pdf). Acessado em: 5 de setembro de 2016.
- (2) SEITZ, R.A. Avaliação visual de árvores de risco (AVR). Mini-curso In: X CBAU - CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, Maringá, 2006. Anais... Maringá, 2006.
- (3) Programa PREMIAR/CEMIG. Laudo Técnico para Análise de Conflito entre Árvore e Rede, Belo Horizonte, MG. 2012.
- (4) GONÇALVES, W.; STRINGHETA, A.C.O.; COELHO, L.L. Análise de árvores urbanas para fins de supressão. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba, v. 02, n. 04, p. 01-19, 2007.
- (5) Motta, S.R.F., Aguilár, M.T.P. Sustentabilidade e Processos de Projetos de Edificações, In: Revista de Gestão & Tecnologia de Projeto, v.4, n.1, maio, 2009, p. 84-119.
- (6) Fidalgo, E.C.C. Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais. Tese de doutorado, FEAGRI/UNICAMP, Julho, 2003.
- (7) VILHENA, Juliana M. Diretrizes para a sustentabilidade das edificações. Gestão & Tecnologia de Projetos. v.2, n.2, Maio, 2007.
- (8) Floriano, E. P. et al; Censo da Arborização da Região Central da Cidade de Horizontina, RS. Prefeitura Municipal de Horizontina. Santa Rosa, RS, 2004.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



**Antonio Carlos Valbert Delgado** nasceu em Campinas/SP. Graduiu-se em Engenharia Eletrônica em 1977, pela Universidade Mackenzie. Possui especialização em Gerenciamento de Projetos e Reengenharia de Processos em 1999 pela Andersen Consulting, AC\*, Brasil. É pesquisador no Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação - CGTI desde 2008.



**José Mak** nasceu em Campinas/SP. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora em 1976. Pós graduado em Administração, Finanças e Marketing pela Fundação Getúlio Vargas em 1997. É pesquisador no Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação - CGTI desde 2003.



**Newton José Guaraldo** nasceu em Dois Córregos/SP. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia Mauá em 1979. Possui especialização em Gerenciamento de Projeto em 1983 pelo Instituto Mauá de Tecnologia. É pesquisador no Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação - CGTI desde 2003.



**Marina Moura de Souza** nasceu em Araxá/MG. Graduiu-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa em 2007. É Mestre em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Paraná em 2010 e Doutora em Ciências Florestais pela Universidade Federal de Viçosa em 2014. É engenheira na área de Meio Ambiente da Companhia Energética de Minas Gerais/Distribuição – CEMIG-D desde 2014.