

# Reconhecimento de árvores usando visão computacional para prevenir interrupções no sistema de distribuição de energia elétrica.

## Alternative Title: Recognition of trees using Computer Vision to prevent interruptions in the Power Distribution System

Heuber G. F. de Lima  
Universidade Federal de Goiás  
Instituto de Informática  
heubergustavo@inf.ufg.br

Ronaldo M. da Costa  
Universidade Federal de Goiás  
Instituto de Informática  
ronaldocosta@inf.ufg.br

Anderson da S. Soares  
Universidade Federal de Goiás  
Instituto de Informática  
anderson@inf.ufg.br

Gustavo T. Laureano  
Universidade Federal de Goiás  
Instituto de Informática  
gustavo@inf.ufg.br

### RESUMO

A distribuição de energia elétrica é uma atividade fundamental, já que muitas pessoas dependem deste serviço. Falhas no sistema de distribuição ocorrem a partir de vários fatores que podem danificar o sistema e, portanto, interromper o fornecimento de energia elétrica. Dentre os vários fatores que podem causar problemas este trabalho propõe a detecção automática de árvores perto ou mesmo sob na rede de distribuição. A fim de evitar que as árvores possam forçar ou mesmo causar a ruptura dos cabos de distribuição, são feitas as podas das árvores que apresentam algum tipo de risco para a rede. No entanto, essa atividade é geralmente o manual fazendo com que as equipes necessitem vasculhar toda a rede para identificar os problemas. O principal objetivo deste trabalho é propor um processo, baseado em visão computacional, que permite a identificação automática de árvores próximas ou sob a rede de distribuição de energia a partir de imagens aéreas fornecidas pelo Google Earth.

### Palavras-Chave

Reconhecimento de Padrões, Visão Computacional, Identificação de Árvores.

### ABSTRACT

The electrical distribution is a critical activity since many people depend of this service. Faults in the distribution system occur from several factors that can damage the system and therefore interrupt the supply of energy. Among the various factors that may cause problems this work proposes a automatic detection of trees near or even in the distribution network. In order to avoid that the trees to force or even rupture of the distribution cables, are made the pruning of the trees that have some kind of risk to the network. However, this activity is usually manual and teams must sift through all the network for problems. The main objective of this work is to propose a process, based on computer vision, which allows the automated identification of nearby trees or under the power distribution network from aerial images provided by Google Earth.

### Categories and Subject Descriptors

I.5.4 Applications: Pattern Recognition.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2015, May 26–29, 2015, Goiânia, Goiás, Brazil.  
Copyright SBC 2015.

### General Terms

Algorithms, design.

### Keywords

Pattern recognition, computer vision, tree identification.

## 1. INTRODUÇÃO

Geração, Transmissão e Distribuição são conceitos diferentes no âmbito das concessionárias de energia. Os cabos que estão presentes nas ruas das cidades, que prosseguem por via aérea ou subterrânea, transformadores, postes, cabos, religadores entre outros equipamentos fazem parte da chamada Rede de Distribuição de Energia[1].

Vários fatores podem gerar problemas que afetam a distribuição de energia para os consumidores finais, tais como: sobrecarga do sistema em função de um elevado consumo em um determinado momento, curto circuito na rede de distribuição em função de equipamentos sem a devida manutenção, árvores que forçam a rede fazendo com que os cabos se toquem ocasionando curto circuito, ou até mesmo rompimento dos cabos em função de agentes externos, tais como árvores, caminhões e etc.[2]

Em relação aos equipamentos obsoletos, as concessionárias de energia tem preparado rotinas de manutenção programada onde considera-se o tempo de vida desses equipamentos [2][3] ou ainda a adoção de equipamentos chamados Religadores Automáticos[4], que tentam religar a energia de forma automática ao detectarem a interrupção[4]. Em relação ao consumo excessivo, uma prática adotada por alguns países, é a adoção do chamado “horário de verão” onde a hora nacional é adiantada em 1 hora, fazendo com que o horário de pico, que é no final da tarde, ainda possua luz natural diminuindo o consumo de energia no horário em função da diminuição do uso de luzes artificiais. Agora, a relação entre as árvores plantadas nas cidades com a rede de distribuição de energia para os consumidores talvez seja um dos fatores que mais geram problemas na distribuição. As falhas na realização de podas preventivas de árvores que interferem na rede de baixa tensão contribuem para as frequentes quedas no fornecimento de energia.

Na maioria das cidades as árvores, independente do seu porte, de uma forma geral estão posicionadas nas calçadas, mesmo lugar em que está a rede elétrica para a distribuição. Na estação das chuvas a força dos ventos ou até mesmo a força que a chuva exerce sobre a árvore faz com que elas se inclinem sobre a rede, fazendo com que os cabos se encontrem gerando um curto circuito na rede e, por consequência, a interrupção do fornecimento; sem falar na possibilidade da queda dessa árvore

sobre a rede de energia fazendo com que os cabos sejam rompidos, o que acarreta um tempo maior de interrupção do fornecimento uma vez que a rede de distribuição precisaria ser reparada [2][3][5].

A contenção para esse tipo de problema é feita através da poda das árvores que estão junto à rede de distribuição. Em geral, o serviço de poda se dá através de cortes programados e através da reclamação do consumidor. Sobre a poda programada, ao iniciar a estação das chuvas é promovida a podas das árvores que atrapalham a rede através de um mutirão com essa finalidade. Entretanto, esse trabalho é todo manual, ou seja, as equipes precisam percorrer a rede em busca de possíveis problemas, o que gera um gasto excessivo de tempo, recursos e de material humano. Sobre a poda por reclamação, na maioria das vezes o consumidor reclama de forma reativa; ou seja, quando o problema já ocorreu e por consequência o fornecimento de energia já ter sido prejudicado [1][2][3][5].

As agências de controle da qualidade e fornecimento da energia elétrica, de certa forma costumam estabelecer compensações para os consumidores que tiveram o fornecimento de energia elétrico prejudicado. Algumas estabelecem ainda limites para esses indicadores e quando há violação desses limites, a distribuidora deve compensar financeiramente a unidade consumidora. Enfim, não é do interesse de nenhuma distribuidora de energia ter o fornecimento de energia interrompido ocasionado por árvores tocando ou caindo sobre a sua rede de distribuição [6][7][8].

Um método de identificação automática de árvores seria de grande auxílio na identificação e antecipação de possíveis problemas com árvores e a rede de distribuição de energia. Mas um sistema dessa natureza não se restringiria à essa finalidade. Um outro exemplo seria a utilização desse tipo de ferramenta na segurança pública, para prevenção de acidentes ou no planejamento e controle da vegetação em grandes centros urbanos[5]. Na agricultura, este tipo de aplicação pode ser utilizado para dimensionamento e controle de culturas como plantações de laranja, manga e etc. [9][10][11][12][13].

Em outros trabalhos correlatos as propostas demandam recursos onerosos, como em Othmania [14] em que a proposta é identificar as árvores a partir de um Scanner Terrestre Laser (TLS em Inglês), equipamento que tem um custo elevado. Já Backes, [15], Idrissa [16], Jain [17], Lee [18] e Wang [19] propõem o reconhecimento de árvores por meio da identificação da textura ou formato das folhas, e utiliza-se de imagens em alta resolução que possuem um alto custo de aquisição. A proposta deste trabalho é utilizar recursos que estão gratuitamente disponíveis, que é o caso do Google Earth.

A proposta desse trabalho é apresentar um processo de identificação automática de árvores que potencialmente prejudicariam a rede de distribuição de energia através do processamento de imagens captadas de aplicações como o Google Earth e utilização de algoritmos de visão computacional. Dessa forma com a adoção desse processo as concessionárias de energia poderão otimizar os seus recursos na poda programada das árvores possibilitando que as equipes de poda possam ser melhor programadas e destacadas para tal fim.

Este trabalho é composto de quatro seções: Inicialmente trata-se de uma introdução, na seção seguinte é apresentada uma proposta de arranjo para a detecção das árvores conforme o objetivo do

trabalho. Em seguida é apresentado o resultado do processo proposto e finalmente as conclusões obtidas.

## 2. PROPOSTA PARA DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE ÁRVORES ATRAVÉS DE IMAGENS AÉREAS

Diante de todo o arcabouço tecnológico, a proposta para a identificação de árvores a partir de uma imagem obtida é demonstrado na Figura 1. A proposta apresentada é um modelo baseado na adoção de diversas metodologias de diferentes áreas e níveis de atuação, com o objetivo de criar um modelo estruturado e que consiga reunir as várias vantagens de cada metodologia escolhida, integrando-as. De acordo com o arcabouço do estado da arte em identificação de árvores através de imagens [20][21][22][23][24][25][26] esses seriam os passos para capturar, processar e identificar corretamente uma árvore em uma imagem digital.

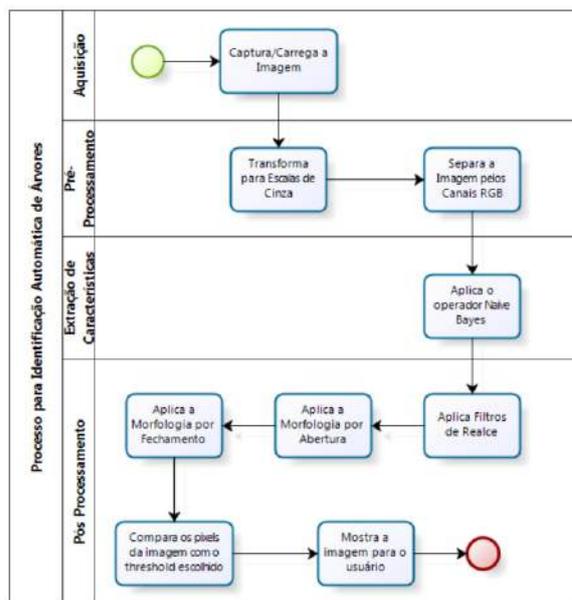


Figura 1. Proposta de Arranjo para a Identificação Automática de Árvores.

**Passo 1 – Captura/Carrega a Imagem** – Capturar as imagens a partir de uma aplicação que visualize a imagem de satélite do Google Earth e permita ao usuário acionar o verificador automatizado a fim de identificar as árvores daquela região. O processo de aquisição das imagens foi dividido em duas partes: Treinamento e Processamento. Para o treinamento, a partir de imagens aéreas que possuem árvores bem definidas, foi feito o recorte dessas árvores em uma determinada região a fim de identificar os parâmetros que classificam corretamente uma árvore. Um exemplo desse tipo de recorte pode ser visto na figura 2a. Posteriormente foram separadas imagens para o processamento: que são imagens aéreas, de zonas urbanas em que a intenção é identificar automaticamente as árvores presentes nas imagens. Para efeito de testes laboratoriais foram escolhidas, aleatoriamente, imagens de regiões urbanas que continham árvores a serem identificadas. Um exemplo de imagem para o processamento pode ser visto na figura 2b.

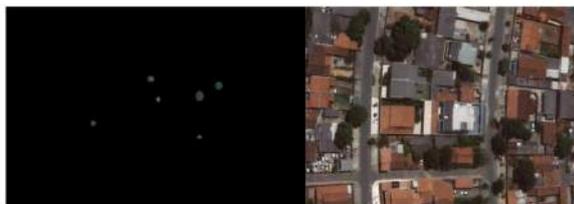


Figura 2. a) Exemplo de imagens de recorte para o treinamento b) Imagem para o Processamento

**Passo 2 – Transforma para escalas de cinza** – Passo fundamental para se processar imagens digitais é transformá-la em uma escala de tons de cinza [9][11]. A imagem digital em nível de cinza obtida a partir da imagem original é uma imagem na qual o valor de cada pixel é uma única amostra de um espaço de cores. Imagens desse tipo são tipicamente compostas com tons de cinza, variando entre o preto como a menor intensidade e o branco como maior intensidade [27][28].

**Passo 3 – Separa a imagens pelos canais RGB** – O objetivo é identificar a quantidade de cores Red – Vermelho, Green – Verde e Blue – Azul, presentes em cada um dos pixels da imagem. A imagem de entrada, obtida no passo 1, possui três bandas, sendo que cada uma delas representa uma das componentes do seu modo de cor. No caso deste trabalho a imagem, que era do modo RGB, seria comparada, pixel a pixel, com os níveis de cores obtidos no treinamento da imagem de recorte. De acordo com Casanova [20], esse método, obviamente, combinado com outros procedimento podem levar a um nível de acerto de 96% nas áreas analisadas.

**Passo 4 – Aplica o Operador Naive Bayes** – O objetivo desse passo é identificar a função que normaliza os níveis de cada uma das cores. Para tanto é necessário achar os valores médios e o desvio padrão de cada uma das cores. O resultado do processamento de uma determinada imagem, aplicado o operador de Naive Bayes pode ser acompanhado com a geração de um gráfico das Gaussianas, em que cada curva representa as cores RGB (red, green e blue).

**Passo 5 – Aplicar Filtros de Realce** – As técnicas de filtragem são transformações da imagem pixel a pixel, que não dependem apenas do nível de cinza de um determinado pixel, mas também do valor dos níveis de cinza dos pixels vizinhos. O processo de filtragem é feito utilizando matrizes denominadas máscaras, as quais são aplicadas sobre a imagem. Os filtros de Realce utilizam máscaras apropriadas ao realce de características de imagens obtidas por um sensor específico[29].

**Passo 6 – Aplica a Morfologia por Abertura** – A abertura em geral suaviza o contorno de uma imagem, quebra estreitos e elimina proeminências delgadas, a operação de abertura é usada também para remover ruídos da imagem [30][31][29].

**Passo 7 – Aplica a Morfologia por fechamento** – O fechamento funde pequenas quebras e alargas golfos estreitos elimina pequenos orifícios, se uma abertura cria pequenos vazios na imagem, um fechamento irá preencher ou fechar os vazios, estas operações podem remover muitos dos pixels brancos com ruídos, ou seja basicamente ele é igual a abertura só que primeiramente é feita a dilatação e, logo em seguida, é feita a erosão [30][31][29]. Em outras palavras o fechamento trabalha de um modo oposto ao método abertura, em que ela remove todos os pixels onde o ajuste do elemento estruturante não está dentro da imagem (primeiro plano), o fechamento enche todos os lugares onde o elemento estruturante não iria ajustar na imagem (plano fundo) [27].

Entretanto operações inversas, abertura e fechamento não irão estabelecer a imagem original.

**Passo 8 – Compara os pixels da imagem com o threshold escolhido** – O objetivo desse passo é identificar, com base no threshold escolhido, qual pixel estaria dentro do range de valores possíveis que foram processados anteriormente [27][32]. O threshold é gerado por um gerador automático de hipóteses que consideram que um determinado pixel pode ou não ser uma árvore.

**Passo 9 – Mostra a imagem para o usuário** – É o passo final. Mostra a imagem processada para o usuário.

### 3. RESULTADO DA PROPOSTA

De acordo com a proposta apresentada na seção anterior, foram feitos vários testes e processamentos para verificar o nível de acurácia do arranjo proposto. A princípio foram selecionadas 50 imagens das mais variadas regiões urbanas, e para cada região escolhida foi selecionado um recorte para o treinamento do algoritmo. Para cada imagem selecionada, contou-se manualmente as árvores presentes. Para efeitos de contagem, as árvores que aparentemente parecem ser uma só, ou seja, que possuem as copas ligadas, foram contabilizadas somente uma vez. Em seguida foi feito o processamento e apresentado o resultado final mostrando as árvores marcadas na imagem. Diante do resultado apresentado, foi refeita a contagem das árvores marcadas e contabilizadas a fim de se identificar as possíveis discrepâncias em relação à contagem inicial. A seguir, é mostrado o resultado do processamento de 10 imagens da cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás, Brasil.

Tabela 1. Resultado do Processamento

Imagem	Árvores na imagem	Árvores Detectadas	Falsos Positivos	Verdadeiros Positivos	Verdadeiros Negativos
1	22	22	3	22	0
2	15	13	2	13	2
3	19	18	4	18	1
4	18	17	4	17	1
5	45	42	3	42	3
6	32	30	4	30	2
7	42	35	2	35	7
8	18	18	10	18	0
9	33	30	3	30	3
10	14	14	0	14	0

Na figura 3 é possível observar um exemplo de imagem de bairro predominantemente residencial, com cores bem definidas, com imagens de boa qualidade e com poucas sombras. Nestes casos o algoritmo conseguiu identificar as árvores com baixo nível de ruído, ou seja, com poucos falsos positivos. As árvores estão destacadas na imagem produzida ao final do processamento.

O método proposto ainda não distingue onde a árvore estaria localizada. O interessante seria que o método identificasse somente as árvores que estivessem sob a rede de distribuição, localizadas nas calçadas dos bairros. Esse nível de inteligência poderá ser atingido integrando o método proposto com a base de dados georreferenciada das Central Elétrica de Goiás – CELG, Brasil, objeto do estudo. Uma outra inteligência importante para o sistema seria a de identificar somente as árvores potencialmente prejudiciais à rede, ou seja, as que poderiam causar curtos ou rompimento da rede de distribuição. Para esse fim será necessário,

além de identificar o posicionamento da árvores sob a rede de distribuição, mas também identificar a altura e o tamanho das copas das árvores.



Figura 3. (a) Imagem Original e (b) Final do processamento

#### 4. CONCLUSÃO

Como conclusão, entende-se que o processo para a identificação de árvores a partir de imagens obtidas no *Google Earth*, versão gratuita, é algo complexo uma vez que não existe uma padronização da qualidade da imagem. Outro fator, que é intrínseco ao problema, é a quantidade de informações presentes nas imagens: prédios altos que geram muitas sombras, casas com telhados das mais variadas cores, lotes vagos, arbustos, entre outros, são os fatores que dificultam o processamento e a identificação das árvores nas imagens. Existe ainda o fato das funções utilizadas precisarem ser calibradas com os mais variados parâmetros. Não foram encontrados na literatura exemplos de projetos que demonstrassem essa calibração. A calibração das funções foram obtidas através de experimentos de laboratório. Outro fator complicador no sucesso da identificação automática está na ordem de execução das funções de tratamento das imagens. A ordem das funções também influencia, em muito, o resultado final.

Enfim, a identificação automática das árvores, mesmo sendo algo complexo, o processo proposto consegue identificar as árvores dentro do contexto da imagem selecionada, observados os testes executados. Ou seja, dentro dos exemplos testados em laboratório, com parâmetros, comportamentos e limites definidos os resultados foram bastante satisfatórios. Entretanto, em função dos níveis de ruído encontrados em alguns dos experimentos, seria interessante partir para soluções em que a plataforma a ser utilizada, por exemplo, seja a versão paga do *Google Earth*. A versão paga, além da qualidade da imagem ser superior ao da versão gratuita, ela possui um intervalo de atualização reduzido, ou seja, as imagens são mais recentes, o que facilitaria, por exemplo, a identificação do estado da copa de uma árvore.

Para os trabalhos futuros é importante identificar as árvores que estão posicionadas especificamente sob a rede de distribuição, bem como marcar as árvores mais propensas a causar problemas na rede.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Kagan, N., de Oliveira, C.C.C.B. & Robba, E.J., 2005. Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica, Edgard Blucher.
- [2] Projeto SCOM 02, Comitê de Distribuição, "Manutenção de Sistemas de Distribuição", CELG – Centrais Elétricas de Goiás, 1988.
- [3] Projeto SCOM 08, Comitê de Distribuição, "Critérios para a Manutenção de Rede de Distribuição", CELG – Centrais Elétricas de Goiás, 1988.
- [4] NTC20, Setor de Normatização Técnica, "Religadores Automáticos", CELG – Centrais Elétricas de Goiás.
- [5] Projeto SCOM 20, Comitê de Distribuição, "Rotinas Básicas para a Manutenção de Rede de Distribuição", CELG – Centrais Elétricas de Goiás, 1988.
- [6] ANEEL, 2013, "Monitoramento da Qualidade – DEC e FEC", Superintendência de Fiscalização e Serviços de Eletricidade, 2013.

- [7] ANEEL, 2014, "Indicadores de Fornecimento ANEEL", Agencia Nacional de Energia Elétrica, 2014.
- [8] ANEEL, 2011, "Resolução Normativa No 469", Agencia Nacional de Energia Elétrica, 2011.
- [9] Brandtberg, T. Walter, F., "Automated delineation of individual tree crowns in high spatial resolution aerial images by multiple-scale analysis," *Mach. Vis. Appl.*, vol. 11, no. 2, Oct. 1998.
- [10] Gougeon, F. A., "A crown-falling approach to the automatic delineation of individual tree crowns in high spatial resolution aerial images," *Can. J. Remote Sens.*, vol. 21, pp. 274–284, 1995.
- [11] Gougeon, F. A. and Leckie, D. G., "The individual tree crown approach applied to Ikonos images of a coniferous plantation area," *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, vol. 72, Nov. 2006.
- [12] Ke, Y. and Quackenbush, L. J., "Forest species classification and tree crown delineation using QuickBird imagery," in *Proc. ASPRS Annu. Conf.*, Tampa, FL, 2007.
- [13] Pinz, A. J., "A computer vision system for recognition of trees in aerial photographs," in *Proc. Int. Assoc. Pattern Recognit.*, 1991.
- [14] Othmania, A. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167865513002997> - af010. A., Voona, L. F.C. L. Y., Stolza, C. e Piboule, A. 2013, "Single tree species classification from Terrestrial Laser Scanning data for forest inventory", 2013.
- [15] Backes, A. R. and Bruno, O. M., "A new approach to estimate fractal dimension of texture images," in *International Conference on Image and Signal Processing*, 2008.
- [16] Idrissa, M. and Acheroy, M., "Texture classification using gabor filters. *Pattern Recognition Letters*", 2002.
- [17] Jain, A. K., Farrokhnia, F., "Unsupervised texture segmentation using gabor filters. *Pattern Recognition*, 1991.
- [18] Lee, C. L. and Chen, S. Y. "Classification of leaf images. *International Journal of Imaging Systems and Technology*", 2006.
- [19] Wang, Z., Chi, Z., and Feng, D. D., "Shape based leaf image retrieval", *IEEE Proceedings on Vision Image and Signal Processing*, 2003.
- [20] Casanova D., "Identificação de Espécies Vegetais por meio da análise da textura foliar", 2008.
- [21] Galloway, M. M., "Texture analysis using gray level run lengths. *Computer graphics and image processing*, Elsevier", v. 4, n. 2, 1975.
- [22] Haralick, R. M., Shanmugam, K., Dinstein, I. H., "Textural features for image classification. *Systems, Man and Cybernetics*", *IEEE Transactions on*, IEEE, n. 6, 1973.
- [23] Jensen, J. R. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. New Jersey: Prentice-Hall. 1986.
- [24] Neves, L. A. P., Neto, H. V. e Gonzaga, A.; *Avanços em Visão Computacional*, Ed. Omnipax, 2012.
- [25] Otsu, N., "A threshold selection method from gray level histograms", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1979.
- [26] Tzionas, P., Papadakis, S., and Manolakis, D., "Plant leaves classification based on morphological features and a fuzzy surface selection technique". In *5th International Conference on Technology and Automation*, 2005.
- [27] Chen, C. H., Pau, L. F. and Wang, P. S. P., "Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision." World Scientific, 1992.
- [28] Paes, F. C., Pinto, S. A. F., Dutra, F. V., "Um estudo exploratório para obtenção de índices de qualidade de vida urbana (iqv) utilizando imagens de alta resolução do Satélite ikonos ii", 2006.
- [29] Gonzalez, R. C., Woods R. E., Eddins S. L.; *Digital Image Processing Using Matlab*, Pearson Education, 2010.
- [30] Filho, O. M., *Processamento Digital de Imagens*, 3ª Ed., Pearson Education, 2011.
- [31] Gonzalez, R.C., Woods, R.E., *Processamento de Imagens Digitais*. Ed. Edgard Blücher, 2000.
- [32] Fukunaga, K., "Introduction to Statistical Pattern Recognition". Academic Press, 1990.