



Figura 4.3: *Exemplo de Imagem Aérea Usada no Processamento - Rio Verde.*



Figura 4.4: *Exemplo de Imagem Aérea Usada no Processamento - Trindade.*

Para o processamento das imagens aéreas, foram aplicados os métodos apresentados conforme o processo demonstrado na Figura 3.5, e obtidos resultados satisfatórios em cenários com boa qualidade das imagens. Imagens consideradas de boa qualidade são as imagens que apresentam cores padronizadas e pequena quantidade de sombras. As sombras são produzidas por elementos com altura considerável para a fotografia ou que ainda a imagem tenha sido obtida em horários muito diferentes; ou seja, com o sol incidindo em diferentes ângulos, produzindo sombras nas imagens.

Para que os procedimentos pudessem ser executados, inicialmente foi necessário identificar os postes e sua geolocalização. Essas informações e marcações foram cedidas pela CELG D, que disponibilizou os dados dos seus elementos de rede que fizeram parte deste estudo. Um exemplo dessa marcação pode ser visto na Figura 4.5.



Figura 4.5: Exemplo de Imagem com Postes Georeferenciados pela Concessionária.

De acordo com os postes demonstrados na Figura 4.5, é possível obter junto à CELG D as informações necessárias para o processamento, conforme a Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Informações dos Postes Contidos na Região Avaliada.

Poste	Descrição
4517337	Poste de Concreto - Circular - 11m
	Trecho de rede - 37,65 m
	Data de Instalação: 13/09/04
	Latitude: -16.73589654567
	Longitude: -49.234966827347
	Localização: Rua 37, Jardim Bela Vista, Goiânia, Goiás
4517349	Poste de Madeira - 10 m
	Trecho de rede - 27,66 m
	Data de Instalação: 13/09/04
	Latitude: -16.735960193159
	Longitude: -49.2346199214
	Localização: Rua 37, Jardim Bela Vista, Goiânia, Goiás

Em seguida foram executados os passos para a segmentação das imagens aéreas. A título de demonstração, foram separados exemplos de imagens de um bairro da capital e outras duas de cidades do interior de Goiás que foram Rio Verde e Trindade.

As Figuras 4.6, 4.7 e 4.8 mostram o resultado das estimativas das distâncias entre os postes.



Figura 4.6: *Exemplo de Imagem Aérea Com a Estimativa da Distância Entre os Postes - Goiânia.*



Figura 4.7: *Exemplo de Imagem Aérea Com a Estimativa da Distância Entre os Postes - Rio Verde.*

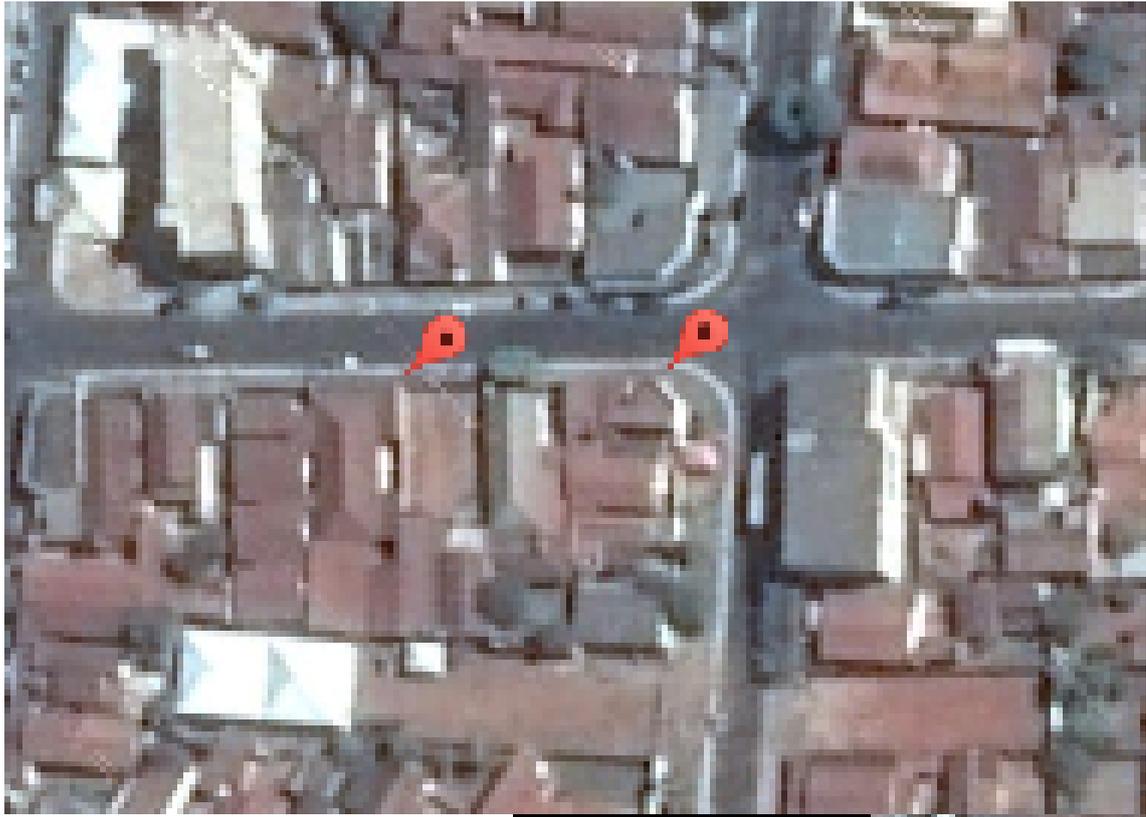


Figura 4.8: *Exemplo de Imagem Aérea Com a Estimativa da Distância Entre os Postes - Trindade.*

As Figuras 4.9, 4.10 e 4.11 mostram as regiões de interesse, *ROI's*, definidas para a identificação das árvores. Nas imagens é possível observar o nível da resolução, que é bem baixo, para as imagens selecionadas.



Figura 4.9: *Exemplo de Imagem Aérea Com a ROI Definida - Goiânia.*



Figura 4.10: *Exemplo de Imagem Aérea Com a ROI Definida - Rio Verde.*



Figura 4.11: *Exemplo de Imagem Aérea Com a ROI Definida - Trindade.*

As Figuras 4.12, 4.13 e 4.14 mostram os resultados das segmentações das imagens contidas nas regiões de interesse, definidas nos passos anteriores. A fim de facilitar o entendimento foi criado um quadro vermelho indicando o resultado da segmentação.



Figura 4.12: *Exemplo do Resultado da Segmentação da Região de Interesse - Goiânia.*



Figura 4.13: *Exemplo do Resultado da Segmentação da Região de Interesse - Rio Verde.*



Figura 4.14: *Exemplo do Resultado da Segmentação da Região de Interesse - Trindade.*

As Figuras 4.15, 4.16 e 4.17 mostram os resultados da identificação das árvores nas imagens. Foi feita uma marcação em azul no centro da árvore a fim de facilitar a visualização da(s) árvore(s) localizada(s).

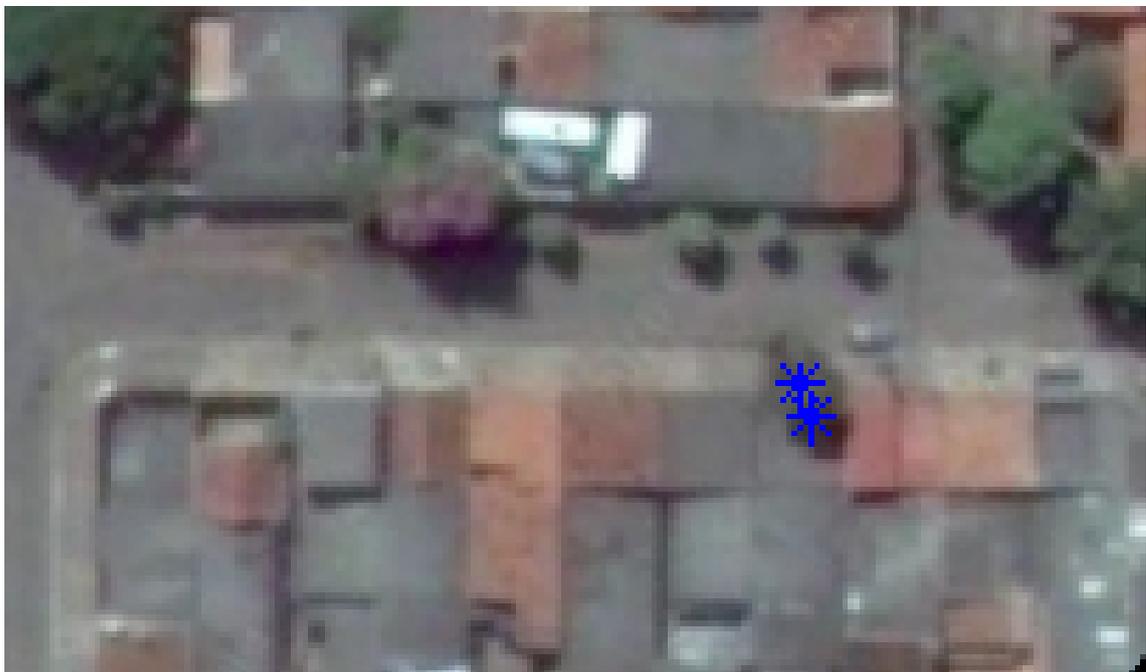


Figura 4.15: *Exemplo de Identificação da Árvore na Imagem - Goiânia.*



Figura 4.16: *Exemplo de Identificação da Árvore na Imagem - Rio Verde.*



Figura 4.17: *Exemplo de Identificação da Árvore na Imagem - Trindade.*

4.2 Resultados Obtidos para Imagens Frontais

Para o processamento das imagens frontais, foram aplicados os métodos apresentados conforme o processo demonstrado na Figura 3.9, e obtidos resultados satisfatórios em cenários com boa qualidade das imagens. Imagens consideradas de boa qualidade são as imagens que apresentam cores padronizadas, pequena quantidade de ruídos e os elementos estejam descobertos ou em um plano de visualização que permita a sua segmentação separadas de outros elementos da imagem. A

As Figuras 4.18, 4.19 e 4.20 demonstram exemplos de imagens frontais, ou também chamada de imagens em perspectiva, que foram utilizadas no processamento.



Figura 4.18: *Exemplo de Imagem Frontal/Em Perspectiva - Goiânia.*



Figura 4.19: Exemplo de Imagem Frontal/Em Perspectiva - Rio Verde.



Figura 4.20: Exemplo de Imagem Frontal/Em Perspectiva - Trindade.

O resultado da separação dos postes para estimar a altura dos mesmos também seguiu o processo definido anteriormente, mostrado na Figura 3.9, e demonstrou resultados satisfatórios. As Figuras 4.21, 4.22 e 4.23 demonstram exemplos de imagens frontais que foram utilizadas no processamento. As figuras demonstram respectivamente:

- A definição das Regiões de Interesse para a Segmentação do Poste 1;
- O resultado da identificação do poste 1, com a estimativa de altura em pixels;

- (c) A definição das Regiões de Interesse para a Segmentação do Poste 2;
- (d) O resultado da identificação do poste 2, com a estimativa de altura em pixels.

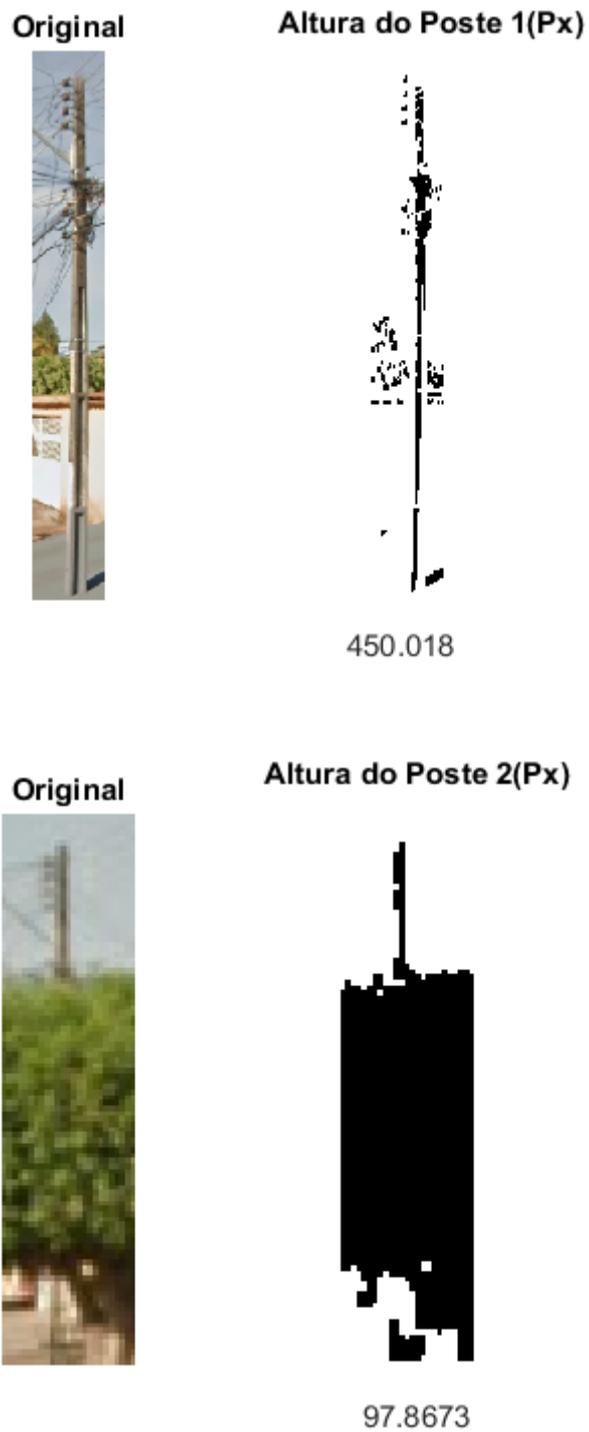


Figura 4.21: Exemplo do Resultado da Segmentação de Postes (1 e 2) - Goiânia.



Figura 4.22: Exemplo do Resultado da Segmentação de Postes (1 e 2) - Rio Verde.



Figura 4.23: Exemplo do Resultado da Segmentação de Postes (1 e 2) - Trindade.

Por fim, utilizando-se da segmentação das árvores a partir da *ROI* definida, é possível obter a estimativa da altura da árvore. As Figuras 4.24, 4.25 e 4.26 demonstram exemplos do resultado da estimativa da(s) altura(s) da(s) árvore(s) presente(s) na imagem. As figuras mostram respectivamente:

- (a) A *ROI* definida para a detecção e estimativa da altura da árvore;
- (b) O resultado da segmentação da imagem, com a estimativa da altura em pixels;
- (c) A estimativa, em metros, da altura da árvore.

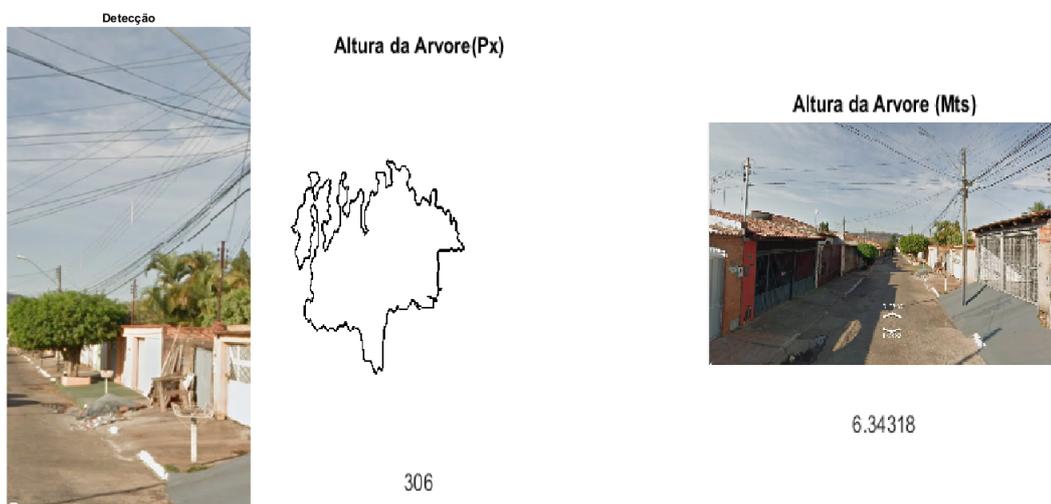


Figura 4.24: *Exemplo do Resultado da Estimativa das Árvores - Goiânia.*

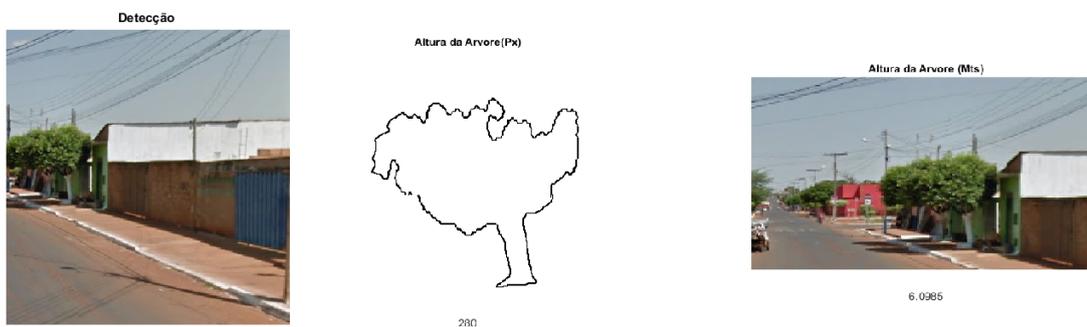


Figura 4.25: *Exemplo do Resultado da Estimativa das Árvores - Rio Verde.*

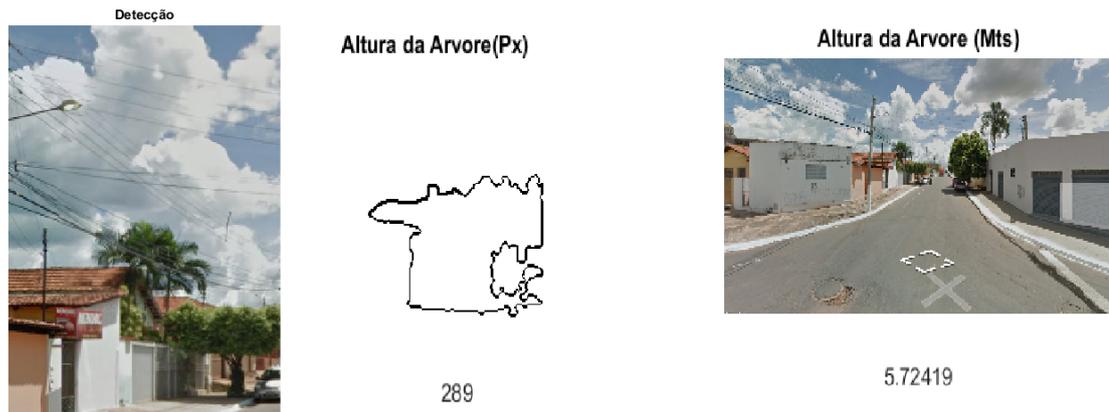


Figura 4.26: Exemplo do Resultado da Estimativa das Árvores - Trindade.

Para efeitos de conferência da eficiência da estimativa da altura dos postes e das árvores, foi considerada a Tabela 4.2 fornecida pela CELG D [2], que demonstra a relação dos elementos presentes no poste da rede de distribuição e suas regras de altura. Por se tratar de uma estimativa, a altura encontrada para a árvore foi comparada com a altura do elemento de distribuição mais próximo à árvore a fim de confirmar a estimativa da altura.

Tabela 4.2: Relação das Alturas por Tipo de Rede

Poste (m)	Disponível	Altura da Rede (m)				Uso Mútuo
		Baixa Tensão (BT)		Alta Tensão (AT)		
		Conv.	Multi.	Conv.	Comp.	
9,0	7,5	6,7 a 7,3	7,3	-	-	5,6 a 6,1
10,0	8,4			8,2	-	
11,0	9,3			9,1	8,4 a 9,1	
12,0	10,2			8,6 a 10	8,3 a 10	
13,0	11,1			9,5 a 10,9		

Como exemplo, avaliando a Figura 4.27 os procedimentos estimaram como sendo em 5,67847 metros a altura da árvore. Levando em consideração a tabela 4.2 que indica que os elementos de uso mútuo (rede de telefonia, internet, tv à cabo e etc.) estão entre 5,6 e 6,1 m de altura, é razoável dizer que a estimativa está correta ou condizente. Por um outro lado, avaliando a Figura 4.28 os procedimentos estimaram que a altura da árvore é 9,80722 m. Na imagem é possível observar, mesmo o algoritmo interpretando que todas as árvores da imagem pertencem a um único bloco, as mesmas não ultrapassam a faixa dos cabos do uso mútuo. Portanto, dizer que as árvores possuem mais de 9 metros pode ser considerada como uma estimativa incorreta ou equivocada.

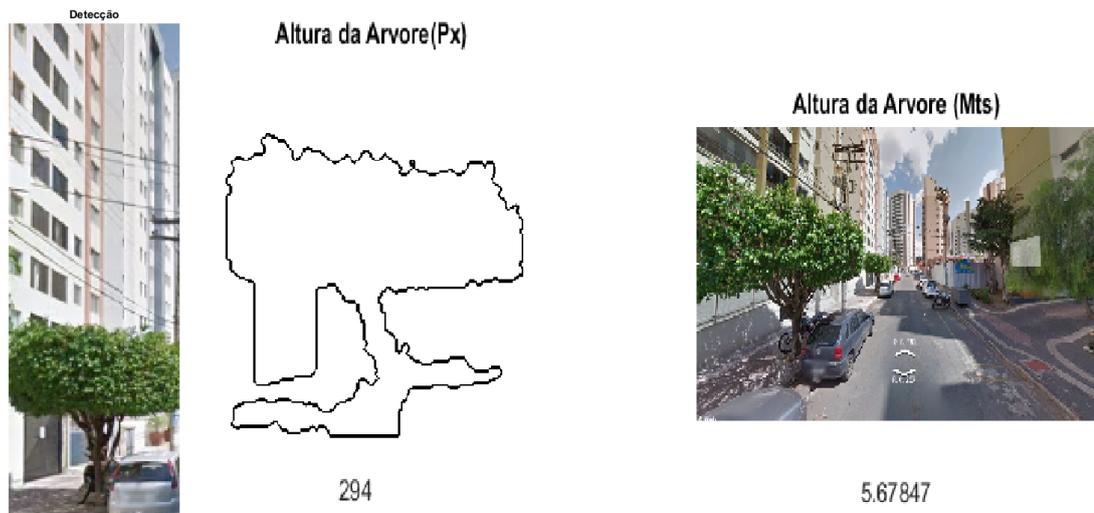


Figura 4.27: *Exemplo de Estimativa Considerada Correta para a Altura da Árvore.*



Figura 4.28: *Exemplo de Estimativa Considerada Errada para a Altura da Árvore.*

Análise e Discussões

Entende-se que o processo para a identificação de árvores a partir de imagens obtidas no *Google Earth*, *Google Maps* e *Google Street View* 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, a variedade de espécies de árvores, entre outros, são os fatores que dificultam o processamento e a identificação das árvores nas imagens.

No caso das imagens frontais para a identificação dos postes o fato desses elementos possuírem uma variedade de materiais na sua composição (concreto, madeira entre outros), variações na sua coloração, e ainda a presença de elementos e objetos que não fazem parte da distribuição de energia como: placas de trânsito, pichações, pinturas feitas por moradores, ou qualquer outro elemento que descaracterize ou dificulte a caracterização de um poste, são alguns dos dificultadores na segmentação e na posterior estimativa da altura do mesmo.

Um outro fator dificultador é o caso dos ruídos em primeiro e segundo plano das imagens. No caso de ruídos em primeiro plano, por exemplo, um carro estacionado em frente à um poste no momento da captura da imagem ou até mesmo estacionado em frente à árvore, arbustos plantados junto aos postes, entre vários outros fatores, podem ser dificultadores no processo de segmentação dessas imagens. No caso de ruídos em segundo plano, o fato do poste estar em frente à uma construção ou alguma paisagem de fundo que traga informações para o classificador que o leve ao equivoco na segmentação do poste pode ser outro fator dificultador. No caso de árvores, além dos mesmos fatores relacionados para os postes, podemos ter casos onde as árvores de dentro da quadra ou lotes que se confundem com as árvores da calçada, que são o alvo da segmentação. Ou seja, a copa de uma árvore da paisagem, em algum momento, pode se confundir com a copa da árvore que o processo precisa segmentar. Enfim, esses e outros fatores podem diminuir a eficiência da separação dos planos das imagens.

Um outro dificultador da pesquisa é o fato das funções utilizadas precisarem ser calibradas com os mais variados tipos de parâmetros. Foram encontrados na literatura

poucos exemplos de projetos que demonstrassem essa calibração. Os melhores ajustes da calibração das funções foram obtidos através de experimentos de laboratório. Outro fator complicador do 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. A ordem das funções definida neste trabalho também foi obtida a partir de experimentos controlados.

Finalmente, a identificação automática das árvores, mesmo sendo um problema complexo, a partir dos experimentos do processo ora 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, conforme demonstrações exemplificadas no capítulo 4.

5.1 Contabilização dos Resultados para as Imagens

A seguir são demonstradas as matrizes de confusão para os resultados obtidos com a aplicação do método estabelecido.

5.1.1 Resultados para as Imagens Aéreas

A matriz de confusão para a identificação das árvores as imagens aéreas pode ser observado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: *Matriz de Confusão - Árvores em Imagens Aéreas*

		Previsto		
		Árvore	Não Árvore	Total
Encontrado	Árvore	78	10	88
	Não Árvore	0	0	0
	Total	78	10	88

Os resultados obtidos a partir da matriz de confusão para a identificação das árvores as imagens aéreas pode ser observado na Tabela 5.2.

Conforme mostrado na Tabela 5.2, o processo descrito nesse trabalho encontrou 100% das árvores que eram para ser encontradas sob a rede de distribuição. Alguns falsos positivos foram encontrados, que acabaram por forçar a acurácia do processo para baixo. Em geral, quando um método é muito sensível a positivos, tende a gerar muitos falso-positivos, e vice-versa. Assim, um método de decisão perfeito (100% de sensibilidade e 100% especificidade) raramente é alcançado, e um balanço entre ambos deve ser atingido. A acurácia do processo alcançou uma taxa de 88,8%.

Tabela 5.2: *Resultados da Avaliação das Árvores em Imagens Aéreas*

Parâmetro	Valor
Sensibilidade	100.0%
Especificidade	9.1%
Acurácia	88.8%
Correlação de <i>Matthews</i>	0.28
Eficiência	54.5%
Valor Preditivo Positivo	88.6%
Valor Preditivo Negativo	100.0%

5.1.2 Resultados para as Imagens do Poste 1

A matriz de confusão para a identificação dos postes 1 pode ser observado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3: *Matriz de Confusão - Poste 1 em Imagens Frontais*

		Previsto		
		Árvore	Não Arvore	Total
Encontrado	Árvore	42	0	42
	Não Árvore	0	8	8
	Total	42	8	50

Tabela 5.4: *Resultados da Avaliação dos Postes 1*

Parâmetro	Valor
Sensibilidade	100.0%
Especificidade	100.0%
Acurácia	100.0%
Correlação de <i>Matthews</i>	1.0
Eficiência	100.0%
Valor Preditivo Positivo	100.0%
Valor Preditivo Negativo	100.0%

Conforme mostra a Tabela 5.4, a acurácia do processo está em 100% se consideramos o fato do processo encontrar o poste em todas as imagens que lhes foram submetidos. Entretanto, é preciso salientar que o procedimento, em alguns casos, não estimou corretamente a altura do poste em função de erros de segmentação provocados, principalmente, por ruídos presentes na imagem.

5.1.3 Resultados para as Imagens do Poste 2

A matriz de confusão para a identificação dos postes 2 pode ser observado na tabela 5.5.

Tabela 5.5: *Matriz de Confusão - Poste 2 em Imagens Frontais*

		Previsto		
		Árvore	Não Árvore	Total
Encontrado	Árvore	31	0	31
	Não Árvore	0	19	19
	Total	31	19	50

Tabela 5.6: *Resultados da Avaliação dos Postes 2*

Parâmetro	Valor
Sensibilidade	100.0%
Especificidade	100.0%
Acurácia	100.0%
Correlação de <i>Matthews</i>	1.0
Eficiência	100.0%
Valor Preditivo Positivo	100.0%
Valor Preditivo Negativo	100.0%

Mesmo o processamento para o poste 2 ter obtido valores inferiores para os resultados Verdadeiros Positivos em comparação ao valor encontrado para o poste 1, a acurácia permaneceu em 100%, conforme Tabela 5.6, pelo fato do algoritmo sempre encontrar os postes nas imagens que lhes foram submetidos. Enfim, os resultados dos parâmetros encontrados para o poste 2 são idênticos aos parâmetros do poste 1, visto que nenhuma das duas rotinas deixou de encontrar postes e nem detectou postes onde não existiam. O fato é que a rotina para a detecção do segundo poste foi menos eficaz na estimação das alturas dos postes em função de algumas razões:

- (a) A baixa resolução do poste em função da distância do observador no momento da captura da imagem pela ferramenta;
- (b) A presença de ruídos, principalmente em segundo plano da imagem do poste 2;
- (c) O fato da imagem do poste estar bloqueada por outros elementos presentes na imagem (carros, árvores e etc.);
- (d) Entre outros fatores.

Esses fatores prejudicaram a segmentação do segundo poste o que levou a uma imprecisão dos limites do poste, invalidando a estimativa da altura.

5.1.4 Resultados para as Imagens Frontais das Árvores

A matriz de confusão para a estimativa das árvores nas imagens frontais pode ser observado na Tabela 5.7.

Enfim, o resultado final do processamento que é estimar a altura da árvore consegue chegar a um valor de 74% se considerarmos a proporção de verdadeiros positivos

Tabela 5.7: *Matriz de Confusão - Árvore em Imagens Frontais*

		Previsto		
		Árvore	Não Árvore	Total
Encontrado	Árvore	37	0	37
	Não Árvore	0	13	13
	Total	37	13	50

Tabela 5.8: *Resultados da Avaliação das Árvores nas Imagens Frontais*

Parâmetro	Valor
Sensibilidade	100.0%
Especificidade	100.0%
Acurácia	100.0%
Correlação de <i>Matthews</i>	1.0
Eficiência	100.0%
Valor Preditivo Positivo	100.0%
Valor Preditivo Negativo	100.0%

(árvores localizadas e alturas estimadas corretamente) em função dos verdadeiros negativos (árvores encontradas, mas com falhas na estimativa da altura), conforme informações da Tabela 5.8.

Conclusões

Neste trabalho, foi apresentado o estudo de algumas características extraídas a partir de imagens do *Google Earth*, *Google Maps* e *Google Street View* e que podem vir a ser utilizado em um sistema de reconhecimento de árvores que estariam sob a rede de distribuição de energia de uma concessionária de distribuição de energia. As árvores, assim como os postes presentes nas imagens, se apresentaram como estruturas de cor e padrão não uniformes o que dificultou segmentá-los como objetos únicos durante a fase de segmentação. O processo estabelecido inicialmente detecta as árvores que estão sob a rede de distribuição a partir de imagens aéreas. Por conta da quantidade de informações presentes na imagem e que precisam ser descartadas a fim de melhorar a acurácia do processo, foram definidas regiões de interesse que limitava a região de pesquisa do classificador. Em praticamente 100% dos casos o classificador consegue encontrar a árvore na imagem selecionada. Entretanto, o método ainda está muito sensível à positivos, o que levou a identificação de vários falsos positivos, abaixando assim a acurácia do processo. Em seguida são utilizadas imagens frontais, ou em perspectiva, a fim de estimar a altura da(s) árvore(s) presente(s) na imagem. Nas imagens frontais foram necessários identificar os postes a fim de compara-los com a altura estimada da árvore. Todas as alturas, inicialmente, são estimadas em pixels, para então estimar a altura da árvore em metros pela comparação com o poste presente na imagem. A altura do poste em metros é dada pela concessionária. O processo se mostra bastante exitoso se consideramos que em 100% dos casos ele identifica os postes e identifica também as árvores. Entretanto, é preciso entender que o processo para a estimativa da altura da árvore é um passo importante em todo o procedimento e, nesse caso, a taxa de acerto está em 74%. Esse índice foi considerado menor em função da incerteza da definição dos limites, superior (copa) e inferior (base do caule), das árvores. Essa imprecisão, em alguns casos, fizeram com que a estimativa da altura da árvores estivesse equivocada.

6.1 Trabalhos Futuros

Essa pesquisa pode ser estendida por trabalhos futuros que venham a melhorar o algoritmo de segmentação, principalmente dos postes e das árvores nas imagens frontais elevando sua taxa média de acerto. Dessa forma, pretende-se:

- (a) Aperfeiçoar a fase de segmentação, principalmente das árvores e postes nas imagens frontais;
- (b) Melhorar o algoritmo de definição da *ROI* dos postes e árvores das imagens aéreas e frontais, tornando-o mais inteligente e automatizado;
- (c) Aumentar o número de amostras na base de dados;
- (d) Produzir um mapa de calor com as regiões mais propensas a gerarem problemas para a distribuição de energia.

6.2 Publicações

A partir do estudo realizado nesta dissertação foram elaborados e aceitos para publicação, até o momento, dois artigos em congressos nacionais listados a seguir:

1. Reconhecimento de árvores usando visão computacional para prevenir interrupções no sistema de distribuição de energia elétrica. In: 11th - Brazilian Symposium on Information Systems- SBSI, 2015, Goiânia. v. 1. p. 135-138.
2. Automatic Identification of Trees from Aerial Images of the Internet to Prevent Failures in Power Distribution System. In: 11th Workshop de Visão Computacional, 2015, São Paulo. v. 1. .

Referências Bibliográficas

- [1] **Indicadores coletivos de continuidade (dec e fec).** <http://www.aneel.gov.br/indicadores-coletivos-de-continuidade> . Acessado em: 2016-10-26.
- [2] **Normas técnicas para postes em concreto armado - celg d.** <https://www.celg.com.br/paginas/clientes/normasTecnicas.aspx> . Acessado em: 2016-11-22.
- [3] **Plano diretor de arborização urbana de goiânia-amma.** <http://www.goiania.go.gov.br/shtml/amma/arborizacao.shtml> . Acessado em: 2016-11-16.
- [4] **Sistema de coordenadas google maps.** <https://support.google.com/maps/answer/18539?hl=pt-BR> . Acessado em: 2016-10-20.
- [5] ANEEL AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, S. D. F. E. S. D. E. **Resolução Normativa No 469.** 2011.
- [6] ANEEL AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, S. D. F. E. S. D. E. **Monitoramento da Qualidade DEC e FEC.** 2013.
- [7] ANEEL AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, S. D. F. E. S. D. E. **Indicadores de Fornecimento ANEEL.** 2014.
- [8] ARCCHAPORN CHOUKULJARATSIRI, PIMWADEE CHAOVALIT, S. P. **Plant cover detection from visible satellite imagery.** *International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*, p. 1 – 6, 2015.
- [9] ATILIO ANTONIO DISPERATI, P. C. D. O. F. **Delineamento de copas de Árvores em fotografias aéreas de alta resolução, através de suas sombras periféricas: estudo de caso na floresta ombrófila mista.** 2004.
- [10] C. H. CHEN, L. F. PAU, P. S. P. W. **Handbook of pattern recognition and computer vision.** 1992.
- [11] CASANOVA, D. **Identificação de espécies vegetais por meio da análise da textura foliar.** 2008.

- [12] CELG CENTRAIS ELÉTRICAS DE GOIÁS, S. D. N. T. **Religadores Automáticos - NTC20**. 2000.
- [13] CHAO-CHENG WU, YI-LING CHEN, J.-D. W. C. L. **Spectral-based multi-level morphological active contour algorithm for individual tree detection and crown delineation**. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium*, p. 1867 – 1870, 2014.
- [14] CONTI, A. **Filtros Compostos e Adaptativos**, volume 1. Universidade Federal Fluminense, 2010.
- [15] DANIEL RODRIGUES DOS SANTOS, QUINTINO DALMOLIN, M. A. B. **Deteção automática de sombras em imagens de alta resolução**. 2006.
- [16] DE GOIÁS, C. . C. E. **Crítérios para a Manutenção de Rede de Distribuição - Projeto SCOM 08**. 1988.
- [17] DE GOIÁS, C. . C. E. **Manutenção de Sistemas de Distribuição - Projeto SCOM 02**. 1988.
- [18] DE GOIÁS, C. . C. E. **Rotinas Básicas para a Manutenção de Rede de Distribuição - Projeto SCOM 20**. 1988.
- [19] F. A. GOUGEON, C. J. **A crown-falling approach to the automatic delineation of individual tree crowns in high spatial resolution aerial images**. *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, 21:274 – 284, 1995.
- [20] F. A. GOUGEON, L. D. G. **The individual tree crown approach applied to ikonos images of a coniferous plantation area**. *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, 72, 2006.
- [21] F. A. ZAMPIROLI, R. A. L. **Transformada de distância por morfologia matemática**. 2003.
- [22] FILHO, O. M. **Processamento digital de imagens**. 2011.
- [23] FUKUNAGA, K. **Introduction to statistical pattern recognition**. 1990.
- [24] GEORGE CHEN, A. Z. **2d tree detection in large urban landscapes using aerial lidar data**. *16th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, p. 1693 – 1696, 2009.
- [25] G.J.F. BANON, J. B. **Decomposition of mappings between complete lattices by mathematical morphology**, volume Part I: general lattices. *Signal Processing*, 1993.

- [26] G.J.F. BANON, J. B. **Bases da morfologia matemática para análise de imagens binárias.** *IX Escola de Computação*, 1994.
- [27] HEIJMANS, H. **Morphological image operators.** *Academic Press*, 1994.
- [28] HONGCHAO MA, C. Y. **A methodology for trees' detection using lidar data in urban areas.** *2010 International Conference on Multimedia Technology (ICMT)*, 2010.
- [29] JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective.** 1986.
- [30] JIA ZHOU, CHRISTOPHE PROISY, P. C. X. D. J. Z. G. L. M. Y. N. **Tree crown detection in high resolution optical images during the early growth stages of eucalyptus plantations in brazil.** *The First Asian Conference on Pattern Recognition*, p. 623 – 627, 2011.
- [31] JOHN SECORD, A. Z. **Tree detection in urban regions using aerial lidar and image data.** *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, p. 196–200, 2007.
- [32] JTANG FEIFEI, LIU XING, R. Z. Z. Y. **A new image segmentation method for individual tree recognition based on airborne lidar data.** *Wireless Communications Networking and Mobile Computing (WiCOM), 2010 6th International Conference on*, 2010.
- [33] L. A. P.NEVES, H. V. NETO, A. G. **Avanços em visão computacional.** 2012.
- [34] L. VINCENT, E. R. D. **Morphological algorithms - Mathematical Morphology in Image Processing.** Marcel Dekker, 1992.
- [35] M. WULDER, T. NELSON, K. O. N. D. S. D. G. G. A. D. A. S. B. **Individual tree recognition from multiple high spatial resolution image sources.** *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2001. IGARSS '01. IEEE 2001 International*, p. 771–773, 2001.
- [36] NELSON KAGAN, CARLOS CÉSAR BARIONI DE OLIVEIRA, E. J. R. **Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica**, volume 1. Edgard Blücher, 2005.
- [37] NORASHIKIN M. THAMRIN, NOR HASHIM MOHD. ARSHAD, R. A. R. S. N. A. R. M. F. M. S. F. M. **Tree detection profile using a single non-intrusive ultrasonic sensor for inter-row tracking application in agriculture field.** *IEEE 9th International Colloquium on Signal Processing and its Applications (CSPA)*, p. 310–313, 2013.

- [38] OTSU, N. **A threshold selection method from gray level histograms.** *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1979.
- [39] PEDRO PINA, TERESA BARATA, L. B. **Morphological recognition of the spatial patterns of olive trees.** *18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'06)*, p. 845–848, 2006.
- [40] PINZ, A. J. **A computer vision system for recognition of trees in aerial photographs.** *Proc. Int. Assoc. Pattern Recognit*, 1991.
- [41] R. C. GONZALEZ, R. E. W. **Processamento de imagens digitais.** 2000.
- [42] R. C. GONZALEZ, R. E. WOODS, S. L. E. **Digital image processing using matlab.** 2010.
- [43] ROMAN M. PALENICHKA, M. B. Z. **Multiscale isotropic matched filtering for individual tree detection in lidar images.** *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, p. 3944 – 3956, 2007.
- [44] RON KOHAVI, F. P. **Glossary of terms. Machine Learning**, volume 30. Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [45] SALIM MALEK, YAKOUB BAZI, N. A. H. A. F. M. **Efficient framework for palm tree detection in uav images.** *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, p. 4692 – 4703, 2014.
- [46] T. BRANDTBERG, F. W. **Automated delineation of individual tree crowns in high spatial resolution aerial images by multiple-scale analysis.** *Mach. Vis. Appl.*, 11, 1998.
- [47] TIMO LÄHIVAARA, AKU SEPPÄNEN, J. P. K. J. V. L. K. T. T. M. M. **Bayesian approach to tree detection with airborne laser scanning.** *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, p. 1641–1644, 2012.
- [48] WATSON, L. W. A. L. C. S. **Evaluating tree detection and segmentation routines on very high resolution uav lidar data.** *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, p. 7619 – 7628, 2014.
- [49] X. WANG, G. B. **An algorithm for a generalized distance transformation based on Minkowski operations.** 9th ICPR, 1988.
- [50] Y. KE, L. J. Q. **Forest species classification and tree crown delineation using quickbird imagery.** *ASPRS Annual Conference, Tampa, Florida. USA*, 2007.