

Análise da direção dos ventos utilizando Processamento de Imagens

F. Wilson R. Júnior¹, Victor M. C. de Oliveira¹

¹Faculdade IEducare
Tanguá – CE – Brasil

wilsoonjunior@gmail.com, victorcorreia88@gmail.com

Abstract. *This work approaches an image analysis system as a support tool in measuring wind direction and speed. The system uses digital image processing and computer vision techniques to process satellite images in a temporal sequence in order to track the displacement of clouds and consequently measure the speed with which they move. The achieved results were effectively able to present the path of the clouds identified by the system and the time spent in the displacements.*

Keywords. *Image Processing. Cloud. Direction. Speed. Feature Extraction.*

Resumo. *Este trabalho aborda um sistema de análise de imagens como ferramenta de apoio na medição da direção e velocidade dos ventos. O sistema utiliza técnicas de processamento digital de imagens e de visão computacional para o processamento de imagens de satélite em uma sequência temporal com o objetivo de rastrear o deslocamento das nuvens e consequentemente mensurar a velocidade com que se deslocam. Os resultados alcançados mostraram-se eficazes sendo capazes de apresentar o trajeto das nuvens identificadas pelo sistema e o tempo gasto nos deslocamentos.*

Palavras-Chave. *Processamento de Imagens. Nuvem. Direção. Velocidade. Extração de Características.*

1. Introdução

O uso de energias renováveis tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas por serem alternativas melhores para reduzir o uso de combustíveis fósseis [Silva 2007]. Por meio do uso de energias renováveis é possível reduzir as emissões de poluentes para a atmosfera, ampliar a diversidade energética e estimular o desenvolvimento sustentável [Bizawu and Aguiar 2016], [Silva 2007].

Segundo [Bizawu and Aguiar 2016] e [Silva 2007], as fontes renováveis de energia (solar, eólica, hidráulica e biocombustíveis) são consideradas as únicas intrinsecamente limpas e possivelmente em um futuro próximo, poderão substituir os combustíveis fósseis e reduzir os impactos ambientais. Essas fontes de energia necessitam de fluxos de energia oriunda do sol transmitida para a Terra todos os dias [Silva 2007], sendo o sol um grande gerador externo de energia para os planetas ao seu redor.

Dessa forma, a energia eólica é também considerada como uma forma de energia oriunda do sol, influenciada pela luz solar e seus processos físicos, químicos ou

biológicos. Além disso, essa energia provém da radiação solar uma vez que os ventos são obtidos por meio do aquecimento não uniforme da superfície terrestre. A força dos ventos é capaz de girar grandes pás de moinhos utilizados para obter energia eólica. Esse tipo de energia é convertido em eletricidade [Rodrigues et al. 2011].

A medição da velocidade do vento é uma das atividades mais complexas antes da implantação de uma usina eólica, por ser necessário avaliar o ambiente em termos de desempenho, e ser capaz de prever a energia a ser gerada. Não existe outro setor em que a importância nas medições da velocidade do vento seja tão grande como na energia eólica, pois quaisquer erros de medição podem rapidamente significar riscos econômicos [Rodrigues et al. 2011]. Estima-se um período mínimo de um ano para medições de velocidade de vento em uma determinada região com o intuito reduzir riscos financeiros de um parque eólico.

Assim, motivado pela complexidade envolvendo a medição da velocidade dos ventos, o foco deste trabalho está na construção de um sistema capaz de processar e analisar imagens de satélite, utilizando técnicas de processamento digital de imagens e visão computacional. Dessa forma, o objetivo é rastrear o deslocamento das nuvens em uma determinada região por meio de uma sequência de imagens de satélite, para então mensurar a velocidade das nuvens ao longo de seus respectivos deslocamentos.

Este trabalho está organizado em seções. Na seção 2, alguns trabalhos relacionados sobre o tema deste trabalho são apresentados. Na seção 3, são apresentados os principais conceitos teóricos e o fluxo do sistema proposto. Na seção 4, são apresentados os resultados alcançados e em seguida, na seção 5, são apresentados a visão geral dos resultados obtidos com a metodologia proposta e perspectivas futuras deste trabalho.

2. Trabalhos Relacionados

Em [Xavier et al. 2012] são apresentados resultados parciais de um estudo relacionado a extração da velocidade e direção dos ventos por meio de imagens de satélites meteorológicos. São utilizadas técnicas de processamento de imagens digitais como o uso de filtros no domínio do espaço para o aprimoramento das imagens e segmentação dos objetos das imagens para remover informações desnecessárias. Além disso, processamentos foram realizados para formatar as nuvens para formas retangulares com o intuito de facilitar a identificação das nuvens e calcular os trajetos ao longo de uma sequência de imagens.

Em [Kapadia et al. 2016] é apresentado uma abordagem para prever o clima baseado em imagens de satélite. Essa abordagem pode ser compreendida em duas partes, em que a primeira parte envolve o uso de técnicas de processamento digital de imagens como segmentações para remover objetos desnecessários e para capturar regiões específicas para análises e calcular a cobertura das nuvens nas imagens. Esse cálculo baseia-se na razão da quantidade de pixels que uma nuvem ocupa em uma determinada área da imagem. Enquanto a segunda parte da abordagem proposta concentra-se em acrescentar mais informações além da cobertura de cada nuvem calculada por região, como temperatura, umidade e velocidade do vento para treinar uma rede neural artificial (RNA). Essa proposta apresentou resultados relevantes em termos de desempenho do algoritmo e capacidade de predição.

Em [Dalla Valle and A. Rocha 2023] é apresentado uma abordagem baseada em

processamento digital de imagens para processar uma sequência de imagens de satélites encontrando padrões em nuvens com o uso de símbolos geométricos. As técnicas utilizadas estão relacionadas a filtragens no domínio do espaço para o aprimoramento das imagens e detecção de bordas para melhor avaliar os símbolos encontrados a cada imagem. Esses símbolos são padrões definidos em forma de uma matriz 3x3 com diversas combinações possíveis. Assim, para cada imagem, todas as posições (*pixels*) são mapeados com respectivos símbolos como forma de identificar em imagens posteriores o deslocamento das nuvens. Os resultados parciais obtidos ilustram grafos que representam o mapeamento de símbolos encontrados em cada nuvem ao longo de uma sequência de imagens.

Em [David 2019] é apresentado uma abordagem híbrida combinando análise de imagens de satélite e uso de métodos numéricos para processamento de dados. Técnicas de processamento de imagens como segmentação, seleção de regiões e equalização de histograma são utilizadas para aprimorar as imagens e detectar regiões específicas para em seguida extrair métricas das nuvens nessas regiões específicas. Informações como cobertura das nuvens são extraídas a partir das imagens e combinadas com outras informações como: Temperatura, Umidade, Velocidade do vento e Precipitação. Essas informações são utilizadas como entrada em um classificador para predizer o clima.

3. Metodologia

Nesta seção são introduzidos os principais conceitos e técnicas utilizados neste trabalho. A Figura 1 apresenta o fluxograma geral do sistema proposto para analisar a direção dos ventos por meio de imagens digitais.

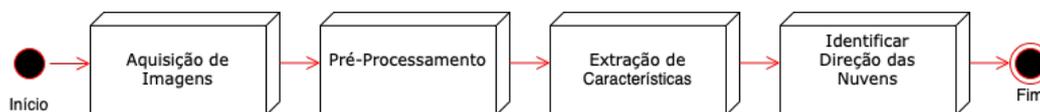


Figura 1. Fluxograma dos processos

3.1. Aquisição de Imagens

Os satélites meteorológicos são utilizados para monitoramento do tempo e nuvens ao redor do planeta com objetivo de identificar comportamentos ambientais e características da superfície terrestre [Ferreira 2005], [Xavier et al. 2012]. As informações transmitidas pelos satélites podem ser convertidos em imagens fotográficas ou processados na forma digital, no entanto, a transmissão de sinais digitais contém mais informações com inúmeros níveis de cinza a mais [Ferreira 2005].

Existem dois tipos de satélites meteorológicos, os geoestacionários que possuem a mesma velocidade de rotação da Terra e os de órbita polar que orbitam em um plano quase perpendicular ao equador mantendo o ângulo com o sol. Nesse estudo foram utilizadas imagens fornecidas pelo satélite geoestacionário GOES-16. Esse satélite tornou-se o satélite operacional leste do planeta em 18 de dezembro de 2017 e as informações obtidas podem ser utilizadas para muitas aplicações, como previsão do tempo, estudo da atmosfera e para aviação [Bah et al. 2018].

As imagens utilizadas nesse trabalho foram obtidas a partir do satélite GOES-16 por meio do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As imagens são disponibilizadas para *download* de forma gratuita e com diferentes configurações relacionadas ao tipo de visualização da imagem, região e horários. Assim, neste trabalho, foram selecionadas imagens em infravermelho da região nordeste do Brasil para processamento e análise do sistema proposto.

A Figura 2 ilustra um exemplo de imagem obtida por meio do INMET. Assim, as imagens originais obtidas, possuem diversos tons de cinza e delimitadores de região, não sendo possível extrair informações precisas por conta dessas variações e ruídos.

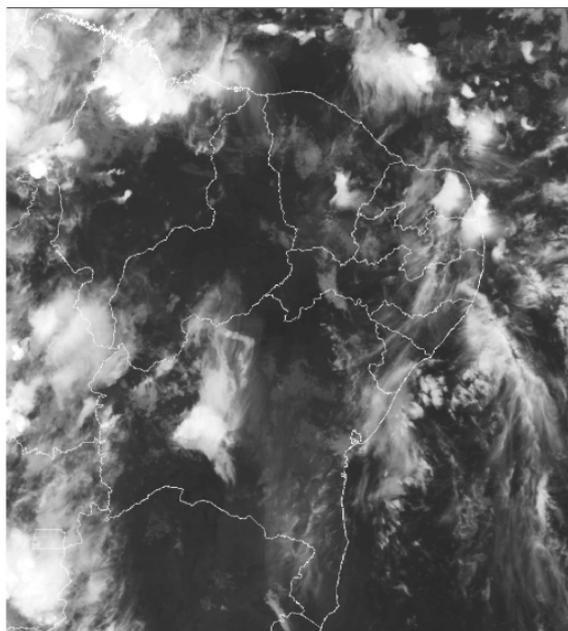


Figura 2. Imagem Original do Satélite GOES

3.2. Pré-Processamento

Nesta etapa, são aplicadas técnicas para aumentar a qualidade das imagens e remover informações desnecessárias nas imagens de forma que somente os objetos-alvo permaneçam. Essas técnicas envolvem aplicação de filtros no domínio do espaço, morfologia matemática e segmentação de objetos, assim como descritas em [Gonzalez and Woods 2006].

Assim, As imagens obtidas encontram-se inicialmente com diversas tonalidades de cinza, assim como apresentado na Figura 2, onde os pixels correspondentes as nuvens estão com tonalidades mais próximas de branco. Essas tonalidades podem ser compreendidas no intervalo $[0, 255]$, em que tons mais próximos de 0 representam cores mais escuras e tons mais próximos de 255 representam tons mais claros. Além disso, é possível observar que as imagens possuem delimitadores geográficos entre os estados.

Então, com o objetivo de remover os delimitadores geográficos presentes nas imagens obtidas, foi aplicado a técnica de filtragem de média no domínio do espaço de acordo com [Gonzalez and Woods 2006]. A Figura 3a ilustra o resultado da aplicação desta técnica.

Após isso, para a reduzir o espaço de cores possíveis a serem analisadas, foi utilizada uma técnica de segmentação de imagens, descrita em [Gonzalez and Woods 2006], onde a segmentação é aplicada a partir de um ponto de corte. Todos os valores abaixo desse ponto de corte irão assumir o valor 0 e valores acima irão assumir o valor 1, tornando assim a imagem com apenas duas tonalidades. A Figura 3b apresenta o resultado desse processamento.

No entanto, nuvens minúsculas ou pontos isolados permanecem nas imagens após os procedimentos de filtragens e segmentação. De modo a remover esses pontos isolados, ruídos ou nuvens minúsculas sem afetar drasticamente os objetos presentes nas imagens, é aplicado a técnica de transformação morfológica de abertura assim como descrito em [Gonzalez and Woods 2006]. Esta técnica primeiro reduz o tamanho dos objetos das imagens (erosão), assim removendo os objetos pequenos, e em seguida amplia o tamanho dos objetos presentes nas imagens (dilatação), e dessa forma remove os pontos isolados. A Figura 3c apresenta o resultado após a aplicação desta técnica.

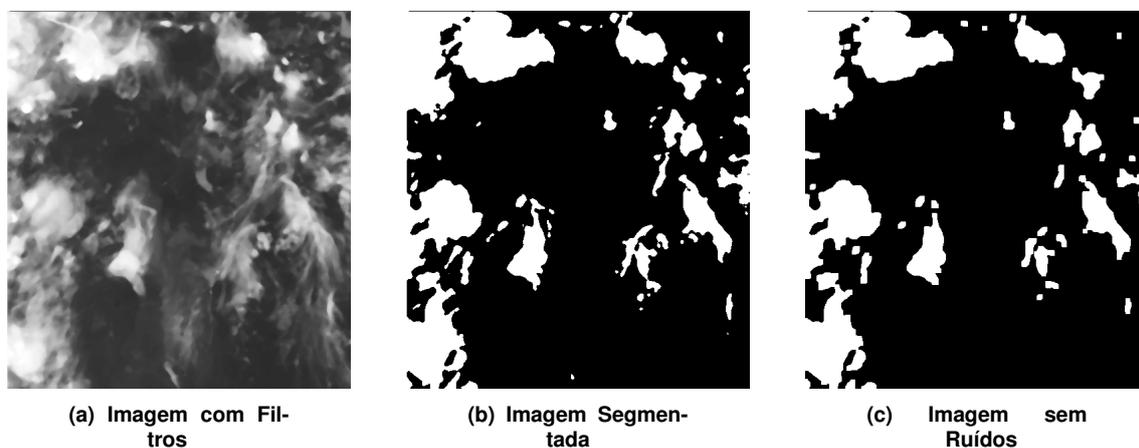


Figura 3. Pré-Processamento das Imagens

3.3. Extração de Características

Existem muitos estudos relacionados a utilização de diferentes técnicas para extração de informações, conteúdos ou características na literatura com o intuito de identificar padrões de objetos [Júnior and de Abreu 2018].

Como as nuvens são os objetos de estudo neste trabalho, foi utilizado a técnica de detecção de contornos para cada nuvem presente nas imagens como forma de extrair informações relevantes que possam auxiliar no processo de identificação de cada nuvem nas imagens a serem processadas posteriormente que são descritos na seção 3.4.

A Figura 4 ilustra a aplicação da técnica mencionada. Cada nuvem da imagem é detectada e delimitada dentro de um retângulo, com exceção de nuvens pequenas presentes nas imagens, pelo fato de elas acabarem podendo desaparecer ou serem incorporadas a outras nuvens a medida em que se deslocam ao longo do tempo [Xavier et al. 2012]. Assim, como o foco deste trabalho está em torno de analisar a direção e deslocamento das nuvens, foram consideradas as regiões aproximadas ocupadas pelas nuvens.

Assim, o vetor de características para cada região com nuvem é representado pelos atributos descritos na Tabela 1. O vetor de características é usado como forma identificar

uma região de nuvem, permitindo que seja possível localizar a mesma nuvem em uma sequência de imagens diferentes, e assim poder calcular sua direção e deslocamento ao longo do tempo.



Figura 4. Nuvens detectadas pela detecção de contornos

Atributo	Descrição
coordenada no eixo vertical	Posição da nuvem no eixo vertical
coordenada no eixo horizontal	Posição da nuvem no eixo horizontal
largura	Tamanho da nuvem no eixo horizontal
altura	Tamanho da nuvem no eixo vertical
área	Área da nuvem em espaço bidimensional
perímetro	Perímetro da nuvem em espaço bidimensional

Tabela 1. Características das nuvens

3.4. Identificar Direção das Nuvens

Assim, após a extração de características de todas as imagens processadas (Veja a Tabela 1), inicia-se o processo de identificação da direção das nuvens. Nesta etapa, são comparados os vetores de características obtidos das nuvens, dividindo-os em grupos e por ordem temporal, de modo a identificar nuvens em imagens diferentes.

Assim, em cada comparação, são computados os dados obtidos das nuvens na iteração atual e da iteração posterior. Então, esses dados são comparados com o intuito de mapear as mínimas mudanças de posição ou formato das nuvens por meio de aproximações e taxas de variação entre cada iteração. Caso as características de uma nuvem em um tempo X não encontre nenhuma nuvem com características semelhantes em um tempo $X+1$, essa nuvem será desconsiderada nas iterações posteriores.

Assim, as nuvens com formatos semelhantes são marcadas pelo sistema como sendo provavelmente idênticas. Dessa forma, seguindo as iterações, é possível rastrear e mensurar o deslocamento das nuvens ao longo do tempo. Além disso, o sistema proposto evita que nuvens com larguras e alturas diferentes ou com localizações muito diferentes sejam mapeadas como idênticas, considerando percentuais de equidade.

4. Resultados

Foram utilizadas imagens de satélite GOES-16 da região nordeste do Brasil com o objetivo de analisar, desenvolver e realizar testes com o sistema de análise da direção e velocidade das nuvens proposto por esse trabalho. Essas imagens foram coletadas manualmente da base de dados do INMET e em ordem temporal.

Assim, foram realizados testes em datas e horários aleatórios compreendidos entre período de fevereiro de 2023 até julho de 2023, de forma a capturar diversos cenários e comportamentos possíveis das nuvens, com o intuito de refinar e aprimorar o sistema de análise proposto por esse trabalho.

A Figura 5 apresentam os resultados obtidos em dois testes específicos (Figuras 5a e 5b) por meio da análise do sistema proposto. Esses resultados qualitativos apresentam setas que indicam a direção das nuvens baseado na trajetória identificada pelo sistema. Esses resultados foram obtidos de dias e horários diferentes. Além disso, esses resultados representam somente as nuvens maiores identificadas nas imagens com o objetivo de desconsiderar eventuais *outliers* (desvios) que possam ser causados pelo mapeamento de nuvens pequenas.

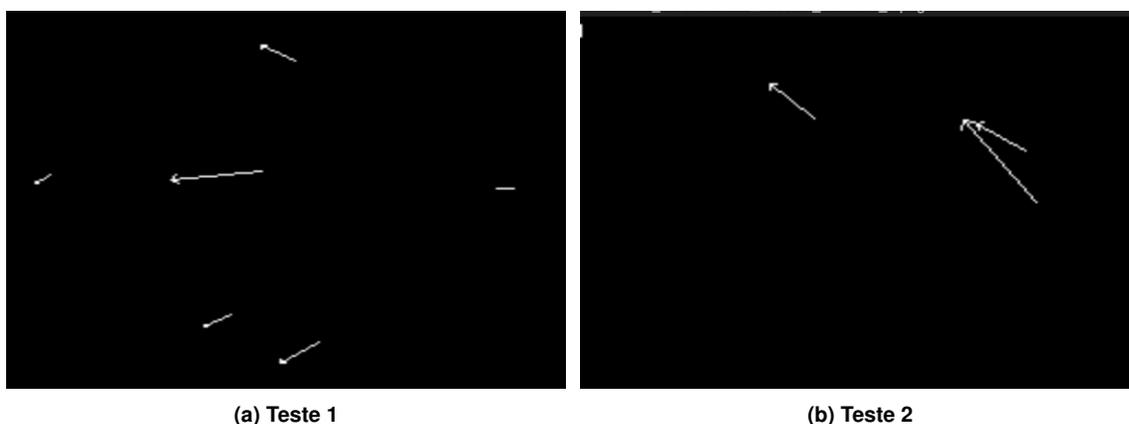


Figura 5. Testes Realizados para Identificar a Direção das Nuvens

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Os resultados obtidos com a análise e compreensão dos deslocamentos das nuvens foram satisfatórios conseguindo rastrear o deslocamento das nuvens em determinados intervalos de tempo e também por mensurar o tempo aproximado do deslocamento para cada nuvem identificada pelo sistema proposto. Dessa forma, é possível ampliar as capacidades do sistema de identificação para que seja possível mensurar a velocidade das nuvens e utilizar essas informações no apoio na previsão do tempo e velocidade com que as nuvens se movem.

Com o objetivo de melhorar o sistema de análise da direção e velocidade das nuvens ao longo de uma sequência de imagens de satélite, outras técnicas de extração de características serão exploradas como forma de obter informações ainda mais expressivas das nuvens em imagens digitais. Além disso, técnicas de aprendizado de máquina serão integradas ao sistema como forma de ampliar a capacidade de reconhecimento de padrões das nuvens. Também serão realizados testes focados em áreas menores, como em únicos estados ou cidades, com o objetivo de identificar padrões específicos de cada área ou região.

Referências

- Bah, K., Gunshor, M., and Schmit, T. (2018). Generation of goes-16 true color imagery without a green band. *Earth and Space Science*, 5.
- Bizawu, K. and Aguiar, P. (2016). Energias renováveis e desenvolvimento sustentável: Desafios e perspectivas para os países emergentes. *Conpedi Law Review*, 2:394.
- Dalla Valle, L. E. and A. Rocha, R. L. (2023). Image pattern recognition in weather forecast. Disponível em: <https://bit.ly/3Fq9RK5>. Acessado em 14 de Março de 2023.
- David, S. (2019). Hybrid approach for weather prediction using satellite images. *International Journal of Recent Technology and Engineering*.
- Ferreira, N. J. (2005). Utilização de imagens transmitidas por satélites meteorológicos. Disponível em: <https://bit.ly/3JOBvTE>. Acessado em 20 de Fevereiro de 2023.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2006). *Digital Image Processing (3rd Edition)*. Prentice-Hall, Inc., USA.
- Júnior, F. W. R. and de Abreu, K. S. (2018). Estimação dos parâmetros de uma svm utilizando um algoritmo genético para o reconhecimento de caracteres manuscritos. *Escola Regional de Informática do Piauí*.
- Kapadia, N. S., Parikh, U., and Rana, D. P. (2016). Weather forecasting using satellite image processing and artificial neural networks. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 14.
- Rodrigues, P., Andrade Guerra, J. B., and Youssef, Y. (2011). *Energia Eólica em Energias Renováveis*.
- Silva, R. (2007). Energias renováveis. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, 1:35–41.
- Xavier, J. A., Francisco, M. Q., and Ferreira, A. A. (2012). Extração da velocidade e direção dos ventos através de imagens de satélite. *Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*.