


CONTRIBUIÇÃO AO ENSINO DO TEMA VÓRTICES CICLÔNICOS DE ALTOS NÍVEIS SOBRE O SEMIÁRIDO BRASILEIRO PARA A EDUCAÇÃO EM AGROECOLOGIA

**CONTRIBUTION TO TEACHING THE SUBJECT OF HIGH-LEVEL CYCLONIC
VORTICES TO AGROECOLOGY EDUCATION**

**CONTRIBUCIÓN A LA ENSEÑANZA DEL TEMA VÓRTICES CICLÓNICOS
DE NIVELES ALTOS SOBRE EL SEMIÁRIDO BRASILEÑO
EN LA EDUCACIÓN EN AGROECOLOGÍA**

Lucivânio Jatobá¹

 0000-0003-3041-0126

lucivanio.oliveira@ufpe.br

¹ Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3041-0126>. E-mail: lucivanio.oliveira@ufpe.br.

Artigo recebido em setembro de 2025 e aceito para publicação em novembro de 2025.



Este artigo está licenciado sob uma Licença
Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

RESUMO: No trabalho analisam-se os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) e sua influência nas chuvas do Semiárido nordestino, destacando sua relevância para o ensino em Agroecologia. Esses sistemas atmosféricos, ainda pouco abordados no meio educacional, ocorrem entre a primavera e o verão, influenciando eventos de estiagem ou chuvas intensas. A pesquisa utilizou imagens de satélite e radar para caracterizar a dinâmica dos VCANs. Defende-se sua inclusão no ensino Médio e Superior como forma de fortalecer a compreensão climática e apoiar o planejamento agrícola sustentável em regiões vulneráveis. O uso didático dos VCANs pode favorecer a autonomia dos agricultores e enriquecer práticas educativas.

Palavras-chave: Agroecologia. Chuvas no Nordeste. Circulação atmosférica superior. Planificação agrícola.

ABSTRACT: This study analyzes Upper-Level Cyclonic Vortices (ULCVs) and their influence on rainfall in the Northeastern Semi-Arid region of Brazil, highlighting their relevance for teaching in Agroecology. These atmospheric systems, still scarcely addressed in educational contexts, occur between spring and summer, influencing periods of drought or intense rainfall. The research used satellite and radar imagery to characterize the dynamics of ULCVs. The inclusion of this topic in secondary and higher education is advocated as a means to strengthen climate understanding and support sustainable agricultural planning in vulnerable regions. The didactic use of ULCVs can promote farmers' autonomy and enrich educational practices.

Keywords: Agroecology. Rainfall in Northeastern Brazil. Upper-level atmospheric circulation. Agricultural planning.

RESUMEN: Este artículo analiza los Vórtices Ciclónicos de Niveles Altos (VCAN) y su influencia en las lluvias del Semiárido del noreste brasileño, destacando su importancia para la enseñanza en Agroecología. Estos sistemas atmosféricos, poco abordados en la educación, ocurren entre la primavera y el verano, provocando sequías o lluvias intensas. La investigación utilizó imágenes satelitales y de radar para caracterizar la dinámica de los VCAN. Se defiende su inclusión en la educación técnica y superior para fortalecer la comprensión climática y apoyar la planificación agrícola sostenible en regiones vulnerables. Su abordaje didáctico puede favorecer la autonomía de los agricultores y enriquecer la práctica educativa.

Palabras clave: Agroecología. Lluvias en noreste del Brasil. Circulación atmosférica superior. Planificación agrícola.

INTRODUÇÃO

Nesta pesquisa aborda-se o tema os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) e suas influências sobre a variabilidade espacial das chuvas no Trópico Semiárido Brasileiro, especialmente entre a primavera e o verão do hemisfério sul. Busca-se contribuir para a compreensão didática desse fenômeno atmosférico complexo, oferecendo subsídios para o ensino de Climatologia e Agroecologia em diferentes níveis de formação.

A área investigada corresponde ao Nordeste Semiárido, localizado na faixa de baixas latitudes da porção oriental do Brasil, na qual predomina o clima semiárido do tipo BSh, segundo a classificação de Köppen, adaptada ao Brasil por Andrade (1964). Essa região (Figura 1) apresenta grande complexidade climática, resultante da atuação combinada de diversos sistemas atmosféricos de origem tropical e extratropical, o que gera distintos regimes pluviométricos e confere à área o caráter de semirregularidade das chuvas (Nobre *et al.*, 2016; Silva-Dias *et al.*, 2012).



Fonte: <https://nilljunior.com.br/delimitacao-do-semiarido-mantem-formacao-atual-e-inclui-54-novos-municipios/>.

Figura 1. Localização do espaço ocupado pelo Semiárido no Brasil.

Dentre esses sistemas, destacam-se os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), cuja ocorrência exerce papel decisivo na modulação das precipitações sazonais. Apesar de sua importância, o tema ainda é pouco explorado nos currículos escolares e universitários, especialmente em cursos ligados às ciências da natureza, como Agroecologia e Ciências Ambientais.

A Agroecologia, enquanto ciência e prática social, adota uma abordagem sistêmica e integrada dos agroecossistemas, considerando os fatores ecológicos, sociais e climáticos que determinam sua sustentabilidade (Altieri, 2018). No Semiárido, compreender a dinâmica atmosférica, incluindo a atuação dos VCANs, é essencial para o planejamento agrícola sustentável e para o fortalecimento da resiliência dos agricultores diante das irregularidades pluviométricas.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo geral analisar a irregularidade pluviométrica do Semiárido nordestino, com ênfase na atuação dos VCANs. Como objetivos específicos, busca-se: (i) explicar a gênese e o comportamento desses sistemas atmosféricos; e (ii) propor subsídios instrucionais que favoreçam sua aplicação didática no ensino de Climatologia e Agroecologia. Além disso, propõe-se uma reflexão sobre a inclusão dos VCANs na educação agroecológica, destacando sua relevância para o planejamento rural sustentável e a compreensão local das dinâmicas climáticas.

O presente estudo baseou-se em análise sinótica e revisão bibliográfica sobre os principais episódios de VCANs no Nordeste brasileiro, entre a primavera e o verão.

METODOLOGIA

A pesquisa fundamenta-se na análise da atuação dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) sobre o Trópico Semiárido Brasileiro, buscando compreender sua gênese, dinâmica e influência sobre a variabilidade espacial das chuvas, bem como propor sua aplicação didática ao ensino de Climatologia e Agroecologia.

Área de estudo

A área investigada compreende o Semiárido do Nordeste do Brasil (NEB), delimitado pela isoietas de 800 mm/ano como limite pluviométrico inferior, conforme critério adotado pelo IBGE (2017) e pela Sudene (2018). Essa faixa climática caracteriza-se pela forte irregularidade temporal e espacial das precipitações e por elevadas temperaturas médias anuais. As análises concentraram-se no período compreendido entre 2010 e 2024, abrangendo os meses de primavera e verão, quando os VCANs apresentam maior frequência de ocorrência na região.

Fontes de dados

Foram utilizados dados meteorológicos provenientes de diferentes instituições e plataformas:

- Imagens de satélite dos sensores GOES-16 e COSMO-SkyMed, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com resolução temporal de 1 hora e espacial de aproximadamente 1 km;
- Imagens de radar meteorológico obtidas por meio do aplicativo Radar & Clima, que permitem a visualização em tempo real da formação e deslocamento de núcleos convectivos associados aos VCANs;
- Dados pluviométricos fornecidos pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) e pelo INMET, reunindo registros diários e mensais de precipitação.

Procedimentos de análise

A identificação e caracterização dos VCANs foram realizadas com base na análise dos campos de vento e geopotencial nos níveis de 850, 500 e 200 hPa, conforme metodologia proposta por Kousky e Gan (1981) e posteriormente revisada por Silva-Dias *et al.* (2012). Foram considerados como critérios diagnósticos:

- a) a presença de circulação ciclônica fechada em altos níveis da troposfera;
- b) a existência de núcleo frio em 200 hPa;
- c) a associação do sistema a áreas de convecção profunda ou subsidência atmosférica.

As imagens de satélite nos canais infravermelho e visível foram interpretadas para avaliar o comportamento dos VCANs e suas implicações na distribuição espacial das chuvas. Mapas de circulação e campos de vento foram gerados para representar os sistemas atmosféricos atuantes durante os episódios analisados.

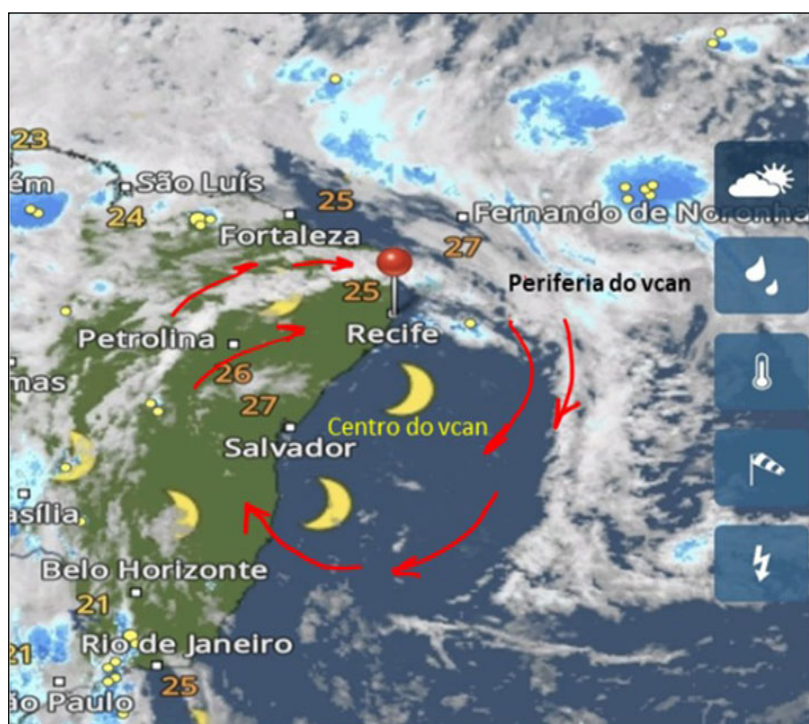
Delimitação climática e análise pluviométrica

A distribuição das chuvas foi avaliada por meio de séries históricas de precipitação obtidas entre 2010 e 2024, com o objetivo de identificar padrões espaciais e temporais de anomalias pluviométricas relacionadas à presença dos VCANs. A utilização da isoieta de 800 mm/ano como limite do clima semiárido segue a classificação do IBGE (2017) e visa estabelecer uma referência objetiva para a análise comparativa entre os diferentes regimes pluviométricos do Nordeste brasileiro.

Aplicação didática e construção de material instrucional

Como parte do propósito educativo da pesquisa, os resultados obtidos foram sistematizados em materiais instrucionais voltados ao ensino de Climatologia e Agroecologia. Esses materiais incluem mapas temáticos, esquemas ilustrativos e interpretações de eventos de VCANs, visando subsidiar atividades de ensino nos níveis Médio e Superior, com ênfase na formação de estudantes e agricultores em contextos de vulnerabilidade climática.

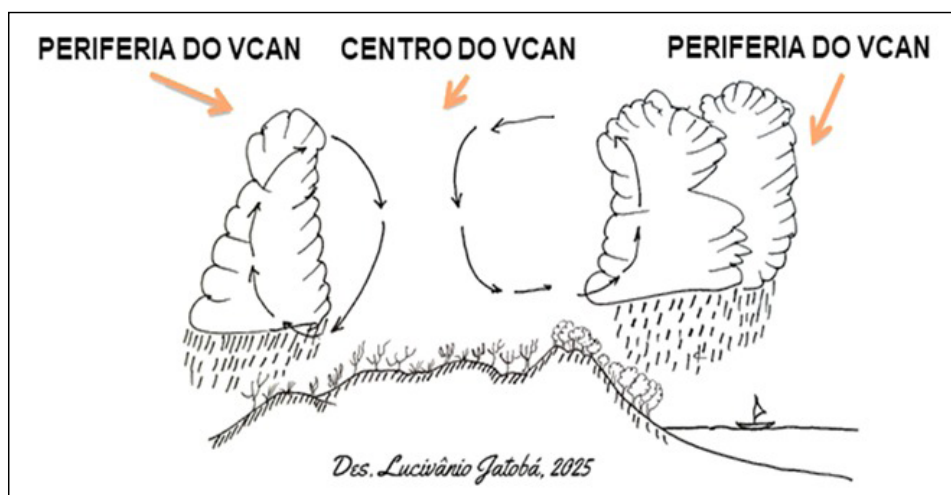
Esse sistema meteorológico que ocorre predominantemente entre os meses de primavera e verão é caracterizado por áreas de pressão baixa que se originam na alta troposfera e se estendem até os níveis médios, em função da instabilidade atmosférica. Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) migram aleatoriamente para a Região Nordeste do Brasil (Figura 2). Tal sistema destaca-se por circulações atmosféricas fechadas de ventos em altos níveis da Troposfera (geralmente entre 7 a 12 km de altitude), desempenhando um papel significativo na definição dos padrões de chuvas, especialmente durante os meses de final de primavera e verão austrais, no período de janeiro a março, em especial.



Fonte: Modificada do aplicativo Radar & Clima (2025).

Figura 2. Vórtice ciclônico sobre o Atlântico e o Nordeste brasileiro. Data da imagem: 3/2/2025.

Os VCANs são mais comuns em regiões de baixas latitudes e de latitudes médias (regiões tropicais e subtropicais). No Brasil, eles costumam ocorrer na região Nordeste, influenciando o regime de chuvas e a formação de nuvens, podendo causar chuvas intensas e contraditoriamente períodos de estiagem, dependendo dos avanços da periferia e do centro do sistema (Figura 3). No centro do VCAN o ar é subsidente e de baixa umidade, provocando, portanto, estiagem nos locais onde se instala. A periferia do sistema é úmida e exibe movimentos do ar ascendentes, propiciando intensa convecção, que se transformam, muitas vezes, em pesados aguaceiros, acompanhados de raios e trovões.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 3. Estrutura vertical de um VCAN.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos campos de vento e imagens de satélite entre 2010 e 2024 revelou que os VCANs se formam predominantemente sobre o Atlântico Tropical e avançam sobre o Nordeste brasileiro, influenciando de forma desigual os regimes pluviométricos locais.

Os VCANS apresentam circulações fechadas de ventos nos altos níveis da troposfera (entre 7 e 12 km de altitude), exercendo influência decisiva sobre os padrões de precipitação, especialmente entre janeiro e março.

Os VCANs são mais comuns em regiões tropicais e subtropicais, ocorrendo com maior frequência no Nordeste brasileiro, onde influenciam o regime de chuvas e a formação de nuvens. Sua atuação é dual: o centro do sistema é dominado por movimentos subsidentes e ar seco de altas pressões, resultando em estiagens locais, enquanto a periferia apresenta movimentos ascendentes e maior umidade, favorecendo a convecção e a ocorrência de chuvas intensas acompanhadas de descargas elétricas. Quando o centro do VCAN se instala sobre o Semiárido, as chuvas podem não ocorrer, ocasionando períodos de seca que afetam diretamente a agricultura de sequeiro e a segurança alimentar regional.

A compreensão da dinâmica e do impacto dos VCANs é essencial para a previsão de eventos climáticos extremos no final da primavera e durante o verão, além de subsidiar estratégias de adaptação às mudanças climáticas no Nordeste do Brasil, que inevitavelmente poderão acarretar alterações na cinemática dos VCANs, assunto ainda pouco investigado. Por essa razão, recomenda-se

sua abordagem no ensino de Agroecologia. A Agroecologia trabalha com o funcionamento sistêmico dos agroecossistemas, e o clima é um dos pilares desse sistema. Entender fenômenos atmosféricos como os VCANs permite prever o que se denomina “janelas de plantio”, períodos de déficit hídrico e riscos de erosão, integrando o planejamento agrícola com a realidade climática local.

Segundo Morais (2016), a maioria dos VCANs atuantes no Nordeste possui ciclo de vida curto, variando entre 1 e 4 dias ou um pouco mais, principalmente durante o verão. Sua ocorrência está associada a episódios de alívio temporário da estiagem e ao aumento da umidade do solo – fatores determinantes para sistemas agroecológicos que dependem de práticas de cultivo de baixa mecanização e irrigação limitada (Funceme, 2021).

O tratamento didático do tema pode ocorrer por meio da análise de mapas meteorológicos, imagens de satélite e radar, além de estudos de caso que tornem o ensino mais concreto, especialmente em cursos de Agroecologia. O uso desses recursos favorece a autonomia dos agricultores e contribui para a tomada de decisões na agricultura de sequeiro, além de contribuir para a conceção científica da Baixa atmosfera terrestre.

Entre as estratégias didáticas recomendadas, destacam-se:

- a) utilização de dados históricos sobre eventos de VCAN e seus impactos sobre as safras;
- b) exercícios de interpretação de imagens de satélite e campos de vento;
- c) uso de plataformas digitais, como o INMET e o aplicativo Radar & Clima;
- d) elaboração de esquemas explicativos simples, em quadro ou material gráfico.

Propõem-se, ainda, dimensões conceituais e procedimentais para o ensino do tema. As principais dimensões conceituais: estrutura vertical e horizontal dos VCANs, explorando, se possível, a Figura 3; localização e identificação em imagens meteorológicas; mecanismos de formação e dissipação desses vórtices. As dimensões procedimentais: uso de softwares e plataformas meteorológicas para identificação; comparação de episódios de VCAN com séries pluviométricas; e aplicação de conceitos básicos de dinâmica atmosférica (Jatobá; Silva, 2020). Sugerem-se, também, a análise comparativa, em sala de aula, entre imagens de radar ou de satélite Cosmos, 200hPa, e os dados pluviométricos de meses da primavera-verão nos quais aconteceram episódios de formação de VCANs.

Uma importante atividade prática que poderá ser levada a efeito em sala de aula consiste em identificar eventos de VCANs sobre o Nordeste brasileiro. Em seguida, pesquisam-se imagens de satélite e/ou de radar do momento desses eventos meteorológicos, correlacionando-os com valores diários de precipitação (vários sites de meteorologia fornecem esses dados). O estudante, de posse desses dados, compreenderá melhor o avanço de VCANs e suas repercussões pluviométricas sobre espaços semiáridos.

Ao compreenderem a sazonalidade e o comportamento dos VCANs, agroecólogos e agricultores do Semiárido nordestino podem ajustar o calendário agrícola, manejar o solo de forma preventiva e otimizar o uso da água, fortalecendo a resiliência produtiva frente às variações climáticas.

CONCLUSÕES

O estudo evidencia que os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) são sistemas atmosféricos de grande relevância para a dinâmica climática do Semiárido nordestino, exercendo influência determinante sobre a variabilidade das chuvas entre a primavera e o verão austral. Sua atuação, marcada pela dualidade entre precipitação intensa na periferia e estiagem no centro, define em muitos casos o êxito ou fracasso das safras de sequeiro.

A utilização de imagens de satélite Cosmo 200hPa, de radar e campos de vento mostrou-se eficaz para ensinar sobre gênese, evolução e deslocamento dos VCANs, demonstrando o potencial pedagógico dessas ferramentas no ensino de Climatologia e Agroecologia. A integração desse conhecimento ao contexto educacional, por meio de abordagens conceituais e procedimentais, promove uma formação crítica e aplicada, contribuindo para o empoderamento dos agricultores e a sustentabilidade dos agroecossistemas.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. A. **Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture**. Washington, DC: CRC Press, 2. ed., 448 p., 2018.
- ANDRADE, Gilberto Osório de. Climas, In: AZEVEDO, Aroldo de (Org). **Brasil, a Terra e o Homem**. As bases físicas V.1. São Paulo, Editora Nacional, 1964.
- AZEVEDO, P.V.; SILVA, B. B. da.; RODRIGUES, M.F.G. Previsão Estatística das Chuvas de Outono no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, no. 1, p.19-30. 1998.
- FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Atlas climático do Ceará**. Fortaleza: FUNCEME, 2021.
- GAN, M. A., KOUSKY, V. E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no Oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 1, n. 92, p. 19-28, 1986.
- JATOBÁ, L.; SILVA, A.F. **Tópicos Especiais de Climatologia**. Ananindeua, Edit. Itacaiunas, 2020.
- MORAIS, M.D.C. **Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam no Nordeste do Brasil: estudo observacional e numérico**. Tese, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil.2016,
- SILVA-DIAS, M. A. F. et al. Influência de sistemas de altos níveis na precipitação do Nordeste brasileiro. **Climanálise**, INPE, n. 36, p. 1-10, 2012.