

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

Marcelly de Jesus Pereira Altoé

**ANÁLISE DE MAGNITUDE E FREQUÊNCIA DAS CHUVAS DIÁRIAS
DO MUNICÍPIO DE VIANA (ES), ASSOCIADO A MOVIMENTOS DE
MASSA**

Vitória
2015

Marcelly de Jesus Pereira Altoé

**ANÁLISE DE MAGNITUDE E FREQUÊNCIA DAS CHUVAS DIÁRIAS
DO MUNICÍPIO DE VIANA (ES), ASSOCIADO A MOVIMENTOS DE
MASSA**

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Geografia.

Orientador(a): Prof.^a Dr^a Ana Christina Wignerón Gimenes.

Vitória
2015

Marcelly de Jesus Pereira Altoé

ANÁLISE DE MAGNITUDE E FREQUÊNCIA DAS CHUVAS DIÁRIAS DO MUNICÍPIO DE VIANA (ES), ASSOCIADO A MOVIMENTOS DE MASSA

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Geografia.

Aprovada em 12 de dezembro de 2015

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr^a Ana Christina Wigneron Gimenes.
Universidade Federal do Espírito Santo
Professora Orientadora

Prof. Dr. Antônio Cesar de Oliveira Goulart
Universidade Federal do Espírito Santo

Major Anderson Augusto Guerin Pimenta
Coordenadoria Estadual da Defesa Civil (ES)

Agradeço,

Primeiramente a Deus por me dar a chance de realizar um sonho que levo comigo desde a adolescência, de me formar por uma universidade federal. A Ele toda glória e honra por me dar toda força e persistência que precisava para concluir esta etapa da minha vida.

Aos meus pais Wanderson e Mara e avós Jocarly e Dorcas, pelo investimento em minha educação desde os meus primeiros anos de vida, e por terem me dado toda base e apoio necessário que precisei para alcançar e completar o Ensino Superior.

Ao meu esposo David, pelas palavras de incentivo nos momentos que eu não acreditava mais ser possível, e pela paciência nos meus momentos ausentes.

A minha orientadora Professora Ana, pelos ensinamentos, tempo de reuniões depois das 19hs e paciência, para enfim eu concluir minha graduação.

A todos os professores do Departamento de Geografia da UFES, o meu muito obrigada por compartilharem do saber geográfico durante todos estes anos de formação acadêmica.

*“A persistência é o menor caminho do êxito.”
(Charles Chaplin)*

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar o índice de magnitude e frequência das chuvas diárias do município de Viana (ES), na série histórica de 1951-2013, associado aos movimentos de massa que ocorrem na área urbana do município. Para o cálculo do referido índice, será utilizado o método proposto por Ahnert (1987), em que o resultado da magnitude do evento pluviométrico vezes a sua frequência, determina o evento dominante, que impreterivelmente provocará um determinado processo geomórfico erosivo de vertente. Em conformidade a este tema, realizou-se um levantamento junto às agências climáticas sobre as alterações térmicas que ocorrem no Oceano Pacífico Equatorial, que alteram as condições climáticas e distributivas das chuvas em várias regiões do globo, entre elas El Nino e La Nina e as oscilações positivas e negativas decadais que ocorrem no Pacífico Norte, conhecidas como ODP. Com finalidade de completude da análise de atuação dos índices de magnitude e frequência nas fases positivas e negativas de ODP, adquiriu-se junto aos órgãos responsáveis, dados de ocorrência de ZCAS e períodos de neutralidade do oceano, que interferem na distribuição pluviométrica na Região Sudeste e, conseqüentemente na atuação dos movimentos de massa no município analisado. O produto dos gráficos gerados a partir dos índices de magnitude e frequência, sendo um da série histórica total e os outros três segmentados em duas fases negativas e uma positiva de ODP, do município de Viana (ES), serve de apoio aos órgãos municipais de gestão de risco, para compreensão do comportamento pluviométrico e dos processos geomórficos atuantes no município, uma vez que em Viana (ES), no período de 1951-2013, verificou-se maior Índice de Magnitude e Frequência (112,06; 36,73) na atual fase negativa ODP (1999-2013), associado a atuação de fenômenos La Nina, períodos neutros e maior atuação de ZCAS.

Palavras-chave: Magnitude, Frequência, Movimentos de Massa, Chuvas.

ABSTRACT

This work aims to analyze the magnitude of content and frequency of daily rainfall of Viana district (ES), in the time series of 1951-2013, associated with mass movements that occur in the urban area of the municipality. For the calculation of the index will be used the method proposed by Ahnert (1987), in which the result of the magnitude of the event rainfall times its frequency determines the dominant event, which without fail will cause a certain geomorphic erosion strand. Pursuant to this subject, there was a survey to climate agencies on the thermal changes that occur in the Equatorial Pacific Ocean, altering climate and distributive conditions of rainfall in several regions of the world, including El Nino and La Nina and positive and negative decadal oscillations that occur in the North Pacific known as ODP. With the purpose of completeness of the performance analysis of the magnitude and frequency indices in positive and negative phases of ODP, was acquired with the agencies responsible, ZCAS occurrence data and ocean neutrality periods that affect the rainfall distribution in the Southeast and hence in the activity of mass movements in the municipality analyzed. The product of graphs generated from the magnitude and frequency rates, with a full time series and the other three to two negative phases and a positive ODP, the Viana district (ES), provides support for municipal management bodies risk, to understand the rainfall behavior and active geomorphic processes in the municipality, since in Viana (ES) in the period from 1951-2013, there was a higher rate of Magnitude and Frequency (112,06; 36,73) in the current negative phase ODP (1999-2013) associated with the activities of La Nina phenomena, neutral periods and focused effort SACZ.

Keywords: Magnitude, Frequency, Mass Movements rains.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Municípios que apresentaram escorregamentos ou deslizamentos nas encostas em áreas urbanas de 2009-2013.....	16
Figura 2: Esquema de circulação geral de acordo com a concepção de G. Hadley (1735).....	23
Figura 3: Modelo de circulação meridional da atmosfera mostrando os ventos a superfície e as áreas de alta (A) e de baixa (B) pressão.....	24
Figura 4: Esquema da distribuição vertical da temperatura (T) e da umidade (U) em uma massa de ar formada sobre a Antártica.....	26
Figura 5: Massas de ar atuantes no Brasil e América do Sul, nos períodos de verão e inverno.....	27
Figura 6: Domínios climáticos do Brasil, sistemas atuantes e subtipos.....	29
Figura 7: Precipitação frontal (frente-quente)	31
Figura 8: Área de abrangência da Zona de Convergência do Atlântico Sul, 05/11/2013.....	33
Figura 9: Três episódios de ZCAS no mês de novembro de 2008.....	35
Figura 10: Fases do fenômeno, El Nino e La Nina, as setas indicam a direção dos ventos.....	37
Figura 11: Regiões do Oceano Pacífico onde é feito o monitoramento da temperatura da superfície do mar (TSM).....	37
Figura 12: Esquema de troca de massa e energia entre os sistemas.....	40
Figura 13: Mudança de fases da ODP.....	42
Figura 14: Esquema de escorregamento rotacional.....	47
Figura 15: Esquema de escorregamento translacional.....	48
Figura 16: Esquema de escorregamento em cunha.....	50
Figura 17: Rolamento de blocos e matacões em encosta no bairro Ipanema, Viana (ES), março 2011.....	51
Figura 18: Formas de vertentes e seus respectivos escoamentos superficiais de água.....	54
Figura 19: Ocupação de uma vertente partindo da base em direção ao topo.....	56

Figura 20: Localização do município de Viana (Es) com destaque para área urbana do município.....	59
Figura 21: Localização da Estação Metereológica do Incaper, no município de Viana (ES).....	66
Figura 22: Magnitude e frequência de chuvas diárias, ≥ 10 mm, da série histórica de 1951 a 2013, para Viana-ES.....	74
Figura 23: Magnitude e Frequência de chuvas diárias, $\geq a 10$ mm, correspondente ao período de 1951 a 1976, em fase ODP Negativa	77
Figura 24: Magnitude e Frequência de chuvas diárias $\geq a 10$ mm, correspondente ao período de 1977 a 1998, em fase ODP positiva, para Viana.....	78
Figura 25: Magnitude e Frequência de chuvas diárias, $\geq a 10$ mm, em Viana, correspondente ao período de 1999 a 2013, em fase ODP Negativa.....	79
Figura 26: Comparação das séries históricas de ODP positiva e negativa para Viana	80
Figura 27: Escorregamento em Latossolos, Morada de Bethania, Viana (ES), em novembro de 2010, em chuvas diária de 94,8 mm, sem acumulado de chuva antecedente	88
Figura 28: Escorregamento em Latossolos no bairro Vale do Sol em novembro de 2010, em chuvas diária de 94,8 mm, Viana (ES), sem acumulado de chuva antecedente	88
Figura 29: Notícias publicadas no Jornal a Tribuna, dia 15/03/2011 sobre queda de blocos rochosos e matações , no bairro Ipanema, Viana-ES.....	89
Figura 30: Escorregamento de Neossolos Litólicos e escorregamento e queda de bloco em matacão em Cambissolos, em encosta no bairro Ipanema em março de 2011, Viana (ES)	89

LISTA DE SIGLAS

CC : Capacidade de Campo

CGA : Circulação Geral da Atmosfera

CPETEC : Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

EN : El Nino

IJSN : Instituto Jones dos Santos Neves

INCAPER : Instituto Capixaba De Pesquisa, Assistência Técnica E Extensão Rural

INMET : Instituto Nacional de Meteorologia

INO : Índice de Nino Oceânico

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas

IOS: Índice De Oscilação Sul

LN : La Nina

ODP: Oscilação Decadal do Pacífico

PMV : Prefeitura Municipal De Viana

SIBCS : Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

TSM: Temperatura da Superfície do Mar

ZCAS : Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT : Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Condições do tempo provocadas por invasão de massas de ar	26
Tabela 2: Ocorrência de fenômenos El Nino e La Nina de 1951-2013.....	38
Tabela 3: Anos com fases conhecidas de ODP	42
Tabela 4: Fases de ODP no período de 1951-2013 para Viana (ES)	43
Tabela 5: Percentual de dias chuvosos do município de Viana (ES) de 1951 a 2008	67
Tabela 06: Dados gerais dos índices de magnitude e frequência da serie histórica 1951-2013, pra duas fases de ODP negativa e uma fase Positiva, Viana (ES)	75
Tabela 7: Quantidade de ZCAS atuantes em fases positivas e negativas de ODP, no período de 1979 a 2013, associadas a episódios El Nino, La Nina e neutro.....	82
Tabela 8: Dados dos movimentos de massa que ocorreram do município de Viana em 2010 e 2011.....	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais tipos de movimentos de massa nas encostas.....	45
Quadro 2 : Crescimento Populacional do Município de Viana (ES) -1991-2010	60
Quadro 3: Divisão de bairros e loteamentos de Viana (ES). Fonte: Site da PMV (2015).....	61
Quadro 4: Número de ZCAS no período de 1979 a 2013 e episódios El Nino, La Nina, fases neutras e, fases de ODP positiva e negativas	81
Quadro 5: Total de chuvas (mm) de outubro a abril para duas fases de ODP negativa e uma positiva, em fases El Nino, La Nina e neutro, no período de 1951 a 2013 em Viana (ES).....	83
Quadro 6: Ocorrência de El Nino, La Nina e fase neutra, nos períodos positivos e negativos de ODP, da série histórica de chuvas diárias de 1951 a 2013 em Viana (ES).....	83
Quadro 7: Total de duração em anos por evento El Nino, La Nina e neutro em fase de ODP positiva de 1977-1998	84
Quadro 8: Totais de chuvas $\geq$ a 94,8 mm do município de Viana, associado aos eventos de anomalias de temperatura do Oceano Pacífico	90

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 JUSTIFICATIVAS	18
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
4.1 CLIMA	19
4.1.1 TEMPO	19
4.1.2 CONCEITO DE CLIMA	20
4.1.3 CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA	22
4.1.4 MASSAS DE AR	24
4.1.5 PRECIPITAÇÕES	30
4.1.6 ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLANTICO SUL	32
4.1.7 EL NINO E LA NINA	36
4.1.8 OSCILAÇÃO DECADEAL DO PACÍFICO (ODP)	39
4.2 MOVIMENTOS DE MASSA	43
4.2.1 ESCORREGAMENTOS	46
4.2.1.1 ESCORREGAMENTOS ROTACIONAIS OU CIRCULARES	47
4.2.1.2 ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS OU PLANARES	48
4.2.1.3 ESCORREGAMENTOS EM CUNHA	49
4.2.1.4 QUEDA DE BLOCOS E ROLAMENTO DE MATAÇÕES	50
4.2.2 FATORES CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA	52
4.2.2.1 PRECIPITAÇÃO E AÇÃO DA ÁGUA	52
4.2.2.2 LITOLOGIA	53
4.2.2.3 RELEVO	53
4.2.2.4 AÇÃO ANTRÓPICA	55

4.3 A ABORDAGEM DE MAGNITUDE E FREQUÊNCIA.....	56
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	58
5.1 O MUNICIPIO DE VIANA (ES)	58
5.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS DO MUNICIPIO DE VIANA (ES).....	61
5.3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DO MUNICIPIO DE VIANA (ES).....	62
5.4 ASPECTOS PEDOLÓGICOS DO MUNICIPIO DE VIANA (ES).....	64
5.5 ASPECTOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE VIANA (ES).....	66
6 MATERIAIS E MÉTODOS	69
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	74
8 CONCLUSÕES	92
9 BIBLIOGRAFIA	96

1 INTRODUÇÃO

Um dos assuntos mais debatidos da atualidade, diz respeito às mudanças climáticas globais. O maior desafio da ciência não está somente na identificação dos fatores que influenciam na sazonalidade do clima, apresentadas pelo superaquecimento do planeta e aumento da frequência de eventos extremos; mas também nos estudos de suas consequências e medidas preventivas (TAVARES, 2009).

É bem verdade que ainda não há uma concordância sobre a relação entre as variações climáticas observadas atualmente e as alterações climáticas globais; porém, não há dúvidas sobre o aumento da intensidade e frequência de eventos extremos ligados às variações do clima, observadas nas: enchentes, deslizamentos, secas, tempestades, entre outros, que por sua vez aumentam os prejuízos sociais, econômicos e ambientais a sociedade (ALVES et al, 2010, BRAGA et al, 2006).

Apesar do processo de desenvolvimento da sociedade ter acrescentado contingente populacional no meio urbano e, aumentado as tensões e o desequilíbrio ambiental com graves consequências para o bem-estar humano; a maior parte dos desastres naturais no Brasil é causada pela dinâmica externa da Terra, ou seja, aquela conduzida pelo clima e pelos processos atmosféricos (TAVARES, 2009).

Devido à configuração e extensão do território brasileiro, é possível observar grande variedade de climas com características distintas e regionais, que faz com que os regimes de distribuição de precipitação e temperatura atuem de maneiras diferentes no país. Na região Sudeste, há uma maior influência da atuação de sistemas tropicais de latitudes médias, que provocam uma estação seca bem definida com temperaturas mais amenas no inverno e, estação chuvosa no verão com temperaturas elevadas e chuvas convectivas (NIMER, 1979; SANT'ANNA NETO, 2005; NUNES et al.,2009). Estas por sua vez propiciam a deflagração dos processos de movimentos de massa, bem como outros desastres naturais na região.

No ramo das Geociências, a análise do comportamento pluviométrico vem sendo objeto de análise nas últimas décadas, pois contribui significativamente para ocorrência de desastres naturais, como por exemplo, movimentos de massas e inundações (SILVA, 2013).

Entre os anos 2009 a 2013, foram diagnosticados 895 municípios brasileiros que pela ação de percolação da água da chuva, aliada as mudanças nas condições naturais do relevo como cortes para construção de moradias, rodovias, aterros e outras obras, foram atingidos por movimentos de massa de materiais instáveis, entre eles solos, rochas ou detritos em morros, taludes e encostas. (IBGE, 2013).



Figura 1: Municípios que apresentaram escorregamentos ou deslizamentos nas encostas em áreas urbanas de 2009 a 2013. Fonte IBGE (2013)

No Espírito Santo, os desastres naturais mais comuns são: inundação gradual, inundação brusca, vendaval, granizo, deslizamentos, estiagem e erosão marinha (SILVA, PIMENTA E NETO, 2011). A fim de minimizar perdas humanas, materiais e danos ambientais, através de ações preventivas e alerta junto à população, é interessante ao planejamento público o conhecimento sobre a magnitude e frequência dos eventos pluviométricos, na intenção de antever a ocorrência de processos geomórficos em vertentes e inundações em planícies, dentre outros desastres recorrentes no Estado.

Em contribuição a isso, este trabalho realizará um estudo dos índices de magnitude e frequência do município de Viana (ES), obtidos a partir da análise de chuvas diárias da série histórica 1951-2013, em fases positivas e negativas da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). Os resultados serão associados aos episódios de El Nino, La Nina, fases neutras do oceano e, ao sistema Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), para melhor compreensão do comportamento dos eventos pluviométricos em cada evento supracitado, bem como a influência desses na deflagração dos deslocamentos de materiais instáveis nas vertentes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os índices de magnitude e frequência dos eventos pluviométricos diários no município de Viana (ES), a partir da série histórica de 1951-2013, associado à deflagração de movimentos de massa.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Examinar o comportamento das chuvas diárias do município de Viana (ES) associado aos fenômenos de alteração do Oceano Pacífico tais como: El Nino/La Nina, Oscilação Decadal do Pacífico, e outros sistemas afins; a partir da série histórica dos dados pluviométricos de 1951-2013.
- Correlacionar os índices pluviométricos diários da área de estudo, aos processos de movimentos de massa atuantes nas vertentes e perfil de cortes antrópicos.
- Produzir material de apoio aos órgãos municipais de gestão de risco ambiental, a fim de contribuir para ações de prevenção e alerta junto à população do município.

3 JUSTIFICATIVAS

- Os processos de movimentos de massa, sobretudo associado aos eventos pluviométricos dos períodos veranicos, provocam danos ambientais, sociais e econômicos aos habitantes do município de Viana (ES) anualmente.
- A carência de pesquisas acadêmico-científica com dados sintetizados sobre a temática das chuvas, associada à deflagração dos movimentos de massa recorrentes no município.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 CLIMA

O clima é um componente do ambiente natural de suma importância, pois afeta os processos geomorfológicos, a formação dos solos e o crescimento e desenvolvimento das plantas. Os organismos, incluindo o homem, têm suas ações controladas pelo ambiente atmosférico; porém, a ação antrópica através de várias intervenções ou omissões pode influenciar o clima (AYOADE, 1996).

Desde os tempos mais distantes, o conhecimento climático sempre foi motivo de curiosidade para o homem. Porém, a partir da década de 60, sobretudo após a convenção do meio ambiente realizada em Estocolmo (1972), os estudos de Tempo e Clima assumiram papel de destaque no meio científico (MENDONÇA e DANNIOLIVEIRA, 2007; MONTEIRO, 2002; SANT' ANNA NETO, 2008).

A definição do clima de uma região é realizada a partir da avaliação do comportamento médio, dos sistemas atmosféricos tropicais e polares. Portanto, para se compreender o funcionamento do clima local e regional, apresentado na região Sudeste do Brasil, onde está inserido o estado do Espírito Santo e o município de Viana (ES), é necessário entender sobre os sistemas atmosféricos tropicais e polares, pois estes provocam a dinamização do tempo e do clima (MAIA, 1986; MOREIRA, 2002), interferindo na distribuição de chuvas na região.

Para uma melhor compreensão sobre esses conceitos e processos, dentre eles as dinâmicas atmosféricas e suas influências no tempo e clima, será apresentada uma breve conceituação sobre alguns objetos de estudo clássicos da Climatologia relevantes para este trabalho.

4.1.1 TEMPO

No Glossário Técnico do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC, 2014), o tempo atmosférico está definido da seguinte maneira:

“Conjunto de condições atmosféricas e fenômenos meteorológicos que afetam a biosfera e a superfície terrestre em um dado momento e local. Temperatura, chuva, vento, umidade, nevoeiro, nebulosidade, etc., formam o conjunto de parâmetros do tempo”.

O tempo atmosférico refere-se ao estado físico das condições atmosféricas em determinado momento e local (INMET, 2015). Esse estado momentâneo é compreendido como o “conjunto de atributos que caracterizam um determinado momento, tais como, radiação (insolação), temperatura, umidade (precipitação, nebulosidade, etc.) e pressão” (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.13).

Segundo Strahler e Strahler (1989), o tempo atmosférico varia abruptamente de uma estação para outra, diante de seus diversos componentes, como temperatura, chuva, vento, dentre outros. A variação destes elementos em épocas distintas é responsável pela manutenção de vida na Terra. Podemos perceber, por exemplo, nas plantas, que necessitam de uma distribuição de calor sensível que seja ideal e proporcional a determinada temperatura do ar e do solo, em uma determinada localidade do planeta, para que o seu desenvolvimento ocorra de maneira satisfatória.

O conhecimento do tempo para a Geografia é de suma importância para diversas análises, sobretudo as ambientais, uma vez que essa ciência humana se propõe a estudar as relações do espaço geográfico com a natureza, a partir das interações desta com a sociedade (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007).

4.1.2 CONCEITOS DE CLIMA

Muitas são as definições na literatura acerca do conceito de clima. A definição mais aceita atualmente foi proposta no final do século XIX por Hann, que elabora o conceito clássico de Clima como “o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracteriza a condição média da atmosfera sobre cada lugar” (SORRE, 1934, apud MOURA, 2008, p.30).

Max Sorre (2006, p.2) conceitua clima como sendo “a série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual”, ou seja, características que se mantêm constantes durante um determinado período.

O Inmet (2015) classifica da seguinte forma:

“Clima é o estudo médio do tempo para o determinado período ou mês em uma certa localidade. Também, se refere às características da atmosfera inseridas das observações contínuas durante um certo período. O clima abrange maior número de dados e eventos possíveis das condições de tempo para uma determinada localidade ou região.” (disponível em http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/curiosidade/tempo_clima.html).

Segundo Ayoade (1996), o clima pode ser entendido pelas características médias da atmosfera durante um longo período de tempo, de no mínimo trinta anos, pois nesta perspectiva ele abrange uma maior quantidade de dados de uma determinada área de estudo. O mesmo autor considera que o clima possui considerações acerca dos “desvios em relação às médias (isto é, variabilidade), condições extremas e, as probabilidades de frequência de ocorrência de determinadas condições de tempo” (p.2).

A fim de realizar diferenciações entre elementos meteorológicos ou climáticos e fatores climáticos, Romero, 2000, *apud* Nascimento, 2013, busca fazer uma distinção, apresentando o primeiro como o que define o clima e o segundo como aquilo que tem a função de dar a origem ao clima.

Para Barry e Chorley (1978), os elementos climáticos ou meteorológicos são definidos pelos atributos físicos que representam as propriedades da atmosfera geográfica de um dado local, podendo ser medidas ou instantaneamente mensuradas, por exemplo: a pressão atmosférica, temperatura, umidade e a precipitação. Já os fatores climáticos, são aqueles que ajudam a explicar o porquê de uma região ser quente e úmida e outra ser fria e seca, por exemplo, além de influenciarem os elementos climáticos, que modificam o clima de um local.

Destacam-se como fatores do clima, a latitude, altitude, maritimidade e continentalidade, massas de ar, vegetação, correntes marítimas e até o relevo.

A ocorrência de escorregamentos e inundações mostra os elementos e fatores climáticos atuando em conjunto em determinada localidade. Nesses casos, a chuva é o elemento do clima deflagrador de tais desastres naturais (TOMINAGA, 2009).

Sabe-se que para melhor compreensão sobre os desastres naturais e suas origens, é necessário abordar a configuração dos principais sistemas atmosféricos e, o controle dos fatores climáticos do local, que são produtores dos diferentes tipos de tempo e conseqüentemente do clima (TOMINAGA, 2009; SORRE,1951, *apud*, MILANESI,2007).

Por isso, é importante a realização de estudos sobre a oscilação dos tipos de tempo de cada local, considerando de forma individual, sua frequência, duração e retorno (NASCIMENTO, 2013).

Em suma, é relevante salientar que o tempo atmosférico é estudado pela Meteorologia, que pertence ao ramo das Geociências, enquanto que o clima é analisado pela Climatologia, um ramo da Geografia Física, que possui suas bases fundamentais na Meteorologia (BARROS e ZAVATTINI, 2009, *apud* NASCIMENTO,2013).

4.1.3 CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA

A atmosfera se movimenta de maneira tridimensional, em processos de diferentes escalas espaciais e temporais (VAREJAO-SILVA, 2006).

O perfeito entendimento da circulação geral da atmosfera, em termos de seus aspectos comportamentais médios ou mais recorrentes, está muito longe de ser atingido em função dos complexos processos interativos que a compõe.

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o principal objeto de estudo da circulação atmosférica em escala global “consiste em compreender os mecanismos físicos que asseguram o equilíbrio energético” (p.29). Esse equilíbrio por sua vez, nunca ocorre de maneira homogênea entre as regiões, devido ao aquecimento desigual dessas na

superfície terrestre; uma vez que as regiões tropicais têm excesso de energia, ao passo que as regiões polares apresentam um déficit. (CARVALHO; JONES, 2009).

O vento à superfície e o movimento de rotação da Terra, produzem movimentos verticais e horizontais do ar, que ocorrem em diferentes escalas de tempo e espaço. Verifica-se também a influência da circulação oceânica, topografia e, a diferença na cobertura da superfície terrestre (continentais e oceânicas), como agentes indutores da movimentação do ar (AYOADE, 1996), tornando a captação de dados complexa, sendo acessível somente por meio de imagens de satélites.

Ao longo do tempo diversos modelos de circulação geral da atmosfera (CGA) foram criados. Os primeiros modelos foram propostos por Halley (1686) e Hadley (1735), que resumem a circulação somente entre os trópicos, supondo existir duas grandes células de circulação meridional, uma em cada hemisfério, para explicar os ventos observados à superfície na zona tropical, chamados de alísios (BARRY & CHORLEY, 1978; MOREIRA, 2002; VAREJÃO-SILVA, 2006).

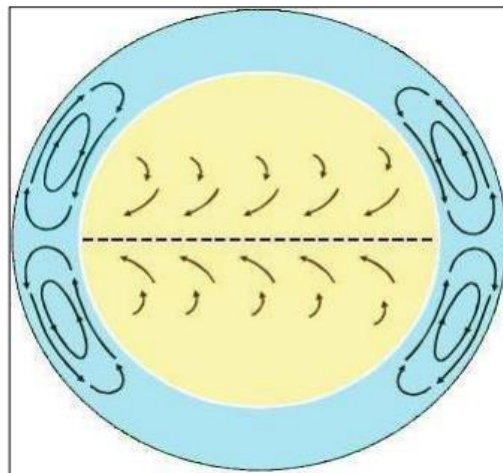


Figura 2: Esquema de circulação geral de acordo com a concepção de G. Hadley (1735)
Fonte: VAREJÃO-SILVA (2005)

Diante dos avanços das pesquisas e estudos, outros modelos foram desenvolvidos e propostos tais como os de Ferrel (1856), que propôs um modelo com três células de circulação, considerando também os ventos das médias e altas latitudes. O modelo anterior foi aperfeiçoado por Rossby (1941), que considerou a força ou efeito de Coriolis, ou seja, o efeito da rotação da Terra, para justificar a existência dos ventos observados nas latitudes médias e circumpolares. Dessa forma, esse é o modelo de

circulação mais aceita e reconhecido atualmente (BARRY e CHORLEY, 1978; MOREIRA, 2002; VAREJÃO-SILVA, 2006).

No modelo de circulação apresentado na figura 3, é possível perceber o posicionamento das células de circulação meridional e a convergência dos ventos alísios, tanto do sudeste (provenientes do Hemisfério Sul) quanto do Nordeste (originados do Hemisfério Norte). O entroncamento destes ventos acontece na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), uma faixa de baixas pressões atmosféricas, aliada ao aquecimento promovido pela maior incidência de radiação solar. Pelo fato deste setor da atmosfera ser muito instável, ocorre um favorecimento na formação de correntes ascendentes e de nuvens convectivas, que promovem precipitações torrenciais e abundantes, acompanhadas de relâmpagos e trovões (BARRY & CHORLEY, 2003; MOREIRA, 2002; VAREJÃO-SILVA, 2006).

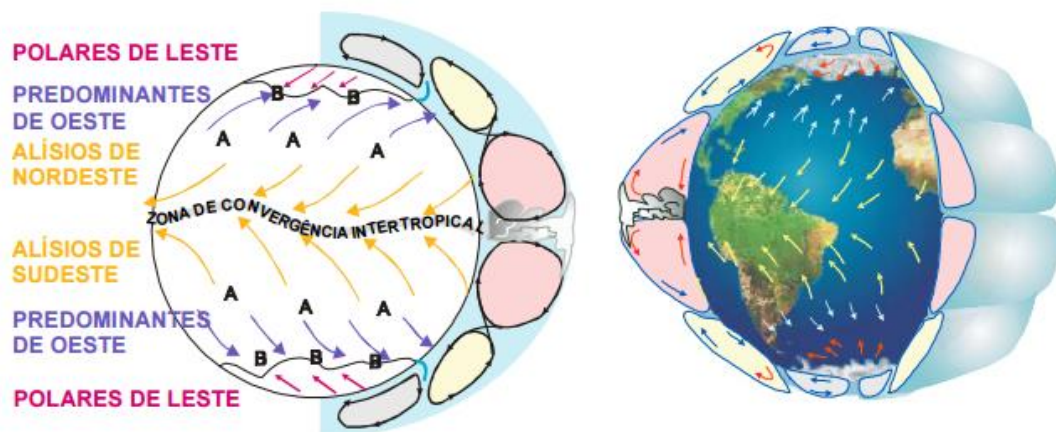


Figura 3: Modelo de circulação meridional da atmosfera mostrando os ventos a superfície e as áreas de alta (A) e de baixa (B) pressão. Fonte: VAREJÃO-SILVA (2006)

4.1.4 MASSAS DE AR

Na Meteorologia utiliza-se o termo massa de ar, para se referir a uma grande porção da atmosfera que pode abranger vastas extensões da superfície terrestre, se distribuindo de maneira vertical e uniforme em temperatura e umidade. Em determinada altitude, as massas de ar apresentam valores semelhantes de temperatura e umidade em qualquer ponto do interior da mesma (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Os modelos de precipitação no âmbito planetário estão intimamente associados com as regiões de origem das massas de ar, e de forma majoritária, com os movimentos das mesmas. Portanto, a compreensão das massas de ar pode fornecer um entendimento mais adequado dos diferentes tipos de precipitação (STRAHLER E STRAHLER, 1989).

Podemos classificar as massas de ar de acordo com a latitude das regiões onde foram originadas e, com as características peculiares que cada superfície apresenta, seja oceânica ou terrestre. Sendo assim, as massas de ar podem ser reconhecidas pelos fatores de ordem de temperatura e de chuvas (STRAHLER E STRAHLER, 1989).

Para Hare (1963, *apud* AYOADE, 1996), o termo massa de ar pode ser conceituado como “[...] um grande corpo de ar horizontal e homogêneo deslocando-se como uma entidade reconhecível e tendo tanto origem tropical quanto polar” (p.99). Porém, as massas de ar sofrem alterações dinâmicas e térmicas, assim que deslocam da sua área de origem (VAREJAO-SILVA, 2006).

O conceito de massas de ar, segundo Barry e Chorley (1978), refere-se a um corpo de ar de grande extensão, “cujas propriedades físicas (temperatura, teor de umidade e gradiente de temperatura) são mais ou menos uniformes horizontalmente por centenas de quilômetros” (p.224). Deste modo, pode-se entender que em superfícies com uma área extensa, como por exemplo, a Floresta Amazônica, haverá a formação de massas de ar com características peculiares daquele local de formação.

Os desertos, grandes áreas cobertas por gelo, as extensas florestas e os oceanos, basicamente são as áreas que apresentam grande potencial para formação de massas de ar, diante da sua uniformidade. Quando uma dessas áreas, tanto no hemisfério Norte ou Sul, se coloca sob a atuação de um vasto anticiclone, ou seja, em áreas em torno de 30° de latitude e, nas cercanias dos pólos, temos preenchidos todos os requisitos necessários a gênese de uma massa de ar (VAREJÃO-SILVA, 2006).

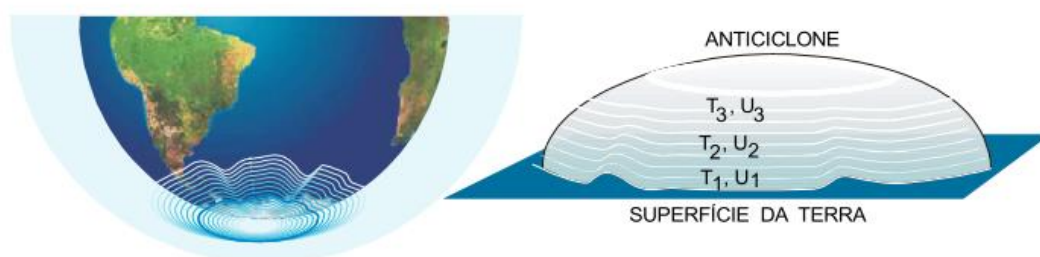


Figura 4: Esquema da distribuição vertical da temperatura (T) e da umidade (U) em uma massa de ar formada sobre a Antártica.

Para Varejão–Silva (Op.Cit,2006) de acordo com a região da Terra que as massas de ar têm sua gênese, podem ser classificadas em polares (P), que surgem próximas aos pólos de qualquer um dos hemisférios, e tropicais (T), quando se formam na área dos trópicos, de acordo com a classificação proposta por Retallack em 1970. Podemos classificar as massas de ar, de acordo com critérios de temperatura e umidade, como aponta Varejão (2006):

“Em relação a temperatura, o critério discriminante mais importante são que as massas de ar subdividem-se em frias e quentes. O conceito de frio e quente é relativo e exige comparação da temperatura da massa de ar com a da superfície sobre a qual ela se desloca, ou com de outra massa vizinha” p.375.

Devido a CGA, as massas de ar ao se deslocarem de sua região de origem, transportam as características adquiridas no local. Durante o percurso de deslocamento, podem provocar mudanças bruscas nas condições do tempo das áreas aonde chegam (VAREJÃO, 2006), conforme tabela 1.

Tabela 1 : Condições do tempo provocadas por ingresso de frentes frias e quentes

Frente	Condição de Equilíbrio	Gêneros de Nuvens	Caráter da Chuva	Condição do Vento	Visibilidade Horizontal
Fria	Instável	Cu, Cb	Aguaceiro	Turbulento com rajadas	Boa
Quente	Estável	St, Sc	Contínua	Constante	Má Nevoeiro

Fonte: Varejão-Silva (2006). Adaptado pela autora.

As massas de ar são subclassificadas em secas e úmidas, levando em consideração a umidade. A diferenciação é realizada a partir da temperatura e com base no estado do ponto de orvalho que o ar apresenta (a partir de dados de coleta em superfície). Quanto maior a diferença entre essas temperaturas registradas, menor será a umidade da massa de ar (VAREJÃO-SILVA, 2006).

No contexto de América do Sul, segundo Barry e Chorley (1978), a maior influência sobre o clima é das massas de ar polares provenientes da Antártica. Essas massas atingem principalmente as regiões Sul e Sudeste do Brasil durante o inverno, atestando com a precipitação média dessas regiões durante este período. Além dessas, também alcançam a América do Sul as massas de ar tropicais (continental ou marítima).

Nimer (1979) classifica as massas de ar que influenciam o clima da América do Sul em: Massa Equatorial Norte – (En); Massa Equatorial Atlântica – (Ea); Massa Equatorial Continental – (Ec); Massa Tropical Atlântica – (Ta); Massa Tropical Continental – (Tc) e Massa Polar Atlântica – (mPa).

Na figura 5 é possível perceber as massas de ar que atuam nas estações de verão e inverno, que influenciam o clima da região Sudeste do Brasil, onde se encontra o município de Viana (ES),

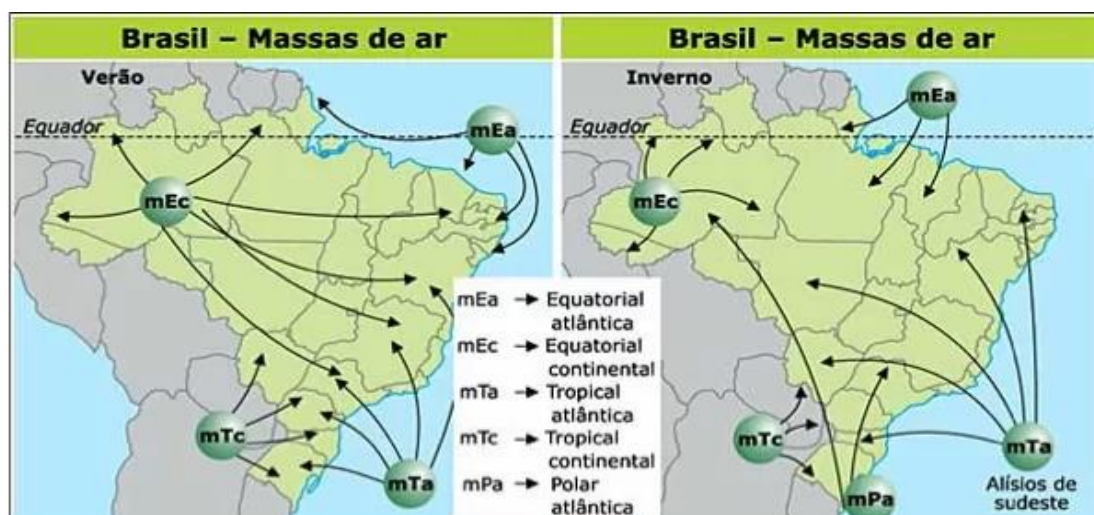


Figura 5: Massas de ar atuantes no Brasil e América do Sul, nos períodos de verão e inverno.
Fonte: <http://educacao.globo.com/geografia/assunto/geografia-fisica/massas-de-ar.html>

Para Vale (2004), a mEc (Massa Equatorial Continental) avança no verão sobre o Espírito Santo e, conseqüentemente sobre o município de Viana (Es).

“[...] no estado do Espírito Santo atuam todos os sistemas acima descritos, sendo particularmente predominante o Sistema Tropical Atlântico. A situação geográfica do Estado, localizado na faixa intertropical do globo, entre as latitudes 17°52'00" e 21°17'38"S, favorece a existência de período seco no inverno, quando há predominância do anticiclone semifixo do Atlântico, responsável pela formação da mTa. Enquanto no verão, com o Sistema Tropical Atlântico enfraquecido, o Sistema Equatorial Continental avança, ocasionando Linhas de Instabilidade Tropical. Nessa época, as frentes polares atlânticas, semi-estacionárias no litoral do Espírito Santo, podem provocar chuvas intensas e duradouras” (VALE, 2004, p.165)

Durante o verão, os contrastes térmicos entre a massa de ar Equatorial Continental e o Anticiclone Polar, geram chuvas intensas sobre as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Isso ocorre devido ao encontro de duas massas de ar com temperaturas distintas, que provoca uma superfície de descontinuidade conhecida como superfície frontal. Nesta zona de transição entre as massas de ar, os elementos meteorológicos se modificam, em geral, de maneira brusca (MOREIRA, 2002).

Para compreender a dinâmica e os fenômenos climáticos regionais do Sudeste brasileiro, é necessário ter conhecimento da atuação das massas de ar (MOREIRA, 2002). A figura 6 apresenta a atuação das massas de ar sobre o território brasileiro.

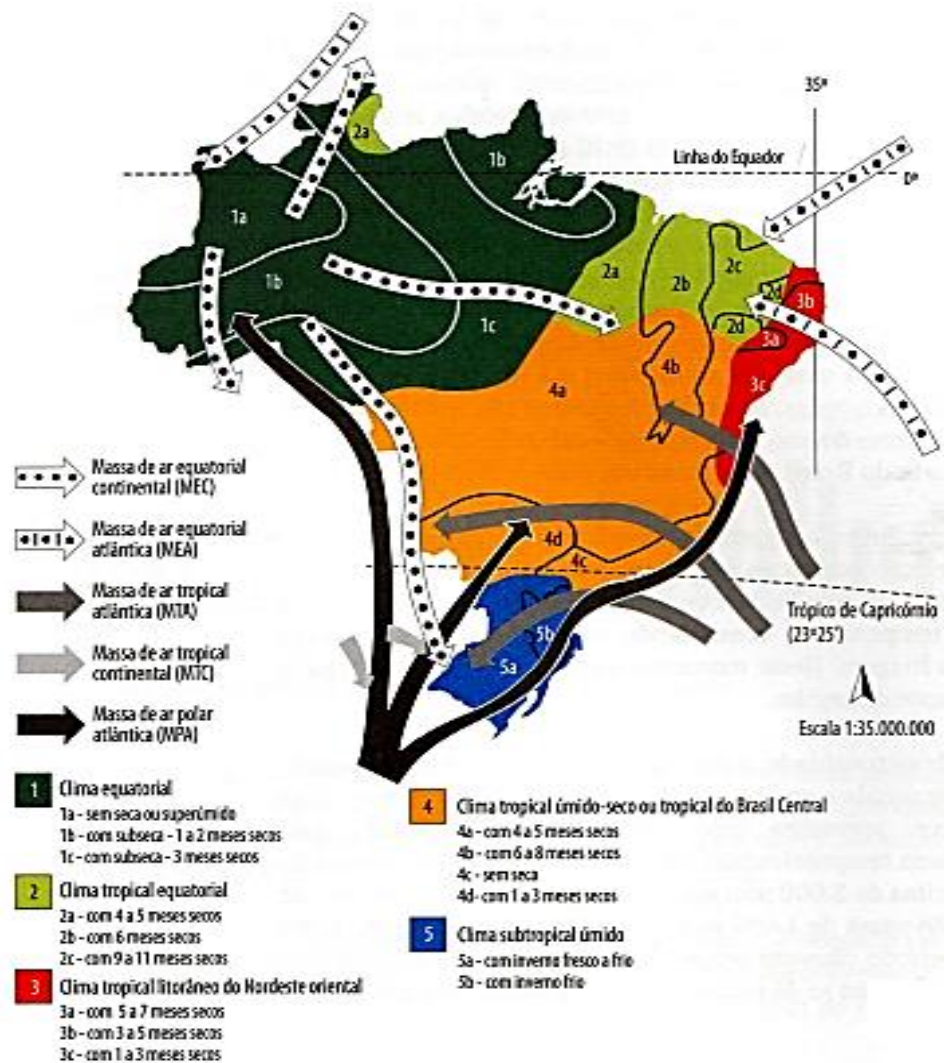


Figura 6: Domínios climáticos do Brasil, sistemas atuantes e subtipos.
Fonte: MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA (2007).

Apesar das massas de ar, aliado a outros fatores climáticos, interferirem na definição do clima de uma determinada região, cabe salientar que similarmente ocorre no território brasileiro a atuação dos microclimas, isto é, aquelas variações climáticas que se alteram por questões locais, como a altitude de uma cidade ou o índice de poluição da zona urbana (MONTEIRO, 2002).

4.1.5 PRECIPITAÇÕES

Um dos elementos meteorológicos que apresenta maior oscilação quantitativa e de distribuição mensal e anual, de uma região para outra, são as precipitações pluviais. Portanto, para um melhor planejamento das atividades de diversos setores da sociedade e do meio ambiente, tais como, abastecimento dos recursos hídricos e alimentação da população, é necessário conhecer o comportamento dos elementos meteorológicos (CORREA, 2011; FREITAS et al, 2011).

Pode-se definir chuva, como a precipitação da água em estado líquido na superfície terrestre, uma vez que ela já não se encontra retida nas nuvens. As chuvas de pouca duração, porém muito intensas, são denominadas de aguaceiros.

Grimm (1999), define chuva ou precipitação pluviométrica como um processo pelo qual a água em estado líquido na atmosfera, consegue atingir a superfície da terra pela ação da gravidade.

Para haver precipitação, entretanto, é necessário que não somente a água retorne à fase líquida, processo que recebe o nome de condensação, como também que as gotas cresçam até um tamanho suficiente para que, sob a ação da atração gravitacional, vençam a resistência e as correntes de ar ascendentes. O crescimento das gotículas formadas por condensação é chamado coalescência (VAREJÃO-SILVA, 2006, apud CORREA, 2011, p36).

As causas primárias de formação das chuvas são provenientes da ascensão de massa de ar quente e úmida na atmosfera. A massa de ar, ao ascender a um nível de temperaturas baixas, culmina ou excede o ponto de orvalho, deflagrando as precipitações (FELLOWS, 1975; TUBELIS, 1984).

Nas regiões tropicais, as chuvas podem ocorrer de diversas maneiras, dependendo da forma que foi originada a elevação do ar, podendo ser de origem convectiva, frontal ou orográfica (AYOADE, 1996; BARRY e CHORLEY, 2013).

A precipitação convectiva é resultado de uma massa de ar instável que rapidamente se eleva na atmosfera, a partir de uma área que se aqueceu, e se choca com o ar frio encontrado nas regiões mais altas (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Para Ayoade (1996), o tipo de chuva convectiva, geralmente se apresenta de forma mais intensa, porém de curta duração em relação a outros tipos de precipitação. Este tipo de chuva está associado a nuvens do tipo cumulus e cumulus-nimbus, acompanhada de trovões.

No Brasil, em períodos El Nino, as temperaturas na superfície terrestre ficam elevadas, sendo comum a formação desse tipo de chuvas, que ocorrem de maneira acentuada nos períodos veranicos (CLIMATEMPO, 2015).

A precipitação frontal é resultado do encontro entre massas de ar de características distintas, sendo uma quente e outra fria. São caracterizadas por serem contínuas, de intensidade baixa a moderada. Quando uma massa de ar fria avança sobre uma massa de ar quente, o resultado é uma frente fria; do contrário, se desenvolve uma frente quente (VAREJÃO-SILVA, 2006).

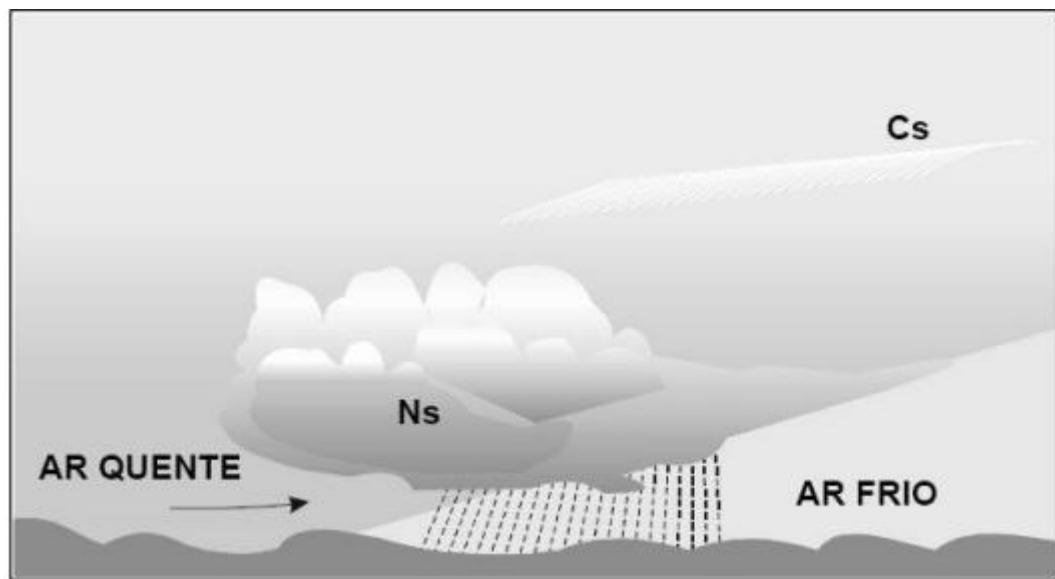


Figura 7: Precipitação frontal (frente-quente). Fonte: Varejão-Silva (2006)

Por fim, a precipitação orográfica, originada quando o deslocamento de uma massa de ar úmido encontra uma barreira topográfica, que obstrui seu livre movimento, forçando uma elevação da massa de ar. Isso provoca uma queda de temperatura, seguida de condensação de vapor d'água e formação de nuvens. Chuvas orográficas geralmente apresentam pequenas intensidades e longa duração (AYOADE, 1996).

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a chuva orográfica ocorre quando:

O ar úmido e quente, ao ascender próximo às encostas, resfria-se adiabaticamente devido à descompressão promovida pela menor densidade do ar nos níveis mais elevados. O resfriamento conduz a saturação do vapor, possibilitando a formação de nuvens, [...] que, com a continuidade do processo de ascensão, tendem a produzir chuvas. (p.78).

Fellows (1975) resume os tipos de chuvas existentes nas regiões tropicais associadas aos locais de ocorrência; apontando que as chuvas orográficas são típicas de regiões onde uma elevação de relevo obstrui o livre movimento das massas de ar; chuvas convectivas são os tipos normais de regiões tropicais, mediante ao excesso de aquecimento da superfície; e chuvas frontais é o tipo predominante em regiões dominadas por frentes polares, de média latitude (VAREJÃO-SILVA, 2006).

4.1.6 ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL (ZCAS)

As recorrentes precipitações que ocorrem durante o verão na região Sudeste são definidas em grande parte, pela intensidade e manutenção de atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que se apresenta como um dos principais fenômenos meteorológicos de escala sinótica no continente sul americano. Esse fenômeno é responsável por grandes volumes pluviais, que trazem sérios transtornos e prejuízos a população (CARVALHO, 2009; ESCOBAR; SACRAMENTO; SILVA, 2010).

O sistema ZCAS tem como principal característica uma faixa de nebulosidade orientada na direção noroeste-sudeste (NW-SE), que tem por área de atuação o Centro Sul da Amazônia, regiões Centro Oeste e Sudeste, Centro Sul da Bahia, Norte do estado Paraná e se estende até o Oceano Atlântico Sudoeste. A ZCAS pode permanecer estacionada em uma determinada região por pelo menos quatro dias. (FERREIRA; SANCHES; DIAS, 2003).

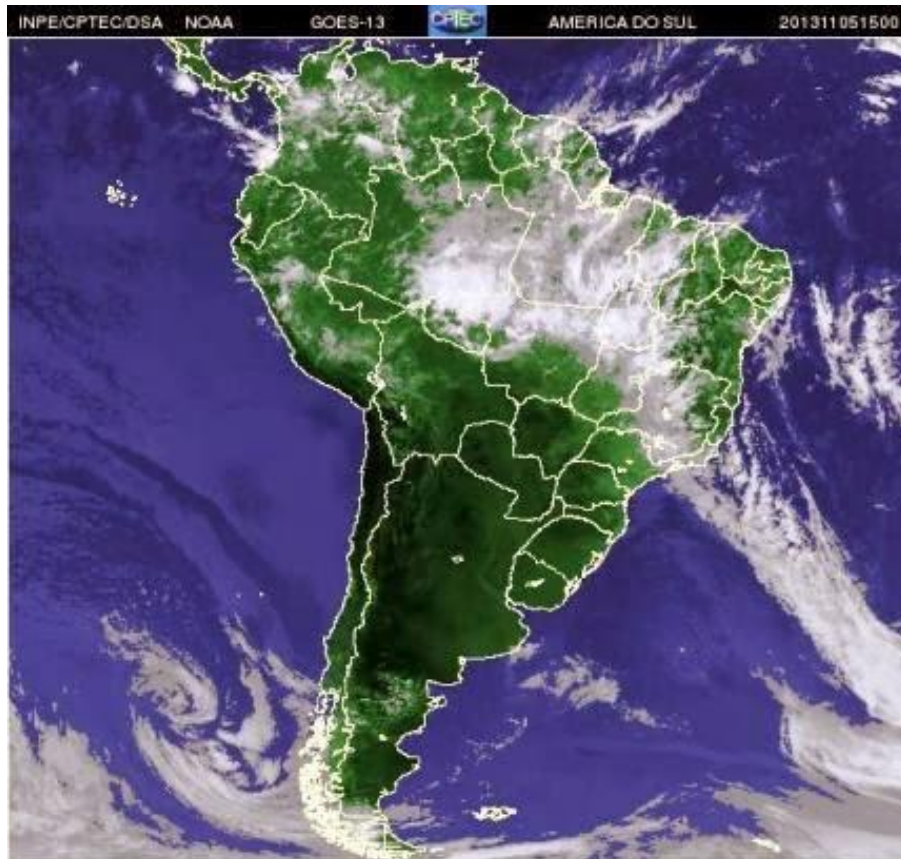


Figura 8: Área de abrangência da Zona de Convergência do Atlântico Sul, 05/11/2013.
Fonte: Cptc/Inpe

Na década de 70, Taljaard (1972), Streten (1973) e Yassunary (1977), realizaram os primeiros estudos que destacaram a persistência de uma banda de nebulosidade de origem convectiva na América do Sul, atualmente conhecida como ZCAS (FERREIRA; SANCHES; SILVA, 2003).

A localização da região Sudeste se encontra aproximadamente entre os paralelos 21° e 24° de latitude Sul, o que significa dizer que, quase a toda da região está localizada na zona tropical (BRANDÃO; FISCH, 2008). Para Lemos (2000, *apud* BRANDÃO; 2008), a região é impactada em grande parte, pelos sistemas sinóticos que atingem o sul do país, com algumas diferenciações em aspectos de intensidade e sazonalidade do sistema.

O Sudeste brasileiro representa a região de maior variedade climática, considerando o elemento climático temperatura. (NIMER, 1979 *apud* BRANDÃO; FISCH, 2008).

"A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) está relacionada à estacionariedade de frentes frias na região Sudeste do Brasil, sendo intensificada

pela convergência de calor e umidade provenientes da região central da América do Sul” (GANDU e SILVA DIAS, 1998; ABREU, 1998, apud CORREA; 2011,p.32).

A ZCAS entre os meses de outubro a abril (primavera/verão estendida) tem ação marcante entre as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, provocando grande quantitativo de chuva praticamente em todos os anos , que geram eventos severos de deslizamentos de terra, alagamentos e inundações. Contudo, há anos que a ausência de chuva descaracteriza este sistema, provocando períodos prolongados de seca ou má distribuição espacial das chuvas sobre o território nacional (CARVALHO; JONES, 2009).

As oscilações interanuais da ZCAS são acompanhadas por anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM). As anomalias da TSM, quando são positivas no Atlântico Sul, tendem a intensificar e deslocar a ZCAS em direção às áreas de águas mais quentes, enquanto que as tendências negativas tendem a enfraquecer o fenômeno (CHAVES e NOBRE, 2004; TEIXEIRA, 2002).

O município de Viana (ES) possui duas estações bem definidas, uma chuvosa no verão e outra seca no inverno. Os principais fenômenos meteorológicos, em escala sinótica, que influenciam a variabilidade do tempo nos estados da Região Sudeste, inclusive o município de Viana (ES), são a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), os Sistemas Frontais (SF) e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (SANT’ANNANETO, 2005; VAREJÃO-SILVA, 2006; DANNI-OLIVEIRA; MENDONÇA, 2007).

Em novembro de 2008 houve configuração de três episódios da ZCAS, que provocou precipitações acima da média no município de Viana (ES), gerando um acumulado mensal de aproximadamente 700 mm (INCAPER, 2014).

A figura 9 mostra uma média da posição da ZCAS (banda de nebulosidade) nos três episódios de novembro de 2008, sendo o episódio (I), referente ao período de 01 a 11 de novembro e o episódio (II), referente ao período de 13 a 24 de novembro. Ao comparar o episódio (III), referente ao período de 27 a 01 de dezembro de 2008, com os episódios antecedentes, é possível observar que o primeiro e segundo episódio estiveram mais atuantes sobre o continente, principalmente sobre as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. No terceiro período, o fenômeno

apresentou-se mais veemente sobre o oceano, favorecendo a precipitação. É possível observar a direção predominante de Noroeste-Sudeste (NW-SE) da faixa de nebulosidade desde a Amazônia até o Atlântico Sul (CORREA, 2011).

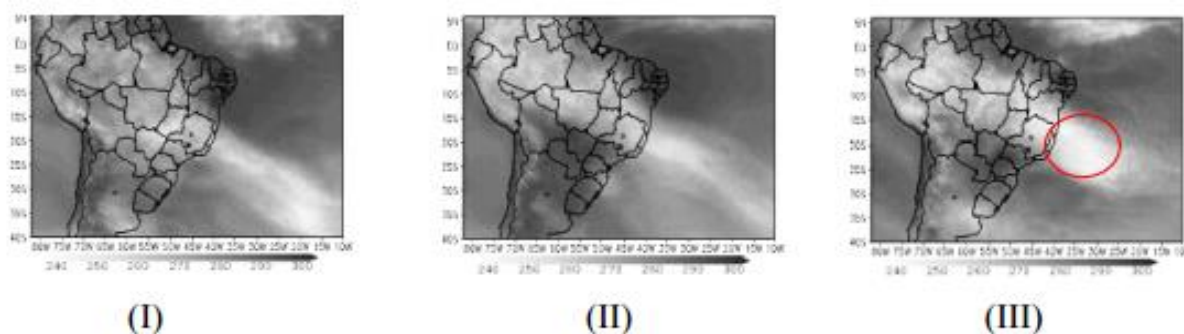


Figura 9: Três episódios de ZCAS no mês de novembro de 2008. (I) Período 01 a 11. (II) Período de 13 a 24. (III) Período de 27 a 01 de dezembro. Através das imagens do Satélite GOES – 10. Fonte: Adaptado de CLIMANÁLISE. Vol. 23, n° 11, 2008 por CORREA, 2011.

Além de influenciar a ocorrência de fortes chuvas em novembro de 2008, o fenômeno da ZCAS, que ocorreu no período de 12 a 25 de dezembro de 2013, desencadeou muitos danos e prejuízos de maneira simultânea em quase todos os municípios do estado, atingindo 57 dos 72 municípios que compõem o Espírito Santo (GUIMARAES, 2014).

No episódio das chuvas no Espírito Santo em dezembro de 2013, a frente fria situada sobre o Oceano Atlântico, associada à umidade oriunda da Amazônia, originou a ZCAS, provocando precipitações de grande magnitude e frequência sobre todo o Estado. Entre os dias 01 a 19 de dezembro, o acumulado de chuvas foi de 600 mm em Portal do Ipiranga, 561,1 mm em Povoação, ambos no município de Linhares. 558,7 mm em Águia Branca, 505,8 mm em Sooretama, 472,8 mm em Vitória e 318,6 mm em Viana (GUIMARAES, 2014).

Para identificação da atuação da ZCAS sobre a América do Sul, pode ser realizado o uso sistemático das informações de satélites e de outros mecanismos, a partir do uso do campo de radiação de ondas longas (ROL), com ROL inferior 200 W/m^2 , que estão relacionados aos padrões de precipitação (CARVALHO; JONES, 2009).

O prenúncio deste fenômeno pode fornecer dados importantes para amenizar os prejuízos econômicos, humanos e ambientais aos municípios, oferecendo à defesa

civil subsídios para antecipar decisões mediante as precipitações (FERREIRA; SANCHES; SILVA, 2003).

4.1.7 EL NINO E LA NINA

O fenômeno de grande escala denominado El Nino (EN), acontece na região do Oceano Pacífico Equatorial, provocando mudanças no tempo e clima em diversos lugares em nível global (CANE, 2001, *apud*, Paula, 2009).

O El Nino compreende em um fenômeno atmosférico–oceânico, caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, junto à costa oeste da América do Sul. Atualmente é monitorado pela Temperatura da Superfície do Mar (TSM), no que se refere ao componente oceânico e pelo Índice Oscilação Sul (IOS), que monitora o componente atmosférico, demonstrando a correlação existente entre a pressão atmosférica nos extremos leste e oeste do Oceano Pacífico. A pressão por sua vez, quando se encontra alta a leste é baixa a oeste e vice e versa (INPE, 2015; PAULA,2009).

Quando acontece um EN, os ventos sopram com menos intensidade em todo o centro do Oceano Pacífico, resultando numa diminuição da ressurgência de águas profundas e, na acumulação de águas mais quentes que o normal na costa oeste da América do Sul. Esse fenômeno ocorre irregularmente em intervalos de 2 a 7 anos, com uma média de 3 a 4 anos(INPE 2015).

O componente atmosférico também conhecido como IOS, ocorre em duas fases distintas, sendo uma quente e outra fria. A fase quente ou positiva denomina-se El Nino, termo usado para se referir ao menino Jesus, devido ao aparecimento da corrente marítima quente no Sul do Pacífico, ao longo da costa do Equador e Peru e, pela diminuição da pressão atmosférica perto do Pacífico Leste, próximo a data festiva de Natal (BERLATO e FONTANA,2003;GRIM et al,1996). Já o fenômeno La Nina (LN) “representa um fenômeno oceânico-atmosférico com características opostas ao EL Niño, e que caracteriza-se por um esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical” (CPTEC/INPE, 2015).

Muitos são os critérios existentes para se definir as fases de intensidade das oscilações positivas e negativas do Oceano Pacífico Equatorial. No critério apresentado pela National Oceanic And Atmospheric Administration (NOAA, 2015), um episódio EN ou LN é definido pela média móvel trimestral da anomalia de TSM, deliberado pelo Índice de Nino Oceânico (INO). O El Nino é determinado quando o índice é $\geq 0,5^{\circ}\text{C}$ e La Nina (LN) quando o índice for $\leq -0,5^{\circ}\text{C}$, por no mínimo cinco meses consecutivos (NOAA, 2015), conforme podemos observar na figura 10.

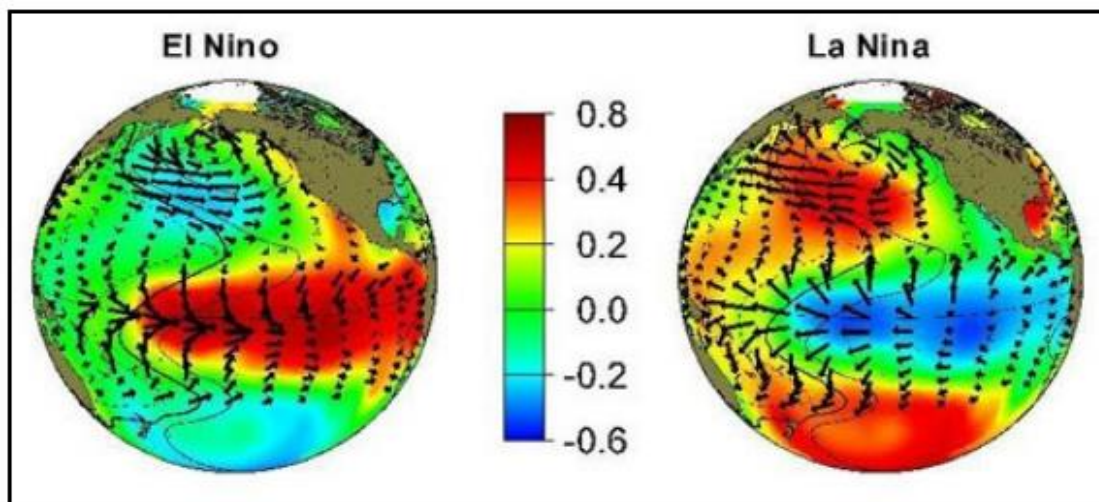


Figura 10: Fases do fenômeno, El Nino e La Nina, as setas indicam a direção dos ventos. Fonte: Fonte: Golden Gate Weather Services (2015).

A coleta da TSM é realizada em quatro regiões do Pacífico, em que a região mais utilizada para pesquisa e monitoramento das águas do oceano, é a região chamada Nino 3.4 (NOAA, 2015).

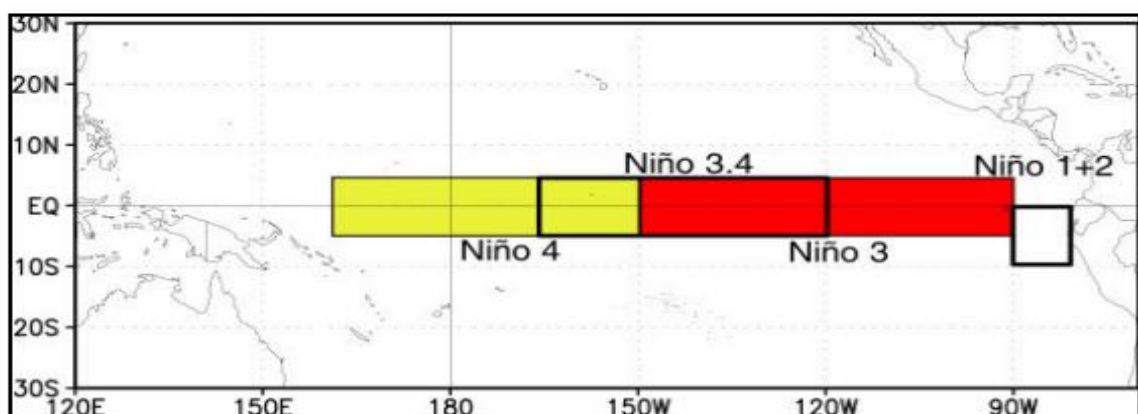


Figura 11: Regiões do Oceano Pacífico onde é feito o monitoramento da temperatura da superfície do mar (TSM). Fonte: Golden Gate Weather Services (2015).

Os episódios de EN e La Nina (LN) podem ser classificados como fraco (anomalia de TSM entre 0,5 e 0,9); moderado (anomalia de TSM de 1,0 e 1,4); e forte (anomalia de TSM superior a 1,5); desde que ultrapasse o limiar de sobreposição de pelo menos 5 meses consecutivos (GGWS, 2015). A tabela 2 mostra os fenômenos El Nino e La Nina classificados por intensidade de acordo com o período de ocorrência.

Tabela 2 : Ocorrência de fenômenos El Nino e La Nina de 1951 a 2013

EL NINO			LA NINA		
FRACO	MODERADO	FORTE	FRACO	MODERADO	FORTE
1951-1952	1963-1964	1957-1958	1950-1951	1955-1966	1973-1974
1952-1953	1986-1987	1965-1966	1954-1955	1970-1971	1975-1976
1953-1954	1987-1988	1972-1973	1964-1965	1998-1999	1988-1989
1958-1959	1991-1992	1982-1983	1967-1968	1999-2000	
1968-1969	2002-2003	1997-1998	1971-1972	2007-2008	
1969-1970	2009-2010		1974-1975	2010-2011	
1976-1977			1983-1984		
1977-1978			1995-1996		
1979-1980			2000-2001		
1990-1995			2011-2012		
2004-2005					
2006-2007					

Fonte: Golden Gate Weather Services (2015). Organizado pela autora.

Berlato e Fontana (2003) apontam que em anos de EN ocorre um enfraquecimento de ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, que provocam uma locomoção do ramo ascendente da célula Walker para parte central do Oceano Pacífico. As águas com anormalidade quentes do Oceano Pacífico Tropical, chegam a atingir a costa na América do Sul na altura do Peru e Equador, provocando uma ascensão de ar nesta região, que faz com que a costa da América do Sul experimente chuvas acima do que é considerado normal. Em períodos de LN, as condições normais do oceano e da atmosfera na região tropical do Oceano Pacífico se intensificam juntamente com a célula de Walker, fazendo com que os ventos alísios soprem com mais intensidade, gerando um aumento no carregamento das águas quentes para o oeste e, chuvas abaixo do normal na Costa da América do Sul.

Vários trabalhos apontam a relação do fenômeno EN e LN, apresentando sua relação com as precipitações pluviométricas na Região Sudeste da América do Sul, na qual fazem parte o Sul do Brasil, Nordeste da Argentina, Uruguai e Sul do Paraguai (RAO;HADA,1990;STUDZINSKI,1995;DIAZ et al,1998; GRIMM et al,1998, apud PAULA, 2009).

No contexto brasileiro, o impacto da fase quente e fria do IOS ocorre principalmente sobre o volume de chuvas no Sul e Nordeste do Brasil, onde em anos de EN, as chuvas ficam acima da normalidade climatológica na Região Sul, enquanto na região Nordeste é abaixo do normal (BERLATO; FONTANA,2003). Em fases LN, os efeitos ocorrem de maneira inversa nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, ocorrendo secas severas na primeira e aumento das precipitações na segunda.

No sudeste do Brasil, os efeitos do EN e LN não são constantes quando aos que ocorrem no Cone Sul da América do Sul. Um fato a ser analisado é que nessa região pode haver uma dependência maior das anomalias que ocorrem no Oceano Atlântico, em que a resposta não é similar em relação às anomalias que ocorrem no Pacífico (GRIMM; FERRAZ, 1998, *apud* Paula, 2009).

Nimer (1979, *apud* Tavares, 2009) afirma que apesar de ter uma diversificação climática, a região sudeste do Brasil apresenta caráter de transição em sua climatologia, pois “constitui certa unidade climatológica advinda do fato desta região estar sob a zona onde mais frequentemente o choque entre o sistema de altas tropicais e altas polares se dá em equilíbrio dinâmico” (p.118).

4.1.8 OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO (ODP)

Para se compreender a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) faz-se necessário entender algumas propriedades e características que o tornam um oceano peculiar.

Os oceanos compõe o limite inferior da atmosfera da terra e cobrem cerca de 75% da superfície do planeta, interferindo de maneira importante nos estudos da Geografia; uma vez que pela teoria de geossistêmica, proposta por Sotchava em 1963, os dois sistemas em questão pertencem aos fluidos geofísicos, que trocam massa e energia (FELICIO,2009).

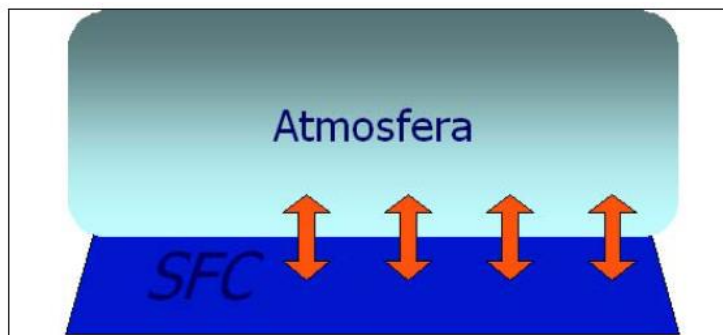


Figura 12: Esquema de troca de massa e energia entre os sistemas. Fonte: Felício (2009).

Sobre o Oceano Pacífico, o autor (Op. Cit, 2009) aponta:

“O oceano Pacífico ocupa mais de um terço da superfície da Terra, é o maior oceano do planeta, e consegue ser o representante de 40% da área marítima total do mundo. Apresenta-se como a sede das mais intensas tempestades tropicais. Este fato é observado justamente porque a área tropical recebe insolação durante todo o período do ano, ora mais ao Norte, ora mais ao Sul. Desta maneira, ele funciona como um imenso reservatório de calor e influencia no clima mundial (p.1).

Os primeiros estudos sobre as variações interdecadais foram com relação à produção de salmão no Alaska, a partir de observações da alternância de regimes de baixa produção (1940 e início do ano 1950) e alta produção na metade dos anos 70 (FRANCIS E LEBRE, 1994, apud REBELLO, 2006).

O nome Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) foi dado pelo biólogo Steve Hare, da Universidade de Washington em 1996, junto com outros pesquisadores que descobriram um padrão decadal, através de trabalhos feitos sobre a variação da população de peixes no Pacífico Norte (MANTUA ET AL, 1997).

Através de imagens captadas pelo satélite francês-americano Topex-Poseidon, que mostravam áreas no Pacífico Norte com anomalias de temperaturas positivas e negativas, alternadas entre suas subbacias leste e oeste, foi que os estudos sobre o assunto passaram a obter avanços, concluindo que a ODP possuem ciclos de duas fases distintas: de aquecimento e resfriamento. No Brasil, passaram a buscar uma correlação desse fenômeno com variações da precipitações a nível decadal (REBELLO, 2006).

É importante salientar que duas características diferenciam a ODP do fenômeno El Niño e La Niña. Em primeiro lugar, os eventos de ODP no século XX duraram de 20 a 30 anos, enquanto os episódios de El Niño e La Niña tendem a apresentar duração de 6 a 18 meses. Em segundo, os sinais da ODP são mais visíveis no Pacífico Norte, com traços residuais no Pacífico Tropical, enquanto nos fenômeno de El Niño e La Niña ocorre o oposto (METSUL, 2006; MOLION, 2005).

Sobre a Oscilação Decadal do Pacífico o autor (Op. Cit, METSUL, 2006) apresenta da seguinte forma:

ODP Positiva = fase quente, com maior probabilidade a número de episódios El Niño, que tendem a ser mais intensos.

ODP Negativa = fase fria, com maior probabilidade de episódios La Niña, que tendem a ser mais intensos.

Nas fases negativas da ODP que a TSM encontra-se fria, a propensão é que ocorra um maior número de episódios LN, que tendem a ser mais intensos, com diminuição significativa das precipitações na América do Sul. Em contrapartida, se dá uma menor frequência de eventos EN, que tendem a ser curtos e rápidos. Já na fase positiva da ODP, que a TSM encontra-se quente, há uma tendência maior de número de episódios EN, que tendem a ser mais intensos, provocando aumento das precipitações no continente sul-americano. Ao mesmo tempo, se registra um menor número de LN que tendem a ser menos expressivos (METSUL, 2006)

Na figura 13 é possível analisar a tendência de mudanças da temperatura do Oceano Pacífico alternar a cada 20 ou 30 anos.

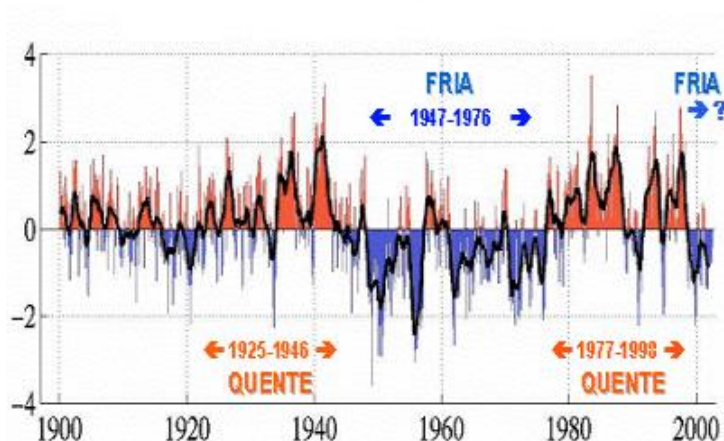


Figura 13: Mudança de fases da ODP. Fonte: Mantua et al, 1997.

Diversos estudos independentes concluíram que no século passado ocorreram dois ciclos completos da ODP, sendo uma fase fria de 1890 a 1924 e novamente entre 1947 e 1976; enquanto uma fase quente perdurou de 1925 a 1946, seguida de outra entre 1977 e o final do século (METSUL, 2006).

Tabela 3: Anos de ocorrência das fases de ODP

FASES DA ODP	PERÍODO	TOTAL DE ANOS
NEGATIVA	1900-1924	25
POSITIVA	1925-1946	22
NEGATIVA	1947-1976	30
POSITIVA	1977-1998	22
NEGATIVA	1999-2015	17

Fonte: Mantua et al (1997), adaptado pela autora.

Em 1941 o Brasil experimentou os efeitos da ODP, quando grande parte da cidade de Porto Alegre (RS) ficou inundada, atingida pela pior enchente do último século. Dos anos 50 até 1976 a fase foi negativa, quando houve vários eventos fortes de La Ninas, que provocaram invernos rigorosos no Brasil em 1955, 1957, 1965, 1965 e 1975. Nos anos 80 e 90, a fase de ODP voltou a ser positiva, e foram registrados os dois El Ninos mais forte do século passado nos anos 1982/1983 e 1997/1998 (PRADO, 2010).

A ODP entrou novamente em fase negativa a partir de 1999 e tem previsão de permanência deste estágio até o ano 2025 (AGENCIA BRASIL, 2015).

É importante salientar, que as causas da ODP e seus impactos sobre o clima não são conhecidas por completo, sabendo-se ainda muito pouco sobre o assunto. Porém, se considerarmos que a atmosfera terrestre é aquecida por debaixo e, que os oceanos são a condição de contorno inferior de maior relevância para o clima, é conveniente considerar que o Oceano Pacífico, por ocupar um terço da superfície terrestre, tem um papel preponderante na variabilidade climática interdecadal (MOLION, 2007).

Neste trabalho iremos relacionar as chuvas diárias do município de Viana (ES), com as fases negativas e positivas de ODP, que ocorreram dentro da série histórica 1951-2013, associando a outros sistemas atmosféricos e agentes deflagradores, que atuam no desencadeamento de movimentos de massa na área de estudo.

Tabela 4: Fases de ODP no período de 1951-2013 para Viana (ES)

FASES DA ODP	PERÍODO	TOTAL DE ANOS CIVIS
NEGATIVA	1951-1976	26
POSITIVA	1977-1998	22
NEGATIVA	1999-2013	15

Fonte: Mantua et al (1997), adaptado pela autora.

4.2 MOVIMENTOS DE MASSA

O conhecimento das formas e a compreensão dos processos que atuam na superfície terrestre são essenciais ao contexto urbano ambiental, fundamental para conhecer e gerir territórios (KORMANN, 2014).

A Geomorfologia é um dos principais ramos da Geografia Física que permite a compreensão dos movimentos de massa, pois permite a compreensão do relevo enquanto elemento dinâmico do meio físico, onde são efetivados os processos sociais (KORMANN, 2014).

Em Geomorfologia utiliza-se o termo encosta, ou similar vertente, para superfícies com algum grau de inclinação, capazes de gerar escoamento, estabelecendo uma conexão dinâmica entre os divisores de água e o fundo de vale.

A água, sobretudo proveniente de eventos pluviométricos, atua na deflagração dos processos morfogenéticos, participando como elemento que potencializa a mobilização de material da encosta, atuando junto a ação da gravidade (KORMANN, 2014).

Nos períodos de outubro a março, as chuvas torrenciais são muito frequentes nas cidades brasileiras, sobretudo nas regiões onde predominam climas úmidos como Sul, Sudeste e Nordeste. A elevada quantidade e intensidade dos índices pluviométricos deste período colaboram para deflagração dos processos de movimentos de massa, que envolvem os materiais que recobrem as superfícies das vertentes, tais como rocha, solos e vegetação (TOMINAGA, 2009).

Conforme Sobreira e Fonseca (2001), as condições geomorfológicas e geológicas são fatores que contribuem à ocorrência de movimentos de massa e processos erosivos. Os períodos de condições climáticas de chuvas acentuadas e prolongadas finalizam o cenário de aptidão, ao desenvolvimento de processos geodinâmicos de caráter superficial, principalmente escorregamentos, erosão e movimentação de materiais rochosos, que se manifestam durante a estação chuvosa.

Movimentos de massa são definidos como um movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob a ação direta da gravidade. A contribuição de outro meio como a água ou gelo, acontece pela redução da resistência dos materiais da vertente, e/ou pela indução do comportamento plástico e fluido dos solos (TOMINAGA, 2009).

Assim Tominaga (2009, p.28) destaca:

Os movimentos de massa consistem em importante processo natural que atuam na dinâmica das vertentes, fazendo parte da evolução geomorfológica em regiões serranas. Entretanto, o crescimento da ocupação urbana indiscriminada em áreas desfavoráveis, sem o adequado planejamento do uso do solo e sem a adoção de técnicas adequadas de estabilização, está disseminando a ocorrência de acidentes associados a estes processos, que muitas vezes atingem dimensões de desastres.

A ocupação humana nas encostas, na maioria das vezes, leva à retirada da vegetação, à movimentação da terra, à alteração do regime de escoamento e

infiltração, bem como a deposição irregular de lixo e entulho, os quais as predispõem aos movimentos de massa do local (SOBREIRA, FONSECA, 2001).

Os movimentos de massa podem ocorrer de diversas formas e tipos, pois envolvem diferentes materiais no processo. Por este motivo, alguns cientistas da área elaboraram classificações que se baseiam no tipo do movimento e no tipo de material transportado, tais como Vames (1978), e nas classificações brasileiras, destacamos Freire (1965), Guidicini e Nieble (1984) e Augusto Filho (1992), na qual será adotada para este trabalho.

Quadro 1: Principais tipos de movimentos de massa nas encostas

PROCESSOS	DINAMICA/GEOMETRIA/MATERIAL
RASTEJOS	vários planos de deslocamentos (internos) vários planos de deslocamentos (internos) velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas movimentos contantes, sazonais e intermitentes geometria indefinida
ESCORREGAMENTOS	poucos planos de deslocamento (externos) velocidades médias (m/h) a altas (m/s) pequenos e grandes volumes de material geometria e materiais variáveis Planares - solos poucos espessos, solos e rochas como um plano de fraqueza Circulares - solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas Em cunha - solos e rochas com dois planos de fraqueza
QUEDAS	sem planos de deslocamento movimentos tipo queda livre ou em plano inclinada velocidades muito altas (vários m/s) material rochoso pequenos a médios volumes geometria variável: lascas, placas, blocos, etc Rolamento de matacão Tomabamento
CORRIDAS	muitas superfícies de deslocamento movimento semelhante ao de um líquido viscoso desenvolvimento ao longo das drenagens velocidades médias a altas mobilização de solo, rocha, detritos e água grande volume de material extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Fonte: Adaptado de Augusto Filho, 1992. Organizado pela autora

É importante salientar que a proposta de qualquer classificação apresenta limitações, já que a natureza e os escorregamentos tendem a se apresentar de

forma ainda mais complexa do que já foi observado. Isso dificulta estabelecer limites entre classes, pois é possível ocorrer manifestação de várias classes num mesmo movimento (FERNANDES E AMARAL, 1996).

Neste trabalho iremos discorrer apenas os tipos de movimentos de massa mais recorrentes no município de Viana (ES), que geram danos sociais, ambientais e econômicos a população.

4.2.1 ESCORREGAMENTOS

Os processos de movimentos de massa mais comuns e frequentes na região Sudeste do Brasil, são os escorregamentos. Este termo tem diversos sinônimos de uso mais popular como deslizamento, queda de barreira, desbarrancamento, dentre outros (TOMINAGA, 2009).

Os escorregamentos são movimentos rápidos de solos e/ou rochas com volumes definidos, que se deslocam em declive pra fora da vertente. Ocorrem quando a relação de resistência do cisalhamento do material e, a tensão do cisalhamento na superfície em potencial para escorregamento, diminui, até atingirem uma unidade no momento do escorregamento (GUIDICINE E NIEBLE, 1984).

Em termos gerais, um escorregamento ocorre quando a força gravitacional vence a força de atrito interno das partículas responsável pela estabilidade, provocando a movimentação da massa de solo encosta abaixo (TOMINAGA, 2009).

A causa da diminuição ou perda total do atrito entre as partículas é a infiltração da água. Quando o solo atinge o estado de saturação (capacidade de campo), o material entra em processo conhecido como solifluxão, formando movimentos de escoamento do tipo corridas (TOMINAGA, 2009).

Os movimentos mais abruptos ocorrem em terrenos relativamente homogêneos, com combinação de coesão e atrito interno elevado, em superfícies de escorregamento mais inclinado (GUIDICINE & NIEBLE, 1984). O fator determinante para velocidade do movimento é a inclinação da superfície de escorregamento, a causa que provocou a movimentação e, a natureza do terreno. A velocidade do

deslocamento pode variar de quase zero a alguns metros por segundo (TOMINAGA, 2009).

Para Tominaga (2009), os escorregamentos podem ser subdivididos em três tipos, se for levado em consideração a geometria e a natureza dos materiais instabilizados: são os escorregamentos rotacionais ou circulares, escorregamentos translacionais ou planares e escorregamentos em cunha.

4.2.1.1 ESCORREGAMENTOS ROTACIONAIS OU CIRCULARES

Os escorregamentos rotacionais ou circulares estão associados em áreas onde a superfície de ruptura é curva (forma de colher) no sentido superior e, o movimento da queda do material é basicamente rotatório em torno de um eixo paralelo no contorno do talude (HIGHLAND & BOBROWSKY, 2008).

O início do movimento muitas vezes é provocado pela execução de cortes na base das encostas para implantação de uma estrada, construção de edificações ou ainda pela erosão fluvial no sopé da vertente (FERNANDES & AMARAL, 1996).

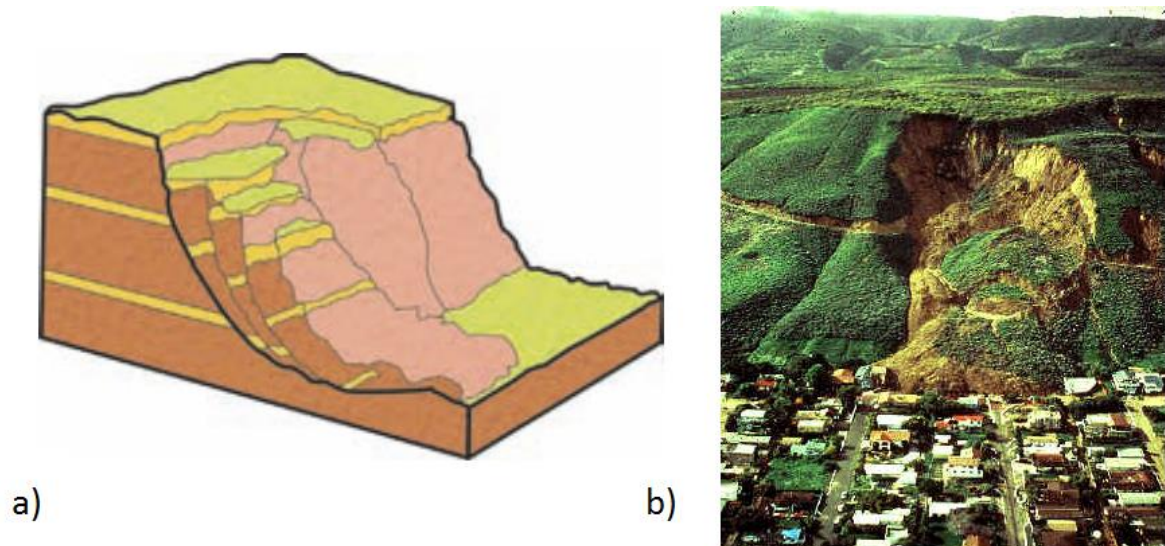


Figura 14: a) Esquema de escorregamento rotacional. Fonte: Lopes 2006, *apud* TOMINAGA 2009. b) Escorregamento rotacional ocorrido em 1995, em La Conchita, California, EUA. Fonte: geohazards.cr.usgs.gov

Este tipo de escorregamento ocorre frequentemente em materiais homogêneos, muito comuns em áreas de aterros e associados a taludes, que variam de 20 a 40 graus em inclinação. A velocidade de deslocamento varia de extremamente vagarosa (0,3m a 1m a cada 5 anos) a moderadamente rápida (1,5 m por mês) e rápida (HIGHLAND E BOBROWSKY, 2008).

4.2.1.2 ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS OU PLANARES

Os escorregamentos translacionais ou planares são comuns de ocorrerem quando se refere a tipos de movimentos de massa.

Sobre os escorregamentos planares, Tominaga (2009) aponta que ocorre uma formação de superfície de ruptura planar associada às heterogeneidades dos solos e rochas que apresentam descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas derivadas de processos geológicos, geomorfológicos ou pedológicos.

A morfologia dos escorregamentos translacionais caracteriza-se por serem rasos, com o plano de ruptura, na maioria das vezes, de 0,5 a 5,0 m de profundidade e com maiores extensões no comprimento. Ocorrem em encostas tanto de alta como de baixa declividade e podem atingir centenas ou até milhares de metros (GUIDICINE E NIEBLE, 1984 *apud* TOMINAGA, 2009, p. 30).

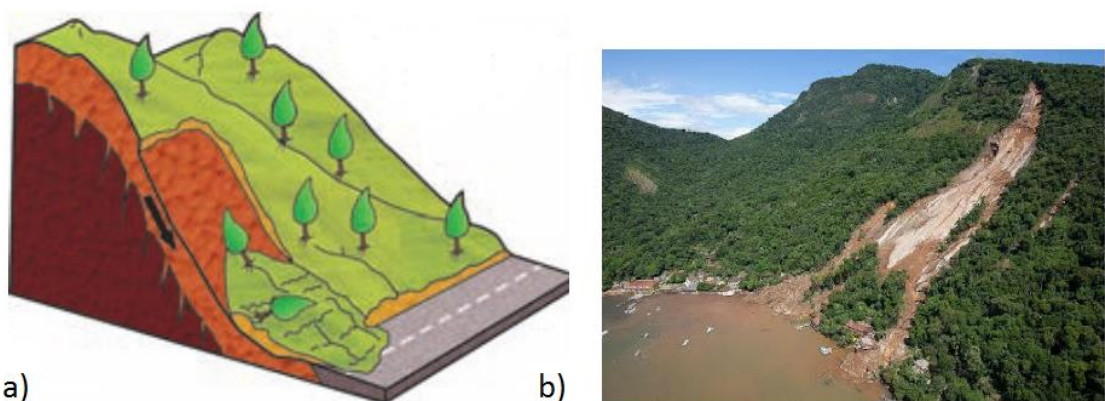


Figura 15: a) Esquema de escorregamento translacional. Fonte: IG, 2009. b) Escorregamento translacional ocorrido em 2010, em Ilha Grande, Angra dos Reis/RJ. Fonte: <http://www.aquafluxus.com.br/>

Sobre os materiais deslocados pelos escorregamentos planares, pode ser constituído de rocha, solo e de solo/rocha.

Nos escorregamentos translacionais de rocha, a movimentação se dá em planos de fraqueza que correspondem às superfícies associadas à estrutura geológica, tais como estratificação, xistosidade, gnaissificação, acamamento, falhas, juntas de alívio de tensões e outras (TOMINAGA, 2009, p.30).

A espessura dos escorregamentos translacionais de solos depende da natureza da rocha, do clima e relevo. De modo geral, o movimento é de curta duração, de velocidade elevada e grande poder de destruição. Esses movimentos associados a maior quantidade de água, podem passar a corridas ou se converterem em rastejo após a acumulação do material movimentado no pé da vertente (TOMINAGA, 2009).

Nos escorregamentos translacionais de solo e rocha, a massa transportada pelo movimento apresenta um volume de rocha significativo. O que melhor representa tais movimentos é a que envolve massas de tálus/colúvio. Os depósitos de tálus/colúvio que em geral, encontram-se nos sopés das escarpas, são constituídos por blocos rochosos e fragmentos de tamanhos variados, envolvidos em matriz terrosa, provenientes de acumulação” (TOMINAGA, 2009, p.30).

Fernandes e Amaral (1996) analisam que os escorregamentos translacionais, ocorrem durante ou logo após períodos de eventos pluviométricos de grande intensidade. É comum que a superfície de ruptura coincida com a interface solo-rocha, a qual representa uma importante descontinuidade mecânica e hidrológica. A ação da água nestes movimentos é mais superficial e, as rupturas ocorrem em curto espaço de tempo, devido ao rápido aumento da umidade.

4.2.1.3 ESCORREGAMENTOS EM CUNHA

Os escorregamentos em cunha têm ocorrência mais restrita às regiões que apresentam um relevo fortemente controlado por estruturas geológicas, onde sucede a interseção de dois ou mais planos de ruptura. São geralmente maciços rochosos de pouco a muito alterados, desfavoráveis à estabilidade, que provocam um

aumento expressivo para possibilidade de ruptura. Sucedem principalmente em taludes de corte, ou em encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento natural ou antrópico (INFANTI JR. & FORNASIARI FILHO, 1998).

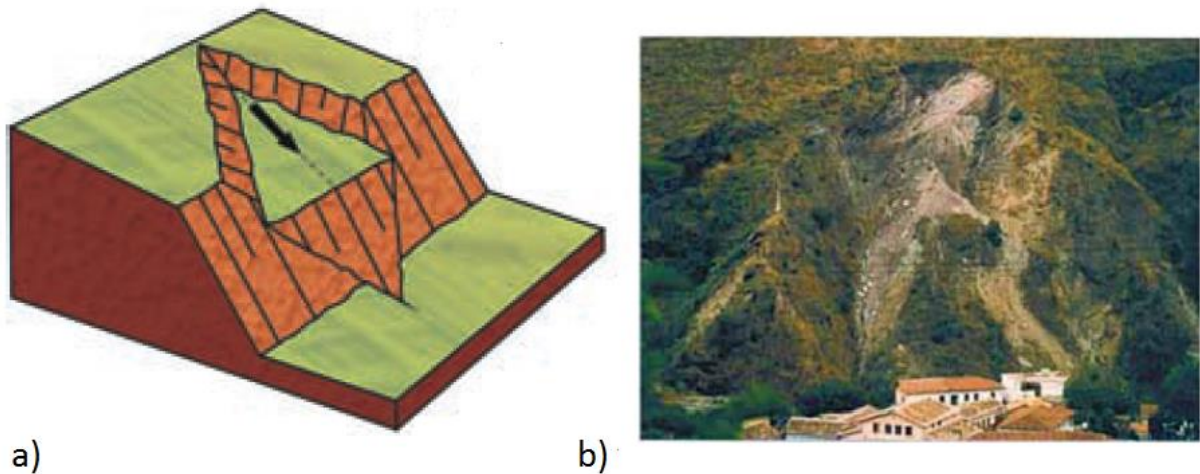


Figura 16: a) Esquema de escorregamento em cunha. Fonte: Parizzi (2004). **b)** Escorregamento em cunha, em Ouro Preto-MG, 1992. Fonte: IPT (1996).

4.2.1.4 QUEDA DE BLOCOS E ROLAMENTO DE MATACÕES

Define-se queda de blocos como uma ação de queda livre, a partir de uma elevação, com ausência de superfície de movimentação. Nos penhascos ou taludes íngremes, blocos e/ou lascas dos maciços rochosos deslocados pelo intemperismo caem pela ação da gravidade. As causas das quedas de blocos são diversas: variação térmica do maciço rochoso, perda de sustentação dos blocos por ação erosiva da água, alívio de tensões de origem tectônica, vibrações e outras (GUIDICINE E NIEBLE, 1984).

Além das quedas, os deslocamentos e tombamentos são processos que ocorrem basicamente em áreas com exposição de rochas, tais como paredões rochosos ou cortes em maciços rochosos. Sua potencialização se dá naturalmente ou induzida pelo homem. No primeiro caso, ocorre individualização de blocos e lascas de rochas, devido à percolação da água ou pelo crescimento de raízes vegetais em descontinuidades existentes na rocha. No segundo caso, as ações antrópicas provocam alívios de tensão devido a cortes em rochas, possibilitando a

individualização de blocos e lascas, favorecendo sua movimentação (VEDOVELLO e MACEDO, 2007).

Vedovello e Macedo, (2007) relatam que o rolamento de blocos e matacões ocorrem quando cortes ou processos erosivos em encostas constituídas por esses materiais, provocam a remoção do seu “apoio” em uma situação inicial de equilíbrio instável, potencializando seu rolamento vertente abaixo.

Uma queda se inicia com a separação do solo ou da rocha, ou de ambos, de um talude íngreme ao longo de sua superfície, na qual tenha ocorrido pouco ou nenhum deslocamento por cisalhamento. Posteriormente, o material vem abaixo, principalmente por queda, salto ou rolamento (HIGHLAND E BOBROWSKY, 2008)

No bairro Ipanema, área urbana do município de Viana (ES), no dia 14 de março de 2011, ocorreram quedas e escorregamentos de blocos rochosos e matacões, após volume de chuva diária de 96,6 mm. O INCAPER (2014) registrou o acumulado de chuvas de três dias em Viana (ES), no período de 12 a 14/03/2011, de 169,2 mm.



Figura 17: Queda e escorregamento de blocos e matacões em encosta no bairro Ipanema, Viana (Es), março 2011. Foto da autora.

4.2.2 FATORES CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA

Os deslizamentos ocorrem através da interrupção das condições de estabilidade e equilíbrio dos materiais que compõe a superfície de determinado ponto da encosta. Desta maneira, ocorre uma movimentação e deposição de material a jusante da posição inicial, onde teve início a interrupção (SANTOS, 2007).

Esse mecanismo geral dos deslizamentos é condicionado por uma série de fatores (agentes) que interagem continuamente, no tempo e no espaço, sendo determinados ou afetados por eventos naturais e por interferências humanas, os quais constituem as causas primárias ou indiretas dos deslizamentos (SANTOS, 2007, p.79).

O meio físico e social são condicionantes que contribuem para deflagração dos processos de movimentos de massa, sendo subdivididos em dois agentes: agentes predisponentes e agentes efetivos (GUIDICINE E NIEBLE, 1984; TOMINAGA, 2009).

Os agentes predisponentes são representados pelo conjunto de condições geológicas, topográficas e ambientais dos processos, ou seja, são características intrínsecas do meio, que favorecem ou dificultam a deflagração dos movimentos de massa. Os agentes efetivos são os fatores que determinam deflagração dos mecanismos de ruptura e movimentação, incluindo a atuação da ação antrópica (GUIDICINE E NIEBLE, 1984; TOMINAGA, 2009; SANTOS, 2007).

Os agentes predisponentes e os agentes efetivos, contém elementos que interferem na ocorrência de movimentos de massa, os quais se apresentarão neste trabalho na seguinte sequência: precipitação e ação da água, litologia, relevo e ação antrópica.

4.2.2.1 PRECIPITAÇÃO E AÇÃO DA ÁGUA

Guerra e Cunha (1956, p.356) apontam as chuvas como principal agente deflagrador dos movimentos de massa:

A variação espacial da intensidade das precipitações (volume), associada a sua frequência (concentração em alguns meses do ano), são fatores primordiais a serem avaliados em situações críticas.

A coesão do material sobre a encosta é reduzida com a ocorrência de chuvas concentradas. Desta forma, a intensidade e quantidade dos volumes pluviométricos são elementos que contribuem para deflagração dos processos de movimentos de massa (KORMMAN, 2014).

Guidicini e Nieble (1984), apud Tominaga (2009, p.34), consideram que:

A pluviosidade é sem dúvida um importante fator condicionante dos escorregamentos. Na região tropical úmida brasileira, a associação dos escorregamentos à estação das chuvas, notadamente às chuvas intensas, já é de conhecimento generalizado. Durante a estação chuvosa, que em geral corresponde ao verão, as frentes frias originadas no Círculo Polar Antártico encontram as massas de ar quente tropicais ao longo da costa sudeste brasileira, provocando fortes chuvas e tempestades. Estas chuvas, muitas vezes, deflagram escorregamentos que, não raro, podem se tornar catastróficos.

4.2.2.2 LITOLOGIA

Konnar (2014, p.35), define litologia como “a base de suporte sobre o qual se dá o modelado do relevo”.

Penteado (1980, p.11) aponta que “toda forma de relevo é resultado do equilíbrio entre o ataque da rocha por um certo número de processos morfoclimáticos e, da resistência da rocha aos mesmos processos.”

O grau de coesão da rocha indica a atração entre suas partículas diante da resistência a desagregação. Esse critério está relacionado com as condições de infiltração, escoamento e toda a hidrodinâmica superficial e subsuperficial atuante nas vertentes (KORMMAN, 2014).

4.2.2.3 RELEVO

Sobre a ocorrência dos movimentos de massa, sabe-se que os mesmos dependem da atuação de alguns elementos do relevo, sendo os principais: a inclinação

(declividade), amplitude e a forma da encosta (tipo de perfil da encosta) (KORMMAN, 2014).

Maciel Filho e Nummer (2011) apontam que a gravidade aliada a declividade é o principal elemento que condiciona os processos de movimentos de massa. Os relevos de maior inclinação estão mais propensos a sofrer maior intensidade da força da gravidade, fazendo com seja menor o atrito na superfície e, mais susceptível a ruptura da estabilidade pela perda de tensão cisalhante.

A forma da vertente atua no condicionamento dos processos superficiais. Todas as vertentes possuem uma forma que irá estabelecer o fluxo de escoamento das águas superficiais. A classificação de Troeh (1965) é a mais aceita para identificação das direções preferenciais do escoamento da água.

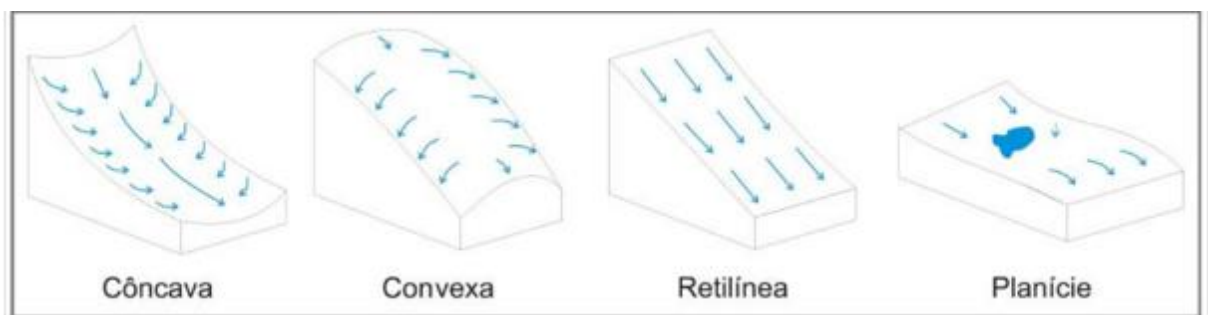


Figura 18: Formas de vertentes e seus respectivos escoamentos superficiais de água. Fonte: Paula (2010).

Na figura 18, as vertentes côncavas, onde ocorre grande concentração de fluxo, podem contribuir para que processos erosivos aconteçam, uma vez que estas vertentes propiciam uma fragilidade ambiental maior. As vertentes convexas dispersam as águas, e nas retilíneas, o fluxo hídrico escorre por igual ao longo da vertente. As planícies, que tem por característica apresentarem declividades pequenas, são áreas receptoras, que acumulam água e sedimento.

4.2.2.4 AÇÃO ANTRÓPICA

Sobre a atuação do homem na deflagração dos movimentos de massa, Santos (2007) mostra que:

“O homem então gera impactos ambientais, ou seja, consequências indesejadas que comprometem o equilíbrio e o estado existente de um ambiente, em virtude do tipo, da intensidade e da velocidade de promover mudanças por meio de suas atividades. Muitas vezes, basta olhar as condições que se encontra um território, os tipos, a estrutura e a forma de manejo das atividades humanas que facilmente conduzimos à interpretação dos impactos existentes”.

Uma vez que é iniciado o processo de ocupação humana nas encostas, é indiscutível que as condições naturais do terreno serão alteradas, provocando instabilidade nas condições das vertentes. As acentuações das intervenções humanas sobre o relevo resultam em mudanças dos processos de ordem natural. Mesmo a realização de um corte para qualquer construção em talude, altera o perfil de equilíbrio do mesmo (KORMMAN, 2014).

Maciel Filho e Nummer (2011) “consideram que a realização de cortes em perfil e aterros deve levar em consideração a geometria do talude, de forma que tanto a altura, quanto o ângulo de inclinação, não sejam muito elevados” (KOMMAR, 2014, p.36).

A presença de moradias em áreas de inclinação acentuada costuma ocorrer de maneira desordenada e, em geral associado a problemas de vulnerabilidade social. “Nestes casos, a falta de planejamento e as poucas condições de infraestrutura, conduzem a ocupações precárias, instaladas muito próximas à situação de perigo, em função da vulnerabilidade da população envolvida” (KOMMAR, 2014, p.37).

A ação humana pode contribuir para antecipar os processos da dinâmica superficial, visto que ao promover cortes e aterros, as vertentes são expostas a condições de instabilidades, conforme figura 19.

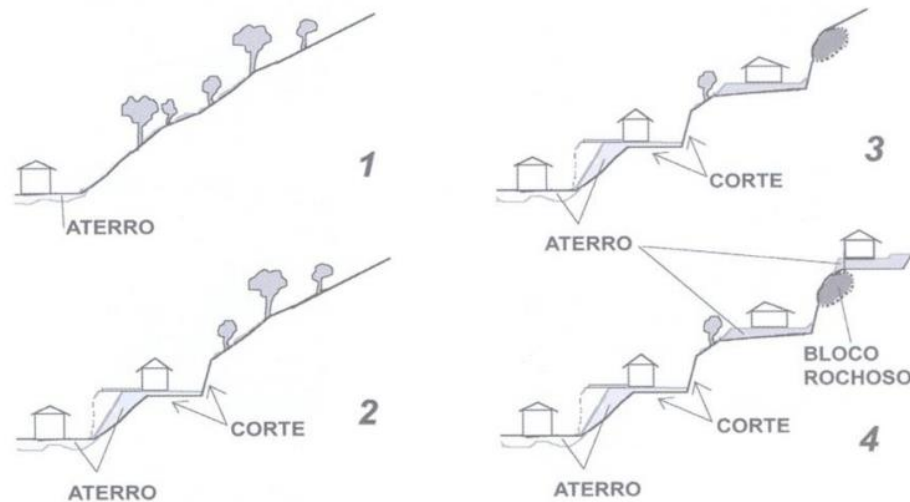


Figura 19: Ocupação de uma vertente partindo da base em direção ao topo. Fonte (KONNAR, 2014).

4.3 A ABORDAGEM DE MAGNITUDE E FREQUÊNCIA

A principal entrada de água em uma bacia hidrográfica ocorre pela precipitação das chuvas. O conhecimento das características das precipitações intensas é de suma importância para o manejo de bacias hidrográficas e planejamento de práticas de conservação do solo e água, entre outros (CARDOSO et al, 1998).

O conhecimento da distribuição de como a chuva se distribui no tempo e espaço, bem como sua quantificação, é fundamental em pesquisas relacionadas à disponibilidade hídrica para consumo doméstico e industrial, necessidade de irrigação, controle das inundações, estabilidade de vertentes e erosão do solo (DAMÉ, TEIXEIRA e TERRA; 2008).

Desse modo, Eltz et al (1992) apontam a relevância da análise de magnitude e frequência, como uma técnica estatística importante para o estudos das chuvas, e, que não podem ser previstas em bases determinísticas, devido as oscilações de tempo e espaço das precipitações pluviais.

Os pioneiros na proposta da abordagem do método de magnitude e frequência aos estudos dos processos geomorfológicos foram Wolman e Miller (1960).

A identificação de um índice denominado evento dominante, ocorre pelo resultado do produto da magnitude dos eventos pluviométricos, multiplicado pela sua

frequência, que impreterivelmente provoca um determinado processo geomórfico erosivo de vertente (GIMENES, 2001).

Quando investigados de modo particular, os eventos pluviométricos diários dominantes sugerem um maior ou menor grau de transformação do relevo por processos erosivos, induzidos pela gravidade, pela dinâmica e atuação dos escoamentos superficiais e subsuperficiais, atividade biológica e antrópica (GIMENES, 2001, p.1).

Ahnert, ao publicar em 1987 *An approach to the identification of morphoclimates*, apresentou um modelo semilogarítmico de magnitude-frequência aplicável a diversos tipos de eventos, inclusive aos eventos de chuva, importantes nos estudos de processos geomórficos. Ahnert (1987) foi apontado como um dos mais importantes autores que despertou os geomorfologistas para este tipo de abordagem (COLANGELO, 2005).

A partir de uma série pequena de dados diários de chuvas é possível obter resultados satisfatórios na aplicação da metodologia proposta por Ahnert (1987), pois ela tem por objetivo avaliar as frequências de eventos relevantes na análise geomorfológica, concomitante às várias magnitudes ao longo do tempo (SILVA, 2013).

O método detalhado, utilizado para calcular a análise de magnitude e frequência das chuvas diárias de Viana (ES), proposto por Ahnert (1987), será exposto no capítulo 6 de Materiais e Métodos deste trabalho.

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 O MUNICÍPIO DE VIANA

A área de estudo deste trabalho abrange a zona urbana do município de Viana, localizado na Região Metropolitana da Grande Vitória. A cidade encontra-se situada na porção central no Estado Espírito Santo, na latitude de 20°23'25" sul e longitude 40°29'46" oeste, a 34 metros de altitude. O município limita-se ao norte com Cariacica, ao sul com Guarapari, a leste com Vila Velha e ao Oeste com Domingos Martins, distante a 22 km da capital Vitória.

A extensão territorial do município de Viana de 312,745 km² coloca-o como terceiro maior município em área da Região Metropolitana da Grande Vitória (IBGE, 2010). Porém deste total, 30,7% das áreas do município correspondem a áreas urbanas, e 69,3 % pertencem às áreas rurais (IJSN 2012), que são compostas por quatro distritos conhecidos como: Pedra da Mulata, Jucu, Piapitangui e São Paulo de Viana, cada qual com sua respectiva comunidade (PMV, 2015).

A cidade vianense possui 65.001 mil habitantes. Deste total 91,74% (59.632 habitantes) residem na área urbana e, 8,26% (5.369 habitantes) moram na zona rural (IBGE 2010).

De acordo com os dados do IBGE (2010), apesar de Viana (ES) ter a maior parte do território pertencente à zona rural, o maior conglomerado de habitantes reside na zona urbana, onde acontece a maior parte dos registros de movimentos de massa, principalmente nas estações chuvosas que ocorrem de outubro a março.

Os registros dos movimentos de massa na área urbana do município ocorrem por diversos fatores, que associados criam um ambiente favorável para deflagração desses processos. Dentre esses elementos, está o crescimento desordenado da ocupação humana sobre as áreas consideradas de risco a população.

No quadro 2 é possível verificar que a taxa de crescimento populacional de Viana (ES), de 1991 a 2010 (48,18%), foi a maior, comparado com a taxa de crescimento do mesmo segmento em escala estadual (35,15%) e nacional (28,17%).

Quadro 2 : Crescimento Populacional do Município de Viana (ES) -1991-2010

ANO	VIANA	ESPIRITO SANTO	BRASIL
1991	43.866	2.600.618	148.825.475
1996	47.383	2.790.206	156.032.944
2000	53.452	3.097.232	169.799.170
2007	57.539	3.351.669	183.987.291
2010	65.001	3.514.952	190.755.799

Fonte: Adaptado do IBGE- Censo Demográfico 1991, 2000,2010 e Contagem Populacional 1996 e 2007

Assim, como na maioria das cidades brasileiras, em Viana o aumento populacional se concentra nas zonas urbanas, sobretudo em áreas de risco geológico, como vertentes, fundos de vales e margens de rios. Nestes locais os habitantes passam a estar vulneráveis aos processos naturais e mistos, uma vez que tais sistemas, ao serem modificados pela ocupação irregular do homem, tornam-se vulneráveis a episódios de escorregamentos.

No ano de 2006, através de um projeto de lei sancionado pelo Executivo Municipal, a fim de facilitar o controle administrativo dos serviços públicos e a orientação espacial das pessoas, delimitou-se uma nova divisão dos bairros de Viana, com base nos setores censitários do IBGE, nos limites naturais do município e nos dados do Departamento de Receita (PMV 2015).

A nova divisão apresenta 18 bairros e 49 loteamentos, conforme quadro 3

Quadro 3: Divisão de bairros e loteamentos de Viana (ES)

Nº	BAIRROS	LOTEAMENTOS
01	Viana - Centro	Cabral – Santo Agostinho – Santa Terezinha – Nova Viana – Nova Viana I – Sede – Verona
02	Bom Pastor	Vila Nova – Bom Pastor – Chácara Pedra Negra - Pimentas
03	Ribeira	Ribeira – Buaiaras - Pimentas
04	Universal	Calabouço – Parque do Flamengo – Vila Nova – Universal - Ipanema
05	Canaã	Canaã – Calabouço
06	Primavera	Primavera – Guaritas – Treze de Maio – Vista Linda – Chácara Beira Rio
07	Marcílio de Noronha	Marcílio de Noronha – Industrial - Guaritas
08	Vila Bethânia	Guaritas – Seminário – Vila Bethânia
09	Nova Bethânia	Contendas – Nova Vila Bethânia – Eldorado – Santa Terezinha (Lagoa Azul)
10	Areinha	Soteco – Vale do Sol A, B, C, D – Areinha A, B, C, D
11	Arlindo Ângelo Villaschi	Arlindo Ângelo Villaschi
12	Caxias do Sul	Guaritas – Caxias do Sul – Soteco – parte de Arlindo Ângelo Villaschi
13	Campo Verde	Simmer Setor Caic – Campo Verde – Parque Residencial Bethânia
14	Morada Bethânia	Morada Vila Bethânia – Jardim Vila Bethânia
15	Parque Industrial	Guaritas – Garoupa – Calabouço – Buaiaras - Ribeira
16	Jucu	Antártica – Jucu – Village Belém – Nova Belém
17	Araçatiba	Araçatiba – Mamoeiro – Seringal
18	Boa Esperança	Parte da Fazenda Boa Esperança – Alecrim Bonito e Pedra da Mulata

Fonte: Site da PMV (2015)

5.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE VIANA (ES)

A partir de verificações realizadas no RADAMBRASIL (1983), pode-se extrair os principais aspectos geológicos do município de Viana (ES), que serão apresentados a seguir.

O município de Viana está situado na Unidade do Complexo Paraíba do Sul, entidade que foi submetida a eventos tecnotermiais durante todo o período Pré Cambriano (RADAMBRASIL,1983). As rochas deste complexo no período Proterozóico Superior, foram submetidas a intensa deformação oriunda de esforços compressivos de direção SE-NO e certamente dos movimentos tangenciais deles resultantes (RADAMBRASIL,1983).

No mesmo período, sucederam-se intrusões graníticas, granitização e potassificação generalizadas; eventos esses que transformaram quase que por completo as características anteriores das rochas, resultando na predominância de gnaisses granitóides por quase toda área do complexo (RADAMBRASIL,1983).

Os gnaisses granitóides ocorrem amplamente na porção Centro-Sul do Estado do Espírito Santo, onde está localizado o município de Viana (ES). Em sua maioria, apresentam coloração cinza claro a um pouco mais escuro, de granulação fina a

média, com aumento de porcentagem de biotita (RADAMBRASIL,1983).

5.3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE VIANA (ES)

O IJSN (2012, p.5), aponta que:

o estudo da geomorfologia pode servir de base para o mapeamento de áreas de risco, onde por exemplo, um relevo fortemente acidentado indica áreas que estão respectivamente mais propícias aos deslizamentos de encostas, e também possui um viés social, visto que influencia na alocação de unidades habitacionais, reduzindo as perdas que acontecem com os eventos anteriormente citados.

De acordo com análises realizadas no RadamBrasil (1983) e Mapa Geomorfológico do Espírito Santo, sendo este elaborado pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN 2012), com desígnio de aprimoramento das informações contidas no RadamBrasil; o município de Viana encontra-se compartimentado em dois domínios geomorfológicos denominados de Domínio de Depósitos Sedimentares e Domínio de Faixa de Dobramentos Remobilizados, que por sua vez apresentam suas regiões e unidades geomorfológicas respectivas.

O Domínio de Deposito Sedimentares “caracterizam-se pela ocorrência de sedimentos arenosos e argilo-arenosos, com níveis de cascalho, basicamente do grupo da Formação Barreiras e dos ambientes costeiros, depositados durante o período Cenozóico” (IJSN, 2012, p.8).

Enquanto a região do Domínio de Depósito Sedimentares, apresentam-se os Piemontes Inumados, que se constitui de sedimentos cenozóicos do Grupo Barreiras, sobre embasamento muito alterado. Os sedimentos apresentam espessura variada e disposição subhorizontal, em direção ao Oceano Atlântico” (IJSN, 2012, p.8).

A classe dos modelos de acumulação que ocorrem no município de Viana, encontra-se o acúmulo fluvial (Af), que se caracteriza por “área plana resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondentes às várzeas atuais com preenchimento aluvial” (IJSN, 2012, p. 11).

A Unidade Geomorfológica do Domínio de Depósitos Sedimentares, são os Tabuleiros Costeiros que se distribuem basicamente desde o sopé das elevações cristalinas, tais como, os Patamares Escalonados, até as Planícies Quaternárias. “Possuem sedimentos cenozóicos do Grupo Barreiras, constituídos de areias e argilas variegadas com eventuais linhas de pedra, disposto em camadas com espessura variada” (IJSN 2012, p.9).

O Domínio de Faixa de Dobramentos Remobilizados é caracterizado “pelas evidencias de movimentos crustais com marcas de falhas, deslocamentos de blocos e falhamentos transversos, que impõe evidente controle estrutural sobre a morfologia atual” (IJSN, 2012, p.8). Este controle estrutural pode ser evidenciado pela observação das extensas linhas de falha, escarpas de grandes dimensões e relevos alinhados, coincidindo com os dobramentos originais e/ou falhamentos mais recentes, que por sua vez atuam sobre antigas falhas (RADAMBRASIL,1983).

Dentro deste domínio, a cidade de Viana também está situada na região geomorfológica denominada Planalto da Mantiqueira Setentrional, que “dá ao relevo um aspecto montanhoso, fortemente dissecado, incluindo altitudes variadas, dispostos geralmente em níveis altimétricos com fases de dissecação, comandados pelos rios, adaptados a fraquezas litológicas e estruturais (IJSN2012, p.8).

As altitudes médias da região encontram-se entre 700m de altitude. As colinas alongadas, serras de grande altitude, escarpas derivadas de falhamentos e vales retilíneos tem como substrato rochoso os gnaisses, quartzitos, granitóides, calcários, e rocha ultrabásicas (RADAMBRASIL,1983).

As precipitações mais fortes ocorrem no verão, com uma média anual de 1250 mm. Elas influenciam no desenvolvimento das formações superficiais, representadas pelos Latossolos, Podzólicos Vermelho-Amarelo e Cambissolos (RADAMBRASIL,1983).

Os Patamares Escalonados Sul Capixaba, consiste em uma unidade da Região do Planalto da Mantiqueira Setentrional, que apresenta morfologia de aspecto preferencialmente homogêneo. Mesmo separados entre si, os Patamares Escalonados Sul Capixaba, tiveram este termo adotado por constituírem conjuntos de relevo, que funcionam como degrau de acesso aos seus diferentes níveis

topográficos, alicerçados sobre gnaisses, quartzitos, e alguns granitoides (RADAMBRASIL,1983).

5.4 ASPECTOS PEDOLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE VIANA (ES)

De acordo com análises no mapa pedológico do RadamBrasil (1983), informações contidas na interface das áreas de risco do município de Viana (ES), disponíveis no GeoBases (2015) e, observações empíricas; os solos predominantes no município de Viana são os Cambissolos Distrófico e os Latossolos Vermelho Amarelo Álico, além de pontualmente se observar a presença de Neossolos Litólicos.

Cada solo encontrado em Viana (ES) tem propriedades com particularidades distintas, que promovem atuações diferentes nos processos que agem sobre as formas de relevo.

Os Latossolos Vermelho Amarelo consistem em solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico, de coloração variando do vermelho ao amarelo com gamas intermediárias. Os solos de textura argilosa apresentam teores de Fe_2O_3 no horizonte B inferiores a 9% (RADAMBRASIL, 1983).

São normalmente solos profundos a muito profundos, com sequência de horizontes A, B, e C, com transições entre os subhorizontes difusas e graduais, acentuadamente bem drenados. Em sua maior partes, estes solos são álicos, ou seja, com percentagem de saturação do alumínio superior a 50%, atingindo valores próximos de 95% (RADAMBRASIL, 1983).

Os Latossolos Vermelho Amarelo apresentam elevado grau de intemperismo, com predominância do material tipo argila do tipo 1:1, baixa quantidade de minerais primários e baixa quantidade de elementos nutritivos para as plantas. Estes solos são bastante utilizados para pastagens e culturas de café e milho. De modo geral ocorrem em relevo forte ondulado e montanhoso (RADAMBRASIL, 1983).

Estes solos possuem altas taxas de coesão real, principalmente nos horizontes A e B, quando secos. Quando úmidos, a coesão real é diminuída, porém aumenta a coesão aparente, caracterizada pela ligação intergranular (PECHINCHA; ZAIDAN, 2013).

Os autores Pechincha e Zaidan, (Op. Cit 2013) apontam que os escorregamentos recorrentes em Latossolos são provocados quando o solo ultrapassa seu limite de saturação em áreas de declive acentuados; uma vez que nesta condição ocorre uma perda de coesão aparente ,quando o solo se encontra úmido, e perda de coesão real, quando o peso do solo é acrescido e conseqüentemente a força da gravidade suplanta a resistência ao cisalhamento.

Os Cambissolos são solos pouco desenvolvidos, que ainda apresentam características do material da rocha-mãe evidenciado pela presença de minerais primários como micas e feldspatos e outros. São definidos pela presença de horizonte diagnóstico B incipiente (pouco desenvolvimento estrutural) apresentando baixa (distróficos) ou alta (eutróficos) saturação por bases, e de baixa a alta atividade da argila, segundo critérios do SIBCS (EMBRAPA, 2006).

Os solos cambissólicos se diferenciam dos horizontes B latossólicos, por serem solos menos evoluídos, menos profundos, com minerais primários de fácil intemperização, ou pela quantidade de argila, que apesar de variar de alta a baixa, ainda apresenta-se maior que a dos Latossolos (RADAMBRASIL, 1983).

No município de Viana (ES), ocorrem com características distróficas, ou seja, com bases inferiores a 50% (V%), que consiste na taxa que calcula a percentagem de saturação por bases, determinante para a classificação de fertilidade dos solos. No caso do valor da taxa citado anteriormente, o solo apresenta-se com um solo pobre em nutrientes como Ca, de baixa fertilidade e aproveitamento agrícola, principalmente quando ocorrem em áreas de relevo muito movimentados, de ondulados a muito ondulados, como as encostas. Podem ocorrer, porém não muito comum, em áreas planas fora da influencia do lençol freático (EMBRAPA, 2006).

Já os Neossolos Litólicos, são solos rasos, onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm, estando associados normalmente a relevos mais declivosos, que limita o seu uso e ocupação. Solos jovens, que possuem minerais primários e altos teores de silte, até mesmo nos horizontes superficiais, estes solos apresentam permeabilidade muito baixa (EMBRAPA, 2006), o que favorece a deflagração de escorregamentos.

5.5 ASPECTOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE VIANA (ES)

Os dados climáticos do município de Viana são obtidos por pluviômetros e outros equipamentos, localizados na Fazenda Experimental de Jucuruaba, identificada pelo código 204001 e, monitorada pelo INCAPER nas proximidades do ponto de coordenadas geográficas latitude $20^{\circ}24'54''$ e longitude: $40^{\circ}29'07''$, distante a 10 km do centro da cidade, conforme figura 21.

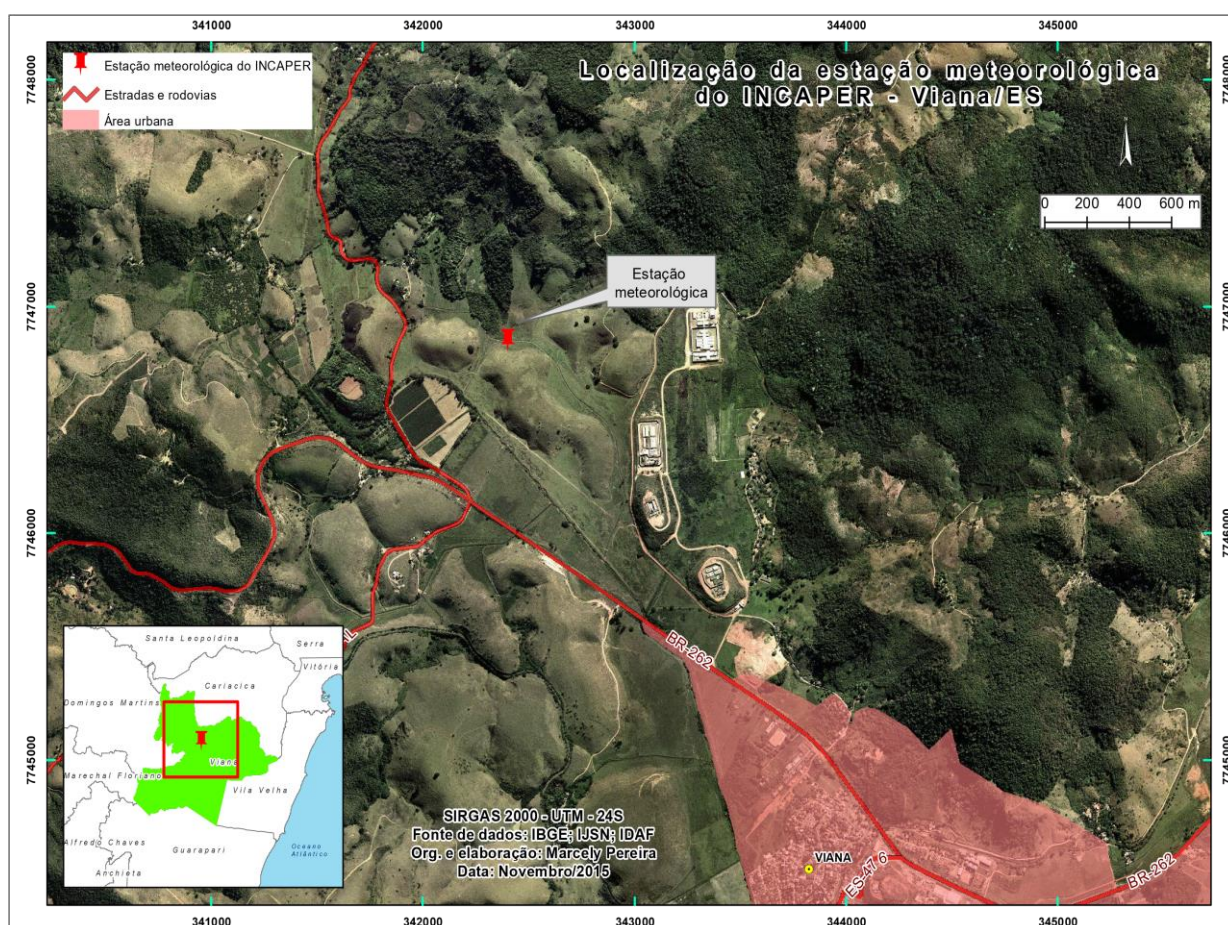


Figura 21 : Localização da Estação Meteorológica do Incaper, no município de Viana (ES). Organizado pela autora.

A partir da sistematização e análise do comportamento dos dados de chuva e temperatura registradas ao longo dos anos na Estação Meteorológica em Jucuruaba, é possível definir o clima de Viana como tropical com períodos de chuvas bem definidos de outubro a janeiro (PMV, 2015), ocorrendo precipitações isoladas no restante dos meses do ano.

O trabalho de Ramos et al (2009), mostra que a média anual de precipitação em Viana (Es), no período 1982 a 2007, foi de aproximadamente 1.487 mm. Os mesmos autores apontam dois períodos climáticos do município; sendo um chuvoso, entre os meses de setembro a abril, com um total de 1221 mm, e um período menos chuvoso entre os meses de maio a agosto, com um total de 266 mm. Esses valores representam 82 e 18% respectivamente, do total acumulado de chuvas no verão e inverno.

Sobre o comportamento das temperaturas, a média mensal das mesmas no período de 1982 a 2007, apresentou valores médios anuais não inferiores a 20°C, sendo 23,7°C a temperatura média anual do município. Cabe ressaltar, que a maior média ocorreu no mês de fevereiro (26,5 °C), o que caracteriza um mês típico de verão e, a menor média ocorreu no mês de julho (20,7°C), período em que ocorrem temperaturas mais amenas no município (RAMOS et al 2009).

Freitas et al (2011), ao realizarem uma análise do total mensal e anual da frequência do número dos dias chuvosos no município de Viana, a partir da série histórica de 1951 a 2008, verificaram que o percentual de dias com ocorrência de precipitação em relação ao total de dias avaliado foi de 30%. Os meses que concentraram os menores valores de precipitação diária foram de abril a setembro.

Nos meses de outubro a janeiro, incluindo março, concentrou-se os maiores valores, caracterizando os períodos secos e chuvosos respectivamente, conforme a tabela 5.

Tabela 5: Percentual de dias chuvosos do município de Viana (ES) de 1951 a 2008

	<i>Total de dias</i>	<i>Dias com precipitação</i>	<i>Percentual</i>
<i>Jan</i>	1798	611	34
<i>Fev</i>	1540	416	27
<i>Mar</i>	1767	562	32
<i>Abr</i>	1740	510	29
<i>Mai</i>	1767	441	25
<i>Jun</i>	1650	345	21
<i>Jul</i>	1736	445	26
<i>Ago</i>	1736	327	19
<i>Set</i>	1680	459	27
<i>Out</i>	1736	575	33
<i>Nov</i>	1680	693	41
<i>Dez</i>	1736	760	44
<i>Total</i>	20566	6144	30

Fonte: Freitas et al (2011)

A partir de análise da tabela 5, nota-se que a maior quantidade de dias chuvosos foi registrado no mês de janeiro, com 25 dias no ano de 1985. Os menores registros observados foram nos meses de março, abril, maio, junho, agosto e setembro, respectivamente nos anos de 1966, 1990, 1971, 1993, 1994 e 2003, em que foi registrado apenas um dia de chuva. Em média, o total de dias chuvosos no ano é de 111 dias, sendo que 1986 e 1995 foram os anos com menor número de dias chuvosos, 79 dias. No ano de 1952 foi registrado o maior número de dias com chuva, totalizando 170 dias (Freitas et al 2011).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos por este trabalho, as etapas metodológicas foram segmentadas em: revisão bibliográfica, levantamento de dados e cálculo dos índices de magnitude e frequência do objeto de estudo.

Na primeira fase, foram realizados estudos do tema proposto através de uma revisão teórico-conceitual, por meio de livros e artigos de autores nacionais e internacionais conceituados sobre o assunto. Foram analisados conceitos e processos de Clima, Tempo, El Nino e La Nina, Oscilação Decadal do Pacífico e Movimentos de Massa, dentre outros. A análise desse material auxiliou em uma compreensão mais específica do tema, promovendo um olhar mais crítico sobre os dados levantados e norteando no estabelecimento de inferências e conclusões sobre a temática deste trabalho.

Na segunda fase, foram efetuados levantamentos dos dados pluviométricos diários de chuva do município de Viana (ES), anos de ocorrência de fenômenos atuantes no Oceano Pacífico, levantamento das informações físicas da área de estudo, bem como a obtenção dos dados de movimentos de massa que ocorreram na cidade.

Os dados pluviométricos diários de Viana foram adquiridos gratuitamente no início do ano de 2014, junto ao Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), a partir da série histórica disponível no banco de dados, verificando ser esta o período correspondente de 1951 a 2013.

As chuvas $\geq 94,8$ mm foram analisadas particularmente, em virtude deste volume pluviométrico ter se apresentado, dentre os relatórios de escorregamentos disponibilizados pela Defesa Civil de Viana, como valor mínimo de chuva diária, sem acumulado antecedente, que deflagrou movimentos de massa na área urbana do município. A fim de melhor compreensão do comportamento deste limiar de chuva no município de Viana, o mesmo foi associado aos períodos de ocorrência de ODP positivo e negativo, ZCAS, El Nino, La Nina e fase de neutralidade, resumidos no Quadro 8.

Além dos dados diários de chuvas, foram adquiridos outros dados climáticos como os de ocorrência de El Nino e La Nina, através da agência climática Golden Gate

Weather Services, disponibilizados no site <http://ggweather.com/enso/oni.htm>; Oscilação Decadal do Pacífico a partir do trabalho de Mantua et al (1997), disponível em <http://www.atmos.washington.edu/~mantua/REPORTS/PDO/PDO.pdf>, e ZCAS, a partir do artigo de Ferreira, Sanches e Dias (2004) para os dados de 1980 a 1994, e análises dos boletins da Revista Climanálise do ano 1995 a 2013 na homepage <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/m>, fornecidos gratuitamente pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

Na análise dos boletins da Climanálise e o artigo de Ferreira, Sanches e Dias (2004), foram considerados os episódios de ZCAS, ocorridos nos meses de outubro a abril (primavera e verão estendida), entre os anos de 1980 a 2014. A escolha deste período de meses se justifica pelo fato do boletim Climanálise registrar episódios de ZCAS durante este intervalo de tempo. “A ZCAS é um fenômeno que ocorre durante os meses de primavera/verão, sendo portanto monitorada apenas nessas estações do ano” (Revista Climanálise, 2009), podendo ocorrer de maneira pontual nos meses de abril.

Após a realização da coleta dos anos de ocorrência dos fenômenos, El Nino, La Nina, ZCAS e ODP, os mesmos foram organizados em planilhas no Excel, para melhor visualização e compreensão da associação que esses fenômenos possuem entre si, correlacionando-os aos índices de magnitude e frequência de cada período de ODP.

A fim de melhor compreender o comportamento da distribuição das chuvas diárias de Viana, por períodos El Nino, La Nina e neutro associado à ZCAS, foram analisados o total de chuvas diárias da série histórica 1951-2013 do município, que ocorreram entre os meses de outubro de abril, disponível no Quadro 5.

As informações sobre o meio físico do município de Viana (ES) foram obtidas a partir de leituras e análises de mapas e textos disponíveis no Radam Brasil e, materiais digitais publicados no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), o que permitiu realizar a caracterização da área de estudo.

Os dados referentes a escorregamentos em perfil antrópico, bem como de queda e escorregamentos de blocos rochosos e matacões, foram alcançados através das

análises de relatórios disponibilizados pela Defesa Civil de Viana, e observações realizadas em campo, durante período de estágio no referido órgão, que ocorreu entre o ano de 2010 a 2012. Cabe salientar, que foram poucos os registros de movimentos de massa que se obteve acesso neste trabalho, devido a perda de vários relatórios da Defesa Civil de Viana, por motivos de força maior. Por isso, nas análises apresentadas constam apenas 5 registros de dados de escorregamentos, organizados em uma tabela, com dados primordiais para realização de inferências e conclusões.

Na terceira fase, foram realizados os cálculos do Índice de Magnitude e Frequência (IMF), utilizando toda série histórica dos dados diários de chuvas registrados e disponibilizados pelo INCAPER, entre 1951 a 2013. Com o objetivo de obter o Índice de Magnitude-Frequência das chuvas que ocorreram no município de Viana (1951-2013), foi aplicado o método proposto por Ahnert (1987), que se baseia em procedimentos similares aos métodos usuais de análise de magnitude e frequência, com a distinção de não utilizar médias ou máximas anuais, mas dados parciais (diários, neste caso), além da plotagem dos dados em um gráfico semilogarítmico, com o uso de uma equação de regressão semilogarítmica (SANTOS, 2011).

A obtenção dos valores de magnitude dos eventos com intervalo de retorno de 1 ano, 10 anos e 100 anos, são realizados a partir da análise de uma série histórica diária de no mínimos de 5 anos. A apropriação de tais valores é relevante tanto para compreender a ocorrência de eventos extremos, quantos eventos que tem maior resultante magnitude x frequência, ou seja, aquele que se considera ser eventos mais significativos (SANTOS, 2011).

Neste trabalho utilizou-se uma série histórica de dados de chuvas diárias de 63 anos (1951-2013), registrados e sistematizados através do pluviômetro instalado na Fazenda Experimental do Incaper, no distrito de Jucuruaba em Viana. A duração de anos da série histórica utilizada é de suma importância na observação dos eventos de Oscilação Decadal do Pacífico, visto que as fases frias e quentes desse evento alternam na média de 25 anos.

Os dados diários de chuvas de 1951 até 2013 foram transferidos para o programa de editor de planilhas da Microsoft, denominado Excel. Cabe salientar que quando não havia dados de chuvas registrados em determinado dia, era dado

prosseguimento na transferência do dado pluviométrico posterior, ou seja, não foram considerados os dias que não tiveram por algum motivo dados de chuvas registrados.

Após a compilação de todos os dados de chuva da série histórica em uma única coluna (Chuva 24hs), foi realizada a classificação dos dados de chuvas, ordenando-os em uma série decrescente, do dia mais chuvoso ao menos chuvoso (mm).

Através do software de análise estatística SPSS Statistics, os dados de chuva classificados em ordem decrescente foram “*rankeados*” e, ao valor mais elevado foi assinalado o rank = 1, ao segundo valor, o rank = 2, e assim sucessivamente. Logo após, os dados “*rankeados*” foram transferidos para o Excel em uma coluna denominada Ranking.

Com a realização do “*rankeamento*” dos dados pluviométricos, foi calculado o intervalo de recorrência de cada chuva, para o período de 1951-2013, que corresponde à série histórica total, e para outras planilhas criadas a partir dela, equivalentes a série histórica segmentada, a partir dos períodos de ODP que nela ocorreram, sendo estes: 1951-1976 (fase de ODP negativa), 1977-1998 (fase de ODP positiva) e por fim, 1999-2013 (fase de ODP negativa em curso).

O cálculo do IR das chuvas foi realizado aplicando a seguinte fórmula:

$$IR = (N + 1) . rank-1 \quad (1)$$

onde IR = intervalo de recorrência e N = número total de unidades de tempo do registro ou seja, o total de anos civis dentro da série histórica ou do período de ODP analisado. Logo após elaborou-se um gráfico semilogarítmico para série histórica 1951-2013 e para as fases de ODP segmentadas a partir dela, cujo eixo X (intervalo de recorrência) é representado em escala logarítmica e, eixo Y (magnitude em milímetros), em escala linear. Em seguida, para adicionar linha de tendência logarítmica ao gráfico, foram realizados vários testes para seleção dos valores limites dos dados pluviométricos, excluindo os dados espúrios, ou seja, valores atípicos de maior e menor magnitude de chuvas e, solicitada a exibição da seguinte equação de regressão semilogarítmica:

$$P_{24} = Y + A \log_{10} IRa$$

onde P_{24} é a precipitação diária e IRa é o intervalo de recorrência expresso em anos. Segundo Ahnert (1987), a constante Y da equação acima corresponde à magnitude do evento pluviométrico P_{24} que ocorre a cada $IRa = 1$ ano. A soma de A (chuva) + Y fornece o valor da magnitude do evento pluviométrico P_{24} com intervalo de recorrência $IRa = 10$ anos. Por fim, a soma $Y + 2A$ é igual à magnitude do evento pluviométrico P_{24mm} com intervalo de recorrência $IRa = 100$ anos.

De maneira geral, o intervalo de recorrência aponta para uma determinada quantidade de chuva, de uma determinada magnitude, que pode ocorrer pelo menos 1 vez, no IRa que pode ser de 1, 10 ou 100 anos.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O IMF (Índice de Magnitude e Frequência) em Viana no período de 1951 a 2013 (número de anos do registro histórico de 63 anos, $N = 63$), marcado para um conjunto sequencial referente a uma fase negativa, uma fase positiva e uma fase negativa em curso da ODP, apresentou constante $Y = 80,87$ e coeficiente de regressão $A = 19,92$ (Figura 22). Estatisticamente, são estimativas de magnitudes de eventos de chuva diária por meio de equação de regressão e de geração de uma designação numérica simples (um índice). A cada ano, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 80,87 mm. A cada 10 anos, há chance de ocorrência de chuva de um dia ser igual ou superar 100,79 mm. Há 10 % de chance (probabilidade) de que a máxima de um dia, em 1 ano, seja igual ou superior a 100,79 mm. A cada 100 anos há chance de ocorrência de chuva de um dia ser igual ou superar 120,71 mm ($Y + 2A$) (Tabela 06).

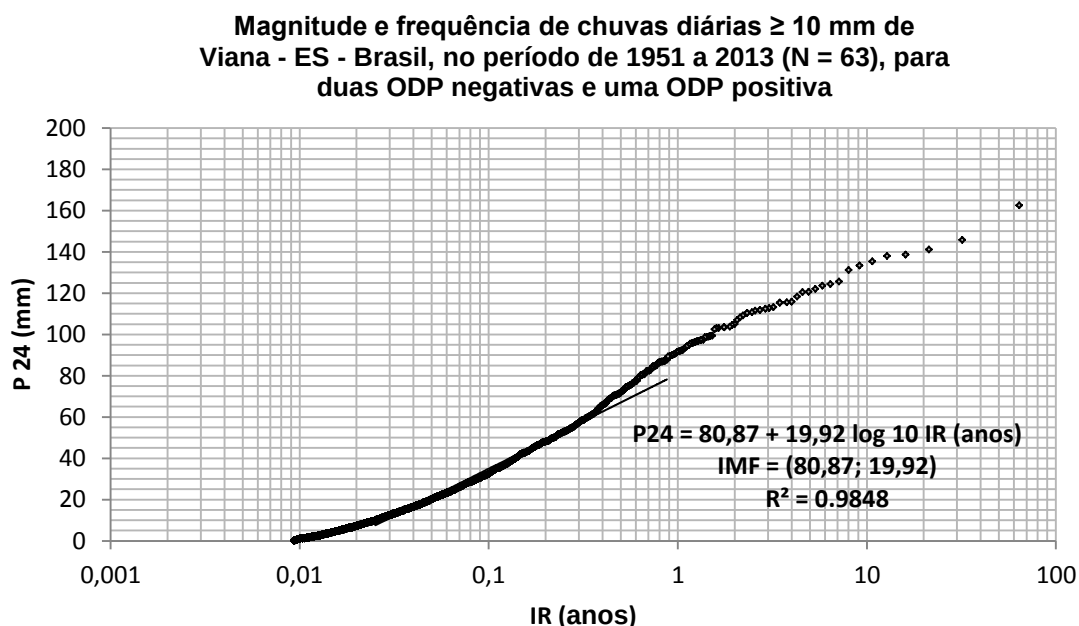


Figura 22: Magnitude e frequência de chuvas diárias, ≥ 10 mm, da série histórica de 1951 a 2013, correspondentes a uma fase negativa, uma fase positiva e uma fase negativa em curso da ODP (Oscilação Decadal do Pacífico), para Viana-ES (Brasil).

Estatisticamente, um evento que tenha um período de recorrência de 10 anos terá 10% de chance de ocorrer em 1 ano e um evento com intervalo de recorrência de

100 anos terá 1% de chance de ocorrer em 1 ano; um evento que tenha uma probabilidade de recorrer a cada 10 anos não necessariamente ocorrerá em um período de 10 anos, mas ele apresentará 99,9% de chance de ocorrer em um período de 50 anos (SELBY, 1982 *apud* GIMENES, 2000 e 2001).

Tabela 6: Dados gerais dos índices de magnitude e frequência da serie histórica 1951-2013, pra duas fases de ODP negativa e uma fase positiva, Viana (ES)

Fases	Período	N ⁱ	Total de chuvas (mm)	Chuva média anual (mm)	IMF ⁱⁱ (mm)	Y ⁱⁱⁱ (mm)	Y + A ^{iv} (mm)	Y + 2A ^v (mm)
ODP Negativas e Positiva	1951-2013	63	87.313,30	1.385,92	(80,87; 19,92)	80,87	100,79	120,71
ODP Negativa	1951-1976	26	33.700,10	1.296,15	(84,31; 28,11)	84,31	112,42	140,53
ODP Positiva	1977-1998	22	44.644,11	2.029,28	(83,16; 27,15)	83,16	110,31	137,46
ODP Negativa	1999-2013	15	24.856,74	1.657,12	(112,06; 36,73)	112,06	148,79	183,52

¹ N=número de anos da série histórica;

¹ IMF=Índice de magnitude e frequência de chuva diária;

¹ Y=chuva para 1 ano (chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a);

¹ Y + A=chuva para 10 anos (chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a);

¹ Y + 2A=chuva para 100 anos (chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a).

Embora não sejam conceituadas como previsões, e sim, estimativas, os cálculos aproximados avaliados da magnitude de eventos com intervalos de recorrência muito grandes, como projeções para daqui a 50 anos ou 100 anos, segundo Selby (1982 *apud* GIMENES, 2000 e 2001) e Anher (1987), implicam em restrições, tais como, a não disponibilidade de registros históricos grandes, pelo menos tão longo quanto o intervalo de recorrência, e o comportamento climático, que em tempo muito extenso, torna-se crescentemente sujeito a mudanças.

Anher (1987) aconselha, em função dos ciclos climáticos dentro de uma mesma série histórica, uma extrapolação de aproximadamente dez vezes a série histórica e Selby (1982, *apud* GIMENES, 2000 e 2001) sugere uma disponibilidade de registro histórico pelo menos tão longo quanto o intervalo de recorrência.

Um registro histórico pelo menos tão longo quanto o intervalo de recorrência, não necessariamente resultaria na confirmação de um mesmo comportamento climático,

sendo assim, muitas vezes, prejudicial à análise. Registros muito longos são representativos, entretanto, melhor aplicados aos casos de comparação entre lugares diferentes (áreas geográficas), como nos casos em que a precipitação média anual for igual para dois ou mais lugares e, o IMF resultante da análise de regressão se mostrar diferente, evidenciando clima mais úmido num lugar em relação ao outro.

Diante das análises do tempo de registro, o comportamento climático foi a justificativa para a análise de magnitude e frequência de chuvas diárias para Viana, selecionados inicialmente para períodos em fases positivas e negativas de ODP (Oscilação Decadal do Pacífico), na medida que esses fenômenos têm sido importantes na avaliação do regime de distribuição de chuvas no Sudeste da América do Sul e, na região Sudeste do Brasil, quando associados a números de eventos, como El Niño, La Niña e fases neutras e fenômenos de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). Em períodos La Niña de intensidade moderada a forte e anos de neutralidade do Oceano Pacífico, existe maior probabilidade de ocorrência da ZCAS no Centro Sul do Brasil e, um aumento do volume e frequência dos índices pluviométricos (FERREIRA; SANCHES; DIAS, 2004). A Região Metropolitana da Grande Vitória, onde está inserido o município de Viana, representa uma área de transição, sendo constantemente atingida pelo sistema ZCAS.

Para a série histórica de 63 anos dos dados de chuvas diárias de Viana, de 1951 a 2013, uma estimativa para períodos muito longos (pelo menos tão longo quanto o intervalo de recorrência) representaria uma extrapolação para além da conta e sujeita a muitos períodos negativos e positivos de ODP, com comportamentos climáticos diferentes, o que resultou na adoção de uma estimativa para 10 anos. Para as demais séries históricas de chuvas diárias das fases de ODP (1951-1976 negativa, 1977-1998 positiva e 1999-2013 negativa em curso, registradas na literatura), inicialmente são analisados os dados de cada fase, para depois avaliar as possíveis extrapolações.

O período da série histórica longa (63 anos), subdividido em 3 outros períodos, tem o primeiro representado pela fase de ODP negativa, de 1951 a 1976. O IMF desse período foi $Y = 84,31$ e $A = 28,11$ (Figura 23). Significa que a cada ano, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 84,31 mm, e, a cada 10 anos,

há chance de ocorrência de chuva de um dia ser igual ou superar 112,42 mm; a cada 100 anos há chance de ocorrência de chuva de um dia ser igual ou superar 140,53 mm, próximos daqueles avaliados para a série longa (Tabela 6).

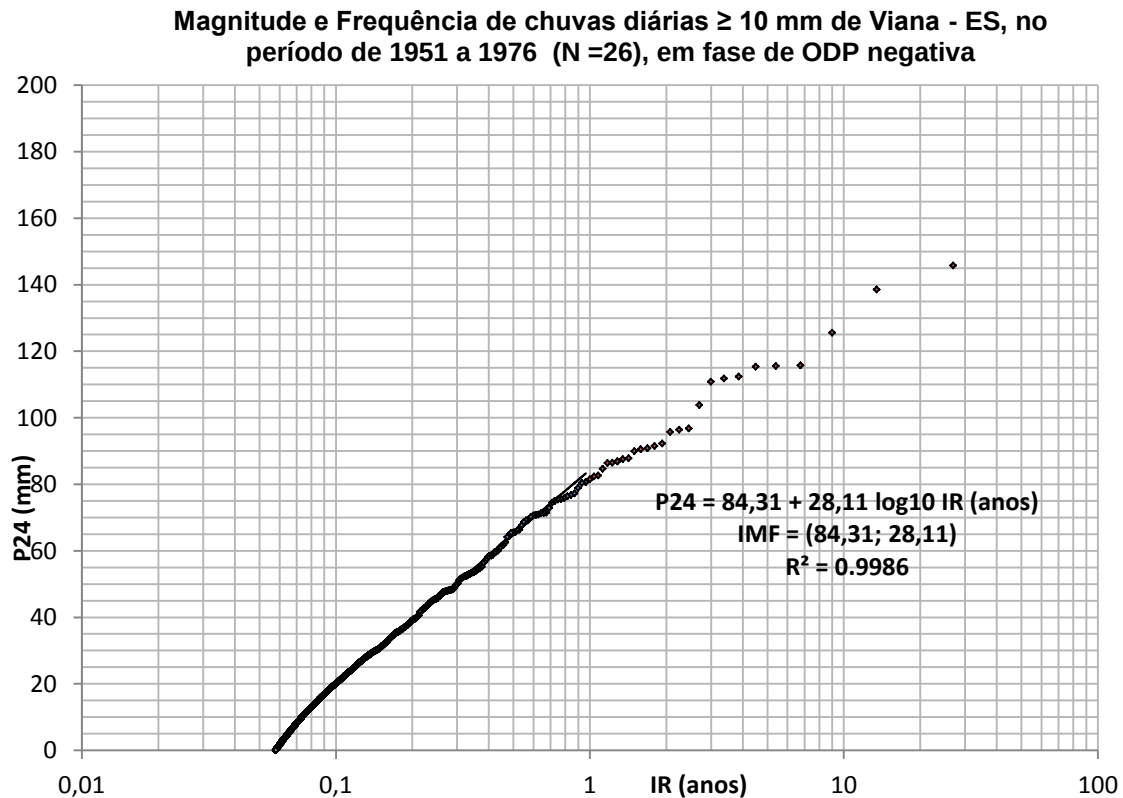


Figura 23: Magnitude e Frequência de chuvas diárias, $\geq$ a 10 mm, correspondente ao período de 1951 a 1976, em fase ODP Negativa.

Na fase de ODP seguinte (1997-1998), positiva, o IMF foi $Y = 83,16$ e $A = 27,15$ (Figura 24). A cada ano, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a chuvas de 83,16 mm, a cada 10 anos, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 110,31 e a cada 100 anos, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 137,46 mm (Tabela 6). Essa fase positiva apresentou um comportamento muito similar à fase anterior negativa, e aquela da série longa, indicando um comportamento climático com regimes de chuva muito similares, que levam em consideração a relação da magnitude com a frequência/intervalo de recorrência. Entretanto, considerando como critério na análise a média pluviométrica anual, a fase positiva apresentou os maiores valores

em mm, se comparado à fase anterior, com um aumento de 796,13 mm de chuvas na média anual (Tabela 6).

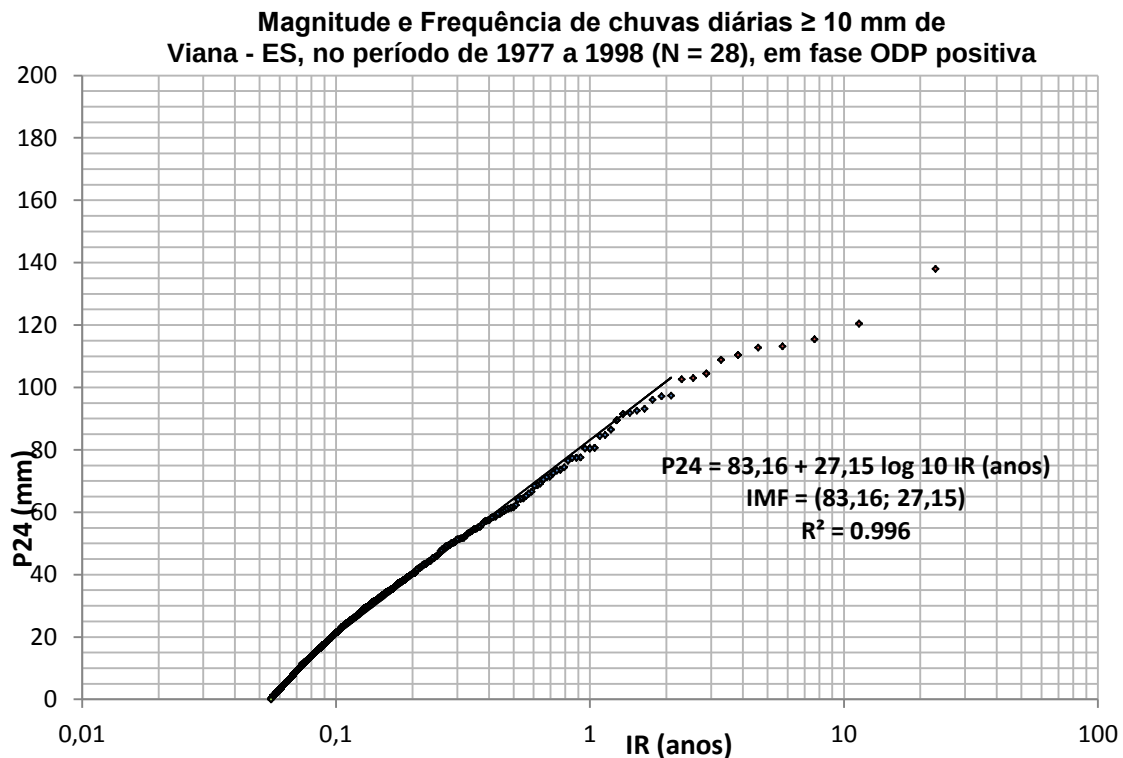


Figura 24: Magnitude e Frequência de chuvas diárias ≥ 10 mm, correspondente ao período de 1977 a 1998, em fase ODP positiva, para Viana.

Na fase da ODP subsequente, negativa, 1999 a 2013, em curso, a precipitação média anual foi menor (Tabela 6), apresentando uma redução de 372,16 mm, e o IMF foi bem maior do que as fases anteriores, $Y = 112,06$ e $A = 36,73$ (Figura 25). Para esse período, a cada ano, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 112,06 mm. A cada 10 anos, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 148,79 mm e a cada 100 anos, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 183,52 mm, o que caracteriza uma fase de comportamento climático diferente das outras duas fases anteriores, negativa e positiva, para a distribuição das magnitudes em relação à frequência/intervalos de recorrência. Para as extrapolações dos dados desse período, 1 ano e 10 anos são aceitáveis, pois trata-se de uma fase de ODP que poderá se manter ativa até o ano 2025.

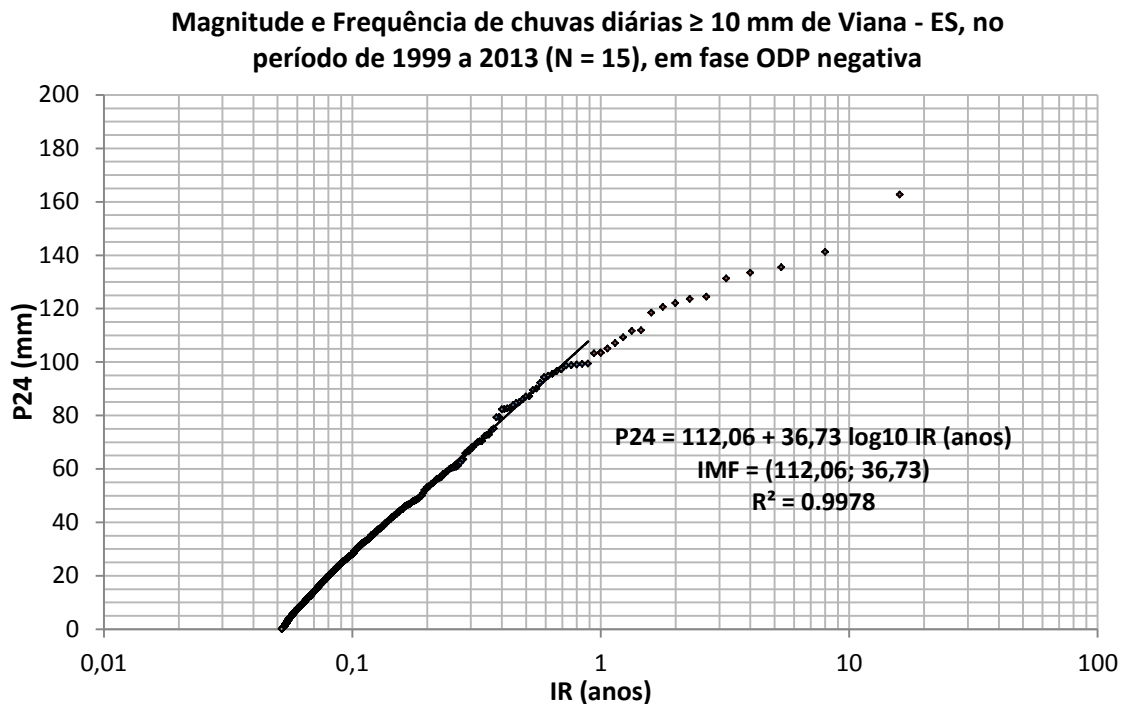


Figura 25: Magnitude e Frequência de chuvas diárias, ≥ 10 mm, em Viana, correspondente ao período de 1999 a 2013, em fase ODP Negativa.

Considerando todas as fases de ODP das séries analisadas para Viana, a relação não se manteve boa entre fases da ODP e o IMF, exceto entre fases de ODP e médias pluviométricas anuais.

Quanto menores as chuvas, mais próxima está a relação de magnitude e frequência entre os períodos analisados, o que já era esperado, já que são as chuvas mais comuns de ocorrer, aquelas que tem mais frequência em qualquer série. Enquanto que, para chuvas cada vez maiores, os intervalos de recorrência se diferenciam entre uma série e outra (Figura 26).

A relação de magnitude e frequência de dados de chuvas diárias da série correspondente a primeira fase negativa e a fase positiva de ODP foram semelhantes (Figura 26), sendo a segunda ligeiramente mais elevada do que a primeira, para as chuvas de maiores magnitudes, enquanto que a fase negativa atual apresenta-se acima de todas as outras, demonstrando período mais úmido para a melhor relação de magnitude e frequência. Isso demonstra que em fases de ODP negativas existe uma vantagem na distribuição das chuvas em Viana.

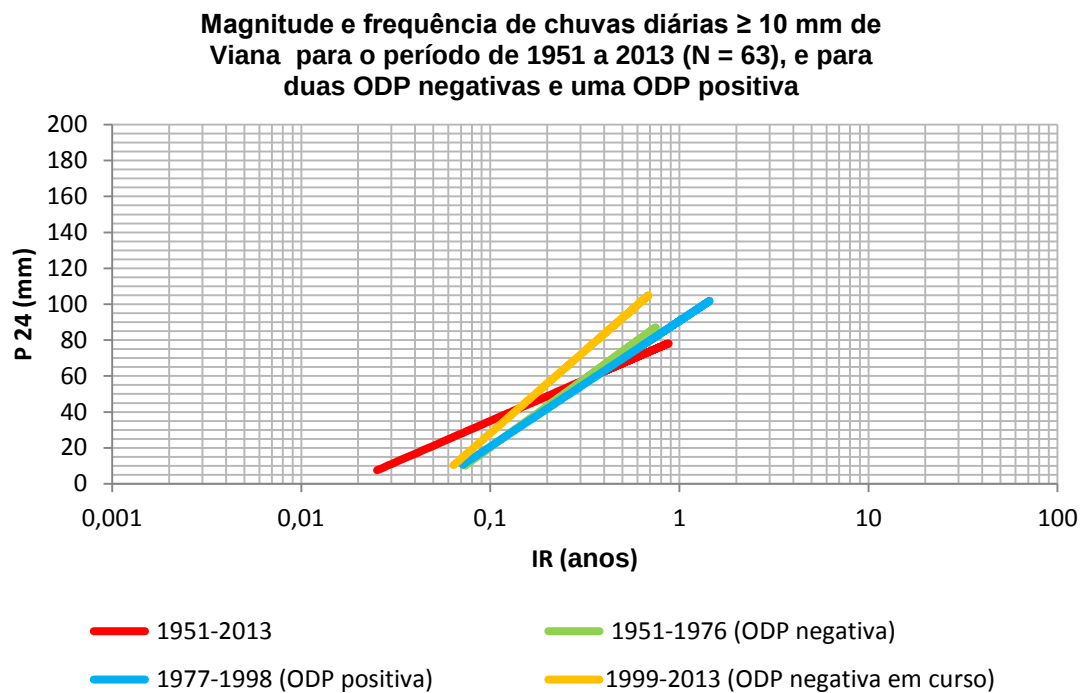


Figura 26: Comparação das séries históricas de ODP positiva e negativa para Viana.

Outro fenômeno considerado na análise foi a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), ao provocar alterações na distribuição das chuvas durante os períodos de verão sobre a região Sudeste do Brasil. A atuação da ZCAS acarreta um maior acumulado de chuvas de outubro a abril, o que pode resultar na deflagração de processos de movimentos de massa nos materiais das vertentes em condições de instabilidade.

No período de 1979-2013 (para uma fase positiva, 1979-1999 e uma negativa, 1999-2013) ocorreram 183 ZCAS (Quadro 4), mais recorrentes na fase negativa (121 ZCAS) do que na positiva (62 ZCAS). Na fase de ODP positiva (1977-1998) ocorreram 23 ZCAS em períodos El Niño, 14 ZCAS em períodos La Niña e 25 ZCAS em período neutro. Em fase negativa foram em El Niño (33 ZCAS), La Niña (45 ZCAS) e neutro (43 ZCAS). No total, 56 ZCAS ocorreram em períodos de fenômeno El Niño (10), 59 ZCAS em La Niña (8) e 68 ZCAS em fase neutra (11), conforme resumo na Tabela 7. Os dados mostram que as ZCAS tiveram sua maior expressão de ocorrência na fase negativa de ODP em curso e, em períodos de neutralidade das anomalias do Oceano Pacífico Equatorial. Para os dados de Viana, isso pode explicar o maior IMF e a melhor relação de magnitude e frequência (mais úmido) na

última fase negativa de ODP, mesmo com média pluviométrica anual menor, se comparado à fase anterior da ODP positiva que apresentou IMF menor e média pluviométrica maior.

Quadro 4: Número de ZCAS no período de 1979 a 2013 (considerando o período de outubro de um ano a abril do outro ano) e episódios El Nino, La Nina, fases neutras, e fases de ODP positiva e negativa

ANO	Nº DE ZCAS	EL NINO/LA NINA/NEUTRO	FASE DE ODP
1979-1980	3	EL NINO	POSITIVA
1980-1982	6	NEUTRO	POSITIVA
1982-1983	3	EL NINO	POSITIVA
1983-1984	4	NEUTRO	POSITIVA
1984-1985	4	LA NINA	POSITIVA
1985-1986	3	NEUTRO	POSITIVA
1986-1988	6	EL NINO	POSITIVA
1988-1989	3	LA NINA	POSITIVA
1989-1991	7	NEUTRO	POSITIVA
1991-1993	6	EL NINO	POSITIVA
1993-1994	3	NEUTRO	POSITIVA
1994-1995	2	EL NINO	POSITIVA
1995-1996	5	LA NINA	POSITIVA
1996-1997	2	NEUTRO	POSITIVA
1997-1998	3	EL NINO	POSITIVA
1998-1999	2	LA NINA	POSITIVA
1999-2000	5		NEGATIVA
2000-2001	3		NEGATIVA
2001-2002	6	NEUTRO	NEGATIVA
2002-2003	5	EL NINO	NEGATIVA
2003-2004	5	NEUTRO	NEGATIVA
2004-2005	7	EL NINO	NEGATIVA
2005-2006	9	NEUTRO	NEGATIVA
2006-2007	9	EL NINO	NEGATIVA

2007-2008	12	LA NINA	NEGATIVA
2008-2009	12	NEUTRO	NEGATIVA
2009-2010	12	EL NINO	NEGATIVA
2010-2011	13	LA NINA	NEGATIVA
2011-2012	12	LA NINA	NEGATIVA
2012-2013	11	NEUTRO	NEGATIVA

Fonte: Golden Gate Weather Services (2015), Trenberth (1997) e Revista Climanálise organizado pela autora.

Tabela 7: Quantidade de ZCAS atuantes em fases positivas e negativas de ODP, no período de 1979 a 2013, associadas a episódios El Nino, La Nina e neutro

FASE	POSITIVA	NEGATIVA
EL NINO	23	33
LA NINA	14	45
NEUTRA	25	43
TOTAL	62	121

Fonte: Golden Gate Weather Services (2015), Trenberth (1997) e Revista Climanálise. Organizado pela autora

Na fase negativa de 1951-1976, diferente das fases de ODP posteriores, não foi possível correlacionar a ocorrência de ZCAS aos fenômenos de alteração do Oceano Pacífico Equatorial. Entretanto, observou-se nesta fase maior ocorrência de eventos El Nino (9) e La Nina (6), em relação às outras fases de ODP da série histórica (1951-2013), onde ambos influenciaram no total de chuvas que ocorreu nos períodos veranicos. O quadro 5 mostra que o total de mm de chuvas que ocorreram de outubro a abril (primavera/verão estendida), em períodos El Nino e La Nina na fase negativa em questão, foi maior que o verificado nos demais períodos de ODP da série histórica de Viana de 1951-2013, e nas fases neutras.

Quadro 5: Total de chuvas (mm) que ocorreram de outubro a abril para duas fases de ODP negativa e uma positiva, em fases El Nino, La Nina e neutro, no período de 1951 a 2013 em Viana-ES

FASES DE ODP	EL NINO	LA NINA	NEUTRO
NEGATIVA - 1951-1976	9282,8 mm	7720,1 mm	7245,4 mm
POSITIVA - 1977-1998	4774 mm	6222 mm	8083 mm
NEGATIVA- 1999-2013	4981,9 mm	6274,7 mm	6654,2 mm

Fonte: Incaper (2014); Mantua et al 1997. Organizado pela autora.

Em fases negativas de ODP há maior tendência de ocorrer fenômenos La Nina (METSUL, 2006). Mas essa propensão não se confirmou na primeira fase de ODP negativa (1951-1976), já que as fases El Nino (9) foram mais recorrentes que La Nina (6) e neutro (3). Quanto ao segundo período, é necessário maior prazo para chegar a uma conclusão específica, uma vez que este ciclo não encerrou e tem previsão de permanecer atuante até o ano 2025. Porém, até o ano de 2013, que consiste no ano máximo da série histórica estudada, o número de episódios El Nino, La Nina ocorreram em quantidades iguais (4), e períodos neutros foram 5, conforme Quadro 6 abaixo.

Quadro 6: Ocorrência de El Nino, La Nina e fase neutra, nos períodos positivos e negativos de ODP, da série histórica de chuvas diárias de 1951 a 2013 em Viana-Es

PERÍODO	FASE ODP	OCORRÊNCIA DE EL NINO	OCORRÊNCIA DE LA NINA	FASE NEUTRA
1951-1976	NEGATIVA	9	6	3
1977-1998	POSITIVA	8	4	7
1999-2013	NEGATIVA	4	4	5
TOTAL		21	14	15

Fonte: Golden Gate Weather Services (2015) e Mantua et al (1997). Organizado pela autora.

No período positivo de ODP (1977 a 1998), ocorreu a maior quantidade de eventos neutros (7) no Oceano Pacífico em relação às demais fases, e menor quantidade de eventos La Nina em relação aos períodos negativos de ODP da série histórica 1951-2013 de Viana.

Nesta fase de ODP positiva (N = 22 anos), a ocorrência de 8 El Ninos e 7 períodos neutros, correspondem a 17 anos do total de duração desta fase, ou seja, 77% dos anos totais deste período estava sob influência entre alterações positivas e fases de neutralidade das temperaturas do Oceano Pacífico Equatorial (Quadro 7), que associado a ZCAS (23 e 25 ZCAS, respectivamente) provocou mudanças no regime de chuvas em Viana, promovendo maior acúmulo pluviométrico total (44.644,11 mm) e média pluviométrica anual (2.029,28 mm) no período positivo de ODP (tabela 6), em relação as fases negativas.

Quadro 7: Total de duração em anos por evento El Nino, La Nina e neutro em fase de ODP positiva de 1977-1998

8 EL NINOS	4 LA NINAS	7 NEUTROS
6 meses	1 ano	1 ano
5 meses	1 ano e 2 meses	1 ano e 2 meses
5 meses	2 anos e 1 mês	2 anos
1 ano e 6 meses	9 meses	1 anos e 3 meses
1 ano e 2 meses		1 ano e 2 meses
6 meses		2 anos e 1 mês
1 ano e 1 mês		1 ano e 8 meses
1 ano e 1 mês		
Total= 6,66 anos	Total= 5 anos	Total =10,4 anos

Fonte: Golden Gate Weather Services (2015) – organizado pela autora

De acordo com o Quadro 5, em períodos neutros da fase de ODP positiva (1977-1998), foi registrado o maior total de mm de chuvas (8.8083 mm), que ocorreu entres os meses de outubro a abril, na série histórica de chuvas diárias de Viana (1951-2013); em relação a todos os outros eventos EN, LN e fases neutras dos períodos de ODP restantes.

Cabe salientar, que apesar da Região Sudeste se encontrar em uma zona de transição e não sofrer efeitos diretos da atuação dos fenômenos de aquecimento do Pacífico Equatorial; nos períodos El Nino, as temperaturas na superfície terrestre ficam mais elevadas e provocam a formação de chuvas convectivas (CEPTEC/INPE, 2015), também conhecidas como temporais de verão, em que grandes concentrações pluviométricas ocorrem em um curto espaço de tempo.

Além disso, é importante ressaltar que a ZCAS atua independente das alterações positivas e negativas de temperatura que possam ocorrer no Oceano Pacífico Norte (ODP), e de episódios El Nino, La Nina e fases neutras, porém, verificou-se que associado a tais eventos, a ZCAS apresenta comportamentos distintos na distribuição pluviométrica.

Todos esses eventos são capazes de produzir chuvas de baixa, média e alta magnitude. Chuvas de magnitude baixa, até cerca de 10 mm, tem uma frequência muito alta ao longo do ano, tanto maior quanto menor forem as chuvas. Essas representam chuvas importantes para a manutenção da umidade, sobretudo, no horizonte de topo do solo. Chuvas de magnitude média, em torno de 25 mm, são chuvas que favorecem a umidade e desenvolvimento das plantas e geração de *runnof* (25 mm para a maioria dos solos e 10 mm para solos rasos). Somadas às chuvas de baixa magnitude, ocorrem condições favoráveis de manutenção da umidade precedente para receber outros volumes consecutivos, que podem preceder um movimento de massa. Chuvas de magnitude alta são importantes na deflagração de movimentos de massa de solos, matacões e blocos, sobretudo em acumulados de 3 ou 7 dias.

Em Viana, esses solos são representados pelos Latossolos, solos de perfil de intemperismo profundo com maior capacidade de infiltração e drenagem vertical da água, Cambissolos com matacões e Neossolos Litólicos, estes rasos de caráter lítico e lítico fragmentário, possibilitando descontinuidades de drenagem no perfil vertical e lateral ao longo da vertente.

A partir de levantamentos de campo e imagens realizadas na área foram verificadas as seguintes tipologias, assim classificadas: escorregamentos planares de solos em Neossolos Litólicos, em que a rocha é a superfície de ruptura do contato lítico; escorregamentos planares ou tração em Latossolos instabilizados por cortes antrópicos da vertente; queda de blocos em Neossolos Litólicos, em que a superfície de ruptura são as zonas de descontinuidades da rocha nos limites de contato fragmentário; e em Cambissolos com matacões, cuja superfície de ruptura é o próprio matacão. Nos Cambissolos com matacões foi verificado uma maior estabilidade, exceção para os matacões de superfície.

Chuvas de grande magnitude representam no IMF um indicativo importante na análise das instabilidades das vertentes. Em Viana, 145,8 mm foi a maior chuva

registrada no período correspondente à fase de ODP negativa de 1951-1976, 138,0 mm, na fase de ODP positiva de 1977-1998 e 162,6 mm, na fase de ODP negativa em curso.

Além das chuvas de magnitude elevada, também deve ser considerado na análise de instabilidades da vertente o acumulado de chuvas de 3 dias. Isso devido à capacidade de campo (CC) que segundo conceitos em física do solo, é a quantidade de água retida pelo solo, após a drenagem dentro do solo previamente saturado por água, se tornar zero ou quase zero. Isso significa que, enquanto o solo ainda estiver apresentando uma drenagem interna, sejam fluxos hídricos verticais ou laterais dentro do solo, o solo não atingiu a CC. Esta, numa outra definição, é o conteúdo volumétrico de água em equilíbrio com o componente matricial do potencial de água de -10 a -30 kPa. Para Latossolos e para os Neossolos Quartzarênicos a CC é -10 kPa (RUIZ et al, 2003), diferente do que se pensava antes para os Latossolos, provavelmente devido aos agregados estruturais que o compõem na forma de microagregados, podendo também ocorrer blocos.

Dependendo da chuva e das características do solo (profundidade, agregados estruturais, textura, arranjo das partículas, porosidade, mineralogia da fração argila, descontinuidades hidráulicas) a CC poderá ocorrer em 3 dias consecutivos de chuva. Para Latossolos, por serem solos profundos e com agregados estruturais em microagregados (granulares) e blocos, os volumes de chuvas requeridos para atingir a CC podem ser bem maiores do que aqueles para outros solos mais rasos.

Para os acumulados de 3 dias de chuva, considerado o tempo para que o solo entre em CC que contribui na deflagração de movimentos de massa e instabilidades na vertente, o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) utiliza para São Paulo, acumulados de 80 mm para o nível de atenção e 120 mm para o nível de alerta, para aquele volume de chuva que poderá potencializar movimentos de massa e instabilidades nas vertentes. Segundo Tavares et al (2004) consideram para a Serra do Mar, acumulados de 120 mm em 72 horas como acumulados limiares para geração de escorregamentos e Guidicini e Iwasa (1976) verificaram a ocorrência de escorregamentos na Serra do Mar com 250 a 300 mm de chuvas, e 12 a 18 % da chuva anual, e, quando passam de 20 %, deflagram eventos de escorregamentos acentuados na região.

Considerando a média pluviométrica anual de 1.657,12 mm de chuva, de 1999 a 2013 em Viana, e o menor acumulado de chuvas de 7 dias, verificado no registro de escorregamento em corte de Latossolo, 130,4 mm (Tabela 8), representa para esta série histórica, apenas 8% da precipitação média anual.

Em Viana, a chuva de 162,6 mm, que ocorreu em novembro de 2000, não teve um acumulado antecedente entre a data 25/11/2000 a 27/12/2000, ou seja, três dias consecutivos, considerados dados importantes para a CC (capacidade de campo), ou 7 dias. Isso mostra que chuvas de magnitude muito grande podem deflagrar movimentos de massa, mesmo sem acumulados de 3 dias, o que parece coerente nos casos de volumes muito altos de água capazes de penetrar no solo. A partir dos relatórios da Defesa Civil de Viana, de 2010 e 2011, identificou-se a chuva de 94,8 mm (Figura 27 e 28) sem acumulado de chuva antecedente, em Latossolos com perfil de corte antrópico de alta inclinação, suficiente para deflagração de processos de escorregamentos, conforme tabela 8. Acumulados de 7 dias de chuva no valor de 394,8 mm foi o maior observado em Viana para o período de 2010 e 2011, associado a Neossolo Litólico e blocos em Cambissolos, em situação de risco (Tabela 8, Figura 29 e 30)

Tabela 8 : Dados dos movimentos de massa que ocorreram do município de Viana em 2010 e 2011

Tipo	Data	Chuva (P24) mm	Acumulado de 3 dias (mm)	Acumulado de 7 dias (mm)	Classe de solo	Inclinação	Corte Antrópico
1	06/11/2010	94,8	94,8	197,6	1	90°	1
1	26/12/2010	63,2	111	130,4	1	90°	1
1	06/11/2010	94,8	94,8	197,6	1	90°	1
2	14/03/2011	96,6	169,2	394,8	2	80°	2
1	06/12/2011	103,2	115,4	169,8	1	90°	1

Fonte: Defesa Civil de Viana (2015). Organizado pela autora.

Tipo 1 : Escorregamento ou tração em Latossolos; **Tipo 2:** Escorregamento planar e ou queda de blocos em Neossolos Litólicos com caráter lítico e lítico fragmentário e Cambissolos. **Classe de solo 1 :** Latossolos; **Classe de solo 2:** Neossolos Litólicos. **Corte 1:** Sim; **2:** Não



Figura 27: Escorregamento em Latossolos, Morada de Bethania, Viana (ES), novembro de 2010, em chuva diária de 94,8 mm, sem acumulado antecedente. **a)** deslocamento de Latossolo em área de risco (moradia) a montante e **b)** parte do depósito. Foto e Organização: a autora.



Figura 28: Escorregamento em Latossolos no bairro Vale do Sol, Viana (ES), novembro de 2010, em chuva diária de 94,8 mm, sem acumulado antecedente. **a)** Vegetação irregular e moradia a montante do talude. **b)** Contenção com material inapropriado. **c)** Depósito de material de terroso escorregado. Foto e Organização: a autora.



Estado de emergência em Viana

No município, 310 moradores estão desabrigados. No bairro Ipanema, 10 pedras podem deslizar a qualquer momento

O município de Viana, na Grande Vitória, decretou situação de emergência ontem, depois das fortes chuvas que atingiram a região.

Dois mil pessoas foram afetadas pelas enchentes, 310 estão desabrigados e seis casas foram destruídas, segundo informações da Defesa Civil Estadual.

O coordenador da Defesa Civil Municipal, Pedro dos Santos Barbosa, informou que o decreto da situação de emergência será publicado hoje.

O risco maior no município, segundo Barbosa, é o deslizamento de cerca de 10 pedras de médio porte no bairro Ipanema. Cada pedra pesa cerca de uma tonelada, contou Barbosa.

As pedras podem atingir 250 famílias. Do total, 25 já foram retiradas da região.

O ponto mais afetado é a Rua 32, que fica logo abaixo do ponto de risco. Toda a rua foi evacuada e os moradores estão abrigados em uma creche no bairro.

Uma forte enchente inundou o bairro Ipanema na tarde do último domingo. Ontem, os moradores

passaram o dia contabilizando estragos e tentando reorganizar o que restou.

As ruas estavam tomadas de lama e, nas calçadas, era possível ver vários móveis, roupas e eletrodomésticos empilhados e sujeitos com a lama que desceu com a água.

O auxiliar de produção Alair José Rodrigues teve parte de sua casa destruída pela força da água que veio da área montanhosa da região. Ainda há riscos de deslizamento no local.

Ele contou que está morando com a mulher na casa de parentes. "Não dá mais para morar aqui", afirmou Alair.

Os municípios de Cachoeiro de Itapemirim, Guacuí, Bom Jesus do Norte, Muniz Freire e Governador Lindenberg decretaram estado de emergência de ontem.

Já as cidades de Apiaçá e Caracica devem decretar hoje.

ABASTECIMENTO

As chuvas também afetaram o abastecimento de água em Vitória, Serra e Cariacica, por causa da elevação do nível de barro do Rio Santa Maria da Vitória, o que dificultou a distribuição.

Em Cariacica, um dos problemas foi que um deslizamento de terra provocou o rompimento da adutora Duas Bocas, prejudicando o abastecimento.

Segundo informações da Cesan, o abastecimento será normalizado assim que o rio oferecer condições de tratamento adequado da água.



"Não dá mais para morar aqui"

O auxiliar de produção Alair José Rodrigues, 49 anos, contou que estava em sua casa, no bairro Ipanema, Viana, na tarde do último domingo, quando uma forte enchente

destruiu parte da residência.

"A correnteza era muito forte, alagou tudo. A rua virou um rio. Não dá mais para morar aqui. Está até perigoso entrar ali dentro", contou o au-

xiliar, apontando para o que restou de sua casa.

Seu ter para onde ir, ele está morando com a mulher na casa de parentes.



Figura 30: Escorregamento em Neossolos Litólicos e escorregamento e queda de blocos e matacão em Cambissolos, na encosta do bairro Ipanema Viana (ES), 14/11/2011, para 96,6 mm de chuva diária, 169,2 mm em acumulados de 3 dias, 394,8 mm em 7 dias. Áreas de risco: a) moradias no local dos depósitos, a jusante da vertente, b) depósitos do movimento de massa c) escorregamento em Neossolo Litólico, envolvendo o deslocamento de material inconsolidado e blocos de rocha e d) escorregamento de matacão no Cambissolo. Foto e Organização: a autora.

A análise integrada dos dados das chuvas diárias $\geq 94,8$ mm, limiares dos processos de movimentos de massa e instabilidades em Viana, junto às fases de ODP da série histórica de chuvas de 1951 a 2013 (de ODP negativa, positiva e negativa) e fases El Nino, La Nina e neutra (Quadro 8), mostrou que o total de chuvas $\geq 94,8$ mm na primeira fase negativa de ODP (1951-1976) foi de 2391,8 mm, na fase positiva (1977-1998) foi de 1949,5 mm e na negativa atual (1999-2013) foi de 3345,2 mm, novamente, ressaltando a importância da fase negativa da ODP, favorecendo chuvas de maiores magnitudes, essas capazes de produzir, associadas a outros fatores, os movimentos de massa e instabilidades. Essas quantidades de chuvas $\geq 94,8$ mm ocorreram mais em períodos neutros do Oceano Pacífico Equatorial. Foram 1065,9 mm no primeiro período de ODP negativa, 1098,3 mm no positivo e 1014 mm totais no último negativo, valores mais altos, se comparados às fases El Nino e La Nina de todos os períodos de ODP.

Considerando que os dois últimos períodos da ODP (1951-1976 negativa e 1977-1998 positiva) tiveram o mesmo comportamento de magnitude e frequência com IMF muito próximos, e, sendo a média dos totais de chuvas $\geq 94,8$ mm dessas duas fases, igual a 2170,65 mm, a fase negativa atual (com um total de 3345,2 mm) representa um aumento de 54,1 % nas chuvas $\geq 94,8$ mm, portanto, uma fase de maiores chances de ocorrência de movimentos de massa e instabilidades em Viana do que foi no período entre 1951 até 1998.

Quadro 8: Totais de chuvas $\geq 98,4$ mm do município de Viana, associado aos eventos de anomalias de temperatura do Oceano Pacífico

FASE	NEGATIVA 1951-1976 Total de Chuvas $\geq$ a 98,4 mm	POSITIVA 1977-1998 Total de Chuvas $\geq$ a 98,4 mm	NEGATIVA 1999-2013 Total de Chuvas $\geq$ a 98,4 mm
EL NINO	600,6	650,3	1306
LA NINA	725,3	200,9	1025,2
NEUTRA	1065,9	1098,3	1014
TOTAL	2391,8 mm	1949,5mm	3345,2 mm

Fonte: Incaper (2013) – organizado pela autora

Em fase negativa atual, ocorreu o maior total (3345,2 mm) de chuvas $\geq 94,8$ mm, se comparado a demais fases de ODP. O valor citado anteriormente não está associado a períodos La Nina, visto que 1306 mm de chuvas $\geq 94,8$ mm ocorreram

em fase El Nino no período de ODP atual, mas sim, ao fato de ter sucedido 50 ZCAS no intervalo de tempo correspondente ao total de chuvas de $\geq 94,8$ mm. Isso permite dizer que 41% das ZCAS atuantes no período de 1999-2013 (121 ZCAS no total) provocaram chuvas $\geq 94,8$ mm, que por sua vez foram capazes de deflagrar movimentos de solo e rocha no município de Viana.

Na fase positiva de ODP, ocorreu o menor total (1949,5 mm) de chuvas $\geq 94,8$ mm em relação as duas fases negativas de ODP da série histórica (1951-2013), coincidente com a menor quantidade de ZCAS (62) atuante nesta fase, em relação a fase negativa em curso, conforme Tabela 7. No período positivo (Quadro 8), o menor volume pluviométrico total de chuvas $\geq 94,8$ mm ocorreu em períodos La Nina (200,9 mm), e o maior volume, associado a períodos neutros (1098,3 mm), seguido de El Nino (650,3 mm).

8 CONCLUSÕES

- A análise da série histórica muito longa de 63 anos, não se mostrou adequada, se comparadas às fases de ODP positiva e negativa, prejudicando o princípio da dinâmica diferenciada de regimes de chuvas em função dos fenômenos presentes. Recomenda-se a avaliação do regime de chuvas pelas relações de magnitude e frequência das chuvas diárias, e que sejam selecionadas séries históricas com base, não apenas nas fases de ODP, positivas e negativas, e nas médias pluviométricas anuais, mas, analisando números de ZCAS, períodos El Nina, El Nino e neutro.
- Recomenda-se aqui extrapolações para períodos de comportamento climático análogos: 1) para as fases similares de ODP, no máximo durante a fase de ODP, ou para as fases futuras, ainda que alternadas, o que representam estimativas para 10 anos e 20 anos, no máximo, e o mesmo para os períodos que ainda virão, após a passagem do último período, que é negativo e está em curso, com projeções de término em 2025 e 2) para mais períodos de ODP, ainda que positivo e negativo, quando esses tiverem a mesma relação de magnitude e frequência, para o tempo previsto de ODP.
- Considerando a análise de magnitude e frequência de chuvas diárias, referente à série histórica de 63 anos de 1951-2013, o IMF é (80,87; 19,92). A cada ano, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 80,87 mm. A cada 10 anos, há chance de ocorrência de chuva de um dia ser igual ou superar 100,79 mm. Há 10 % de chance (probabilidade) de que a máxima de um dia, em 1 ano, seja igual ou superior a 100,79 mm. A cada 100 anos há chance de ocorrência de chuva de um dia ser igual ou superar 120,71 mm.
- Na fase de ODP negativa, de 1951 a 1976, o IMF é (84,31; 28,11). A cada ano, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 84,31 mm, e, a cada 10 anos, há chance de ocorrência de chuva de um dia ser igual ou superar 112,42 mm, a cada 100 anos há chance de ocorrência de chuva de um dia ser igual ou superar 140,53 mm, próximos daqueles avaliados para a série longa.
- Na fase de ODP positiva, de 1977 a 1998, o IMF é (83,16; 27,15). A cada ano, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a chuvas de 83,16 mm, a cada 10 anos, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a

110,31 e a cada 100 anos, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 137,46 mm.

- Na fase da ODP negativa, de 1999 a 2013, em curso, a precipitação média anual foi menor e o IMF maior (112,06; 36,73). A cada ano, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 112,06 mm. A cada 10 anos, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 148,79 e a cada 100 anos, há chance da máxima de chuva de um dia ser igual ou superior a 183,52 mm.

- As médias pluviométricas anuais não apresentaram relação positiva com a magnitude e frequência das chuvas diárias. Em Viana, para médias pluviométricas diferentes, das fases 1951-1976 negativa e 1977-1998 positiva, respectivamente, com precipitações médias anuais de 1.296,15 mm e 2.029,28 mm, apesar da fase positiva ter apresentado uma média pluviométrica anual muito superior, elas tiveram o mesmo comportamento em relação aos intervalos de recorrência. A fase de ODP negativa seguinte, 1999-2013, ainda em curso, apresentou uma média pluviométrica anual menor, 1.657,12 mm de chuvas, em relação a fase positiva antecedente, contudo, teve melhor relação de magnitude e frequência das chuvas diárias do que qualquer outra série observada, inclusive a série total de 63 anos, atestando um período mais úmido.

- Em relação a primeira fase negativa e positiva de ODP, dentro da série histórica 1951-2013, em Viana (ES), o maior IMF e a maior relação de magnitude e frequência (mais úmido ocorreu na última fase negativa da ODP em curso, mesmo com média pluviométrica anual menor, se comparado à fase anterior da ODP positiva da série histórica de chuvas de 1977-1998. A fase citada anteriormente apresentou IMF menor e média pluviométrica maior, devido ao maior número de ZCAS (121) que teve uma maior expressão de ocorrência associado a períodos La Nina (45) e de neutralidade (43).

- Para Viana é atribuído um único período, de 1951 a 1998, com comportamento similar na relação entre magnitude e a frequência das chuvas diárias (período menos úmido), e um outro período, de 1999 a 2013, em curso, mais úmido do que o período anterior, pois apresenta uma maior relação entre a magnitude e a frequência das chuvas.

- A chuva máxima diária que ocorreu em 63 anos no município Viana, no período de 1951 a 2013, foi de 162,6 mm, associada a fase La Nina, dentre outros fatores a serem considerados.
- É esperado que chuvas de magnitude alta, pelo menos $\geq 94,8$ mm em um mesmo dia, mesmo sem acumulados de chuvas em 3 dias anteriores, possam provocar movimentos de massa ou instabilidades nas vertentes em Viana.
- Podem acontecer acumulados de 7 dias de chuvas, totalizando 394,8 mm.
- Chuvas $\geq 94,8$ mm, limiar para os processos de movimentos de massa e instabilidades em Viana, ocorrem mais nos períodos da ODP negativa e em períodos neutros do Oceano Pacífico Equatorial.
- A fase negativa atual da ODP (1999-2013) representa 54,1 % a mais nos totais de chuvas $\geq 94,8$ mm, comparado aos totais de chuvas $\geq 94,8$ mm anteriores a 1998, o que aumenta os riscos de ocorrência de movimentos de massa e instabilidades em Viana nesse período atual.
- As tipologias de instabilidades classificam-se em: escorregamentos planares em Neossolos Litólicos, em que a rocha é a superfície de ruptura do contato lítico; escorregamentos planares ou tração em Latossolos instabilizados por cortes antrópicos da vertente; queda de blocos em Neossolos Litólicos, em que a superfícies de ruptura são as zonas de descontinuidades da rocha nos limites de contato fragmentário; e escorregamento ou queda de matacão em Cambissolos, cuja superfície de ruptura é o próprio matacão.
- A média pluviométrica de 1999 a 2013 em Viana é de 1.657,12 mm. Para este período e comparado a eventos de movimentos de massa e instabilidades nas vertentes em 2010 e 2011, em Latossolos, acumulados de pelo menos 130,4 mm de chuvas em 7 dias, são limiares a serem considerados na deflagração desses processos, e representam 8 % da precipitação média anual. Em Neossolos Litólicos e Cambissolos com matacão, acumulados de 169,2 mm de 3 dias de chuvas, são limiares a serem considerados na deflagração de movimentos de massa e instabilidades na vertente, representando 10 % da precipitação média anual. Considerando que os solos apresentam características muito diferentes em relação à profundidade e estrutura e, que as médias anuais não apresentaram uma boa

relação com a análise de magnitude e frequência de chuvas diárias, a porcentagem em relação à média não é adequada para Viana, e sim, os acumulados em 3 ou 7 dias, que melhor relação qualitativa tem com os diferentes ambientes pedológicos e, com o comportamento hídrico em relação à capacidade de campo.

- Esse estudo aponta para a necessidade de:

- 1) classificar as tipologias de instabilidades das vertentes em Viana, sistematizando as informações sobre parâmetros do solo e das vertentes;
- 2) ampliar os registros de chuva e registros de movimentos de massa e instabilidades da vertente;
- 3) analisar os intervalos de recorrência dos eventos de 3 dias e 7 dias consecutivos de chuvas $\geq 94,8\text{mm}$ pela análise de magnitude e frequência;
- 4) investigar na série histórica disponível para Viana, a relação existente entre a umidade do solo precedente (condições de superfície/subsuperfície) e a geração de movimentos de massa ou de instabilidade da vertente em dias consecutivos de presença de chuva.

9 BIBLIOGRAFIA

AGENCIA BRASIL. **Fenômeno do Oceano Pacífico leva verões poucos chuvosos no Brasil.** Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-01/fenomeno-no-oceano-pacifico-leva-veroes-pouco-chuvosos-no-pais>. **Acessado dia 12/08/2015**

AHNERT, F. **An approach to the identification of morphoclimates.** Gardner V., **International Geomorphology** 1987. p 159-188.

ALVES, H.P.F; MELLO, A.Y.I; D'ANTONA, A.O.; CARMO, R.L. **Vulnerabilidade socioambiental nos municípios do litoral paulista no contexto das mudanças climáticas.** In: XVII Encontro Nacional de estudos Populacionais. Caxambu, MG, 2010.

AUGUSTO FILHO, O. 1992. **Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica.** In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PUCRJ, 1992, v.2, p.721-733.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** 4. ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 1996.

BRAGA, T. MOREIRA, O. E. L., GIVISIEZ, G. H. N. **Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática,** São Paulo em Perspectiva, v. 20, n. 1, p. 81-95, jan./mar. 2006.

BRANDÃO. R. de S.; FISCH, G. F. **A zona de convergência do atlântico sul e seus impactos na enchentes em áreas de risco em Guaratinguetá – SP.** Revista Biociências – Unitau, vol. 14, nº 2, 2008. Disponível em: 85 . Acessado em: 10/09/2015.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto RADAM.** Folha SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso Potencial da terra. Rio de Janeiro, 1983.

BARRY, R; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima.** 9ª edição, Porto Alegre: Bookmam, 2013.

BERLATO, M, A; FONTANA. El Nino e La Nina: **Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura.** Porto Alegre; Ed da UFRGS, 2003, 110 p.

CARDOSO, C.O.; ULLMANN, M.N.; BERTOL, I. **Análise de chuvas intensas a partir da Desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC).** Rev. Brasil Cia de Solo, Visçosa, v.22, n.1, pp.131-140, 1998.

CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. **Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather**. Bragantia, Campinas, v.52, p.169-172, 1993.

CHAVES, R.R., P. NOBRE. **Interactions between sea surface temperature over the South Atlantic Ocean and the South Atlantic Convergence Zone**. *Geophysical Research Letters*, Estados Unidos da América, 2004.

CARVALHO, L. M. V. de; JONES, C. Zona de convergência do atlântico sul. In: CAVALCANTI, I. F. A. (Org.). **Tempo de clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009. p. 95-125.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS - CPTEC. **Glossário Técnico de Clima**. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml>. Acessado em 20/08/2015.

CPTEC/INPE. **El Nino e La Nina**. 2015. Disponível em : <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acessado: 25/09/2015.

CPTEC/INPE. **Boletim Climatológico**. Revistas Climanálise 1995 a 2013. Disponível <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>

CLIMATEMPO. **Como o El Nino interfere nas chuvas e frio na Região Sudeste?** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zCTnTeElhGA>. Acessado em: 05/11/2015

COLANGELO, A. C. **Sobre os Modelos de Magnitude-Frequência e de Estabilidade de Vertentes**. Revista do Departamento de Geografia (USP), v. 16, p. 11-23, 2005.

CORREA, W. de S. C.; ALBUQUERQUE, T. T. de A. **A influência da zona de convergência do atlântico sul nas precipitações intensas no mês de novembro de 2008 e suas consequências sobre o município de Vitória/ES**. Revista GEONORTE, Ed. Especial 2, V. 1 N. 5. 2012, p. 796-806. Disponível em: 86 . Acessado em 15/12/2012.

CORREA, W de. S. C. **Comportamento dos elementos climáticos, temperatura e precipitação, no município de Vitoria (ES) no períodos de 1978 a 2007**. Monografia). Departamento de Geografia. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória, 2011.

DAMÉ, R. de C. F.; TEIXEIRA, F. A.; TERRA, V. S. **Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para Pelotas – RS**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Jaboticabal, v.28, n.2, p.245-255,abr./jun. 2008.

ELTZ, F.L.; REICHERT, J.M.; CASSOL, E.A. **Período de retorno de chuvas em Santa Maria,RS**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.16, p.265-269, 1992.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento , Brasília, 2006.

ESCOBAR, G. C; SACRAMENTO NETO, O. B. J.; SILVA, P. E. D. **Método objetivo para identificar episódios de Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU) no ambiente operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estados Climáticos - CPTEC**. XVI Congresso de Meteorologia, 2010

FELICIO, R. A. **Sistemas Sinóticos e Teleconexões - Oscilação Decadal do Pacífico**. 2009. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Climatologia).

FELLOWS, D. K. **The Environment of Mankind: an introduction to physical geography**. 1978

FERNANDES, N.F, FONSECA,C.P. Movimentos de massa: uma abordagem geológica-geomorfológica. In: Guerra, A.J.T e CUNHA, S.B (org). **Geomorfologia do meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p.123-194.

FERREIRA, N.J; SANCHES, M; DIAS, M.A.F.S. **Composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em períodos de El Nino e La Nina**. Revista Brasileira de Metereologia, v.19, n.1, p.89-98, 2004.

FREITAS, R .A; IGREJA, G.C; RAMOS, H. E dos, A; SILVA, A.O; SILVA, J.F.F. **Análise da Frequência Mensal e Anual do Numero de dias chuvosos no município de Viana –ES**. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Julho de 2011, Guarapari - ES.

GIMENES, A. C. W. 2001. **Estudo da morfologia, materiais e processos em uma estrutura de relevo cristalina: "Mestre Álvaro", Município Serra, ES, Brasil**. **Dissertação de mestrado**. Universidade de São Paulo. São Paulo,

GIMENES, A. C. W. 2000. **Análise Semilogarítmica de Magnitude-Freqüência na Identificação do Evento Pluviométrico diário Dominante e Processo Geomórfico Associado**. 8º Encontro Latino Americano de Geografia - 04 a 10 de março. Universidad de Chile. Tema 3: Contribución de la Geografía a la Protección del Medio Ambiente de Latinoamérica. Santiago do Chile, Media Graphics, 2000, p 411-421.

GUIDICINI, G. NIEBLE,C.M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo. Editora USP, 1984, p.216.

GUIDICINE, G.; IWASA, O. Y. **Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido**. Publicação IPT 10 80. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1976, 48 p.

GUIMARAES, MARIA BERNADETE. **Fenômenos Climáticos: A Zona de Convergência do Atlantico Sul em dezembro de 2013 e seus efeitos no Espírito Santo- Brasil**. XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, novembro de 2014, Natal, RN. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/xiisrh/anais/papers/PAP018238.pdf>. Acessado em 10/09/2015

GRIM, A.M, et al. **Anomalias de precipitações no sul do Brasil em eventos El Nino**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1996, Campos do Jordão,

SP.Anais.. Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1996, v.2, p. 1098-1102.

GRIMM, A. M. **Material básico de estudo para os alunos da Disciplina Meteorologia Básica da Universidade Federal do Paraná**. 1999. Disponível em: <http://fisica.ufpr.br/grimm/>. Acesso em 15 de julho de 2015.

GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B, da (Orgs). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro; Bertrand, 1996, 394 p.

GOLDEN WEATHER SERVICES. **El Niño and La Niña Years and Intensities , 2015. Disponível em** : <http://ggweather.com/enso/oni.htm>. **Acessado em 15/10/2015**

HIGHLAND, L.M e BOBROWSKY, P. **O Manual de Deslizamento – um guia de compreensão de deslizamentos**. U. S. Geological Survey, Circular 1325. Reston, Virginia, 2008, 176 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Perfil dos Municípios Brasileiros 2013**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?>. Acessado em 01/12/2015.

INFANTI JUNIOR, N. e FORNAS SORI FILHO, N. **Processos de Dinamica Superficial**. In: Oliveira, A.M.S e Brito. Geologia de Engenharia. São Paulo. Associação Brasileira de Engenharia (ABGE), 1998, cap 9, p. 131-152.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES – IJSN. **Mapeamento geomorfológico do estado do Espírito Santo**. Vitória (ES), 2012. Disponível em: <http://w0:nt-28-mapeamento-geomorfologico-do-estado-do-espírito-santo&catid=113:ntgeoprocessamento&Itemid=203#>>. Acessado em: 15/06/2015

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES – IJSN. **Perfil ES 2012: Dados gerais**. Vitória, ES, 2012. 2268 p.

KORMMAN, T. C. **Ocupação das Encostas no município de Blumenau- SC: Estudo da Formação das Áreas de Risco a Movimentos de massa**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, 2014.

MACIEL FILHO, C.L; NUMMER, A.V. **Introdução a geologia de engenharia**. 4. Ed, Santa Maria; Ed. Da UFSM, 2011.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS R.C: **A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production**. Bull. Amer. Meteor. Soc., v.78, p. 1069-1079, 1997.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007

METSUL METEOROLOGIA. **ODP e o Clima, 2006.** Disponível em: http://www.metsul.com/secoes/?cod_subsecao=51. Acessado em 11/09/2015.

MILANESI, M. A. **Avaliação do Efeito Orográfico na Pluviometria de Vertentes Opostas da Ilha de São Sebastião (Ilhabela - SP).** 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia da USP - São Paulo, 2007.

MOLION, L.C.B. **Variabilidade e Alterações Climáticas.** Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, 2007. Disponível em: <http://www.proclira.uevora.pt/pdf/CLIVAR_PORTUGAL_2007.pdf>. Acesso em: 25 de Set 2015.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano: um projeto e seus caminhos.** In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, CARLO S. A. F. (org.). **Clima Urbano.** São Paulo: Contexto, 2002.

MOREIRA, J.L.B. **Estudos das Distribuições das chuvas em Belo Horizonte e seu entorno.** Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais, IGC, Belo Horizonte, 2002.

MOURA, M. **O Clima Urbano de Fortaleza sob o nível do Campo Térmico.** (Dissertação de Mestrado). Fortaleza/CE. Pós Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará – UFC, 2008.

NASCIMENTO, F. H. **Avaliação do Efeito Orográfico na Distribuição da Precipitação em Fundão e Santa Teresa, no período de 1947 a 2012.** (Monografia). Departamento de Geografia. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória, 2013.

NETO, F.B da; PIMENTA, A.A.G, SILVA, A.C . **Históricos dos Desastres do Estado do Espírito Santo 2000-2009.** Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do ES. Vitória, [2011?], 116 p. Disponível em : http://www.defesacivil.es.gov.br/files/pdf/historico_de_desastres.pdf. Acessado em 13/11/2015.

NIMER, E. Clima da Região Sudeste. In: Geografia do Brasil. Rio de Janeiro/IBGE, 1971 **Climatologia do Brasil.** IBGE Rio de Janeiro: 1979.

NUNES, L.; VICENTE, A.K, CANDIDO, D.H.: **Clima da região sudeste do Brasil.** In: CAVALCANTI, I.F.de A. et al. (org.). **Tempo e clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009

PAULA, G. M.de. **O fenômeno El Nino Oscilação Sul e a erosividade das chuvas em Santa Maria – RS.** (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Santa Maria- RS, 2009

PENTEADO, M.M. **Fundamentos da Geomorfologia.** 3.ed, Rio de Janeiro, 1980: IBGE, 1983.

PECHINCHA, M. G. H; ZAIDAN, R.T. **Probabilidade a ocorrência de escorregamentos na bacia córrego Matirumbide, Juiz de Fora, MG, a partir da**

utilização do modelo SINMAP. Revista de Geografia, v.3, nº 2, 2013. Disponível em: <http://www.ufjf.br/revistageografia/files/2014/07/Artigo-5-Revista-Geografia-Jul2014.pdf>. Acessado em: 20/08/2015

PRADO, L.F. **Oscilação interdecadal do Pacífico e seus impactos no regime de precipitação no Estado de São Paulo** (Dissertação de Mestrado). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG-USP, 2010. Disponível em : http://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d_luciana_f_prado_corrigida.pdf. Acessado em 12/09/2013.

RAMOS, H.E dos A.; N, N. E.F da; FERREIRA, J.G. **Balanço hídrico climatológico e classificação climática para região produtora da bananeira, no município de Viana – ES.** Agrometeorologia. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural [2009?]

REBELLO, E.R.G. **A Oscilação Decadal do Pacífico e sua possível influencia no regime de precipitação no Rio Grande do Sul.** Instituto Nacional de Meteorologia, [2006?].

RUIZ, H.A.; FERREIRA, G.B. & PEREIRA, J.B. **Estimativa da capacidade de campo de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos pela determinação do equivalente de umidade.** R. Bras. Ci. Solo, 27:389-393, 2003.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Clima e organização do espaço.** Boletim de Geografia. V. 16, nº 1, 1998, p.119-131.

SANTOS, R.F dos (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres, fenômenos naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília, Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2007.

STRAHLER, A. N; STRAHLER, A. H. **Geografía física.** 3. ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1989

SILVA, G. M. **Zona Convergência do Atlântico Sul e a Precipitação Pluvial do Município de Vila Velha (ES): Repercussões sobre as inundações.** (Monografia). Departamento de Geografia. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória, 2013

SOBREIRA, F.G; FONSECA, M.A. **Ação antrópica e processos em encostas de Ouro Preto, Brasil.** In: VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Goiânia (GO). 2001.

SORRE, M. **Objeto e método da climatologia.** Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 18, p. 89 – 94, 2006.

TAVARES, R., SANT'ANNA NETO, J. L., TOMMASELLI, J. T. G., PRESSINOTTI, M. M. N., SANTORO, J. 2004. **Análise da variabilidade temporal e espacial das chuvas associadas aos movimentos de massa no litoral norte paulista.** In Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1, 2004, Florianópolis. Anais do I SIBRADEN. Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. P.680-696. (CD-ROM)

TAVARES. R. Clima, tempo e desastres. In: TOMINAGA, L.K; SANTORO, J; AMARAL.(Org). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 1.ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, cap 8, p. 113-146

TEIXEIRA, F.V.B. C.A.S. Tanajura, E.M.Toledo. **An investigation of the ZCAS with extend simulation of the atmospheric model RAMS**. Revista Brasileira de Meteorologia, 2002.

TOMINAGA L. K.(Org.) **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 1. ed. São Paulo: Instituto Geológico; 2009

TRENBERTH, K. E. **The definition of El Niño**. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 78, n. 12, p. 2771-2777, Dec. 1997.

TUBELIS, A. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. Ed Nobel. São Paulo. 1984. p. 300 a 339.

SANTOS, A.H.B. **Análise de Magnitude-Frequência de Eventos Pluviométricos na Região de Parelheiros (São Paulo- SP)**. Revista GeoNorte e Edição Especial, V.1, N.4, p.399 – 411, 2011..

VALE, C. C. **Séries Geomorfológicas do Estado do Espírito Santo e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: uma visão sistêmica**. Tese (Doutorado em Geografia Física) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital. Recife – PE, 2006. Acessado: 15/07/2015. Disponível em: http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf.

VEDOVELLO, R. e MACEDO, E. (2007). Deslizamentos de Encostas. In: Santos, R.F dos (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres, fenômenos naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília, Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2007.

WOLMAN, M.G. e MILLER, J.P. (1960) **Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes**. *Journal of Geology*, n.68, p.54-74

Não imprimir essa página
