



## IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES NA OCORRÊNCIA DE EMERGÊNCIAS E DESASTRES ASSOCIADOS A NÍVEIS DE PRECIPITAÇÃO

Katiusca Magdalena Briones Estébanez

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Nelson Francisco Favilla Ebecken.

Rio de Janeiro  
Março de 2012

IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES NA OCORRÊNCIA DE EMERGÊNCIAS E  
DESASTRES ASSOCIADOS A NÍVEIS DE PRECIPITAÇÃO

Katiusca Magdalena Briones Estébanez

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Examinada por:

---

Prof. Nelson Francisco Favilla Ebecken, D.Sc.

---

Prof<sup>a</sup>. Beatriz de Souza Leite Pires Lima, D.Sc.

---

Prof. Gutemberg Borges França, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2012

Briones Estébanez, Kátiusca Magdalena

Identificação de Padrões na Ocorrência de Emergências e Desastres Associados a Níveis de Precipitação / Kátiusca Magdalena Briones Estébanez. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012

XIII, 75 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Nelson Francisco Favilla Ebecken.

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2012.

Referências Bibliográficas: p. 70-75.

1. Mineração de dados. 2. Desastres. 3. Equador. I. Ebecken, Nelson Francisco Favilla. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

# Dedicatória

*A meus pais, que me ensinaram o verdadeiro sentido da vida e que sempre estão  
a meu lado.*

*A minha avó guerreira, eu levo você no meu coração.*

# Agradecimentos

É muito importante para mim agradecer sinceramente a todos que de alguma maneira tornaram possível a elaboração desta dissertação.

A Deus, minha verdadeira força em todo este tempo.

A meu orientador, Prof. Nelson Ebecken, por ter-me dado a oportunidade, por seu apoio em todo momento, por ter acreditado em mim, e pelas direções no momento adequado.

Aos professores do programa de Engenharia Civil: seus conhecimentos fornecidos nas aulas me incentivaram no tema da dissertação. À Professora Beatriz de Souza, por ter-me dado confiança e receber-me sempre com um sorriso, muito importante para mim, como estrangeira, para me sentir confortável.

Aos membros da banca examinadora, por sua aceitação e pelas valiosas sugestões.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

A minha família, por acreditar em meus projetos e dar-me todo seu amor e compreensão. Vocês são o motor que me incentiva a ir em frente.

A Felipe, por seu amor e apoio em todo momento, em especial nos momentos difíceis, e pela paciência na correção do português. Seus detalhes e dicas foram muito úteis, não somente nesta dissertação, mas sempre que pedi ajuda, desde que o conheci.

Ao Prof. Affonso Mascarenhas, por ter-me incentivado a fazer estudos de pós-graduação na COPPE.

Ao pessoal do *Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno El Niño*, CIIFEN, pela orientação, ideias e apoio em todo momento que precisei. A Rodney Martínez, por acreditar em mim desde minha monografia de graduação, por ter sido meu guia profissional e por ter-me incentivado ao estudo de mestrado.

Ao pessoal do *Instituto Nacional de Oceanografía de la Armada del Ecuador*, INOCAR, pelos dados fornecidos e por se lembrarem sempre de sua ex-funcionária.

Ao pessoal do *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador*, INAMHI, também pelos dados fornecidos e por ter boa disposição de trabalho.

Aos novos amigos que me ajudaram a me descontraír um pouco em relação aos estudos. A Gian, por ter sido minha companhia e suporte nos momentos difíceis.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.).

## IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES NA OCORRÊNCIA DE EMERGÊNCIAS E DESASTRES ASSOCIADOS A NÍVEIS DE PRECIPITAÇÃO

Katiusca Magdalena Briones Estébanez

Março/2012

Orientador: Nelson Francisco Favilla Ebecken.

Programa: Engenharia Civil.

O incremento em número e magnitude dos desastres nas últimas décadas incentivou a evolução das metodologias de gestão de riscos que visam à redução do impacto dos desastres. Entre os vários componentes da gestão do risco está a melhoria científica e técnica dos métodos e capacidades de avaliação de riscos mediante pesquisa. As técnicas de mineração sobre a grande quantidade de dados coletada ao longo do tempo se mostram como uma boa ferramenta para a melhoria desses métodos e capacidades.

A análise para a identificação de padrões no comportamento de desastres foi feita com dados do Equador, país que apresenta uma alta vulnerabilidade ante diferentes ameaças naturais que podem ocasionar desastres, entre eles: inundações, transbordamentos e deslizamentos. A aplicação de métodos de mineração de dados, k-means e regras de associação, identificou os padrões na ocorrência de emergências e desastres com base em registros de precipitação para cinco cidades do Equador. Os resultados foram orientados a serem utilizados conjuntamente com previsões de precipitação de prazos imediato e curto, a fim de fornecer informação sobre quais eventos poderiam acontecer com a precipitação prevista nesses períodos.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

PATTERN RECOGNITION IN THE OCCURRENCE OF EMERGENCIES AND  
DISASTERS ASSOCIATED WITH PRECIPITATION LEVELS

Katiusca Magdalena Briones Estébanez

March/2012

Advisor: Nelson Francisco Favilla Ebecken.

Department: Civil Engineering.

The increase in number and magnitude of disasters in recent decades has encouraged the evolution of methodologies in risk management for reduction of disasters impacts. One of the various components in risk management is the scientific and technical improvement of methods and capacities of risks evaluation through research. Techniques in mining the large amount of data collected along the time are shown as a good tool in the improvement of those methods and capacities.

The analysis in the identification of patterns in the behavior of disasters were developed using data of Ecuador, a country that has high vulnerability to various natural hazards that can cause disasters including floods, river overflowing and landslides. The application of data mining methods, k-means and association rules, identified the patterns in the occurrence of emergencies and disasters based on precipitation records for five cities of Ecuador. The results were oriented to be used in combination with precipitation forecasts for immediate and short terms, in order to provide information about what events could happen with the precipitation forecasted in those periods.



# Sumário

Dedicatória .....	iv
Agradecimentos .....	v
Resumo.....	vii
Abstract .....	viii
Sumário .....	ix
Lista de figuras .....	xi
Lista de tabelas.....	xii
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação .....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Estrutura da dissertação .....	3
<b>CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Teoria e análise de desastres.....	5
2.2 Estudo de caso: Equador .....	8
2.2.1 Análise de Vulnerabilidades .....	12
2.2.1.1 Vulnerabilidade por inundações causadas por transbordamentos e chuvas diretas .....	13
2.2.1.2 Vulnerabilidade por deslizamento .....	14
2.3 Identificação de bases de dados com informação de ocorrência de desastres .....	14
2.4 Aplicação de técnicas de mineração de dados para a descoberta de padrões e aprendizagem a partir de dados de ocorrência de inundações, deslizamentos e transbordamentos .....	15
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
3.1 Análise de dados .....	19
3.2 Identificação de intervalos de precipitação.....	21
3.3 Aplicação de técnicas de extração de conhecimento.....	21
3.3.1 O método de k-means .....	22
3.3.2 Regras de associação .....	23
3.4 Determinação de padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível do evento .....	24
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
4.1 Preanálise da base de eventos DesInventar .....	27
4.2 Preanálise dos dados de precipitação .....	33

4.3	Análise da correlação precipitação-desastre.....	40
4.4	Formatação das séries de precipitação e de desastres para a determinação de padrões .....	42
4.4.1	Identificação de intervalos de precipitação.....	42
4.4.2	Acumulação dos registros de eventos com base na acumulação dos dados de precipitação .....	43
4.5	Identificação de padrões precipitação - eventos.....	43
4.5.1	Identificação de grupos de anos com similares ocorrências de eventos .....	43
4.5.2	Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento .....	46
4.5.2.1	Padrões na cidade de Quito.....	47
4.5.2.2	Padrões na cidade de Guayaquil.....	48
4.5.2.3	Padrões na cidade de Esmeraldas.....	49
4.5.2.4	Padrões na cidade de Babahoyo.....	50
4.5.2.5	Padrões na cidade de Chone.....	51
4.6	Validação.....	58
CAPÍTULO 5. DISCUSSÃO .....		61
5.1	Base de desastres DesInventar .....	61
5.2	Base de dados de precipitação .....	62
5.3	Análise de correlação precipitação-desastre.....	63
5.4	Análise de padrões precipitação – eventos .....	63
5.4.1	Padrões de grupos de anos com similares ocorrências de eventos .....	63
5.4.2	Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento .....	64
5.5	Validação.....	65
CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....		67
6.1	Conclusões .....	67
6.2	Trabalhos futuros.....	68
Bibliografia .....		70

# Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Localização do Equador na América do Sul. Fonte: CIIFEN.....	9
<b>Figura 2.</b> Mapa orográfico do Equador e identificação das três regiões naturais: litoral, serrana e amazônica. Fonte: CIIFEN. ....	10
<b>Figura 3.</b> Metodologia proposta para determinação de padrões na relação precipitação-eventos.....	18
<b>Figura 4.</b> Hierarquia dos processos realizados para a obtenção dos padrões de precipitação e eventos.....	27
<b>Figura 5.</b> Distribuição anual dos eventos nas cidades Quito, Guayaquil, Esmeraldas, Babahoyo e Chone. Fonte: DesInventar. ....	30
<b>Figura 6.</b> Categorização e quantidade dos registros de eventos por cidade. I: Inundação, D: Deslizamento, T: Transbordamento. Fonte: DesInventar. ....	32
<b>Figura 7.</b> Gráficos das séries de precipitação por cidades.....	35
<b>Figura 8.</b> Histogramas de frequência da precipitação diária por cidades.....	36
<b>Figura 9.</b> Precipitação diária por cidades. Fontes: Quito, Babahoyo, Chone: INAMHI, Guayaquil, Esmeraldas: INOCAR.....	39
<b>Figura 10.</b> Correlação entre precipitação e eventos nas cidades Quito, Guayaquil, Esmeraldas, Babahoyo e Chone.....	41
<b>Figura 11.</b> Agrupamento de anos com similares características de ocorrência de eventos por cidades, identificados com círculos pretos em b, c, d, e, f. a) Identificação dos anos com períodos “El Niño”, “La Niña” e anos neutros. b) Agrupamento para a cidade Quito. c) Agrupamento para a cidade Guayaquil. d) Agrupamento para a cidade Esmeraldas. e) Agrupamento para a cidade Babahoyo. f) Agrupamento para a cidade Chone. ....	45

# Lista de tabelas

<b>Tabela 1.</b> Descrição dos campos dos registros da base de desastres DesInventar. Fonte: DesInventar. ....	20
<b>Tabela 2.</b> Variáveis de entrada, método utilizado e saídas para a determinação de padrões na relação tríplice precipitação – tipo de evento – nível de evento. ....	25
<b>Tabela 3.</b> Cidades com maior número de registros de eventos. Fonte: DesInventar. .	28
<b>Tabela 4.</b> Quantidade e percentagem dos registros de desastres nos períodos “El Niño”, “La Niña” e neutro. Fonte: DesInventar.....	31
<b>Tabela 5.</b> Períodos com maior quantidade de desastres por cidade. Fonte: DesInventar. ....	33
<b>Tabela 6.</b> Percentagem de registros de eventos de nível I e nível II, e desastres de nível III e nível IV, por cidade. ....	33
<b>Tabela 7.</b> Dados estatísticos das séries diárias de precipitação.....	39
<b>Tabela 8.</b> Valores de quintis e tercis para as séries de precipitação acumulada em cinco e trinta dias para as estações de Quito, Guayaquil, Esmeraldas, Babahoyo e Chone. ....	42
<b>Tabela 9.</b> Padrões de eventos identificados na cidade Quito. a) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em cinco dias. b) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em cinco dias. c) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em trinta dias. d) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em trinta dias. ....	53
<b>Tabela 10.</b> Padrões de eventos identificados na cidade Guayaquil. a) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em cinco dias. b) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em cinco dias. c) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em trinta dias. d) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em trinta dias. ....	54

**Tabela 11.** Padrões de eventos identificados na cidade Esmeraldas. a) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em cinco dias. b) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em cinco dias. c) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em trinta dias. d) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em trinta dias. .... 55

**Tabela 12.** Padrões de eventos identificados na cidade Babahoyo. a) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em cinco dias. b) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em cinco dias. c) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em trinta dias. d) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em trinta dias. .... 56

**Tabela 13.** Padrões de eventos identificados na cidade Chone. a) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em cinco dias. b) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em cinco dias. c) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em trinta dias. d) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em trinta dias. .... 57

**Tabela 14.** Precipitação (mm), tipo e nível de eventos acumulados em cinco dias para a cidade de Guayaquil no período de janeiro e fevereiro de 2012. .... 59

**Tabela 15.** Precipitação (mm), tipo e nível de eventos acumulados em trinta dias para a cidade de Guayaquil no período de janeiro e fevereiro de 2012. .... 60

**Tabela 16.** Precipitação (mm), tipo e nível de eventos acumulados em trinta dias para a cidade de Esmeraldas no período de janeiro e fevereiro de 2012. .... 60

# CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Motivação

A previsão da ocorrência de desastres não é fácil, como também não é fácil a vida das pessoas, de famílias, de sociedades que são atingidas por eles, muitas vezes recorrentemente. Quando um desastre de grande magnitude acontece, chama muito a atenção internacional, seja pela muitas ou poucas perdas humanas, de bens e econômicas, e até a ajuda internacional se faz presente. Porém existem aqueles desastres permanentes, que experimentam grandes setores da população, e que não são percebidos como desastres, LA RED (1993). Estes desastres, considerados “pequenos”, de caráter local, e que não recebem atenção internacional, devem ser tratados pelos próprios governos. Em suma, estes “pequenos” desastres geram mais perdas econômicas que os grandes, a saber, de duas maneiras: por um lado, perdas físicas por destruição em geral, e por outro, utilização de recursos no atendimento às vítimas e reconstrução, mas que poderiam ser destinados a planos de desenvolvimento. Este comportamento é comum na América Latina, UNISDR (2008).

Por sua vez, os avanços científicos das últimas décadas têm disponibilizado grandes quantidades de dados e novas ferramentas de análise. Considerando-se que estes avanços têm um custo para a sociedade, os mesmos devem ser reinvestidos para obter melhorias do conhecimento e previsão de eventos que visem a melhorar as condições de vida desta sociedade. BLAIKIE *et al.* (1996) indicaram que até esse ano haviam ocorrido poucos contatos entre acadêmicos e ativistas de movimentos “verdes” que se preocuparam pelos desastres de origem natural. A partir do início dos anos 2000, esta situação, ao que parece, vem mudando aos poucos. Na revista CAPRADE (2009), Wilches-Chaux, especialista em gestão de riscos, afirma que em alguns países da América Latina, houve avanços significativos teórico-conceituais, legislativos e constitucionais, e cita o exemplo da inclusão de alguns itens sobre redução do risco na Constituição equatoriana.

Diante do exposto acima, duas motivações levaram à confecção desta dissertação: a necessidade de se estudar os riscos para a diminuição do impacto social dos desastres, especialmente daqueles considerados

“pequenos”, e a aplicação de técnicas de inteligência computacional para a extração do conhecimento nos padrões de comportamento dos desastres.

Considerou-se o tema de gestão de desastres, o qual vem sendo amplamente tratado por organizações internacionais, com evolução dos conceitos e técnicas que têm representado grande avanço nesta área, estabelecendo-se um marco teórico cada vez mais sólido com base em experiências passadas, muitas vezes obtidas após grandes desastres. Identificaram-se duas áreas a serem consideradas: as resoluções, disposições e tratados internacionais para redução de desastres, e a necessidade e direito de proteção do território que está sendo exposto às ameaças com base em análise de riscos.

O Marco de Ação de Hyogo para 2005-2015, definido na Conferência Mundial sobre a Redução dos Desastres, trata do aumento da resiliência das nações e das comunidades ante os desastres. Este marco de ação visa à redução considerável das perdas ocasionadas pelos desastres, tanto de vidas quanto de bens sociais, econômicos e ambientais das comunidades e dos países, UNISDR (2005). Com o objetivo de se disponibilizar um guia para a redução de perdas, nesta conferência foram estabelecidas cinco prioridades de ação. A segunda prioridade de ação, que é de interesse nesta dissertação, estabelece: “Identificar, avaliar e monitorar os riscos de desastres e potencializar o alerta precoce”. Dentro desta prioridade, definiram-se atividades essenciais: avaliação dos riscos em níveis nacional e local, alerta precoce, capacidade, e análise de riscos nacionais e emergentes. Na atividade de alerta precoce se ressalta a criação de sistemas centrados na população, estabelecendo-se sistemas de informação que formem parte destes sistemas, para que se consiga tomar medidas rápidas e coordenadas em casos de alerta ou emergência. Na atividade de capacidade, indica-se o apoio à melhoria dos métodos e capacidades científicos e técnicos de avaliação de riscos, vigilância e alerta precoce, mediante pesquisa, associação, formação e fomento da capacidade técnica, UNISDR (2005).

Esta dissertação foi orientada para poder ser utilizada nas duas atividades essenciais descritas no parágrafo anterior. Na atividade de alerta precoce, como uma ferramenta para identificar antecipadamente tipos de desastres que poderiam acontecer, com base na informação passada. Na atividade de capacidade, como uma aplicação de métodos computacionais na análise de riscos, o que poderia se considerar fomento da capacidade técnica.

## **1.2 Objetivos**

Os objetivos estabelecidos são assim classificados: um objetivo principal ao desenvolvimento da dissertação, e objetivos específicos, que determinaram as atividades concretas em cada passo da pesquisa, até que fossem atingidos os resultados esperados.

### **Objetivo principal:**

- Descoberta de padrões na ocorrência de eventos (emergências e desastres) relacionados a ameaças de origem natural.

### **Objetivos específicos:**

- Identificar os eventos (emergências e desastres) a serem analisados, dependentemente da disponibilidade dos registros.
- Analisar a maior quantidade de eventos (emergências e desastres), considerando-se principalmente os eventos “pequenos”.
- Identificar a mínima unidade geográfica possível na ocorrência de eventos, para se prever impactos em localidades específicas.
- Identificar a ameaça de origem natural a ser considerada na análise dos eventos.
- Orientar os resultados de padrões ameaça-evento para que possam ser utilizados operacionalmente e de forma facilmente entendível.

## **1.3 Estrutura da dissertação**

A dissertação está estruturada em seis capítulos:

Capítulo 1: introdução do âmbito da dissertação, apresentando-se a motivação do tema, as áreas de implicação e os objetivos principal e específicos definidos.

Capítulo 2: revisão bibliográfica das diferentes áreas de interesse. Inicialmente se expõe o estado da arte de gestão de riscos, e em seguida são descritos a teoria e os componentes. Na descrição dos componentes é identificada a necessidade do conhecimento da localidade de análise, portanto são citadas algumas características do território do Equador, onde foi aplicado o estudo. Por fim, são apresentadas pesquisas que analisaram a manifestação dos desastres mediante técnicas de mineração de dados.



Capítulo 3: cada parte da metodologia proposta é explicada, iniciando-se com a identificação e a preanálise das bases de dados de eventos (emergências e desastres) e da variável da ameaça natural selecionada. Na segunda parte da metodologia, são apresentadas as teorias das técnicas de extração de conhecimento aplicadas, e ao final é detalhada a obtenção dos padrões na relação precipitação-tipo de evento-nível do evento.

Capítulo 4: neste capítulo são apresentados os resultados intermediários que foram obtidos em cada passo durante o processo de preanálise dos dados de eventos e de precipitação, e os resultados finais: identificação de grupos de anos com similares ocorrências de eventos, e padrões na relação precipitação-tipo de evento-nível de evento. Finalmente, é apresentada a validação dos resultados.

Capítulo 5: detalhe das discussões com base nos resultados obtidos no capítulo 4. São incluídas discussões dos resultados intermediários obtidos da preanálise das bases de dados de eventos e de precipitação, assim como dos resultados finais.

Capítulo 6: são elaboradas as conclusões da pesquisa, e são recomendados trabalhos para serem desenvolvidos no futuro.

# CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta dissertação convergem entre si duas áreas do conhecimento: análise de riscos de desastres e mineração de dados. O objetivo desta seção é apresentar o estado da arte em cada uma destas áreas. A análise de riscos de desastres implica na análise da área geográfica objeto do estudo, portanto, é apresentada uma descrição das características do Equador, país onde foi aplicada a análise, incluindo aspectos climáticos, de vulnerabilidade, de ameaça e de riscos. Na parte final, expõe-se a conclusão da revisão bibliográfica com base na situação atual da gestão dos desastres e sua necessidade no Equador.

## 2.1 Teoria e análise de desastres

A Conferência Mundial sobre Redução dos Desastres realizada em 2005 indicou que as perdas por desastres vêm aumentando, com graves consequências para a sobrevivência, a dignidade e os meios de vida dos seres humanos. CEPREDENAC<sup>1</sup>-PNUD<sup>2</sup> (2003) indica que a incidência e os impactos dos desastres apresentam tendência ao incremento a partir das últimas décadas do século passado. Paralelamente, foi (e está sendo) amplamente difundida, e com recentes atualizações, uma nova visão no entendimento dos desastres: a gestão do risco. Varias instituições internacionais formularam programas de ajuda para difundir metodologias dentro dessa área, como UNISDR<sup>3</sup>, COOPI<sup>4</sup>, Oxfam International, Gabinete de Prevenção e Recuperação de Crises do PNUD, CRID<sup>5</sup>, DIPECHO<sup>6</sup>, USAID<sup>7</sup>, entre outras.

Segundo a UNISDR, a gestão do risco se refere ao enfoque e à prática sistemática de lidar com a incerteza para minimizar os danos e perdas potenciais. A gestão do risco inclui os estudos de avaliação e análise do risco e a implementação de estratégias e ações específicas para controlar, reduzir e transferir o risco, UNISDR (2009).

---

<sup>1</sup> Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central.

<sup>2</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

<sup>3</sup> United Nations International Strategy for Disaster Reduction.

<sup>4</sup> Cooperazione Internazionale.

<sup>5</sup> Centro Regional de Información sobre Desastres para América Latina y El Caribe.

<sup>6</sup> Disaster Preparedness European Commission's Humanitarian Aid Department

<sup>7</sup> United States Agency International Development.

Matematicamente, o risco (R) é convencionalmente quantificado como uma função da ameaça (A) e da vulnerabilidade (V), LA RED<sup>8</sup> (1993):

$$R_{ie} = f(A_i, V_e)$$

onde  $R_{ie}$  pode se entender como a probabilidade da ocorrência de uma perda sobre o elemento “e” dependendo da sua vulnerabilidade ( $V_e$ ), como consequência da ocorrência de uma ameaça ( $A_i$ ) com intensidade maior ou igual que “i”. Esta fórmula nos leva a dois conceitos fundamentais na gestão do risco: ameaça e vulnerabilidade. Utilizando-se a descrição formal de UNISDR (2009):

- Ameaça: um fenômeno, substância, atividade humana ou condição perigosa que pode ocasionar morte, lesões ou outros impactos à saúde, assim como danos nas propriedades, perda de meios de sustento e de serviços, transtornos sociais e econômicos ou danos ambientais.
- Vulnerabilidade: as características e circunstâncias de uma comunidade, sistema ou bem que os fazem suscetíveis aos efeitos danosos de uma ameaça.

As ameaças podem ser classificadas em naturais, que são próprias da dinâmica da natureza, sócio-naturais, que correspondem às ameaças ocasionadas pela intervenção do homem na natureza, e as antropogênicas, originadas exclusivamente pelo homem. Existem vários tipos de vulnerabilidades, algumas das quais são: econômicas, sociais, organizacionais e institucionais, educacionais e culturais, CEPREDENAC-PNUD (2003). Como maneira de focar o tema desta dissertação neste campo tão amplo, são consideradas as ameaças sócio-naturais e o tipo de vulnerabilidade do tipo social, por serem os fatores que intervêm na geração de desastres naturais.

Na área de desastres naturais, o risco de desastres é entendido como “identificação antecipada do que poderia ocorrer em caso de se materializar uma ameaça em um território caracterizado por determinadas condições de vulnerabilidade/sustentabilidade”, ou “a probabilidade de que se apresente um nível de consequências econômicas e sociais adversas em um sítio particular e durante um tempo definido que excedem níveis aceitáveis de tal forma que a

---

<sup>8</sup> Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina

sociedade ou um componente da sociedade afetada encontre severamente interrompido seu funcionamento de rotina e não consiga se recuperar de forma autônoma, requerendo ajuda e assistência externas” UNISDR (2008).

Os dois conceitos citados no parágrafo anterior indicam a materialização do desastre em um “território” e “em um sítio particular”. Em outras palavras, e como é considerado por WILCHES (2007), a manifestação dos desastres depende das características particulares dos cenários locais onde são materializados. Por tal razão, numa análise de riscos é imprescindível se estudar as características das localidades geográficas, para se identificar claramente as correspondentes ameaças e vulnerabilidades do território, UNISDR (2008).

Um estudo de gestão do risco para uma localidade específica é definido no Plano de Gestão de Riscos. Considerando-se a definição de UNISDR (2009), este é “um conjunto coerente e ordenado de estratégias, programas e projetos, que se formula para orientar as atividades de redução ou mitigação, previsão e controle de riscos, e a recuperação em caso de desastre”. A redução do risco inclui várias atividades que consideram o território, a população afetada e os organismos governamentais responsáveis por administrar os recursos para a gestão do risco:

1. Reconhecer o território.
2. Caracterizar as ameaças.
3. Caracterizar os fatores de vulnerabilidade.
4. Identificar os riscos.
5. Inventariar as ferramentas de intervenção.
6. Identificar os recursos disponíveis e os que devem ser conseguidos.
7. Elaborar cronogramas e planos específicos de ação.
8. Estabelecer sistemas de monitoramento e avaliação.

O objetivo desta dissertação não é estabelecer um Plano de Gestão de Risco, mas sim obter conhecimento que implique na identificação dos padrões na geração de desastres e que possam ser aplicados operacionalmente na sua previsão. Esta identificação de padrões implica na análise das quatro

primeiras atividades para a elaboração de um Plano de Gestão de Risco citadas anteriormente. Nas seções seguintes, são apresentadas as características, as ameaças, as vulnerabilidades e os riscos do território onde foi feita a análise de identificação de padrões na ocorrência de desastres.

## **2.2 Estudo de caso: Equador**

A República do Equador está situada no hemisfério ocidental, no noroeste da América do Sul, compreendendo uma maior parte de seu território como continental e uma menor parte como insular (Ilhas Galápagos), com uma extensão total de 256.370 km<sup>2</sup>. IGM<sup>9</sup> (2010). Aproximadamente, a sua localização total está dentro das coordenadas 01° 28'N, 89° 15'W, e 05° 02'S, 75° 11'W, IGM (2010), Figura 1. O território do Equador, politicamente, se encontra dividido em 24 províncias. Quito, capital do Equador, está localizada na província de Pichincha, situada nos Andes. Guayaquil, considerada a capital econômica, está localizada na província de Guayas, no litoral. Quito e Guayaquil representam as duas maiores cidades do Equador.

A economia do equador, segundo o BCE<sup>10</sup> (2011), é relativamente pequena, exportadora de matérias primas, altamente sensível ao entorno internacional e fortemente não equitativa. Os dois grupos de matérias primas mais exportadas, no período 1993 – 2011, foram os hidrocarbonetos (petróleo e gás natural) e em segundo lugar os produtos agrícolas, identificando-se as exportações de banana, café e cacau. Esta informação é importante pois a produção agrícola é dependente do clima, e os desastres que têm origem hidro-meteorológica poderiam afetar diretamente a economia nacional.

---

<sup>9</sup> Instituto Geográfico Militar del Ecuador.

<sup>10</sup> Banco Central del Ecuador.



Figura 1. Localização do Equador na América do Sul. Fonte: CIIFEN.

No território equatoriano, destaca-se a presença da cordilheira dos Andes, formando uma barreira longitudinal de norte a sul que divide o Equador continental em três regiões naturais: o litoral, a serrana e a Amazônia, Figura 2. Em pequenas distâncias a grande diferença de altitudes proporcionadas pelos Andes, do nível do mar no litoral aos 6000 metros acima do nível do mar no ponto mais alto da cordilheira, em conjunto com os sistemas

meteorológicos e oceânicos próprios da região equatorial, gera grande diversidade de climas, solos, biodiversidade e paisagens, IGM (2010).

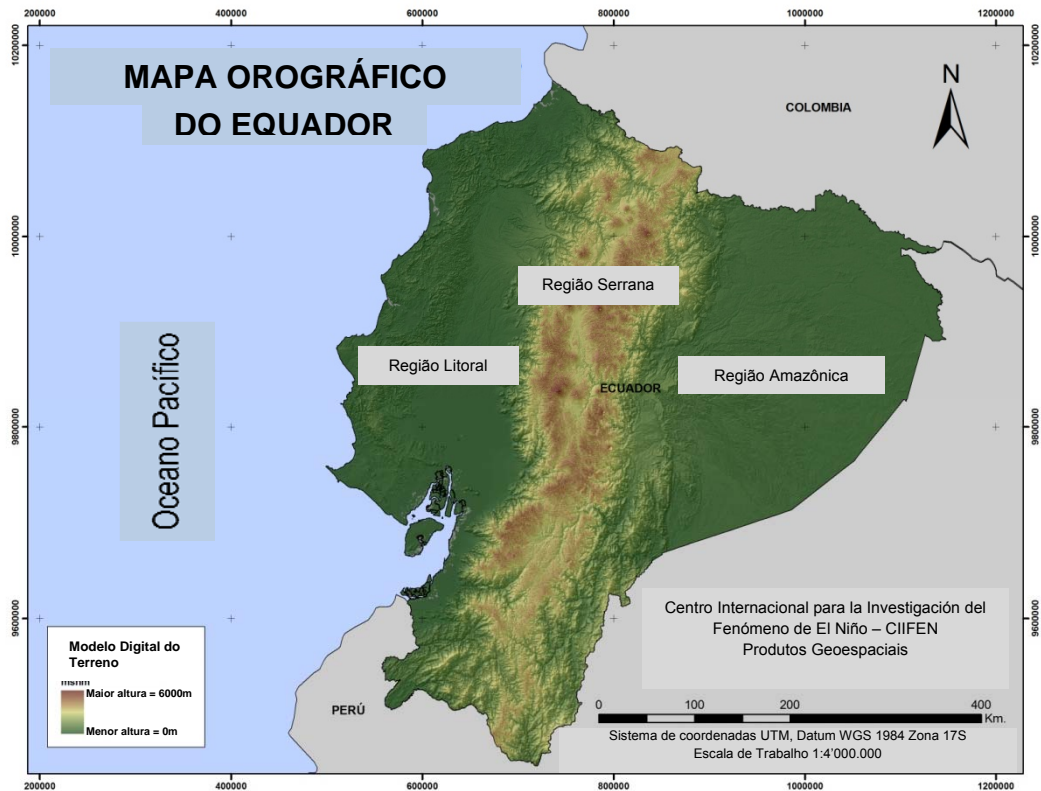


Figura 2. Mapa orográfico do Equador e identificação das três regiões naturais: litoral, serrana e amazônica. Fonte: CIIFEN.

Um fator importante na geografia do Equador é sua densa rede hidrográfica. Segundo informação do IGM (2010), estima-se que esta rede apresente um escoamento específico de 1.150 mm/ano, o que é uma quantidade bem superior à média mundial de 300 mm/ano. Esta vantagem da rede, que segundo IGM (2010) oferece água que excede as demandas da população, também representa uma face negativa. Considerado-se que a maior parte do território equatoriano está atravessada por diferentes corpos de água, e devido às obras de infraestrutura deficientes, em épocas de extremas precipitações ou precipitações contínuas, expõe-se o território a graves inundações. POURRUT (1995) afirmou que a falta de água, assim como o seu excesso, têm um impacto capital no frágil equilíbrio da economia equatoriana, dependente dos recursos agrícolas.

A rede hidrográfica do Equador é alimentada pelo volume de cerca de 432 mil hectômetros cúbicos por ano, proveniente das precipitações IGM (2010). A

análise do comportamento do clima no Equador é importante nesta dissertação devido ao fato de que especificamente estas precipitações representam a ameaça na equação de risco por inundações, deslizamentos e transbordamentos, eventos que foram analisados.

O clima no Equador é a manifestação de vários fatores atmosféricos, oceânicos e da orografia do território, CAF (2000):

- Fatores atmosféricos: os deslocamentos da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que representa uma zona de baixas pressões, para o hemisfério norte e sul, definem os períodos chuvosos ou secos, com incursão de massas de ar com diferentes características de temperatura e umidade. De dezembro a maio esta zona se encontra na posição meridional, ocasionando chuvas no litoral e incremento da temperatura do ar. O movimento setentrional origina chuvas mais fracas e diminuição da temperatura do ar. O posicionamento da ZCIT numa área aumenta a atividade convectiva, gerando chuvas convectivas geralmente breves e muito intensas. Outro fator atmosférico que define o clima são os ventos alísios do norte, responsáveis pelo clima na região serrana.
- Fatores oceanográficos e correntes marinhas: o litoral equatoriano é influenciado significativamente pelo sistema de diversas correntes oceânicas que confluem entre si devido à posição equatorial. Destas correntes oceânicas, as que mais influenciam o clima no Equador continental são a corrente fria de Humboldt e a contracorrente equatorial. A corrente de Humboldt, nos meses de maio a outubro, leva maior umidade, originando chuvas e neblina. Nos meses de dezembro a abril, a contracorrente equatorial transporta ventos quentes e úmidos, gerando tormentas e elevação da temperatura do ar. Esta contracorrente tem sido denominada corrente de “El Niño”, e apresenta anomalias litorais. Quando estas anomalias são identificadas, são produzidas fortes precipitações no litoral do Equador.
- Fatores orográficos e regiões naturais: o clima em cada região do Equador é diferente, dependendo das características e da localização geográfica. Na região dos Andes, o principal fator que influencia o clima é a Amazônia localizada na parte leste. Em relação às precipitações, a região litoral apresenta um comportamento unimodal, com 75 a 95% das chuvas entre dezembro e maio, observando-se menor quantidade de



precipitações no litoral sul. A região serrana apresenta um comportamento bimodal, com picos de chuvas entre março e abril (o maior) e entre outubro e novembro. A região amazônica apresenta um comportamento similar ao da serrana, porém com maiores níveis de precipitação.

Os eventos El Niño e La Niña têm sido identificados como os responsáveis pela variabilidade climática interanual na América do Sul e em outras regiões do planeta, ACEITUNO (1988), ROPELEWSKI (1987). No Equador, têm sido identificadas diferenças na influência do El Niño e da La Niña segundo a região. ROSSEL *et al.* (1998) elaboraram a regionalização da influência do El Niño no Equador, identificando três zonas. A primeira zona, com influência forte, com incrementos da quantidade de precipitação de 40% a 180%, inclui a maior parte das províncias do litoral. A segunda zona, com influência moderada, inclui a vertente oriental do litoral, regiões litorais norte e a parte ocidental dos Andes que são influenciadas pelas massas de ar oceânicas, com incrementos da precipitação de 20% a 30%. A terceira zona, com influência nula, abrange a Amazônia e vales interandinos que não são influenciados pelas massas de ar do Pacífico. La Niña, em geral apresenta um comportamento oposto ao El Niño, gerando déficits pluviométricos, com impacto menor e variável de um evento a outro, D'ERCOLE (2003).

É importante considerar que nem sempre La Niña tem sido responsável pelo déficit de chuvas no Equador, já que sua presença permite a incursão de outros sistemas climáticos continentais que podem ocasionar fortes precipitações. Isto foi presenciado no ano 2008, em que ingressou umidade do norte e do sudeste do Equador, bem como do noroeste do Brasil, o que resultou em consideráveis precipitações em nível nacional, ocasionando impactos significativos em algumas províncias, STGR<sup>11</sup> (2010).

### **2.2.1 Análise de Vulnerabilidades**

D'ERCOLE (2003) analisaram as principais vulnerabilidades do Equador, baseados na identificação das principais ameaças naturais: terremotos, maremotos, erupções vulcânicas, inundações, deslizamentos e secas. As vulnerabilidades de interesse nesta dissertação são as inundações e os deslizamentos. Os transbordamentos, que também são considerados nesta dissertação, estão inclusos na vulnerabilidade por inundações.

---

<sup>11</sup> Secretaria Técnica de Gestión de Riesgos del Ecuador.

### **2.2.1.1 Vulnerabilidade por inundações causadas por transbordamentos e chuvas diretas**

Segundo informação do INAMHI<sup>12</sup> citada por D'ERCOLE (2003), as inundações podem ser causadas por precipitações extremas, por transbordamento dos rios e pelo tamponamento das redes de drenagem. Nesta dissertação, foram analisadas separadamente as inundações por transbordamentos, e em conjunto as inundações por precipitações extremas e por tamponamento das redes de drenagem.

Segundo D'ERCOLE (2003), as inundações mais graves aconteceram nos períodos El Niño, devido ao excesso de precipitações. Neste período, as inundações se concentraram nas províncias localizadas no litoral, indicando que esta região suporta ciclicamente os maiores estragos devido às inundações. As zonas inundáveis identificadas pelos mesmos autores indicam grandes áreas na província de Guayas, onde se encontra a segunda maior cidade do Equador, Guayaquil. Ao longo da linha costeira foram identificadas várias áreas em todas as províncias. Na região serrana não foram identificadas áreas inundáveis, e na região amazônica aparecem poucas áreas, localizadas principalmente à beira de alguns rios.

Uma análise das inundações nas duas principais cidades do Equador indica que em Guayaquil as inundações se devem principalmente ao transbordamento do rio Guayas, localizado na área urbana da cidade. Em Quito, as inundações se devem principalmente à deficiente infraestrutura de coletores de água. Guayaquil apresenta outros elementos que influem nas inundações, além do rio Guayas: a sua pouca altura sobre o nível do mar e o fato de estar localizada na desembocadura da segunda maior bacia hidrográfica do país, de 32.445 Km. Em Quito, os fatores são a topografia do solo (região interandina) e a modificação dos canais naturais de evacuação das águas. Portanto, as duas principais cidades do Equador estão altamente expostas às inundações, D'ERCOLE (2003).

---

<sup>12</sup> Instituto Nacional de Meteorologia e Hidrologia del Ecuador.

### **2.2.1.2 Vulnerabilidade por deslizamento**

Os deslizamentos são movimentos de massas de terra, rochas ou detritos por causa de um declive, FELL *et al.* (2008). As causas dos deslizamentos podem ser várias: presença de água superficial ou subterrânea, terremotos, erosão, desmatamento, atividades humanas que não respeitam o tipo de solo, entre outras, STGR (2010). Nesta dissertação, são considerados apenas os deslizamentos causados pelas precipitações.

Segundo STGR (2010), algumas províncias do norte do litoral, províncias do norte e sul da região serrana e na região noroeste da Amazônia são as mais expostas aos deslizamentos. As principais causas identificadas são: reativação de deslizamentos antigos e obras de infraestrutura antitécnicas que obstruem as drenagens naturais, provocando infiltrações de água.

D'ERCOLE (2003) identificaram que na região litoral aconteceram vários deslizamentos durante o El Niño devido às excessivas precipitações durante meses consecutivos. Os mesmos autores identificaram zonas de deslizamentos com os maiores potenciais na região andina, zonas menos potenciais na região do litoral, e na Amazônia zonas potenciais nas proximidades dos Andes. É identificada uma relação direta entre o evento El Niño e a ocorrência de deslizamentos na região litoral, devido à grande quantidade de deslizamentos durante o evento em zonas pouco potenciais.

A análise das duas principais cidades do Equador indica que Quito está exposta aos deslizamentos devido à característica do solo da região montanhosa onde está localizada, e às quantidades de chuvas, e Guayaquil está exposta aos deslizamentos pela falta de redes de esgoto nos morros, onde estão localizados bairros populares.

### **2.3 Identificação de bases de dados com informação de ocorrência de desastres**

A necessidade de se registrar os desastres, que acontecem cada vez com maior frequência globalmente, tem incentivado diversos organismos internacionais a criar projetos para cumprir este objetivo. Duas bases de

dados internacionais e amplamente utilizadas em gestão de riscos são EM-DAT e DesInventar.

A base de dados EM-DAT é mantida pelo CRED<sup>13</sup> da Universidade Católica de Leuven, na Bélgica. Esta base é de âmbito global, e atualmente tem 17.000 registros de desastres naturais e tecnológicos acontecidos desde o ano 1900. Os registros incluem informação geográfica, temporal, humana e econômica em nível de país. Os desastres registrados correspondem a um dos seguintes critérios: dez ou mais pessoas mortas, cem ou mais pessoas afetadas, declaração de estado de emergência ou pedido de assistência internacional. O número de registros para o Equador é de 83 para o período de 1900-2011.

A base de dados de emergências e desastres, DesInventar, é mantida por LA RED, Corporação OSSO<sup>14</sup> e UNISDR. DesInventar é conceituada como um sistema de aquisição, consulta e visualização da informação sobre desastres de pequeno, médio e grande impacto. As fontes são dados pré-existentes, jornais, e relatórios institucionais. Os dados são registrados para nove países da América Latina, entre eles o Equador.

Segundo informação de DesInventar (2012), a base de dados do Equador é responsabilidade da Secretaria Nacional de Gestão de Riscos, que é uma instituição governamental. O número de registros totais para o Equador é de 6.261, correspondentes ao período de 1970-2010.

A diferença principal destas duas grandes bases de dados é a magnitude dos desastres registrados. Pode-se considerar o EM-DAT como uma base de dados com os maiores desastres registrados globalmente, e DesInventar como um repositório de todos os desastres, sem considerar a magnitude, e com cobertura regional.

#### **2.4 Aplicação de técnicas de mineração de dados para a descoberta de padrões e aprendizagem a partir de dados de ocorrência de inundações, deslizamentos e transbordamentos**

A modelagem numérica para a descrição e previsão de diferentes tipos de sistemas é amplamente utilizada. Considerando a explicação de CHERKASSKY (2007), as modelagens destes sistemas estão baseadas em princípios básicos (first-principles), iniciando-se com um modelo científico

---

<sup>13</sup> Centre for Research on the Epidemiology of Disasters.

<sup>14</sup> Observatorio Sismológico del Suroccidente.

básico e adicionando-se outras teorias científicas, dependendo do objetivo da representação do modelo. O mesmo autor indica que em muitas aplicações estes princípios básicos são desconhecidos ou o sistema estudado é complexo demais para ser descrito matematicamente, e que é neste tipo de aplicações onde as técnicas que estimam relações úteis entre as próprias variáveis têm importância, aproveitando a grande quantidade de dados que têm sido disponibilizados pelas facilidades tecnológicas dos anos recentes. Poder-se-ia incluir neste tipo de aplicações os sistemas que intervêm na geração de desastres, que se identificam por terem uma natureza altamente complexa e caótica, PING *et al.* (2011), SHELLNOW *et al.* (2002), KELLY (1998).

O aumento em frequência e magnitude dos desastres analisados na seção 2.1, tem incentivado à aplicação de novas técnicas para o entendimento, prevenção e previsão dos desastres. A mineração de dados é uma destas novas técnicas aplicadas na extração do conhecimento não trivial dentro das variáveis que mantêm informação da dinâmica da geração de um desastre. Entre os desastres analisados por diferentes pesquisadores aplicando técnicas de mineração de dados e que são de interesse nesta dissertação estão as inundações, transbordamentos e deslizamentos.

Exemplos de aplicação de técnicas de mineração de dados para analisar ocorrências e previsão de desastres são encontrados em várias pesquisas. No caso das inundações e transbordamentos, DHANYA (2009) geraram regras de associação que relacionaram precipitações extremas a índices climáticos para identificar quais destes índices intervêm nos períodos de secas e quais nos períodos de inundações, nas cinco regiões homogêneas de precipitação na Índia. DAMLE (2006) utilizaram o método de mineração de dados em séries de tempo no rio Mississipi, nos Estados Unidos, conseguindo prever o início e a ocorrência de transbordamentos. WEI *et al.* (2002) utilizaram redes neurais artificiais na previsão de desastres de inundação na China. Para o caso dos deslizamentos existem também várias aplicações. DE SOUZA (2011) geraram três modelos para a cidade do Rio de Janeiro, Brasil: o primeiro modelo para predição de deslizamentos usando redes neurais artificiais e regras de classificação; o segundo modelo baseado em regras de associação considerando níveis de precipitação e ocorrência de deslizamentos; e o terceiro modelo de previsão de precipitação utilizando redes neurais artificiais. CHANDRA (2011) analisou os dados de deslizamentos e geoambientais de

uma área dos Himalayas, na Índia, utilizando técnicas de mineração de dados para identificar as interações interdeslizamentos; os resultados incluem agrupamentos dos deslizamentos pelo método de vizinhos próximos, identificação de uma categoria adicional de deslizamentos não considerada no sistema original, e identificação das variáveis que contribuem majoritariamente à ocorrência de deslizamentos. LI (2008) aplicaram técnicas de mineração de dados na monitorização de deslizamentos em Yunyang, na China; os resultados mostram regras que relacionam entre si diferentes magnitudes de deslocamentos da terra, a dispersão e o grau de instabilidade.

# CAPÍTULO 3. METODOLOGIA

A metodologia proposta visa a identificar padrões de eventos (emergências e desastres) que acontecem em diferentes níveis de precipitação. Na Figura 3 são representados os passos que definiram a metodologia, a qual buscou orientar os resultados para serem aplicados operacionalmente, para o conhecimento de padrões nos desastres e para a melhor previsão possível dos eventos que poderiam acontecer em situações similares ao passado. Esta metodologia corresponde à previsão por analogia, que visa a avaliar os impactos dos eventos meteorológicos na sociedade, e assume que sem alguma mudança social, semelhantes comportamentos climáticos poderiam ter impactos similares na sociedade no futuro, UNEP/NCAR/UNU/WMO/ISDR (2000).

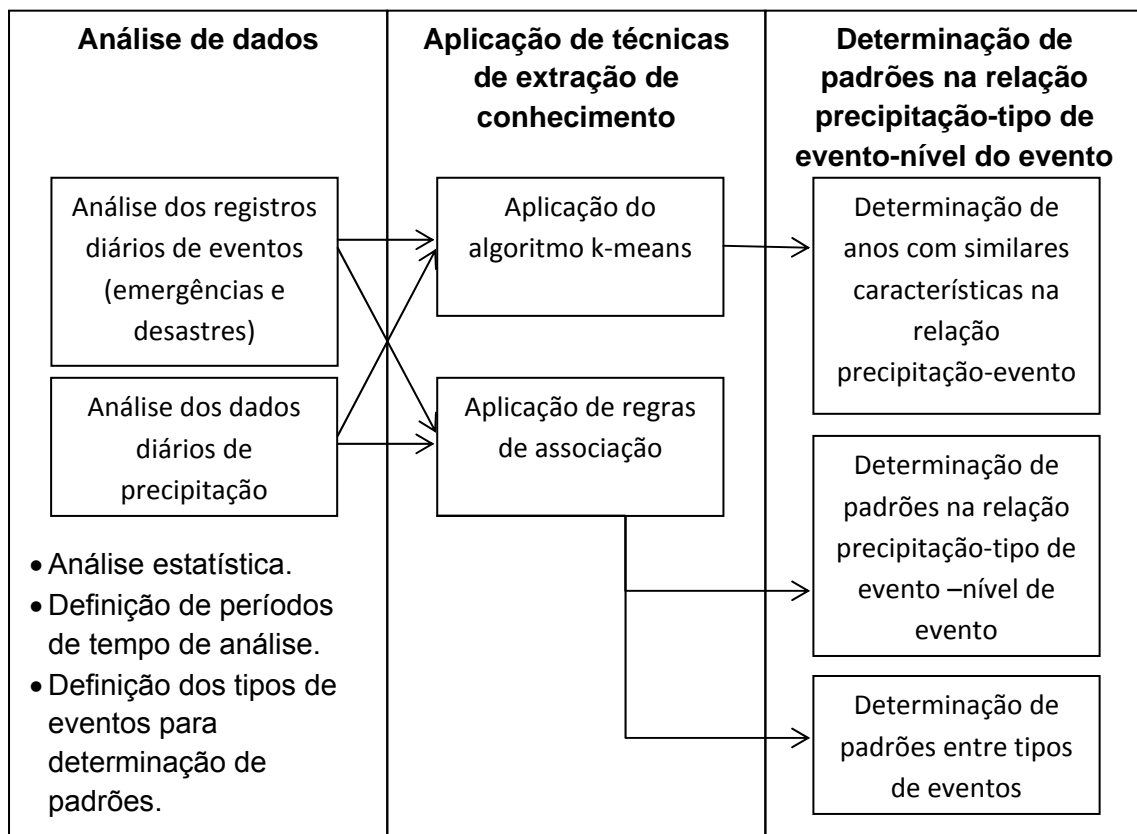


Figura 3. Metodologia proposta para determinação de padrões na relação precipitação-eventos.

### 3.1 Análise de dados

A determinação dos padrões climáticos que originam eventos de diferentes magnitudes que se transformam em emergências ou desastres implica na análise das séries de tempo dos acontecimentos climáticos e dos eventos que são produzidos por estes acontecimentos.

Na seção 2.2, correspondente ao estudo de caso, foram identificados os principais eventos suscetíveis de se converter em emergências ou desastres. As inundações, os deslizamentos e os transbordamentos foram os eventos selecionados para a análise, que segundo a CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO (2000) são os que causam maior impacto sócio-econômico no Equador, e que acontecem devido à variabilidade climática e são intensificados nos períodos “El Niño”. Estes eventos selecionados têm relação principalmente com a quantidade de precipitação pontual ou acumulada registrada num intervalo de tempo, COMUNIDAD ANDINA (2009).

Na seção 2.3 foram descritas duas bases de dados de desastres: Emergency Events Database (EM-DAT) e DesInventar. Propõe-se utilizar a base de dados DesInventar, cujos registros representam eventos acontecidos em datas e cidades específicas, o que é considerado conveniente para a análise de quais eventos e quando estes acontecem como dependentes da variável meteorológica correspondente. Adicionalmente, estes registros incluem informação sobre os desastres “pequenos” tratados na seção 1.1. Os campos da base DesInventar e as suas descrições são apresentados na Tabela 1.

O projeto DesInventar considera todos os registros como desastres, porém, para manter coerência com a análise posterior nesta dissertação, usar-se-á a definição utilizada por USAID (2008), diferenciando-se dos registros as emergências e os desastres, definição que é baseada nos parâmetros de: informação prévia ao evento, as consequências e a capacidade da comunidade de absorver o impacto e voltar ao estado prévio. Para especificar de maneira geral as emergências e os desastres, será utilizada a palavra eventos.



Tabela 1. Descrição dos campos dos registros da base de desastres DesInventar. Fonte: DesInventar.

<b>Grupo de itens</b>	<b>Nome do item</b>	<b>Descrição do grupo de itens</b>
Dados gerais	Data de início Fontes Estado Série	Campos relacionados à informação geral dos registros
Informação geográfica	Geografia Lugar Latitude / Longitude	Definição da localização geográfica do desastre
Efeitos dos desastres	Efeitos sobre as pessoas e moradias Efeitos sobre infraestrutura	Efeitos dos desastres nas pessoas e infraestrutura
Tipo de evento	Tipo de evento Magnitude Duração Observações sobre o desastre	Tipo de evento associado ao desastre
Causa	Causa do desastre	Informação sobre a causa do desastre

Dentro deste contexto, os registros dos eventos foram submetidos a uma análise que os classificou em quatro níveis. Os registros classificados como nível I e nível II são considerados emergências e os de nível III e nível IV como desastres. Esta classificação foi baseada nos critérios para a avaliação do impacto de um evento utilizados por USAID (2008).

Os Níveis I e II são considerados emergências:

- Nível I: situação que pode ser atendida com os recursos localmente disponíveis para emergências.
- Nível II: situação que, para ser atendida, requer a mobilização de recursos locais, adicionais aos dispostos para emergências, sem exceder sua capacidade.

A partir do seguinte nível, os eventos são considerados desastres porque excedem a capacidade de resposta da comunidade afetada:

- Nível III: situação que, para ser atendida, requer o apoio de outras localidades ou do nível provincial, departamental ou estatal.
- Nível IV: situação que, para ser atendida, requer apoio nacional.

A escala temporal diária dos dados de desastres implica na necessidade de se utilizar dados diários da variável meteorológica analisada, a precipitação. As séries diárias de precipitação foram obtidas do INOCAR<sup>15</sup> e do INAMHI<sup>16</sup>, que são instituições dedicadas à pesquisa oceanográfica e meteorológica no Equador. Estas duas instituições são proprietárias de redes meteorológicas com registros suficientemente extensos no tempo para fins de pesquisa.

### **3.2 Identificação de intervalos de precipitação**

Propõe-se a utilização de percentis de precipitação para a definição de intervalos onde sejam identificadas as ocorrências de desastres. Como exemplo da utilização de percentis, o uso de tercís para a previsão da precipitação e produtos relacionados é comum em vários centros de pesquisa climática, SKANSI *et al.* (2005). Alguns exemplos de instituições que utilizam tercís são: IRI<sup>17</sup>, no produto de nível global “IRI Multimodel Probability Forecast for Precipitation”, IRI (2012); CSRP<sup>18</sup>, com o produto para África “Rainfall Tercile Categories”, CSRP (2012); o ECMWF<sup>19</sup>, no produto de nível global de previsão estacional “Prob (most likely category of precipitation)”, ECMWF (2012), e o CIIFEN<sup>20</sup>, que disponibiliza a previsão sazonal para oeste e sul da América do Sul, CIIFEN (2012).

### **3.3 Aplicação de técnicas de extração de conhecimento**

A metodologia referente ao processamento da informação meteorológica e de eventos visa à utilização de técnicas da área de inteligência computacional, especificamente de mineração de dados, para a determinação de padrões associados à quantidade de precipitação observada e aos eventos (emergências ou desastres) acontecidos. Busca-se com estes métodos a

---

<sup>15</sup> Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador.

<sup>16</sup> Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador.

<sup>17</sup> International Research Institute for Climate and Society.

<sup>18</sup> Climate Science Research Partnership.

<sup>19</sup> European Centre for Medium-Range Weather Forecast.

<sup>20</sup> Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño.

determinação de padrões não óbvios que determinam a ocorrência ou não dos eventos, identificando-se aqueles comportamentos dos eventos que são percebidos como recorrentes no tempo, mas que não podem ser identificados com precisão quando nem em que intensidade acontecerão.

Os padrões específicos a serem identificados são:

- Anos com similares características na relação precipitação-evento: implica na identificação de grupos de anos com similar comportamento na ocorrência de desastres em relação à quantidade de precipitação.
- Padrões na relação quantidade de precipitação – tipo de evento – nível de evento: implica na identificação de quais eventos e quais níveis de eventos acontecem em quais quantidades de precipitação.
- Padrões entre tipos de eventos: implica na identificação das relações de ocorrências entre tipos de eventos.

Propõe-se a utilização de dois métodos específicos: k-means, para a determinação dos grupos de anos com similares características; e regras de associação, para a identificação dos padrões de precipitação – tipo de evento – nível de evento e padrões entre tipos de eventos.

### **3.3.1 O método de k-means**

K-means, na teoria de mineração de dados, pertence ao grande grupo de métodos não supervisionados, os quais funcionam sem nenhuma informação de classificação dos dados analisados. Dentro do grupo de métodos não supervisionados, estão os métodos de agrupamento, cujo objetivo é agrupar os dados em conjuntos similares. Os conjuntos de dados dentro de cada grupo se diferenciam por serem mais similares que os dados de qualquer outro grupo.

O processo de agrupamento de k-means inicia definindo o número de grupos,  $k$ , a serem criados. São selecionados  $k$  objetos, que representam o centro inicial de cada grupo (distância média do grupo). Cada objeto restante é atribuído ao grupo mais similar com base na distância do objeto ao centro do grupo e é calculado o novo centro do grupo. São calculadas as distâncias de cada objeto aos centros dos novos grupos, e se são detectadas distâncias mais curtas dos objetos a outros grupos, estes são associados ao grupo de distância mais curta.

Novamente são calculados os centros dos grupos e o processo se repete até que não seja necessário mover os objetos dos grupos com base em um critério de compactação máxima dentro do grupo e separação máxima entre grupos, MYATT (2007) HAN (2006).

Nesta dissertação, o método de k-means foi aplicado aos dados de precipitação, tipo de eventos e níveis de eventos, para se identificar os grupos de anos com similar comportamento na ocorrência de eventos associados às quantidades de precipitação observadas.

### 3.3.2 Regras de associação

Assim como o método k-means, as regras de associação pertencem ao grupo de métodos não supervisionados em data mining. Este método se caracteriza por identificar associações interessantes em conjuntos de dados grandes. Segundo a representação utilizada por TAN (2005), as regras de associação podem ser simbolizadas por:

$$r: (\text{Condição}) \rightarrow y$$

O lado esquerdo da regra ( $r$ ) é chamado de regra antecedente ou precondição (*Condição*) e o lado direito é a regra conseqüente ( $y$ ), onde a *condição* implica no *conseqüente* ( $y$ ), ou, em outras palavras, se acontece o antecedente, então acontece o conseqüente. A condição pode conter atributos relacionados a operadores lógicos (AND, OR) e operadores matemáticos ( $=, \neq, <, \leq, >, \geq$ ).

A qualidade da regra é avaliada com base em valores de suporte e confiança que indicam sua força e sua certeza. O suporte indica quantos registros do conjunto de dados incluem o antecedente e o conseqüente. A confiança indica quantos registros que incluem o antecedente incluem também o conseqüente, CIOS *et al.* (2007).

As regras de associação vêm sendo aplicadas em várias áreas do conhecimento. Algumas são citadas por CIOS *et al.* (2007) e incluem pesquisas de mercado, análise de perdas, desenho de catálogos, processamento de dados, clustering e genoma. Outros trabalhos correspondem às áreas de educação TZUNG-PEI *et al.* (2009), medicina ZHENGXING e informática TAJBAKSH (2008). Nesta dissertação as regras de associação foram utilizadas na identificação das relações

(padrões) entre quantidade de precipitação observada e o tipo e nível de eventos (emergências e desastres) ocorridos.

Para esclarecer o conceito das regras de associação que são utilizadas nos resultados desta dissertação, é apresentado o seguinte exemplo, os valores de precipitação estão em milímetros:

r: (Se  $34,4 \leq \text{precipitação} \leq 120,3$ ) → Inundações ou Deslizamentos, de nível I e nível II. Suporte 0,14%-2,17% Confiança 0,11-0,60.

Esta regra quer dizer que em uma faixa de precipitação de 34,4 mm até 120,3 mm aconteceram inundações ou deslizamentos, com nível I e II (que correspondem a emergências). Esta regra foi identificada entre 0,14% e 2,17% dos registros, e em até 60% dos registros dessa faixa de precipitação houve inundações ou deslizamentos. São apresentadas faixas de valores para suporte e confiança porque foi necessário unificar várias regras relacionadas em uma só regra para facilidade de entendimento na apresentação dos resultados.

O tipo de regra de associação entre tipos de eventos tem a seguinte representação:

r: (Se inundações) → transbordamentos. Suporte: 50%

Este tipo de regra indica que se acontecem inundações, acontecem também transbordamentos, e isso foi identificado em 50% dos registros de inundações.

### **3.4 Determinação de padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível do evento**

Para a determinação dos padrões foi utilizado o programa Polyanalyst, versão 6. O Polyanalyst é um software comercial disponibilizado pela empresa Megaputer, que oferece soluções na área de mineração de dados e de texto, POLYANALYST (2012). Com relação à mineração de dados, o software oferece, entre outras, as ferramentas k-means e vários tipos de regras de associação, das quais foram aplicadas a Basket Analysis e a Transactional Basket Analysis. A ferramenta Basket Analysis identifica associações de itens com base na frequência daqueles que apresentam ocorrência conjunta. A ferramenta Transaction Basket Analysis realiza a mesma análise, mas considera cada registro com um item só (e não ocorrência conjunta).

Os registros de precipitação, tipo de eventos e níveis de eventos foram as variáveis de entrada para os métodos especificados no item anterior. Estes registros foram organizados segundo a data de ocorrência, correspondendo a cada data seu correspondente valor de quantidade de precipitação observada, o tipo de evento (emergência ou desastre) acontecido e o nível do desastre. Se não houve ocorrência de desastres na data específica, o valor é identificado como ausência de eventos.

Na Tabela 2 são apresentadas em detalhe as variáveis de entrada para cada método. Para os três métodos foram utilizados os três parâmetros: precipitação, tipo de eventos e nível do evento, com diferença nos valores de precipitação. Para o método de k-means a precipitação foi utilizada com o valor direto correspondente ao observado. Para os métodos de Basket Analysis e Transactional Basket Analysis, foram calculados percentis das séries de precipitação, a fim de se obterem regras de associação que identifiquem padrões na ocorrência de eventos segundo as faixas identificadas por esses percentis. Foi decidido utilizar percentis de precipitação para haver concordância com as previsões meteorológicas de prazo imediato (cinco dias) e prazo curto (trinta dias). O objetivo final da concordância padrões-previsões meteorológicas é fornecer conhecimento para ser utilizado operacionalmente em atividades de planejamento nos casos de emergências e desastres com base na previsão meteorológica.

Tabela 2. Variáveis de entrada, método utilizado e saídas para a determinação de padrões na relação tríplice precipitação – tipo de evento – nível de evento.

<b>Variáveis de entrada</b>	<b>Método</b>	<b>Saída</b>
Precipitação Tipo de eventos Nível de evento	k-means	Grupos de anos com similares características
Faixa de precipitação Tipo de eventos Nível de eventos	Regra de Associação: Basket Analysis	Padrões na relação tríplice quantidade de precipitação – tipo de evento – nível de evento
Faixa de precipitação Tipo de eventos	Regra de Associação: Transactional Basket Analysis	Padrões entre eventos relacionados aos níveis de precipitação

As saídas do método de k-means e das regras de associação Basket Analysis e Transactional Basket Analysis representam os padrões buscados. Os grupos identificados pelo método de k-means e os padrões identificados pelas regras de associação constituiriam uma base de conhecimento do comportamento das emergências e dos desastres. O objetivo deste conhecimento é ser uma ferramenta para auxiliar os estudos climatológicos com base no que poderia acontecer com determinados níveis de precipitação.

# CAPÍTULO 4. RESULTADOS

A obtenção final dos padrões precipitação – ocorrência de eventos implicou em uma série de análises prévias que definiram a formatação da informação com base na metodologia apresentada no capítulo 3. A hierarquia do processo para a definição dos padrões é apresentada na Figura 4.

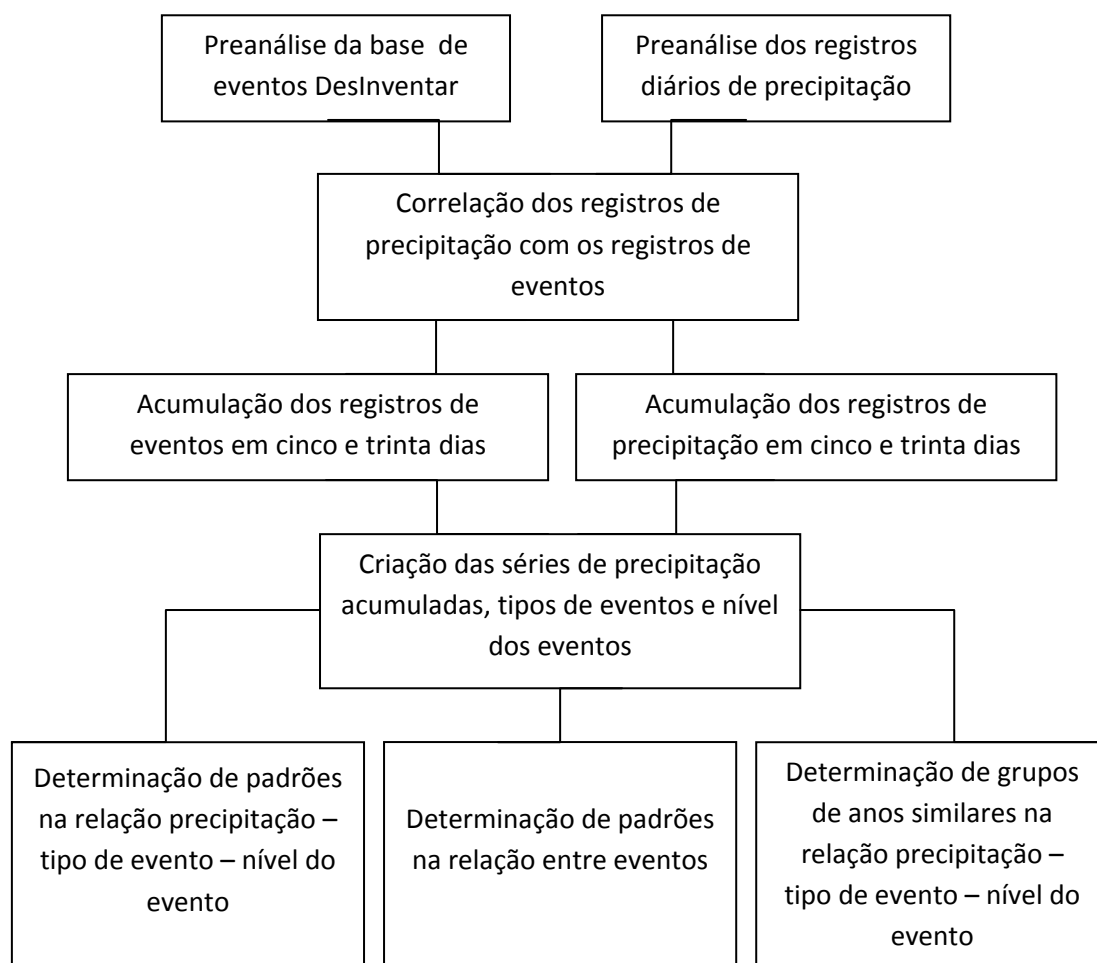


Figura 4. Hierarquia dos processos realizados para a obtenção dos padrões de precipitação e eventos.

## 4.1 Preanálise da base de eventos DesInventar

Os registros de emergências e desastres foram obtidos do site do projeto DesInventar, DesInventar (2012), selecionando-se os correspondentes ao Equador. Os eventos registrados correspondem ao período de 1970 – 2010.

Os registros totais do Equador correspondem a 38 tipos de desastres, porém foram selecionados somente aqueles relacionados exclusivamente à precipitação, bem como os identificados na revisão bibliográfica como os



eventos que causam maior impacto nesse país. Devido ao fato de o projeto DesInventar ter várias categorias similares, foi necessário agrupar os tipos de eventos registrados nas três categorias selecionadas para análise: inundação, deslizamento e transbordamento. Este agrupamento foi feito considerando-se a descrição nos grupos de itens de “efeitos dos desastres”, “tipo do evento” e “causa”, especificados na Tabela 1. Os registros reorganizados foram agrupados segundo as províncias e cidades de ocorrência do evento, definindo-se a cidade como unidade geográfica básica.

As províncias e cidades com maior número de registros de eventos foram selecionadas, com registros que datam da década de setenta. O número de registros por cidade é mostrado na Tabela 3. Foi evidenciado maior número de eventos nas principais províncias do Equador: Pichincha, província localizada nos Andes, e nas províncias litorais: Guayas, Esmeraldas, Los Ríos e Manabí. Dentro destas províncias, a capital do Equador, Quito, e a segunda maior cidade, Guayaquil, registraram quantidades altas de desastres.

Tabela 3. Cidades com maior número de registros de eventos. Fonte: DesInventar.

<b>Província</b>	<b>Cidade</b>	<b>Número de registros de desastres</b>	<b>Período</b>
Pichincha	Quito	230	1973-2009
Guayas	Guayaquil	212	1970-2009
Esmeraldas	Esmeraldas	90	1970-2009
Los Ríos	Babahoyo	77	1973-2009
Manabí	Chone	63	1975-2008

Os registros de cada cidade foram analisados separadamente, obtendo-se a distribuição anual dos desastres, mostrados na Figura 5. Evidencia-se um comportamento cíclico na ocorrência de desastres que coincidem com a variação do ONI (Oceanic Niño Index) do CPC<sup>21</sup>, índice que indica a presença de eventos “El Niño” e “La Niña”. Um maior detalhe das percentagens de eventos nos períodos “El Niño”, “La Niña” e em condições neutras é apresentado na Tabela 4. Segundo a informação desta tabela, os desastres aconteceram nos períodos neutros e não neutros. Para as cidades do litoral

<sup>21</sup> Climate Prediction Center, National Oceanic and Atmospheric Administration.

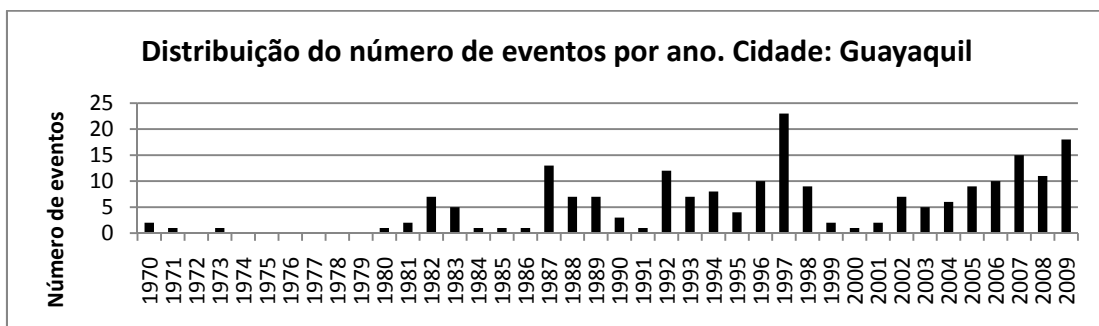
(Guayaquil, Esmeraldas, Babahoyo e Chone) os eventos ocorridos durante anos “El Niño” são mais numerosos, seguidos dos ocorridos na fase neutra, e a menor quantidade de desastres aconteceu no período “La Niña”. Quito apresenta um comportamento ligeiramente diferente, com uma quantidade de eventos 2,61% maior no período neutro que no período “El Niño”.

A análise dos registros por tipo de eventos na Figura 6 mostra que para as principais cidades, Quito e Guayaquil, a inundação é o evento com número maior de registros. Quito apresenta grande quantidade de registros de deslizamentos em relação às outras cidades. Esmeraldas, Babahoyo e Chone têm uma distribuição mais homogênea dos tipos de desastres.

Devido ao fato de que todas as cidades apresentam poucos registros na década de setenta, foi necessário encurtar o período de tempo de cada cidade com o fim de obter períodos com informação suficiente para a análise. Os períodos com maior número de registros de eventos por cidades são apresentados na Tabela 5, os quais foram utilizados para definir os períodos de análise das séries de precipitação.



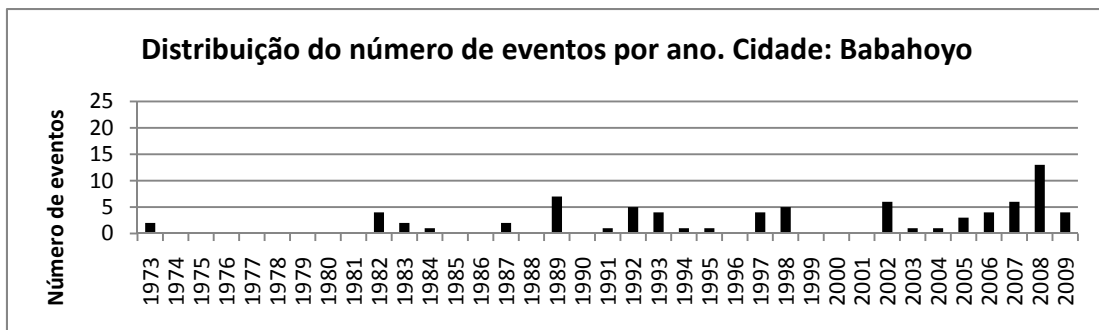
a) Quito



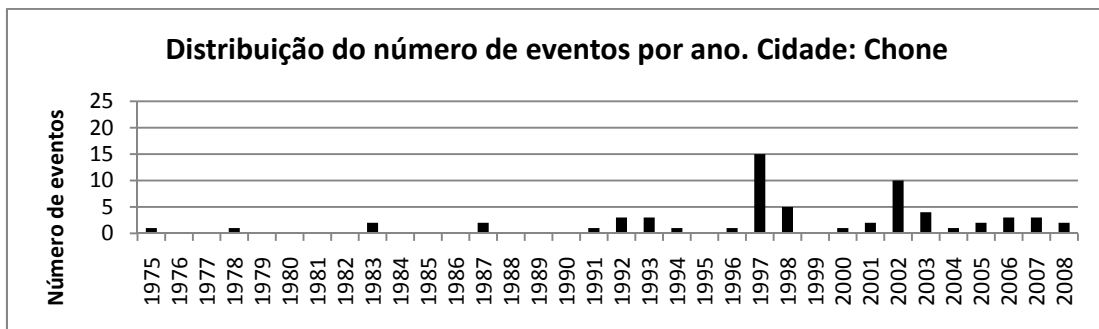
b) Guayaquil



c) Esmeraldas



d) Babahoyo



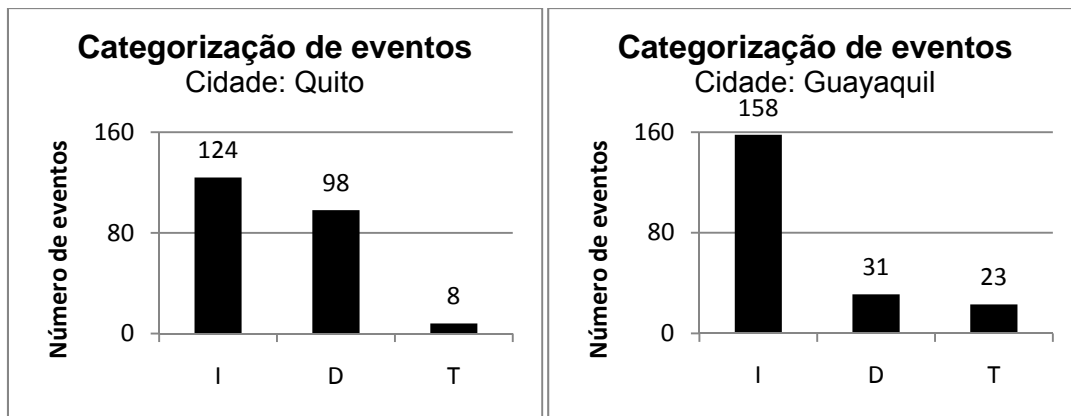
e) Chone

Figura 5. Distribuição anual dos eventos nas cidades Quito, Guayaquil, Esmeraldas, Babahoyo e Chone. Fonte: DesInventar.

Tabela 4. Quantidade e percentagem dos registros de desastres nos períodos “El Niño”, “La Niña” e neutro. Fonte: DesInventar.

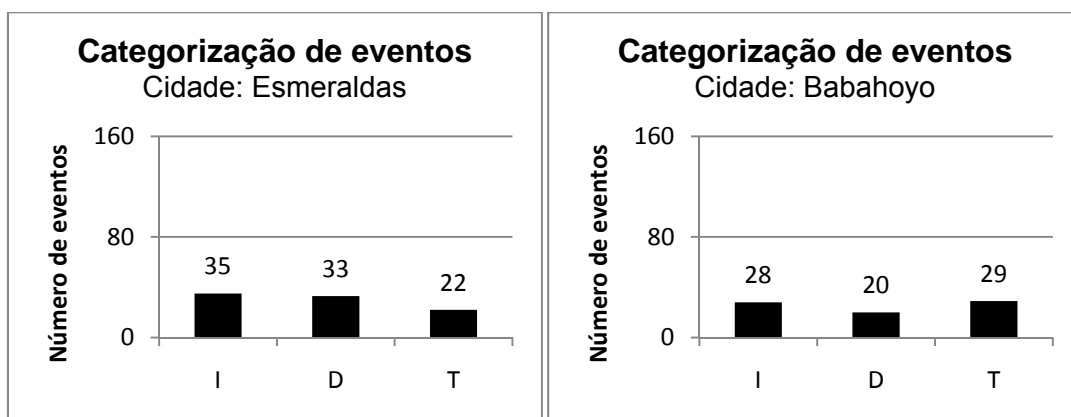
Cidade	Número total de registros	Percentagem dos registros de desastres (%)		
		Período “El Niño”	Período “La Niña”	Período neutro
<b>Quito</b>	230	38,26	20,87	40,87
<b>Guayaquil</b>	212	43,40	17,92	38,68
<b>Esmeraldas</b>	90	44,44	13,33	42,22
<b>Babahoyo</b>	77	44,16	25,97	29,87
<b>Chone</b>	63	57,14	9,52	33,33

Cada registro foi categorizado com base em quatro níveis, utilizando-se os critérios propostos por USAID (2008), cujo significado foi descrito na seção 3.1, e que correspondem a nível I, nível II, nível III e nível IV. Utilizando-se um critério pessoal, foi atribuído um destes níveis a cada registro, analisando-se os campos “observações dos efeitos”, “mortos”, “feridos”, “atingidos”, “afetados”, “evacuados”, “desabrigados”, “residências atingidas”, “residências afetadas”, “cultivo e florestas”, “estradas afetadas”, “centros educativos”, “centros hospitalares”, “gado”, “valor das perdas”, “outras perdas”, “transporte”, “comunicações”, “instalações de socorro”, “agricultura”, “aqueduto”, “esgoto”, “educação”, “energia”, “indústrias”, “saúde”, “outros”, “tipo de evento”, “magnitude”, “duração”, “observações sobre o desastre” e “causa do desastre”, correspondentes aos grupos de itens “efeitos dos desastres”, “tipo de evento” e “causa”. O nível I e o nível II são considerados como emergências e o nível III e o nível IV como desastres, USAID (2008).



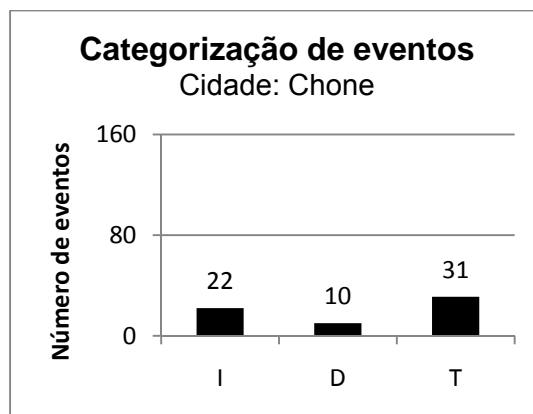
a) Quito

b) Guayaquil



c) Esmeraldas

d) Babahoyo



e) Chone

Figura 6. Categorização e quantidade dos registros de eventos por cidade. I: Inundação, D: Deslizamento, T: Transbordamento. Fonte: DesInventar.

Tabela 5. Períodos com maior quantidade de desastres por cidade. Fonte: DesInventar.

<b>Cidade</b>	<b>Número de registros de eventos</b>	<b>Período</b>
Quito	222	1980-2009
Guayaquil	208	1980-2009
Esmeraldas	81	1990-2009
Babahoyo	75	1980-2009
Chone	61	1990-2008

Na Tabela 6 são apresentadas para cada cidade as porcentagens de registros classificados em cada nível. É possível observar que todas as cidades apresentam a maior quantidade de eventos nos Níveis I e II, diminuindo a partir do nível III até o nível IV. Todas as cidades, com exceção de Esmeraldas, têm registros identificados como desastres de nível III. As cidades de Guayaquil e Chone apresentam desastres de nível IV.

Tabela 6. Percentagem de registros de eventos de nível I e nível II, e desastres de nível III e nível IV, por cidade.

<b>Cidade</b>	<b>Nível I (%)</b>	<b>Nível II (%)</b>	<b>Nível III (%)</b>	<b>Nível IV (%)</b>
<b>Quito</b>	71,86	25,63	2,51	0,00
<b>Guayaquil</b>	40,96	42,02	9,04	7,98
<b>Esmeraldas</b>	66,20	33,80	0,00	0,00
<b>Babahoyo</b>	59,42	28,99	11,59	0,00
<b>Chone</b>	29,09	52,73	14,55	3,64

#### 4.2 Preanálise dos dados de precipitação

O principal problema encontrado na análise das séries foram os valores ausentes. Estes valores foram preenchidos com base nas estações contidas dentro da mesma zona homogênea de precipitação, zonas estas selecionadas segundo a definição de CEDEÑO (2009). O preenchimento foi feito por substituição direta, considerando-se em primeira instância a estação mais perto e como segunda instância a estação de maior correlação à estação com dados faltantes MAIR (2009), LO PRESTI *et al.* (2010), dentro da zona

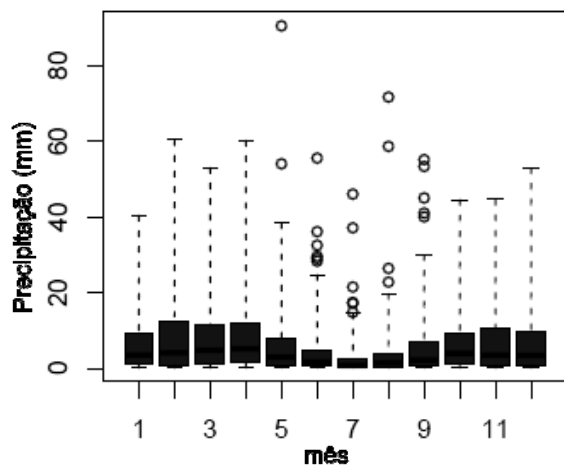
homogênea correspondente. Este procedimento foi aplicado nas estações de Quito, Guayaquil, Babahoyo e Chone, cidades em que foi possível obter estações adicionais dentro da zona homogênea respectiva. Nos intervalos de tempo com dados ausentes na estação mais perto e na estação de maior correlação, os dados permaneceram como ausentes na estação de análise. Na estação de Esmeraldas não foi possível obter dados das estações na mesma zona homogênea, considerando-os como ausentes.

A análise dos valores atípicos e das frequências dos eventos foi feita utilizando-se o programa R-ClimDex, que é um programa para o cálculo de índices extremos, disponibilizado pelo ETCCDI<sup>22</sup>. Foram detectados valores atípicos em todas as cidades analisadas, mostrados na Figura 7, em que aparecem em círculos os valores que superam o terceiro quartil mais cinco vezes a faixa interquartilica. A análise destes valores identificados como atípicos corresponde à variabilidade climática própria das cidades Quito, Guayaquil, Esmeraldas e Chone. Dados realmente atípicos foram encontrados na cidade de Babahoyo com valores de precipitação altos, os quais foram modificados e catalogados como dados faltantes.

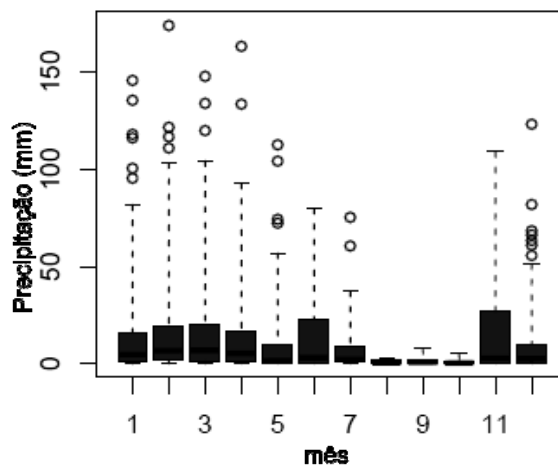
A análise de frequências é apresentada na Figura 8. As cidades de Quito e Guayaquil apresentam a maior quantidade dos dados de precipitação na faixa de 2 – 4 mm, e Esmeraldas, Babahoyo e Chone na primeira faixa, de 0 – 2 mm. Todas as cidades apresentam a maior quantidade dos registros em níveis de precipitação de 0 – 20 mm, apresentando valores extremos, visualizados como valores altos de precipitação com pouca frequência, cujo fator responsável é a variabilidade climática associada ao microclima da estação analisada, CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO (2000), GRIMM (2009).

---

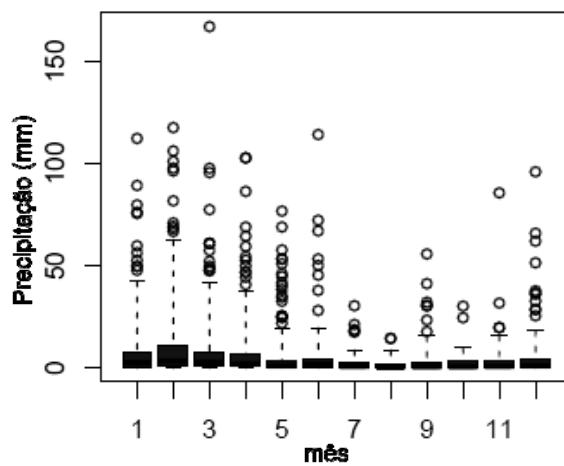
<sup>22</sup> Expert Team on Climate Change Detection and Indices



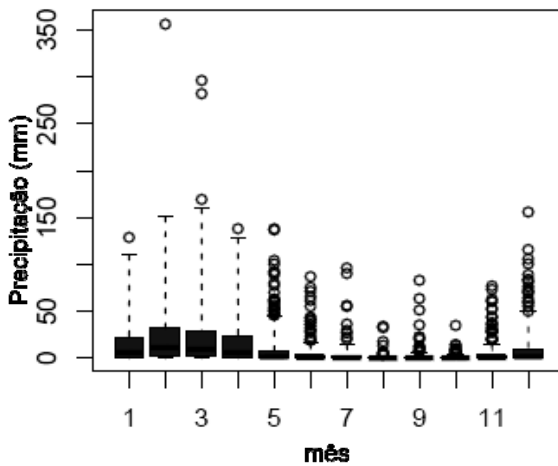
a) Quito



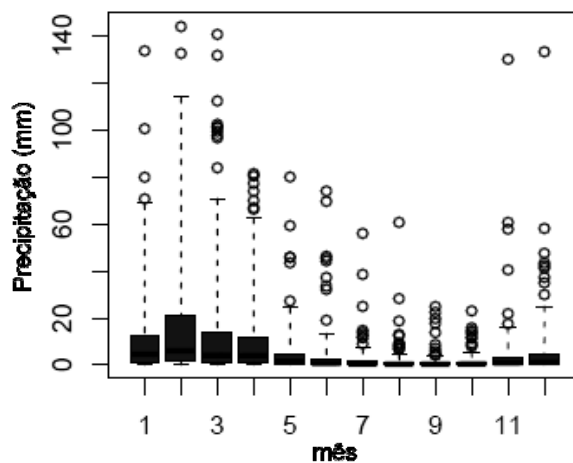
b) Guayaquil



c) Esmeraldas



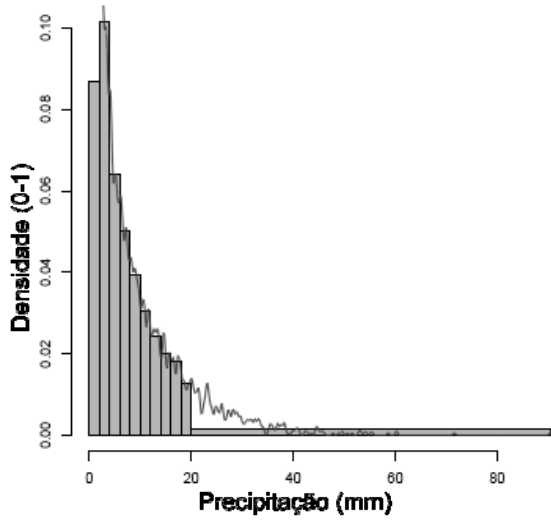
d) Babahoyo



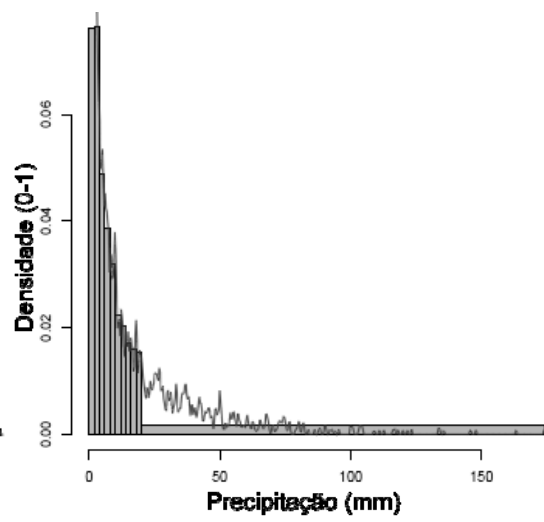
e) Chone

Figura 7. Gráficos das séries de precipitação por cidades.

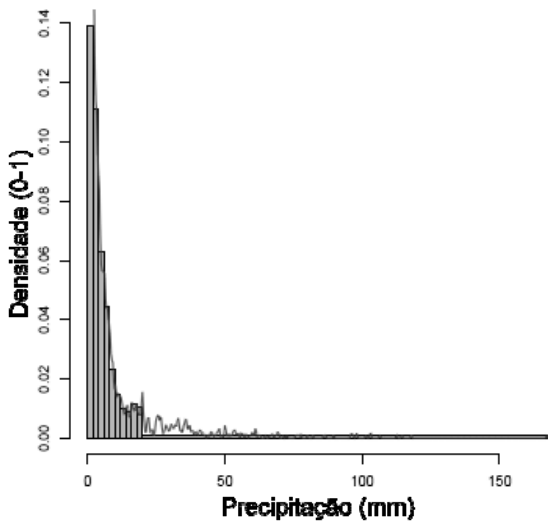




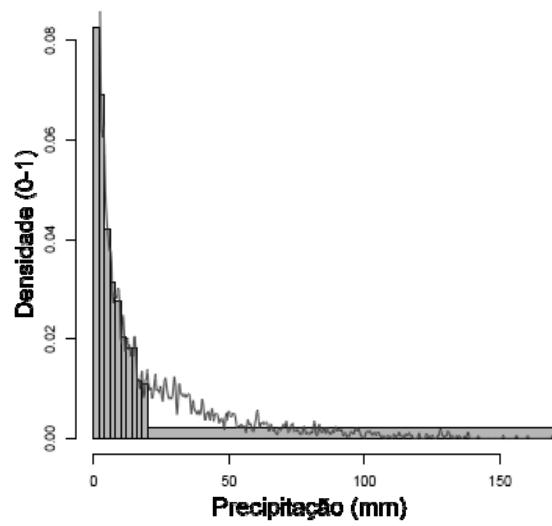
a) Quito



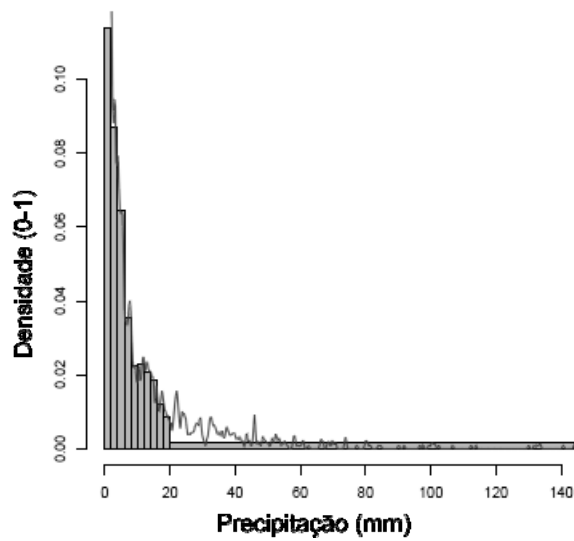
b) Guayaquil



c) Esmeraldas



d) Babahoyo



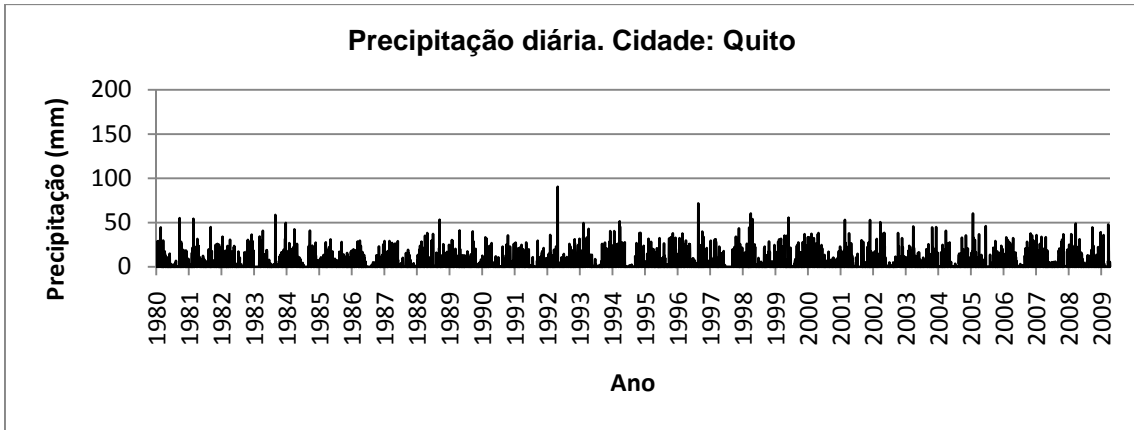
e) Chone

Figura 8. Histogramas de frequência da precipitação diária por cidades.

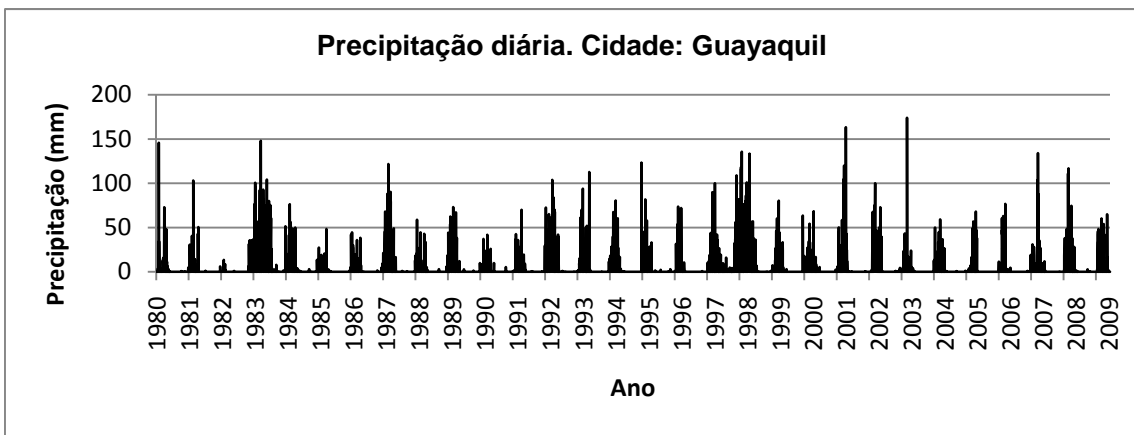
Os gráficos das séries temporais diárias de precipitação são apresentados na Figura 9 para as cidades analisadas, cobrindo os períodos determinados na Tabela 5. Em nenhuma das estações pluviométricas foram observadas tendências nas séries. As estações das cidades do litoral apresentam claramente a sazonalidade unimodal da precipitação, com incrementos de chuvas no início de cada ano, COMUNIDAD ANDINA (2009). Quito, cidade localizada nos Andes, apresenta a sazonalidade bimodal própria da região interandina, com dois períodos chuvosos: de fevereiro a maio, e de outubro a novembro, MARTINEZ *et al.* (2011), COMUNIDAD ANDINA (2009).

Nos períodos “El Niño” de 1982-1983, 1986-1988, 1991-1992, 1997-1998, 2007-2008, são apreciáveis nas cidades do litoral incrementos da quantidade de precipitação, diferenciando-se uma maior intensificação do sinal da chuva nos períodos 1982-1983 e 1997-1998, considerados anos “El Niño” extremos, McPhaden (2000), (2003). Quito não apresenta qualquer mudança do sinal nos períodos “El Niño”.

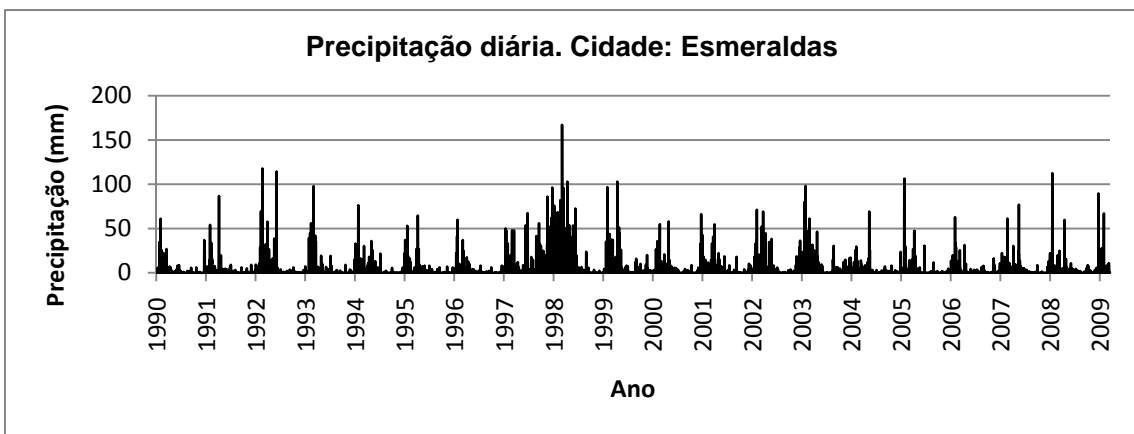
Na Tabela 7 são apresentados valores estatísticos da precipitação de cada estação. As estações de Quito, Esmeraldas e Babahoyo contêm dados faltantes. Todas as estações têm um mínimo de zero milímetro de precipitação, e o valor máximo foi registrado na estação de Guayaquil. A estação de Babahoyo tem o maior valor da média e do desvio padrão.



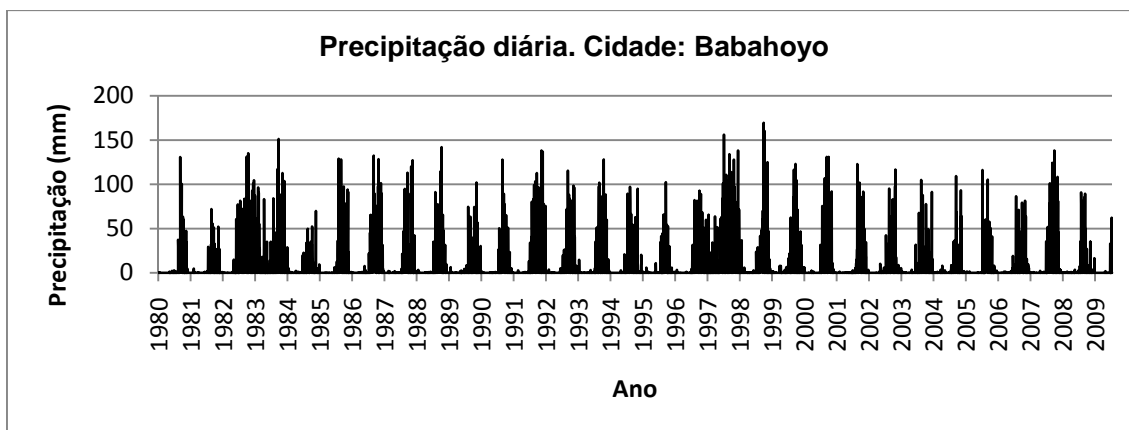
a) Quito



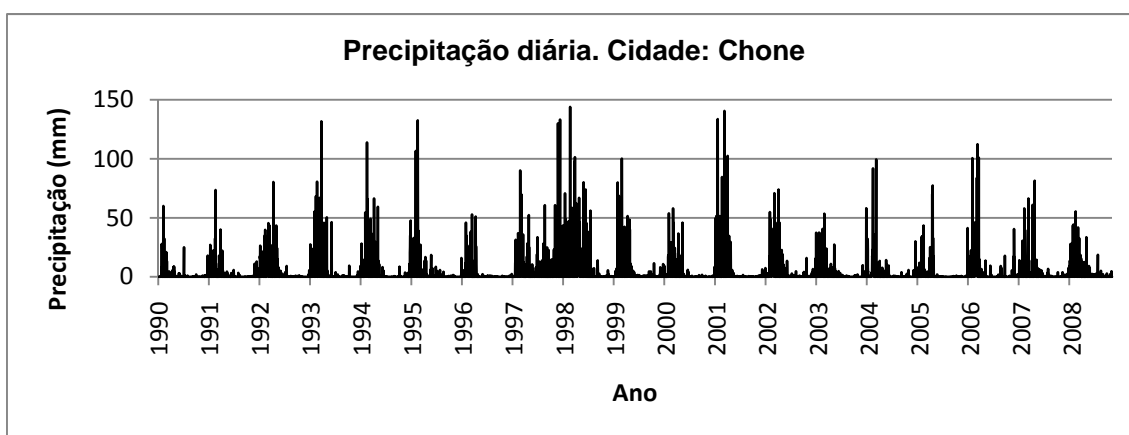
b) Guayaquil



c) Esmeraldas



d) Babahoyo



e) Chone

Figura 9. Precipitação diária por cidades. a) Quito, b) Guayaquil, c) Esmeraldas, d) Babahoyo e) Chone. Fontes: Quito, Babahoyo, Chone: INAMHI, Guayaquil, Esmeraldas: INOCAR.

Tabela 7. Dados estatísticos das séries diárias de precipitação.

	Dados faltantes (%)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Média (mm)	Desvio-padrão (mm)
<b>Quito</b>	0,62	0,00	90,40	3,03	6,58
<b>Guayaquil</b>	0,00	0,00	174,00	2,96	11,10
<b>Esmeraldas</b>	1,15	0,00	167,20	2,43	8,82
<b>Babahoyo</b>	0,03	0,00	169,50	5,69	16,35
<b>Chone</b>	0,00	0,00	143,90	3,22	10,53

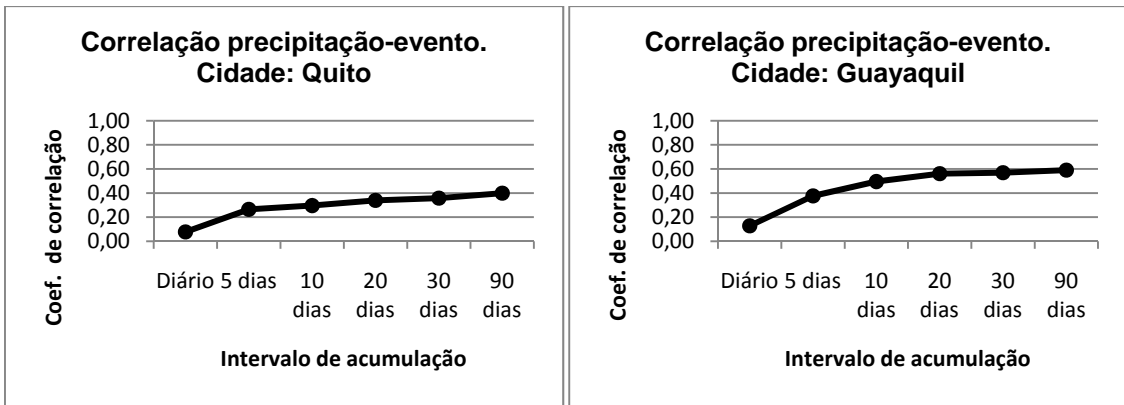
#### **4.3 Análise da correlação precipitação-desastre**

A precipitação é o evento climático que se pode converter em ameaça de inundação, transbordamento ou deslizamento, mas a materialização desta ameaça depende de fatores adicionais, aqueles fatores próprios do território onde ocorre um desastre, WILCHES-CHAUX (2007). A análise de correlação precipitação-desastre apresentada na Figura 10 nos indica quão diretamente relacionadas são as chuvas com os eventos que causaram algum nível de impacto nas cidades analisadas.

A correlação da precipitação diária com os eventos ocorridos não se mostrou forte, evidenciando-se uma má distribuição espacial, característica da chuva. Uma razão adicional à baixa correlação identificada pode ser o fato de que os registros da base DesInventar tenham sido obtidos de meios de comunicação que registraram o desastre nos dias seguintes ao acontecimento. As correlações de acumulados de precipitação para 5, 10, 20 e 30 dias oferecem uma melhoria progressiva na relação precipitação-desastre.

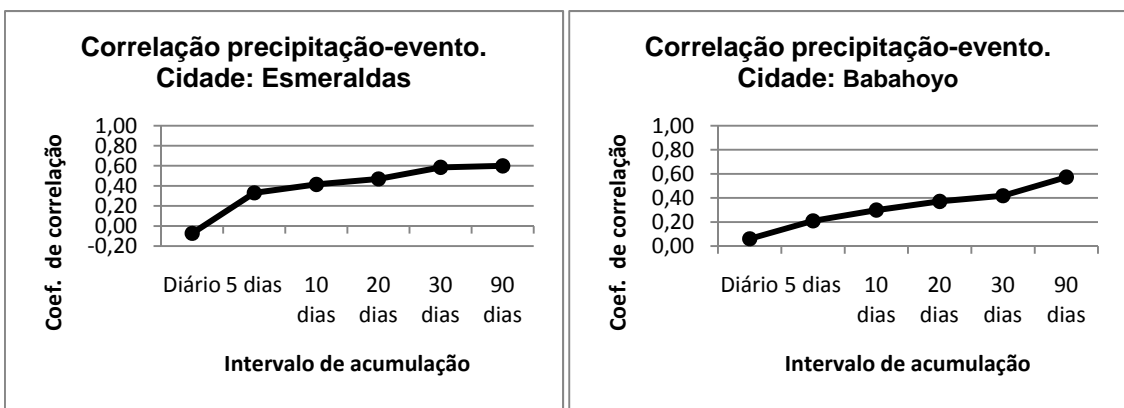
A correlação relativa a 90 dias foi calculada para se analisar o comportamento a um intervalo maior de tempo e se determinar se o valor melhora significativamente. A cidade Babahoyo apresentou uma boa melhora, indicando que os eventos têm uma maior escala temporal de ocorrência. As outras cidades mostraram pouca melhoria no valor da correlação.

Com base na análise de correlação precipitação-desastre, considerou-se utilizar as séries acumuladas de cinco e trinta dias para se determinar padrões na ocorrência de eventos (emergências ou desastres) em prazos imediatos e em curto prazo, respectivamente.



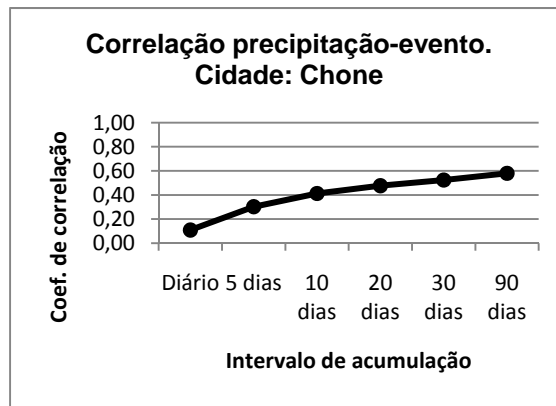
a) Quito

b) Guayaquil



c) Esmeraldas

d) Babahoyo



e) Chone

Figura 10. Correlação entre precipitação e eventos nas cidades Quito, Guayaquil, Esmeraldas, Babahoyo e Chone.

#### 4.4 Formatação das séries de precipitação e de desastres para a determinação de padrões

##### 4.4.1 Identificação de intervalos de precipitação

A definição dos intervalos de precipitação que representam a base para se iniciar a análise dos padrões de ocorrência de desastres foi fundamentada no cálculo dos percentis das séries acumuladas de precipitação.

Para as séries de precipitações acumuladas em trinta dias foram calculados tercís (P33, P66 e P100) para que houvesse relação com as previsões estatísticas. Nas séries acumuladas em cinco dias foram calculados quintis (P20, P40, P60, P80, P100) para se ter uma melhor distribuição da precipitação de cinco dias em cada estação. Os valores dos quintis e tercís são apresentados na Tabela 8. Estes valores representam os limites dos intervalos de precipitação que foram utilizados para a determinação dos padrões de eventos (emergências e desastres).

Tabela 8. Valores de quintis e tercís para as séries de precipitação acumulada em cinco e trinta dias para as estações de Quito, Guayaquil, Esmeraldas, Babahoyo e Chone.

Cidade	Precipitação (mm)							
	Acumulado em 5 dias					Acumulado em 30 dias		
	P20	P40	P60	P80	P100	P33	P66	P100
Quito	2,30	7,80	17,44	34,30	120,30	51,79	114,06	321,60
Guayaquil	1,40	8,64	30,48	63,38	333,50	9,52	130,62	805,10
Esmeraldas	0,90	3,30	8,00	23,20	243,30	12,63	70,06	557,20
Babahoyo	0,50	3,80	30,66	84,48	333,70	4,40	167,30	1109,90
Chone	0,60	2,40	10,30	36,72	263,90	7,00	74,03	571,30

#### **4.4.2 Acumulação dos registros de eventos com base na acumulação dos dados de precipitação**

Devido ao critério de se determinar os padrões de ocorrência de eventos com base em séries acumuladas de precipitação em cinco e trinta dias, foi necessário fazer um tratamento adicional nos dados de eventos.

Para cada período de tempo (cinco e trinta dias) foram acumuladas as ocorrências dos eventos, foram identificados os tipos de eventos acontecidos e foi selecionado do período o maior nível do evento registrado. Esses valores formaram os registros acumulados de eventos para cinco e trinta dias respectivamente, identificando-os com a data do último dia do período.

#### **4.5 Identificação de padrões precipitação - eventos**

##### **4.5.1 Identificação de grupos de anos com similares ocorrências de eventos**

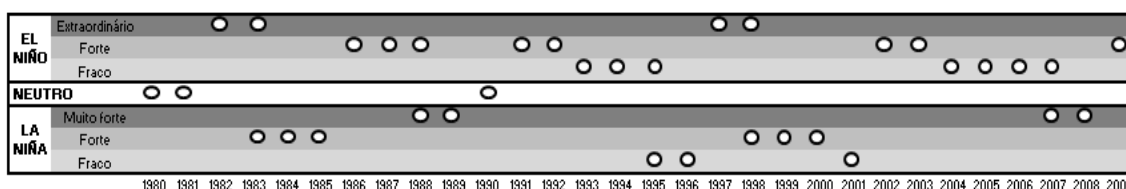
Com o objetivo de se identificar os anos com comportamentos similares de ocorrência de desastres, o método de k-means foi aplicado às séries temporais de: precipitações acumuladas, eventos ocorridos e níveis dos eventos. O resultado do algoritmo de k-means foi a geração de grupos de anos por cidades, cada ano associado a registros de comportamento similar em termos de precipitação e ocorrência de eventos.

Foram gerados grupos com as séries acumuladas em cinco e trinta dias, porém os grupos para cinco dias não foram de boa qualidade devido ao fato de terem agrupado a maioria dos anos no mesmo grupo, o que não permitiu estabelecer qualquer relação entre os anos identificados. A série acumulada em trinta dias permitiu identificar padrões entre os anos dentro do grupo.

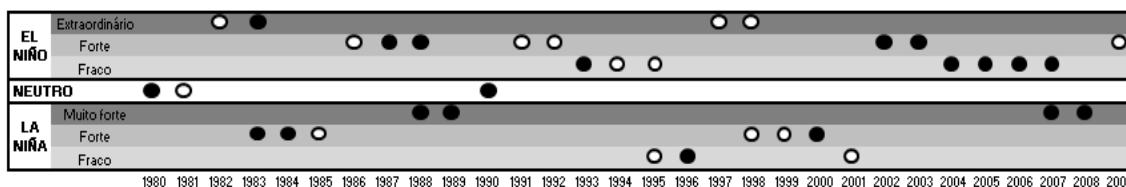
Vários grupos foram obtidos para cada cidade, e foi selecionado o grupo com os maiores níveis de eventos e com maior número de registros. Os grupos representam para cada cidade os anos similares, considerando-se quantidade de precipitação, ocorrência de eventos e nível do evento. Os resultados são apresentados na Figura 11 para a série acumulada em trinta dias. O gráfico a) apresenta informação sobre os anos em que aconteceram períodos “El Niño”, “La Niña” e períodos neutros, representados por círculos brancos. Os gráficos b) até f) representam



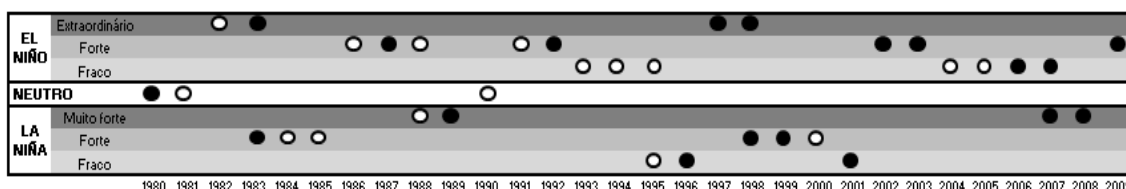
para cada cidade, em círculos pretos, os anos com pelo menos um registro dentro do grupo identificado como similar. São apresentadas informações sobre a descrição do grupo para cada cidade, o número de registros dentro do grupo, a faixa de precipitação destes registros, a média e os níveis dos eventos por ano dos registros identificados.



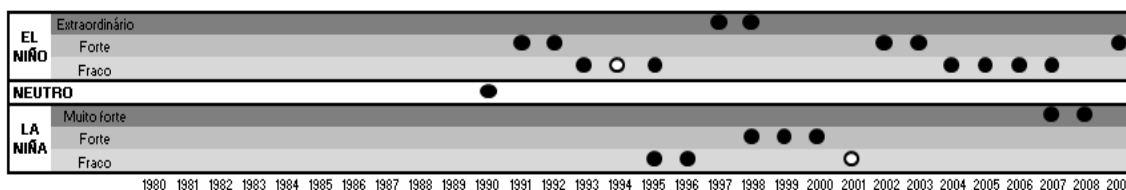
a) Identificação de anos com períodos “El Niño”, “La Niña” ou neutro.



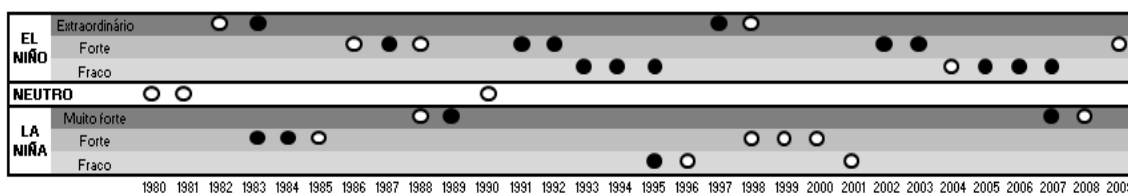
b) Agrupamento de anos similares em Quito. Número de registros: 31. Média de eventos por ano: 2,49. Faixa de precipitação: 58,5 mm – 247,4 mm. Níveis de eventos: I, II, III.



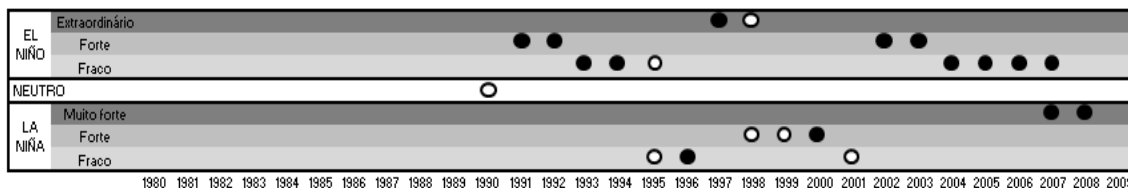
c) Agrupamento de anos similares em Guayaquil. Número de registros: 31. Média de eventos por ano: 3,26. Faixa de precipitação: 207,9 mm – 805,1 mm. Níveis de eventos: II, III, IV.



d) Agrupamento de anos similares em Esmeraldas. Número de registros: 41. Média de eventos por ano: 1,36. Faixa de precipitação: 14,7 mm – 109,3 mm. Níveis de eventos: I, II.



e) Agrupamento de anos similares em Babahoyo. Número de registros: 20. Média de eventos por ano: 1,86. Faixa de precipitação: 135,6 mm – 924,7 mm. Níveis de eventos: II, III.



f) Agrupamento de anos similares em Chone. Número de registros: 25. Média de registros por ano: 1,38. Faixa de precipitação: 49 mm – 306,9 mm. Níveis de eventos: I, II, III.

Figura 11. Agrupamento de anos com similares características de ocorrência de eventos por cidades, identificados com círculos pretos em b, c, d, e, f.

- a) Identificação dos anos com períodos “El Niño”, “La Niña” e anos neutros.
- b) Agrupamento para a cidade Quito. c) Agrupamento para a cidade Guayaquil.
- d) Agrupamento para a cidade Esmeraldas. e) Agrupamento para a cidade Babahoyo. f) Agrupamento para a cidade Chone.

Foram identificadas relações entre os anos contidos no grupo correspondente a cada cidade:

### Quito

Na década de oitenta, os eventos ocorrem no ano seguinte a um ano “El Niño” extraordinário ou forte. A partir do ano 1990, este padrão é alterado, onde os eventos acontecem depois de vários anos “El Niño” e “La Niña” entre extraordinário, forte e fraco. Novamente o padrão muda nos anos 2000, identificando-se eventos em todos os anos “El Niño” forte e fraco e “La Niña” muito forte. Um único ano “El Niño” extraordinário, 1983, e todos os anos “La Niña” muito forte foram identificados.

### Guayaquil

O grupo para Guayaquil tem um comportamento similar ao de Quito, identificando eventos no ano seguinte a um ano “El Niño” extraordinário e forte, e depois de vários anos “El Niño” fraco nos anos 1980 até 1996. O seguinte padrão identificado apresenta eventos nos anos “El Niño” extraordinário e moderado nos anos 1997 até 1999. A partir da década de dois mil, são identificados eventos nos anos “El Niño” forte. Nos anos “El Niño” fraco só aconteceram eventos depois de vários anos anteriores “El Niño” com intensidade fraca. Três dos quatro anos “El Niño” extraordinário, e três dos quatro anos “La Niña” muito forte foram identificados.

### **Esmeraldas**

Observa-se um padrão diferente em Esmeraldas, com identificação de quase todos os anos dentro do grupo. Não foram identificados dentro do grupo dois anos “El Niño” e “La Niña” fracos.

### **Babahoyo**

Dentro do grupo, na década de oitenta, os eventos aconteceram depois de um ano “El Niño” extraordinário ou forte. Na década de noventa, aconteceram desastres em quase todos os anos “El Niño” extraordinário, forte e fraco. Nesta década é identificado um ano “La Niña” fraco. Na década de dois mil, são identificados quase todos os anos “El Niño” forte e fraco, e um ano “La Niña” muito forte. Dois de quatro anos “El Niño”, e dois de quatro anos “La Niña” foram identificados.

### **Chone**

O grupo identificou na década de noventa, com exceção dos anos 1995, 1998 e 1999, eventos em todos os anos “El Niño” extraordinário, forte e fraco e “La Niña” forte e fraco. Na década de dois mil, somente o ano 2001 não foi considerado no grupo; os demais anos representam anos “El Niño” forte e fraco, e anos “La Niña” muito forte e forte. Dentro do período de análise, um de dois anos “El Niño” extraordinário, e dois de dois anos “La Niña” foram identificados.

#### **4.5.2 Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento**

Padrões de eventos foram identificados utilizando-se duas técnicas de regras de associação do software Polyanalyst: Basket Analysis e

Transactional Basket Analysis. A técnica de Basket Analysis foi utilizada para calcular regras (padrões) que relacionam quantidade de chuva e geração de eventos. A Transactional Basket Analysis foi utilizada para analisar as regras (padrões) na relação entre eventos.

Para cada cidade foram selecionadas regras cuja probabilidade de ocorrência real fosse maior que a probabilidade de ocorrência aleatória, o que é calculado no parâmetro “improvement” de cada regra. Adicionalmente, os parâmetros de suporte e confiança foram analisados para determinar as regras mais relevantes. O suporte indica a porcentagem de vezes que a associação foi identificada nos registros. A confiança é a razão entre a ocorrência da precipitação no percentil correspondente e a ocorrência conjunta percentil-evento ou percentil-nível do evento.

Com base neste método, foram identificados padrões de ocorrência de eventos de prazo imediato, utilizando-se como base a série de precipitação acumulada em cinco dias, e de prazo curto, utilizando-se a série de precipitação acumulada em trinta dias. Os padrões foram calculados utilizando-se os quintis (precipitação acumulada em cinco dias) e tercis (precipitação acumulada em trinta dias). Em cada quintil e tercil foram analisadas as regras de associação correspondentes a suporte maior que 0,1. Adicionalmente, foram calculadas as probabilidades de ocorrência dos eventos segundo o percentil de precipitação identificado pelas regras de associação.

Nas Tabelas 9 até 13 são apresentados os padrões por cidades, indicando-se o percentil em que foram identificados, os eventos, seus níveis e suas probabilidades de ocorrência para as séries acumuladas de cinco e trinta dias.

#### **4.5.2.1 Padrões na cidade de Quito**

##### **Precipitação acumulada em cinco dias**

Padrões foram identificados a partir do terceiro quintil, em até 2,17% dos registros, e confiança de até 0,60, Tabela 9 a):

- Inundações na faixa de precipitação de 7,9 - 17,4 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,06.

- Inundações, transbordamentos ou deslizamentos de até nível III na faixa de precipitação de 17,5 - 34,3 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,13.
- Inundações ou deslizamentos de até nível II na faixa de precipitação de 34,4 - 120,3 mm, com probabilidade de 0,20.

Uma regra de associação entre eventos indica que em 33% dos registros de eventos aconteceram transbordamentos se aconteceram conjuntamente inundações e deslizamentos, Tabela 9 b).

#### **Precipitação acumulada em trinta dias**

Padrões de eventos foram identificados no segundo e terceiro tercís, em até 10,03% dos registros, com confiança entre 0,24 e 0,86, Tabela 9 c):

- Inundações de nível I na faixa de precipitação de 51,8 – 114,0 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,25
- Inundações, transbordamentos ou deslizamentos de até nível II na faixa de precipitação de 114,1 – 321,6 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,47.

Uma regra de associação identificada indicou a ocorrência de transbordamentos com inundações em 50% dos registros de desastres, Tabela 9 d).

#### **4.5.2.2 Padrões na cidade de Guayaquil**

##### **Precipitação acumulada em cinco dias**

Os padrões identificados para a cidade de Guayaquil ocorreram em até 2% dos registros, com confiança de 0,14 – 0,60, Tabela 10 a):

- Transbordamentos de nível I na faixa de precipitação de 1,5 – 8,6 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,01.
- Inundações de nível I na faixa de precipitação de 8,7 – 30,4 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,12.

- Inundações, transbordamentos ou deslizamentos de até nível IV na faixa de precipitação de 30,5 – 333,50 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,28.
- Inundações ou deslizamentos de até nível II na faixa de precipitação de 34,4 – 120,3 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,32.

As regras que relacionam tipos de eventos indicaram em 50% dos registros, que quando ocorreram transbordamentos ocorreram também deslizamentos, e em 50% dos registros que quando aconteceram inundações com transbordamentos aconteceram também inundações com deslizamentos, Tabela 10 b).

#### **Precipitação acumulada em trinta dias**

Os padrões identificados para os tercís da série de precipitação acumulada em trinta dias ocorreram em até 13,13% dos registros, com confiança de 0,27 – 0,92, Tabela 10 c):

- Inundações de até nível II na faixa de precipitação de 9,6 – 130,6 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,36.
- Inundações, transbordamentos ou deslizamentos de até nível IV na faixa de precipitação de 130,7 – 805,1 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,75.

As regras que relacionam tipos de eventos identificaram em 50% dos registros de desastres ocorrência de deslizamentos quando ocorreram transbordamentos, Tabela 10 d).

#### **4.5.2.3 Padrões na cidade de Esmeraldas**

##### **Precipitação acumulada em cinco dias**

Foram identificados padrões para os quintis terceiro, quarto e quinto, em até 1,54% dos registros, com confiança de 0,18 – 0,67, Tabela 11 a):

- Transbordamentos ou deslizamentos na faixa de precipitação de 3,4 – 8,0 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,04.

- Transbordamentos na faixa de precipitação de 8,1 – 23,20 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,02.
- Inundações, transbordamentos ou deslizamentos de até nível II na faixa de precipitação de 23,21 – 243,30 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,17.

As regras de associação indicaram relação de transbordamentos e deslizamentos em 50% dos registros de eventos, e inundações com transbordamento ou deslizamento em 66,67% dos registros de eventos, Tabela 11 b).

#### **Precipitação acumulada em trinta dias**

Os padrões identificados pertencem ao terceiro tercil, com suporte de até 7,32%, e confiança entre 0,20 e 0,91, Tabela 11, c):

- Inundações, transbordamentos ou deslizamentos de até nível II na faixa de precipitação de 70,1 – 557,2 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,49.

As regras de associação entre eventos indicam inundações com ocorrência de transbordamentos, e transbordamentos com ocorrência de deslizamentos em 50% e 66,67% dos registros de eventos, respectivamente, Tabela 11 d).

#### **4.5.2.4 Padrões na cidade de Babahoyo**

##### **Precipitação acumulada em cinco dias**

Os quintis terceiro, quarto e quinto foram identificados com padrões em até 0,88% dos registros e confiança entre 0,18 e 0,83, Tabela 12 a):

- Deslizamentos de nível II na faixa de precipitação de 3,9 – 30,6 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,01.
- Inundações, transbordamentos ou deslizamentos de nível II na faixa de precipitação de 30,7 – 84,4 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,04.

- Inundações, transbordamentos ou deslizamentos de até nível III na faixa de precipitação de 84,5 – 333,7 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,12.

As regras que relacionam eventos indicaram que se ocorreram inundações, ocorreram conjuntamente transbordamentos e deslizamentos, e se ocorreram transbordamentos ocorreram também deslizamentos em 33,33% e 66,67% dos registros de eventos, respectivamente, Tabela 12 b).

#### **Precipitação acumulada em trinta dias**

Foram identificados padrões para o terceiro tercil em até 5,04% dos registros e confiança de 0,75 – 1,00, Tabela 12 c):

- Inundações, transbordamento ou deslizamento de até nível III na faixa de precipitação de 167,4 – 1109,9 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,29.

As regras entre eventos indicaram ocorrência de deslizamentos com transbordamentos, transbordamentos com inundações, e deslizamentos com inundações, cada uma em 50% dos registros, Tabela 12 d).

#### **4.5.2.5 Padrões na cidade de Chone**

##### **Precipitação acumulada em cinco dias**

Os padrões identificados pertencem aos terceiro, quarto e quinto quintis, e aconteceram em até 1,53% dos registros, com confiança de 0,10 – 0,81, Tabela 13 a):

- Inundações na faixa de precipitação de 2,5 – 10,3 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,01.
- Inundações ou deslizamentos de até nível II na faixa de precipitação de 10,4 – 36,7 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,04.
- Inundações, transbordamentos ou deslizamentos de até nível III na faixa de precipitação de 36,8 – 263,9 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,16.



A análise segundo o tipo de evento apresentou ocorrência de transbordamentos, se aconteceram inundações, em 50% dos registros, transbordamentos e deslizamentos em 33% dos registros, e deslizamentos com inundações em 33% dos registros, Tabela 13 b).

### **Precipitação acumulada em trinta dias**

Padrões para o terceiro tercil foram identificados em até 9,61% dos registros, com confiança de 0,26 – 1,00, Tabela 13 c):


- Inundações, transbordamentos ou deslizamentos de até nível III na faixa de precipitação de 74,1 – 571,3 mm, com probabilidade de ocorrência de 0,41.

As regras de associação entre eventos indicaram que aconteceram inundações seguidas de transbordamento em 50% dos eventos registrados, Tabela 13 d).

Tabela 9. Padrões de eventos identificados na cidade Quito. a) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em cinco dias. b) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em cinco dias. c) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em trinta dias. d) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em trinta dias.

Quintis	Precipitação (mm)	Tipo de Evento			Probabilidade de ocorrência	Nível do evento			
		I	T	D		I	II	III	IV
5	34,4 - 120,3	▲		▲	0,20	●	●		
4	17,5 - 34,3	▲	▲	▲	0,13	●	●	●	
3	7,9 - 17,4	▲			0,06				
2	2,4 - 7,8								
1	0,1 - 2,3								

a) Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento, para precipitação acumulada em cinco dias. Suporte: 0,14% - 2,17%. Confiança: 0,11 – 0,60. I: Inundação, T: Transbordamento, D: Deslizamento.

Se aconteceram	Aconteceram também	Em % dos registros
Inundações e deslizamentos	 Transbordamentos	33,33

b) Padrões entre eventos. Precipitação acumulada em cinco dias.

Tercis	Precipitação (mm)	Tipo de Evento			Probabilidade de ocorrência	Nível do evento			
		I	T	D		I	II	III	IV
3	114,1 - 321,6	▲	▲	▲	0,47	●	●		
2	51,8 - 114,0	▲			0,25	●			
1	0,2 - 51,7								

c) Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento, para precipitação acumulada em trinta dias. Suporte: 1,72% - 10,03%. Confiança: 0,24 – 0,86. I: Inundação, T: Transbordamento, D: Deslizamento.



Se aconteceram	Aconteceram também	Em % dos registros
Inundações	 Transbordamentos	50,00

d) Padrões entre eventos. Precipitação acumulada em trinta dias.

Tabela 10. Padrões de eventos identificados na cidade Guayaquil. a) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em cinco dias. b) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em cinco dias. c) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em trinta dias. d) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em trinta dias.

Quintis	Precipitação (mm)	Tipo de Evento			Probabilidade de ocorrência	Nível do evento			
		I	T	D		I	II	III	IV
5	63,4 - 333,50	▲	▲	▲	0,32	●	●	●	●
4	30,5 - 63,3	▲	▲	▲	0,28	●	●		●
3	8,7 - 30,4	▲			0,12	●			
2	1,5 - 8,6		▲		0,01	●			
1	0,1 - 1,4								

a) Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento, para precipitação acumulada em cinco dias. Suporte: 0,28% – 2%. Confiância: 0,14 – 0,60. I: Inundação, T: Transbordamento, D: Deslizamento.

Se aconteceram	Aconteceram também	Em % dos registros
Transbordamentos	 Deslizamentos	50
Inundações e Transbordamentos	 Inundações e deslizamentos	50

b) Padrões entre eventos. Precipitação acumulada em cinco dias.

Tercis	Precipitação (mm)	Tipo de Evento			Probabilidade de ocorrência	Nível do evento			
		I	T	D		I	II	III	IV
3	130,7 - 805,1	▲	▲	▲	0,75	●	●	●	●
2	9,6 - 130,6	▲			0,36	●	●		
1	0,1 - 9,5								

c) Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento, para precipitação acumulada em trinta dias. Suporte: 1,12% - 13,13%. Confiância: 0,27 – 0,92. I: Inundação, T: Transbordamento, D: Deslizamento.



Se aconteceram	Aconteceram também	Em % dos registros
Transbordamentos	 Deslizamentos	50,00

d) Padrões entre eventos. Precipitação acumulada em trinta dias.

Tabela 11. Padrões de eventos identificados na cidade Esmeraldas. a) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em cinco dias. b) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em cinco dias. c) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em trinta dias. d) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em trinta dias.

Quintis	Precipitação (mm)	Tipo de Evento			Probabilidade de ocorrência	Nível do evento			
		I	T	D		I	II	III	IV
5	23,21 - 243,30	▲	▲	▲	0,17	●	●		
4	8,1 - 23,20		▲		0,02				
3	3,4 - 8,0		▲	▲	0,04				
2	1,0 - 3,3								
1	0,1 - 0,9								



a) Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento, para precipitação acumulada em cinco dias. Suporte: 0,29% - 1,54%. Confiança: 0,18 – 0,67. I: Inundação, T: Transbordamento, D: Deslizamento.

Se aconteceram	Aconteceram também	Em % dos registros
Transbordamentos	 Deslizamentos	50
Inundações	 Transbordamento ou deslizamentos	66,67

b) Padrões entre eventos. Precipitação acumulada em cinco dias.

Tercis	Precipitação (mm)	Tipo de Evento			Probabilidade de ocorrência	Nível do evento			
		I	T	D		I	II	III	IV
3	70,1 - 557,2	▲	▲	▲	0,49	●	●		
2	12,7 - 70,0								
1	0,3 - 12,6								

c) Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento, para precipitação acumulada em trinta dias. Suporte: 5,37% - 7,32%. Confiança: 0,20 e 0,91. I: Inundação, T: Transbordamento, D: Deslizamento.



Se aconteceram	Aconteceram também	Em % dos registros
Inundações	 Transbordamentos	50,00
Transbordamentos	 Deslizamentos	66,67

d) Padrões entre eventos. Precipitação acumulada em trinta dias.

Tabela 12. Padrões de eventos identificados na cidade Babahoyo. a) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em cinco dias. b) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em cinco dias. c) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em trinta dias. d) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em trinta dias.

Quintis	Precipitação (mm)	Tipo de Evento			Probabilidade de ocorrência	Nível do evento			
		I	T	D		I	II	III	IV
5	84,5 - 333,7	▲	▲	▲	0,12	●	●	●	
4	30,7 - 84,4	▲	▲	▲	0,04		●		
3	3,9 - 30,6			▲	0,01		●		
2	0,6 - 3,8								
1	0,1 - 0,5								




a) Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento, para precipitação acumulada em cinco dias. Suporte: 0,14% - 0,88%. Confiança: 0,18 - 0,83. I: Inundação, T: Transbordamento, D: Deslizamento.

Se aconteceram	Aconteceram também	Em % dos registros
Inundações	 Transbordamentos e deslizamentos	33,33
Transbordamentos	 Deslizamentos	66,67

b) Padrões entre eventos. Precipitação acumulada em cinco dias.

Tercis	Precipitação (mm)	Tipo de Evento			Probabilidade de ocorrência	Nível do evento			
		I	T	D		I	II	III	IV
3	167,4 - 1109,9	▲	▲	▲	0,29	●	●	●	
2	4,5 - 167,3								
1	0,1 - 4,4								

c) Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento, para precipitação acumulada em trinta dias. Suporte: 1,68% – 5,04%. Confiança: 0,75 – 1,00. I: Inundação, T: Transbordamento, D: Deslizamento.


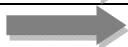
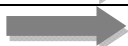
Se aconteceram	Aconteceram também	Em % dos registros
Transbordamentos	 Deslizamentos	50,00
Inundações	 Transbordamentos	50,00
Inundações	 Deslizamentos	50,00

d) Padrões entre eventos. Precipitação acumulada em trinta dias.

Tabela 13. Padrões de eventos identificados na cidade Chone. a) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em cinco dias. b) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em cinco dias. c) Padrões na relação precipitação – evento – nível de evento para precipitação acumulada em trinta dias. d) Padrões entre eventos para precipitação acumulada em trinta dias.

Quintis	Precipitação (mm)	Tipo de Evento			Probabilidade de ocorrência	Nível do evento			
		I	T	D		I	II	III	IV
5	36,8 - 263,9	▲	▲	▲	0,16	●	●	●	
4	10,4 - 36,7	▲		▲	0,04	●		●	
3	2,5 - 10,3	▲			0,01				
2	0,7 - 2,4								
1	0,1 - 0,6								


a) Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento, para precipitação acumulada em cinco dias. Suporte: 0,22% - 1,53%. Confiança de 0,10 – 0,81. I: Inundação, T: Transbordamento, D: Deslizamento.

Se aconteceram		Aconteceram também	Em % dos registros
Inundações		Transbordamentos	50,00
Deslizamentos		Transbordamentos	33,33
Inundações		Deslizamentos	33,33

b) Padrões entre eventos. Precipitação acumulada em cinco dias.

Tercis	Precipitação (mm)	Tipo de Evento			Probabilidade de ocorrência	Nível do evento			
		I	T	D		I	II	III	IV
3	74,1 - 571,3	▲	▲	▲	0,41	●	●	●	
2	7,1 - 74,0								
1	0,1 - 7,0								

c) Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento, para precipitação acumulada em trinta dias. Suporte: 2,18% - 9,61%. Confiança: 0,26 – 1,00. I: Inundação, T: Transbordamento, D: Deslizamento.

Se aconteceram		Aconteceram também	Em % dos registros
Inundações		Transbordamentos	50,00

d) Padrões entre eventos. Precipitação acumulada em trinta dias.

#### 4.6 Validação

Utilizando-se os eventos que aconteceram em janeiro e fevereiro de 2012, foi realizada a validação das regras de associação identificadas para as cidades de Guayaquil e Esmeraldas. No caso de Guayaquil, as validações incluíram dados de precipitação acumulados em cinco e trinta dias, e para Esmeraldas, em trinta dias. Os eventos de emergências e desastres foram acumulados também nestes intervalos de tempo. A acumulação de precipitação e eventos foi calculada identificando-se o dia em que aconteceu o evento e acumulando-se os valores correspondentes a este dia e aos quatro dias anteriores, para se manter relação com o método utilizado na geração das regras.

As Tabela 14 e 15 apresentam os eventos acontecidos na cidade de Guayaquil em janeiro e fevereiro de 2012, acumulados em cinco e trinta dias, respectivamente. Na Tabela 14 se evidenciam eventos desde o terceiro quintil com níveis até II, com a maior quantidade no quinto quintil. Em todas as datas aconteceu pelo menos um evento que indicou a regra no quintil correspondente (Tabela 10 a)). No caso do dia 2 de fevereiro, com um nível de precipitação pertencente ao terceiro tercil, foi registrado um evento de deslizamento que não foi indicado pela regra, mas a inundação registrada pertence ao nível I, indicado pela regra (Tabela 10 a)). Na Tabela 15, os valores acumulados em trinta dias mostram níveis de precipitação no terceiro tercil (chuvas acima do normal), com ocorrência de todos os eventos indicados pelas regras (Tabela 10 c)), com níveis II, correspondentes a emergências.

Os registros acumulados em trinta dias para a cidade de Esmeraldas são apresentados na Tabela 16. Os eventos aconteceram em quantidades de precipitação correspondentes ao terceiro tercil (chuvas acima do normal), identificando-se pelo menos dois dos eventos, com nível II, indicados pela regra (Tabela 11 c)).

Tabela 14. Precipitação (mm), tipo e nível de eventos acumulados em cinco dias para a cidade de Guayaquil no período de janeiro e fevereiro de 2012.

<b>Data</b>	<b>Precipitação acumulada em 5 dias (mm)</b>	<b>Tipo de evento acumulado em 5 dias</b>	<b>Nível máximo do evento</b>
18-Jan-2012	71,5	Inundação	I
26-Jan-2012	131,8	Transbordamento Deslizamento	I II
27-Jan-2012	144,5	Inundação Transbordamento Deslizamento	I II I
28-Jan-2012	112,4	Inundação Transbordamento Deslizamento	I II I
30-Jan-2012	76,7	Inundação Transbordamento Deslizamento	I II I
02-Fev-2012	16,7	Inundação Deslizamento	I I
07-Fev-2012	58,9	Inundação	II
08-Fev-2012	88,7	Inundação Transbordamento	II II
09-Fev-2012	149,8	Inundação Transbordamento	II II
11-Fev-2012	221,3	Inundação Transbordamento Deslizamento	II II II
17-Fev-2012	135,4	Inundação	II
23-Fev-2012	186,8	Inundação	I



Tabela 15. Precipitação (mm), tipo e nível de eventos acumulados em trinta dias para a cidade de Guayaquil no período de janeiro e fevereiro de 2012.

<b>Data</b>	<b>Precipitação acumulada em 30 dias (mm)</b>	<b>Tipo de evento acumulado em 30 dias</b>	<b>Nível máximo do Evento</b>
30-Jan-2012	344	Inundação Transbordamento Deslizamento	II
29-Fev-2012	635,1	Inundação Transbordamento Deslizamento	II

Tabela 16. Precipitação (mm), tipo e nível de eventos acumulados em trinta dias para a cidade de Esmeraldas no período de janeiro e fevereiro de 2012.

<b>Data</b>	<b>Precipitação acumulada em 30 dias (mm)</b>	<b>Tipo de Evento acumulado em 30 dias</b>	<b>Nível máximo do Evento</b>
30-Jan-2012	255,9	Inundação Transbordamento Deslizamento	II
29-Fev-2012	158,9	Inundação Deslizamento	II

# CAPÍTULO 5. DISCUSSÃO

## 5.1 Base de desastres DesInventar

Foi evidenciada diferença na densidade dos registros da base DesInventar para o Equador nos anos setenta, em comparação aos anos oitenta, noventa e dois mil. Presume-se que a razão seria o fato de que, considerando-se que uma das fontes dos registros foram os jornais escritos, estes não tenham registrado todos os eventos nesses anos por motivos tecnológicos, falta de comunicação, etc.

Os anos oitenta, noventa e dois mil mostram uma boa quantidade de registros, cujo aumento em número coincide com aqueles anos em que o sinal climático gerou maior quantidade de chuvas (El Niño). A identificação de cinco cidades com maior número de eventos, Quito, capital do Equador, e quatro cidades do litoral, Guayaquil, Esmeraldas, Babahoyo e Chone, está em concordância com D'ERCOLE (2003), que determinou que o litoral está exposto em sua maior parte a varias ameaças, incluindo inundações e deslizamentos, e Quito, por estar localizado na região centro-norte dos Andes, a perigo alto de desastres.

É evidente o incremento do número de eventos nos período “El Niño” e a diminuição destes no período “La Niña” nas cidades do litoral equatoriano. Fora destes anos a ocorrência de eventos diminui, mas não desaparece, o que foi identificado por WILCHES-CHAUX (2007), chamando a isso de “normalidade” de ocorrência de desastres frente a eventos hidrometeorológicos normais. As duas maiores cidades do Equador, Quito e Guayaquil, apresentam um incremento dos registros de eventos desde o ano 2000 até o ano 2009.

O comportamento observado em Quito, cidade localizada na região interandina norte, com um ligeiro maior número de eventos nos anos neutros, poderia estar relacionado com o impacto moderado do “El Niño”, na região citada, no incremento da quantidade de precipitação, identificado por VUILLE *et al.* (2000), por Bendix *et al.* (2002), e por ROSSEL *et al.* (1998).

Dos tipos de eventos analisados, as inundações representam o evento com maior número de registros nas cidades de Quito e Guayaquil. Segundo D'Ercole (2003), as inundações em Guayaquil se devem ao fato de que a cidade está à beira do Rio Guayas, localizada na segunda maior bacia

hidrográfica do Equador, além de ocorrerem ali precipitações fortes. A causa das inundações em Quito, segundo o mesmo autor, é principalmente a insuficiência de coletores de água, que são difíceis de instalar devido à topografia da cidade, além de obras de infraestrutura sobre terrenos não adequados.

Adicionalmente às inundações em Quito, os deslizamentos têm uma quantidade considerável de ocorrência, o que não foi observado nas cidades do litoral. De acordo com D'ERCOLE (2003), em Quito são registrados regularmente deslizamentos, ocasionados pela característica dos solos, pela presença da falha geológica sobre a qual se situa, e pela intensidade das chuvas.

Os registros de eventos para as cidades do litoral, excetuando-se Guayaquil, informam sobre ocorrência dos três tipos de ameaças (inundação, transbordamento e deslizamento), porém em menor quantidade que Quito e Guayaquil.

A categorização dos registros por níveis indica que uma pequena quantidade deles pertence aos Níveis III e IV, considerados desastres, identificando que aconteceram nos extremos de precipitação.

## **5.2 Base de dados de precipitação**

As séries de precipitação diária para todas as cidades analisadas têm boa qualidade, com número pequeno de dados faltantes em três estações (Quito, Esmeraldas e Babahoyo). As séries foram consideradas suficientemente boas para a análise de identificação de padrões de eventos.

Foi observada na análise das séries a intensificação dos valores de precipitação nos anos com o evento “El Niño” nas cidades do litoral, e pouca influência em Quito, localizada nos Andes. Este comportamento tem concordância com os limites de influência direta do “El Niño” sobre a precipitação calculados por ROSSEL *et al.* (1998) como sendo três zonas: o litoral com influência forte, a região dos Andes com influência moderada, e a Amazônia com influência nula. O baixo impacto na região dos Andes foi identificado também por VUILLE *et al.* (1999). Especificamente para o evento “El Niño” 1997-98, BENDIX *et al.* (2000) determinaram que as chuvas se intensificaram no litoral do Equador.

### **5.3 Análise de correlação precipitação-desastre**

Em todas as cidades, evidencia-se uma melhor correlação com a acumulação da precipitação em 30 dias. Esta informação indica que emergências ou os desastres ocorrem principalmente pela acumulação de vários episódios de chuvas, o que poderia danificar a infraestrutura das cidades, fazendo com que a localidade chegue a seu limite de suporte do nível de água, originando-se um desastre. A pouca melhoria identificada com as correlações a 90 dias, excetuando-se a estação de Babahoyo, indica a conveniência de se considerar o período de 30 dias como limite para a análise dos padrões precipitação-evento.

Os baixos coeficientes de correlação identificados indicam que existem, adicionalmente à precipitação, outros fatores que intervêm na ocorrência dos desastres em todas as cidades analisadas. Segundo WILCHES (2007), devido às atividades humanas sobre o ambiente natural, as ameaças hidrometeorológicas têm um componente sócio-natural e não somente natural, o que poderia explicar a baixa correlação calculada.

### **5.4 Análise de padrões precipitação – eventos**

#### **5.4.1 Padrões de grupos de anos com similares ocorrências de eventos**

Os grupos de anos com similares características na ocorrência de eventos para cada cidade indicam claramente três períodos de tempo em que são reconhecidos padrões nos anos identificados. O primeiro período na década de oitenta, o segundo período desde o ano 1990 até 1996 e o terceiro período de 1997 até 2009. Esmeraldas e Chone foram analisadas no segundo e terceiro períodos. Em Guayaquil foi identificado no grupo eventos de nível até IV, em Quito, Babahoyo e Chone eventos de até nível III, e em Esmeraldas de até nível II.

- Primeiro período (década de oitenta)
  - Identificaram-se claramente eventos depois de um ano “El Niño” extraordinário ou forte. Cidades: Quito, Guayaquil e Babahoyo.
- Segundo período (anos 1990 até 1996)
  - Identificaram-se eventos depois de um ano “El Niño” forte, e depois de vários anos com evento “El Niño” fraco. Cidades: Quito e Guayaquil.

- Identificaram-se eventos em quase todos os anos com “El Niño” extraordinário e fraco. Cidades: Esmeraldas, Babahoyo e Chone.
- Babahoyo não apresenta registros nos anos “La Niña”.
- Terceiro período (anos 1997 até 2009)
  - Identificaram-se eventos em anos “El Niño” forte e fraco, e nos anos “La Niña” moderado, em todas as cidades.
  - Guayaquil apresentou eventos em anos “La Niña” fraco.

#### **5.4.2 Padrões na relação precipitação – tipo de evento – nível de evento**

##### **Precipitação acumulada em cinco dias**

Os padrões de desastres foram identificados a partir do segundo quintil na cidade de Guayaquil, e a partir do terceiro quintil nas demais cidades. Em todas as cidades, o segundo e terceiro quintis indicam a ocorrência de um ou no máximo dois eventos, sem que estes se convertam em desastres.

A partir do quarto quintil foram identificados desastres (nível III e nível IV) com dois ou três tipos de eventos, nas cidades Quito, Guayaquil, Babahoyo e Chone. Em Esmeraldas foram identificados eventos até nível II.

O padrão identificado em precipitações de cinco dias indica a ocorrência de emergências no segundo e terceiro quintis, e a ocorrência de desastres no quarto e quinto quintis.

A cidade que mostrou maior probabilidade de ocorrência dos eventos identificados pelas regras para valores acumulados em cinco e trinta dias foi Guayaquil. Quito foi cidade com a segunda maior probabilidade de ocorrência de eventos nos registros acumulados em cinco dias, e Esmeraldas nos acumulados em trinta dias.

##### **Precipitação acumulada em trinta dias**

Em Quito e Guayaquil foram identificados no segundo tercil eventos de nível I e nível II. Nas demais cidades não se identificaram eventos no segundo tercil.

No terceiro tercil, em todas as cidades se identificaram os três tipos de desastres. Em Quito e Esmeraldas se identificaram desastres de nível até II, Babahoyo de nível até III e Guayaquil de nível até IV.

O padrão identificado indica claramente ocorrência de desastres em precipitações acima do normal, e ocorrência de emergências em quantidades normais de precipitação.

#### **5.4.3 Padrões entre eventos**

É possível identificar dois padrões entre eventos que se repetiram nas cidades analisadas: as inundações com transbordamentos e os transbordamentos com deslizamentos. A relação das inundações com transbordamentos poderia ser explicada considerando-se que os 31 sistemas hidrográficos presentes no território equatoriano, divididos em duas vertentes, a vertente do Pacífico e a do Atlântico, ocupam 48,1% e 51,4% do total do território, respectivamente, VILLACRÉS (2010). Este fato indicaria que em situações de extremos de precipitação provocados pelo “El Niño” ou por uma estação chuvosa forte, as inundações aconteceriam como eventos originados por chuvas locais, e conseqüentemente os transbordamentos pelas mesmas chuvas locais mais os efeitos das chuvas distantes que aumentariam o caudal da bacia. A relação de transbordamentos com deslizamentos poderia ser explicada, considerando-se que o excedente da quantidade normal de água recebida no território proveniente de chuvas locais, capazes de produzir transbordamentos, produziria também deslizamentos. Seria, portanto, interessante a identificação desse excedente de água. Com estes dois padrões identificados, poder-se-ia estabelecer um terceiro padrão como um ciclo inundação – transbordamento – deslizamento, que seria capaz de explicar uma mecânica de ocorrência entre eventos nas cidades analisadas.

#### **5.5 Validação**

A validação feita para os meses de janeiro e fevereiro para as cidades de Guayaquil e Esmeraldas mostra uma boa relação dos eventos acontecidos com os padrões identificados pelas regras de associação. Na maioria dos casos aconteceram pelo menos dois eventos dentro dos níveis indicados pelas regras. Ainda que o período de validação não tenha sido

suficientemente grande para se permitir realizar estatísticas, evidencia-se uma boa qualidade das regras das cidades analisadas.

# CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

## 6.1 Conclusões

Foram identificados padrões na ocorrência de eventos (emergências e desastres) relacionados com quantidades de precipitação para cinco cidades do Equador. Um primeiro esquema mostra agrupamentos de anos com similares comportamentos na ocorrência de desastres, e um segundo esquema apresenta os tipos e níveis de eventos que aconteceram de acordo com quantidades específicas de precipitação. Os resultados para o segundo esquema são mostrados de maneira objetiva, visando a facilitar seu entendimento, com base em quintis para previsões de prazo imediato (cinco dias), e tercis para previsões de prazo curto (um mês), e orientados para sua utilização de forma operacional, em conjunto com previsões de precipitação.

Os três padrões no comportamento dos desastres identificados ao agrupar anos com similares ocorrências de desastres indicam a evolução deste comportamento. Até 1996, Guayaquil e Quito aparentemente receberam os maiores impactos no ano seguinte ao aparecimento do El Niño, e Esmeraldas, Babahoyo e Chone no mesmo ano do início do El Niño, evidenciando-se a afetação direta nestas cidades, com menos infraestrutura que as duas primeiras. Desde o ano 1997 até 2009, evidenciam-se ocorrências dos desastres no ano de início do El Niño forte e fraco.

Esta informação de padrões descrita no parágrafo anterior poderia ser aplicada no planejamento de provisionamento de recursos nas atividades de atendimento às emergências e desastres. Considerando-se que a evolução das emergências e desastres apresentou uma tendência no tempo a se manifestar praticamente desde o início de um evento El Niño, dever-se-iam concentrar os recursos na preparação ao atendimento dos possíveis eventos desde o momento em que é fornecido o alerta de ocorrência de El Niño extraordinário, forte ou moderado, para evitar que o atendimento seja encaminhado somente após o momento do evento se ter apresentado. Do ponto de vista da gestão do risco, isso implica em trabalhar constantemente sobre a redução da vulnerabilidade antes de se apresentarem eventos climáticos fortes.



Os tipos e níveis de eventos identificados para previsões de cinco dias indicam ocorrências de emergências a partir do segundo quintil, e desastres a partir do quarto quintil. No que se refere aos resultados para previsões de trinta dias, o padrão indica emergências no segundo tercil (quantidades normais de precipitação), e desastres no terceiro tercil (precipitações acima do normal). É interessante se identificar, no segundo tercil de chuvas na média, a manifestação da “normalidade” na ocorrência dos desastres exposta na seção 5.1.

Esta “normalidade” na ocorrência de emergências em quantidades normais de precipitação que não chegam a se converter em desastres, e que segundo a explicação apresentada na seção 1.1, geram mais perdas econômicas que os grandes desastres, reforça a teoria de que os esforços devem ser orientados à redução da vulnerabilidade do território.

O cálculo das probabilidades de ocorrência dos eventos mostrou que a cidade de Guayaquil tem uma alta probabilidade (0,75) de ocorrência de eventos que podem se converter em desastres, com chuvas acima do normal em valores acumulados em trinta dias, seguida de Esmeraldas e Quito, com probabilidades de 0,49 e 0,47, respectivamente.

O mais interessante em relação aos resultados desta dissertação não é ter constatado o óbvio, por exemplo, desastres oriundos de níveis de precipitação acima do normal, porém ter identificado os níveis perigosos de precipitação, ou em outras palavras, ter apurado em quais quantidades de precipitação são gerados os diferentes tipos de emergências, e em quais quantidades, desastres, em nível de cidade.

Os resultados dos padrões identificados poderiam ser considerados, em conjunto, como uma ferramenta baseada numa técnica de síntese para o estudo climatológico de eventos significativos que possibilitariam auxiliar no planejamento e intervenção pública na área de gestão de riscos. A validação feita dos padrões identificados evidencia a aplicabilidade dos resultados em situações futuras, como marco de ação para a redução da vulnerabilidade das cidades analisadas.

## **6.2 Trabalhos futuros**

A combinação da versatilidade das técnicas de mineração de dados, da disponibilidade de bases de dados, e do empenho de instituições em utilizar

ciência aplicada (muitas vezes o mais difícil), torna possível a geração de grande diversidade de trabalhos, que poderiam ser utilizados em benefício da sociedade, na área de gestão de riscos.

Esta dissertação, baseada na aplicação de mineração de dados para a análise de ocorrência de desastres, constitui uma primeira aproximação na geração de ferramentas que ajudem na gestão de riscos. Com a incorporação de mais variáveis, poder-se-ia realizar trabalhos específicos de maiores detalhes e precisão. Como exemplos, citam-se: análise de deslizamentos em zonas pontuais em que características do solo são consideradas, análise de inundações com informações tanto do estado da infraestrutura atual de rede de esgoto quanto dos níveis de maré que poderiam gerar inundações, como acontece nas cidades do litoral na ocorrência conjunta de chuva e nível alto da maré; e nos transbordamentos, utilizar variáveis de gradientes de caudal dos rios relacionados com precipitação, que indiquem em quais níveis acontecem os transbordamentos.

Outra área que precisa ser potencializada no Equador, e que seria um complemento desta dissertação, é a previsão da precipitação. Nesta área, foram apresentados vários trabalhos na seção 2.4 utilizando redes neurais e regras de associação. Neste contexto é interessante o trabalho citado de DANYA *et al.* (2009) de prever inundações com base na análise de índices climáticos, o que poderia ser aplicado em previsão de precipitações.

# Bibliografía

- ACEITUNO, P., "On the Functioning of the Southern Oscillation in the South America Sector. Part I: Surface Climate", *Monthly Weather Review*, v. 116, n. 3, pp. 505-524, 1988.
- BENDIX, J., "Precipitation dynamics in Ecuador and northern Peru during the 1991/92 El Niño: a remote sensing perspective", *International Journal of Remote Sensing*, v. 21, n. 3, pp. 533-548, 2000.
- BENDIX, A., BENDIX, J., GÄMMERLER, S., REUDENBACH, CH., WEISE, S., "The El Niño 1997/98 as Seen From Space – Rainfall Retrieval and Investigation of Rainfall Dynamics with GOES-8 and TRMM Data". In: *Proceedings The 2002 EUMETSAT Meteor. Satellite Conf.*, pp. 647-652, Dublin, Ireland 02-06 Sept. 2002.
- BCE (BANCO CENTRAL DEL ECUADOR), *Estadísticas Macroeconómicas Presentación Estructural 2011*, 2011.
- BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVID, I., WISNER, B., *Vulnerabilidad y el Entorno Social, Político y Económico de los Desastres*, 1 ed, 1996.
- CAPRADE, *Revista del Comité Andino para la Prevención y Atención de Desastres*, v. 5, n. 4-5, Lima – Perú, 2009.
- CEDEÑO, J., CORNEJO-GRUNAUER, P., 2009, "Regionalización de la Precipitación en el Ecuador usando EOFs", In: *Primer Congreso de Oceanografía Física, Meteorología y Clima*, Concepción, Chile, 30 Setembro – 02 Outubro 2009.
- CEPREDENAC (Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central) – PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), *La Gestión Local del Riesgo. Nociones y Precisiones en Torno al Concepto y la Práctica*, 2003.
- CIIFEN, Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, disponible en [http://www.ciifen.org/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=61&Itemid=68&lang=es](http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=61&Itemid=68&lang=es), acceso em 2012.

- CIOS, K., J., PEDRYCZ, W., SWINIARSKI, R., W., KURGAN, L., *Data Mining A Knowledge Discovery Approach*, New York, Springer, 2007.
- CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO (CAF), “*Las Lecciones de El Niño – Ecuador. Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998. Retos y Propuestas para la Región Andina*”, Caracas-Venezuela, Unidad de Publicaciones de la CAF, 2000.
- COMUNIDAD ANDINA, *Atlas De las Dinámicas del Territorio Andino*, Cali, Colombia, 2009.
- CSRP (Climate Science Research Partnership), Rainfall Tercile Categories, disponível em <http://www.metoffice.gov.uk/csrp/results-products/monitoring/terciles>, aceso em 02/2012.
- CHANDRA , I., *Spatial Statistical Modelling for Assessing Landslide Hazard and Vulnerability*, D.Sc.dissertation, University of Twente, Netherlands, 2011.
- CHERKASSKY, V., MULIER, F., *Learning from Data Concepts, Theory and Methods*, 2 ed, New Jersey, John Willey & Sons, 2007.
- D'ERCOLE, R., TRUJILLO, M., “*Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgo en el Ecuador. Los Desastres, un Reto para el Desarrollo*”, Cooperazione Internazionale, Institute de Recherche pour le Développement, Oxfam GB, Quito, Equador, 2003.
- DAMLE , CH., YALCIN, A., “Flood prediction using Time Series Data Mining”, *Journal of Hydrology*, v. 333, n. 2 – 4, pp. 305-316, 2006.
- DE SOUZA, F., EBECKEN, N., “A Data Based Model to Predict Landslide Induced by Rainfall in Rio de Janeiro City”, *Geotechnical and Geological Engineering*, v.30, n. 1, pp. 85 – 94, 2011.
- DESINVENTAR, disponível em <http://online.desinventar.org/>, aceso em 02/2012.
- DHANYA, C., T., KUMAR, D., N., “Data mining for evolution of association rules for droughts and floods in India using climate inputs”, *Journal of Geophysical Research*, v. 114, n. D02102, 2009.
- ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast), disponível em [http://www.ecmwf.int/products/forecasts/d/charts/seasonal/forecast/seasonal\\_ra](http://www.ecmwf.int/products/forecasts/d/charts/seasonal/forecast/seasonal_ra)

[nge forecast/group\\_public/seasonal\\_charts\\_public\\_rain!rain!1%20month!Tropics!201201!tercile%20summary!/">nge forecast/group\\_public/seasonal\\_charts\\_public\\_rain!rain!1%20month!Tropics!201201!tercile%20summary!/](#), aceso em 02/2012.

FELL, R., COROMINAS, J., BONNARD, CH., CASCINI, L., LEROI, E., SAVAGE W., “Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning”, *Engineering Geology*, v. 102, n. 3-4, pp. 85-98, 2008.

GRIMM, A. M., TEDESCHI, R. G., “ENSO and Extreme Rainfall Events in South America”, *Journal of Climate*, v. 22, n. 2, pp. 1589 – 1609, 2009.

HAN, J., KAMBER, M., *Data Mining Concepts and Techniques*, 2 ed, San Francisco, Elsevier, 2006.

IGM (Instituto Geográfico Militar del Ecuador), ATLAS GEOGRÁFICO DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2010.

IRI (International Research Institute for Climate and Society), IRI Seasonal Climate Forecasts, 2012, disponível em <http://portal.iri.columbia.edu/portal/server.pt?open=512&objID=944&PageID=0&cached=true&mode=2&userID=2>, acceso em 02/2012.

KELLY, CH., “Simplifying Disasters: Developing a Model for Complex Non-Linear Events”, *Disaster Management: Crisis and opportunity: Hazard Management and Disaster Preparedness in Australasia and the Pacific Region Conference*, Queensland - Australia, November 1–4, 1998.

LA RED, *Los Desastres No son Naturales*, 1993.

LI, D., WANG, SH., “Spatial data mining and knowledge Discovery”, In: *Advances in Spatio-Temporal Analysis*, Spatial Reasoning and Data Mining, Taylor & Francis Group, London – UK, pp. 173 – 192, 2008.

LO PRESTI, R., BARCA, E., PASSARELLA, G., “A Methodology for Treating Missing Data Applied to Daily Rainfall Data in the Candelaro River Basin (Italy)”, *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 160, n. 1., pp. 1-22, 2010.

MARTINEZ, R., RUIZ, D., ANDRADE, M., BLACUTT, L., PABON, D., JAIMES, E., LEON, G., VILLACIS, M., QUINTANA, J., MONTEALEGRE, E., EUSCÁTEGUI, C., “Synthesis of the Climate of the Tropical Andes”, In: Sebastian K. Herzog, Rodney Martínez, Peter M. Jørgensen, Holm Tiessen, *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*, chapter 6, Inter-American Institute for Global

- Change Research (IAI), Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), 2011.
- MAIR, A., FARES, A., “Assessing Rainfall Data Homogeneity and Estimating Missing Records in Makaha Valley, O’ahu, Hawai’i”, *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 15, n. 1, pp. 61–66, 2009.
- McPHADEN,, M. J., “Genesis and Evolution of the 1997-98 El Niño”, *Science*, v. 283, n. 5404, pp. 950-954, Oct. 2000.
- McPHADEN, M. J., “EL NIÑO AND LA NIÑA: CAUSES AND GLOBAL CONSEQUENCES”, In: *Encyclopedia of Global Environmental Change*, v. 1, *The Earth system: physical and chemical dimensions of global environmental change*, Wiley , pp. 353-370, March 2003.
- MYATT, G. *Making Sense of Data. A Practical Guide to Exploratory Data Analysis and Data Mining*, New Jersey, John Wiley & Sons, 2007.
- Ping, J., W., Cui, T., Pan, Sh.-L., "Strategies Of Crisis Management From Contingent Perspective", *PACIS 2011 Proceedings*, 150, Brisbane – Australia, Julio, 2011.
- POLYANALYST, Solutions, 2012, disponível em: <http://megaputer.com/solutions.php>, acesso em 02/2012.
- POURRUT, P., NOUVELOT, J., F., “Anomalías y Fenómenos Climáticos Extremos”, *Estudios de Geografía. El Agua en el Ecuador. Clima, Precipitaciones, Escorrentía*, v. 7, RR Editores Asociados pp. 67-76, 1995.
- ROPELEWSKI, C., F., HALPERT, M., S., “Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with the El Niño/Southern Oscillation”, *Monthly Weather Review*, v. 115, n. 8, pp. 1606–1626, 1987.
- ROSSEL, F., MEJIA, R., ONTANEDA, G., POMBOSA, R., ROURA, J., LE GOULVEN, P., CADIER, E., CALVEZ, R., “Régionalisation de L’Influence du El Niño Sur Les Précipitations de L’Équateur”, *Bulletin de l’Institut Français d’Études Andines*, v. 27, n. 3, pp. 643-654, 1998.
- RUIZ, B., MEMBREÑO, F., JULVE, M., *Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades. Una Propuesta con Enfoque de Género. Manual de Campo*, Nicaragua, Acsur Las Segovias, 2006.

- SHELLNOW, T., SEEGER, M., ULMER, R., "Chaos Theory, Informational Needs, and Natural Disasters", *Journal of Applied Communication Research*, v. 30, n. 4, pp. 269-292, 2002.
- SKANSI, M.M, PODESTÁ, G., NÚÑEZ, L., NÚÑEZ, S., "Métodos de Estimación de Percentiles", *CONGREGMET IX, 9th Argentine Congress of Meteorology*, Buenos Aires – Argentina, 3 -7 October 2005.
- STGR (Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos), *Guía para la Incorporación de la Variable Riesgo en la Gestión Integral de Nuevos Proyectos de Infraestructura*, 2010.
- TAN, P-N., STEINBACH, M., KUMAR, V., *Introduction to Data Mining*, Pearson Addison Wesley, 2005.
- TAJBAKHSI, A., RAHMATI, M., MIRZAEI, A., "Intrusion Detection Using Fuzzy Association Rules", *Applied Soft Computing*, v. 9, n. 2, pp. 462-469, 2008.
- TZUNG-PEI, H., CHAN-SHENG, K., SHENG-CHAI, CH., "Mining Association Rules from Quantitative Data", *Intelligent Data Analysis*, v.3, n.5, pp. 363-376, 1999.
- UNEP/NCAR/UNU/WMO/ISDR, *Lessons Learned from the 1997-98 El Niño: Once Banned, Twice Shy?*, 2000.
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), *La Gestión del Riesgo de Desastres Hoy. Contextos Globales, Herramientas Locales*, 2008.
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), *UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*, 2009.
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), *Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres, Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015*, 2005.
- USAID, *Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN), Manual de Campo*, 2008.
- VILLACRÉS, C., GALLEGOS, S., *Estudio de Evaluación de la Red Hidrometeorológica en la Región Nor-Oriental del Ecuador y Propuesta de su Optimización como parte de la Red Hidrometeorológica Básica del Ecuador*, Eng. Proyecto, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2010.

VUILLE, M., BRADLEY, R. S., KEIMING, F. "Climate Variability in the Andes of Ecuador and Its Relation to Tropical Pacific and Atlantic Sea Surface Temperature Anomalies", *Journal of Climate*, v. 13, pp. 2520-2535, Jul 2000.

WEI, Y., XU, W., FAN, Y., TASI, H., T., "Artificial neural network based predictive method for flood disaster", *Computers & Industrial Engineering*, v. 42, n. 2-4, pp. 383–390, April, 2002.

WILCHES-CHAUX, G., *¿Qu-ENOS pasa?* 1 ed. Colombia, ARFO Editores e Impresores Ltda., 2007.

ZHENGXING, H., XUDONG, L.,HUILONG, D., "Mining Association Rules to Support Resource Allocation in Business Process Management", *Expert Systems with Applications*, v. 38, n.8, 9483-9490, 2011.