

Identificação e análise dos fluxos vulcânicos utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto: Um estudo de caso sobre o vulcão Osorno – Chile

Téhrrie König¹

¹Nacional Institute for Space Research - INPE

Caixa Postal: 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil

tehrrie.pacheco@inpe.br

Abstract: Volcanoes exist all over the world, especially in active tectonic areas. Volcanic eruptions may cause problems for those who live next to them due to lava flow, pyroclastic flow, ash, gas and lahar. Therefore this study aims to understand the risks and hazards associated with volcanic eruptions and its effect in human population. Color compositions and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were made with Landsat 7 images. NDVI was used to calculate the difference between vegetation and volcanic deposits, using ENVI 5.3 software. Further processing included segmentation image classification, based on visual interpretation, using the E-cognition software. The final map of lava flows and lahar was prepared using Arcgis 10.3. The results show that all active volcanoes represent risks for those who live next to them. As a consequence, constant monitoring of these risks areas is necessary as well as alert local population. The Remote Sensing techniques used were effective for volcanic monitoring.

Palavras chave: Risk, hazard, Volcanic flow, Disaster, Perigo, Risco, Produtos vulcânicos, Desastres.

1. Introdução

Os vulcões encontram-se espalhados ao redor de todo o mundo, especialmente nas áreas tectonicamente ativas, ou seja, em zonas de convergência ou divergência de placas tectônicas. É o caso do Chile, que se encontra em uma área de choque de duas placas tectônicas: a placa de Nazca e a placa Sul-Americana.

As erupções causam grandes problemas para a população localizada próxima aos vulcões ativos devido aos diferentes fluxos e materiais expelidos, como lava, lahar e cinzas. Por vezes, acaba sendo necessária a evacuação da região. Entretanto, além de contribuir para a manutenção da vida no planeta, os solos próximos aos vulcões são extremamente férteis, sendo favoráveis à agricultura.

Para compreender os riscos que vulcões acarretam, deve-se ter em mente que existem diferentes tipos de vulcões e de erupções vulcânicas. Em geral, essas diferenças refletem o tipo de magma que os compõe, além da sua posição na placa tectônica (JERRAM, 2011).

Alguns vulcões apresentam lavas mais fluídas, como por exemplo, os vulcões do Havaí, enquanto outros apresentam lavas mais viscosas, que deslizam com menor velocidade, como é o caso da lava no Monte Fuji-Japão (JERRAM, 2011). Os diferentes tipos de vulcões são classificados de acordo com suas feições geomorfológicas e o local onde ocorrem.

De acordo com Jerram (2011) e Teixeira (2000), existem seis tipos diferentes de vulcões, sendo eles o (i) Derrame de Platô, (ii) o Vulcão de Escudo, (iii) o Cone Vulcânico Piroclástico, (iv) o Estrato-vulcão, (v) Domos Vulcânicos e (vi) Caldeira. Cada um deles possui feições geomorfológicas e características diferentes. A Figura 1 sintetiza os tipos de vulcão existentes.

Figura 1. Tipos de Vulcões

Tipo de Vulcão	Geomorfologia	Exemplos
Derrame de Platô	Faturas Lineares	Islândia/ Afar Rift – Etiópia
Vulcão de Escudo	Ângulo curvo sobre os flancos	Maona Loa Hawaí
Cone Vulcânico Piroclástico	Forma de cone	Paracutin – México
Estrato-vulcão	Base larga e atinge muitos metros de altura	Monte Fuji - Japão
Domos Vulcânicos	Crateras recobertas por lava	Colima - México
Caldeira	Apresenta uma depressão ao invés de cone	Yellowstone - EUA

Entretanto, é preciso avaliar também os tipos de erupções vulcânicas, para assim chegar a uma boa compreensão dos vulcões e dos riscos que eles acarretam para a sociedade, especialmente para aquelas que vivem ao redor dos mesmos.

Erupções vulcânicas variam em intensidade desde pequenos sopros de cinzas e gases, a explosões que produzem enormes nuvens de cinzas e poeira espalhando esse material em grandes áreas. A intensidade da erupção depende da densidade e da composição do magma, da forma e tamanho da abertura vulcânica e da presença ou ausência de água (ENGELBERT; SAWINSKI, 2001, p. 396, tradução própria).

A atividade vulcânica pode ser considerada como efusiva ou explosiva, sendo que existem vulcões que apresentam erupções de caráter misto entre as duas. A erupção de caráter efusivo tem como característica expelir bastante lava, formando “rios de lava”. Por vezes, estas podem ser expelidas com muita força, chegando a alcançar mais de 100 metros no ar (NUNES, 2002; JERRAM, 2011). Já as erupções explosivas, tendem a emitir mais gases e fluxos piroclásticos, sendo que estes podem chegar a grandes velocidades (NUNES, 2002). A partir da distinção entre efusiva e explosiva, pode-se estudar as características de cada erupção; sendo elas: Havaiana, Estromboliana, Vulcaniana, Sub-Pliniana, Pliniana, Ultra Pliniana, Surtseiana e Freatoplíniana. (NUNES, 2002) A Figura 2 traz de forma sintética as características principais de cada erupção.

Figura 2. Tipos de Erupções e suas Características.

Tipo de Erupção	Efusiva	Explosiva	Características
Havaiana	X		Emissão de grandes volumes de lava basáltica
Estrombolianas		X	Apresenta explosões intermitentes e projeção de bombas
Vulcanianas		X	Bombas e blocos de rochas arremessados no ar, grande quantidade de cinzas, colunas eruptivas com mais de 10 km
Pliniana		X	Colunas eruptivas atingindo até 45 km de altura.
Sub-pliniana		X	Colunas eruptivas atingindo até 30 km de altura.
Ultra-pliniana		X	Colunas eruptivas atingindo até 50 km de altura.
Surtseiana		X	Atividade hidrovulcânica
Freatoplínianas		X	Interação do magma félsico com água, depósito de cinzas, coluna eruptiva com 40 km de altura.

Deste modo, observa-se que existem diferentes tipos de vulcões com diferentes características em suas erupções. Assim, todos apresentam algum tipo de risco, afinal, a maioria expelle materiais gasosos e fluxos piroclásticos a altíssimas temperaturas, podendo alcançar grandes velocidades. Bombas e rochas também podem ser arremessadas durante uma erupção. A lava também é um elemento perigoso, pois vai devastando e queimando tudo ao seu redor. Logo, há muitos riscos e perigos relacionados aos vulcões. Entretanto, existe uma diferença entre risco e perigo.

O perigo está relacionado com o tempo de recorrência de eventos naturais, estes, que podem afetar diferentes áreas de forma individual ou combinada (um ou mais eventos naturais ocorrendo simultaneamente na mesma área). Em outras palavras, o perigo existe em áreas suscetíveis a determinados eventos naturais, como erupções vulcânicas. Enquanto o risco é uma associação do perigo com a vulnerabilidade. Ou seja, o risco relaciona-se com a ocorrência de danos materiais, físicos e perda de vidas (KOBAYAMA et. al. 2006; WISNER, 2003; KAPPEL, 2012). Logo, a partir do momento que pessoas passam a morar e constituir uma sociedade nas áreas consideradas perigosas, construindo casas e edificações, essa área passa a

ser considerada de risco. Pois a manifestação de um evento natural acabaria por prejudicar essa sociedade. Em suma: o perigo relaciona-se a uma área onde ocorrem eventos naturais. O risco é quando há uma sociedade estabelecida nessa mesma área.

Cabe também definir vulnerabilidade. Esta ocorre em função da preexistência de condições tanto materiais como sociais (TOBIN; WHITEFORD, 2012). Logo, pessoas que moram em áreas de risco, encontram-se vulneráveis aos eventos da natureza. Entretanto, a vulnerabilidade pode variar de acordo com análises de diferentes grupos de pessoas, assim como a capacidade das mesmas reorganizarem a vida após o desastre. Aquelas que possuem condições financeiras mais favoráveis conseguem reconstruir suas casas e suas vidas mais rapidamente do que os menos favorecidos (WISNER, 2003; KAPPES, 2012).

Já suscetibilidade está relacionada a áreas ou construções que enfrentam os eventos naturais. Por exemplo, uma determinada cidade, localizada no sopé de um vulcão ativo, está suscetível a ser devastada por fluxos de lava, caso esse vulcão entre em atividade. Enquanto que a população que vive nessa cidade, encontra-se vulnerável ao mesmo fenômeno (WISNER, 2003). E o desastre, de acordo com Wisner (2003), acontece quando o grupo de pessoas afetadas por um fenômeno natural tem seu estilo de vida interrompido e necessita de auxílios externos, governamentais, por exemplo, para se reerguer.

As erupções vulcânicas acarretam riscos para qualquer pessoa que viva próxima aos vulcões ativos, independentemente da classe social, idade ou sexo. A diferença existe nas construções das casas (que pode ser mais ou menos resistentes) e nos locais de ocupação de um determinado grupo (WISNER, 2003). Entretanto, existe um lado benéfico de se viver próximo a vulcões ativos: os solos são extremamente férteis. Pois os materiais piroclásticos e as cinzas vulcânicas, expelidas durante as erupções, contém diversos minerais, como o Ferro (Fe), Enxofre (S), Potássio (K), Sódio (Na), entre outros, que auxiliam na fertilização dos solos (ENGELBERT, SAWINSKI, 2001; WISNER, 2003; JERRAM, 2011; TEIXEIRA, 2000). Cabe ressaltar que durante uma erupção vulcânica, esses materiais expelidos pelo vulcão podem destruir a agricultura local. Mas com o tempo, o solo absorve os nutrientes das cinzas vulcânicas e torna-se mais fértil.

Em 1992, Cerro Negro entrou em erupção perto de Leon na Nicarágua. Uma fina camada de cinzas vulcânicas foi depositada, com uma triste previsão de que a agricultura seria interrompida por anos. Entretanto, em apenas dez meses os fazendeiros já estavam aproveitando a boa safra proveniente de um solo fertilizado com cinzas vulcânicas (BAXTER, 1993 *apud* WISNER, 2003, p. 304, tradução própria).

Porém, as erupções vulcânicas trazem outras consequências, que não são positivas como a fertilização do solo. É o caso dos “Lahares” (*Lahar*), que são fluxos de lama, geralmente em altíssimas temperaturas, originados a partir da associação de cinzas vulcânicas com água, que atingem grandes velocidades, devastando tudo por onde passa devido à elevada temperatura e a velocidade do fluxo (ENGELBERT, SAWINSKI, 2001; JERRAM 2011; BOER, SANDERS, 2002; CARRASCO, 1978).

Os fluxos piroclásticos também são letais, uma vez que são provenientes da mistura entre gás extremamente quente com as cinzas vulcânicas e outras partículas, também atingindo grandes velocidades, sufocando os seres vivos e queimando-os (ENGELBERT, SAWINSKI, 2001; JERRAM 2011; BOER, SANDERS, 2002; CARRASCO, 1978).

Os fluxos de lava expelidos pelos vulcões podem variar de velocidade, dependendo da composição mineralógica do magma (ENGELBERT, SAWINSKI, 2001; JERRAM 2011; BOER, SANDERS, 2002; CARRASCO, 1978).

A força de uma erupção vulcânica pode ainda gerar as bombas vulcânicas, ou seja, material magmático, com mais de 64 mm de diâmetro, parcialmente fundido, que é ejetado

com grande violência para fora do vulcão. As cinzas vulcânicas, constituídas por fragmentos com diâmetros inferiores a 2 mm de rochas, minerais e vidro vulcânico, também acarretam problemas. Pois contaminam as águas, são tóxicas quando inaladas, além de terem alta densidade e possuir composição fortemente abrasiva. Assim, conforme se acumulam nos telhados das casas e nas estruturas em geral, elas fazem peso e corroem as estruturas, podendo causar danos nestas e até mesmo o desabamento das edificações (JERRAM, 2011; BOER, SANDERS, 2002; CARRASCO, 1978).

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de Estudo

O Chile se estende por 4000 km, desde sua fronteira com o Peru, nos 18°S, até os 56°S, na Terra do Fogo. A presença da Cordilheira dos Andes faz com que o território do país tenha variações altimétricas que vão desde o nível do mar, até altitudes de 7000 metros. Como consequência, há uma grande variação morfoclimática, desde áreas desérticas, mais ao norte, como o Deserto do Atacama, até regiões de clima temperado (MORENO, GIBBSON, 2007).

O território chileno faz parte do chamado Círculo de Fogo do Pacífico e encontra-se em uma zona de convergência de placas tectônicas, que formam uma zona de subducção entre as mesmas, ocasionando os abalos sísmicos e vulcanismos (JERRAM, 2011; KAPPES, 2012). Logo, parte da sua geologia é desenvolvida em função da zona de subducção do Pacífico.

De acordo com SERNAGEOMIN, atualmente, tem-se catalogado 95 vulcões no território continental chileno. A região sul do país é a que possui mais vulcões ativos e por essa maneira o presente estudo terá como foco a região dos Lagos, analisando o vulcão Osorno. A área de estudo encontra-se representada na Figura 3.

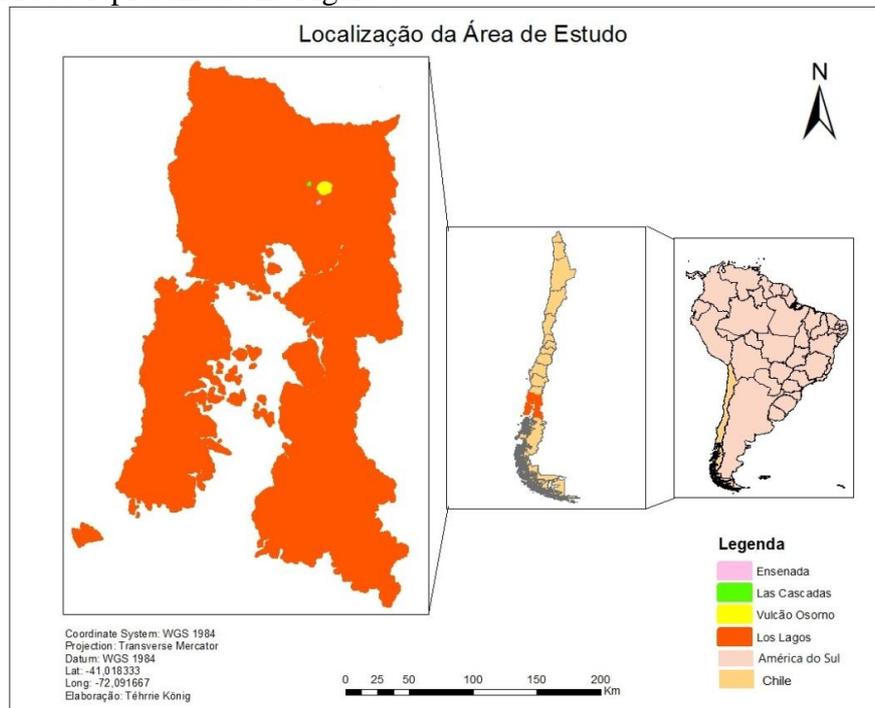


Figura 3. Representação da área de estudo

O vulcão Osorno, localizado a 41,1° S – 72,5° W, entre as “comunas” de Puerto Octay e Puerto Varas, a 45 km da cidade de Puerto Varas e a 80 km da cidade de Osorno, é classificado como um Estrato-vulcão, com produtos vulcânicos de caráter predominantemente basáltico. Possui uma elevação de 2652 m, diâmetro basal de 12 km, uma área basal de 250 km² e 160 km³ de volume. A cratera principal é recoberta por aproximadamente 0,14 km³ de gelo (glaciar) e as fumarolas e gases expelidos na mesma, derreteram parte desse gelo, formando uma caverna abaixo da camada externa de glaciar (IAVECEI, 2004). No ranking de

classificação do grau de perigo de um vulcão, definido por SERNAGEOMIN, a partir de cálculos estatísticos da vulnerabilidade, probabilidade de ocorrência do fenômeno e valores econômicos de infraestrutura, sua classificação é 12 e é considerada alta. O vilarejo Las Cascadas, que de acordo com os dados de 2008 contava com aproximadamente 826 habitantes, e Ensenada, com 1300 habitantes, se encontram nas proximidades imediatas do vulcão (SERNAGEOMIM, 2014; MORENO, LARA, OROZCO, 2010; IAVECEI, 2004).

2.2 Metodologias aplicadas

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de vasta pesquisa bibliográfica, em diversas fontes, como por exemplo, nos textos dos autores Jerram (2001), Nunes (2002), Wisner (2003), Engelbert & Sawinski (2001), Tobin & Whiteford (2012), Boer & Sanders (2002), entre outros. A análise de mapas e outros textos complementares foram pesquisados nos sites oficiais do governo chileno, como o Oficina Nacional de Emergencia del Ministro del Interior – ONEMI e o Servicio Nacional de Geología e Minería – SERNAGEOMIN. Buscou-se averiguar, em diversas fontes como o International Association of Volcanology and Chemistry of Earth Interior - IAVCEI (2004), o histórico das erupções do vulcão Osorno, a fim de melhor compreender seus perigos e os riscos que podem ser acarretados à população. E com a utilização do programa Arcgis 10.3, desenvolveu-se um mapa de risco de fluxos vulcânicos (lava e lahar) do vulcão Osorno. Para tal, obteve-se cenas do satélite Landsat 7, sensor TM (Thematic Mapper), órbita 232, ponto 089. Utilizando o software ENVI 5.3, realizou-se a composição colorida para identificação visual das áreas de derramamento basáltico e da geomorfologia do vulcão. Calculou-se também o NDVI, a fim de facilitar a discriminação entre áreas de vegetação e depósitos vulcânicos para, posteriormente, utilizando o software E-cognition, realizar a segmentação e classificação das feições referentes aos fluxos vulcânicos de lava e lahar, áreas urbanas, vegetação e glaciár. A elaboração do mapa final foi feita através do software Arcgis 10.3

3. Resultados e Discussões

As erupções do vulcão Osorno apresentam caráter central ou fissural, ou seja, o extravasamento de pressão e conseqüentemente de materiais vulcânicos podem ocorrer pela cratera principal, ou nos flancos do vulcão. Historicamente esse vulcão apresenta erupções efusivas, ou seja, de baixo caráter explosivo, variando em erupções Havaianas e Estrombolianas. Entretanto, por possuir uma camada de gelo em seu topo, uma erupção um pouco mais forte pode ocasionar “lahares” (SERNAGEOMIM, 2014; MORENO, LARA, OROZCO, 2010; IAVECEI, 2004).

No vulcão Osorno ocorreram 12 erupções documentadas entre os séculos XVIII e XIX, sendo que a última erupção com derramamento de lava foi em 1835, e em 1869, houve extravasamento de cinzas vulcânicas (PETIT-BREUILH, 1999 *apud* IAVCEI, 2004). Logo, os principais riscos vulcânicos associados a este vulcão são: fluxos de lava, lahar e materiais piroclásticos. E com eles, têm-se ainda as cinzas vulcânicas e as enchentes dos rios.

Os estudos feitos por Kappes (2012) mostram que os vilarejos construídos próximos ao vulcão Osorno, possuem mais riscos de serem atingidos por bombas vulcânicas. Entretanto, ao se tratar de fluxos piroclásticos, poucas áreas encontram-se fora das zonas de risco, especialmente aquelas localizadas em Puerto Octay. Os fluxos de lava e lahares históricos, analisados a partir do tratamento espectral das imagens de satélite, mostram tendências de que esses fluxos escoem, em sua maior parte, nos sentidos leste e sudeste. Outro fator levado em consideração nesse estudo é o risco de incêndio florestal ocasionado em decorrência de uma erupção. Isso deve-se ao fato de que a maior parte da vegetação local, possui mais de 10 anos, ou seja, é mais ressecada, o que aumenta as chances de pegarem fogo. Deste modo, os vilarejos que vivem da atividade florestal, são os mais afetados por esses incêndios. (KAPPES, 2012)

A partir das pesquisas realizadas na execução desse trabalho, e com a utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto, desenvolveu-se uma segmentação da região do vulcão e seu entorno (Figura 4), com posterior classificação para elaboração final do mapa dos fluxos vulcânicos (lava e lahar) do vulcão Osorno (Figura 5).

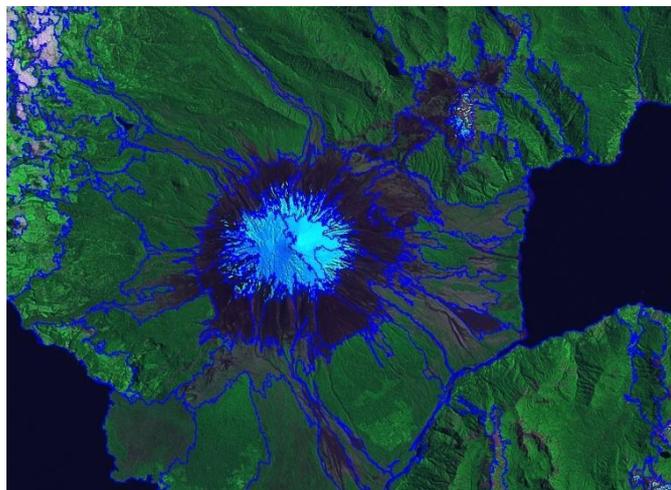


Figura 4. Resultado da Segmentação realizada pelo software E-cognition. Escala: 1:75.000

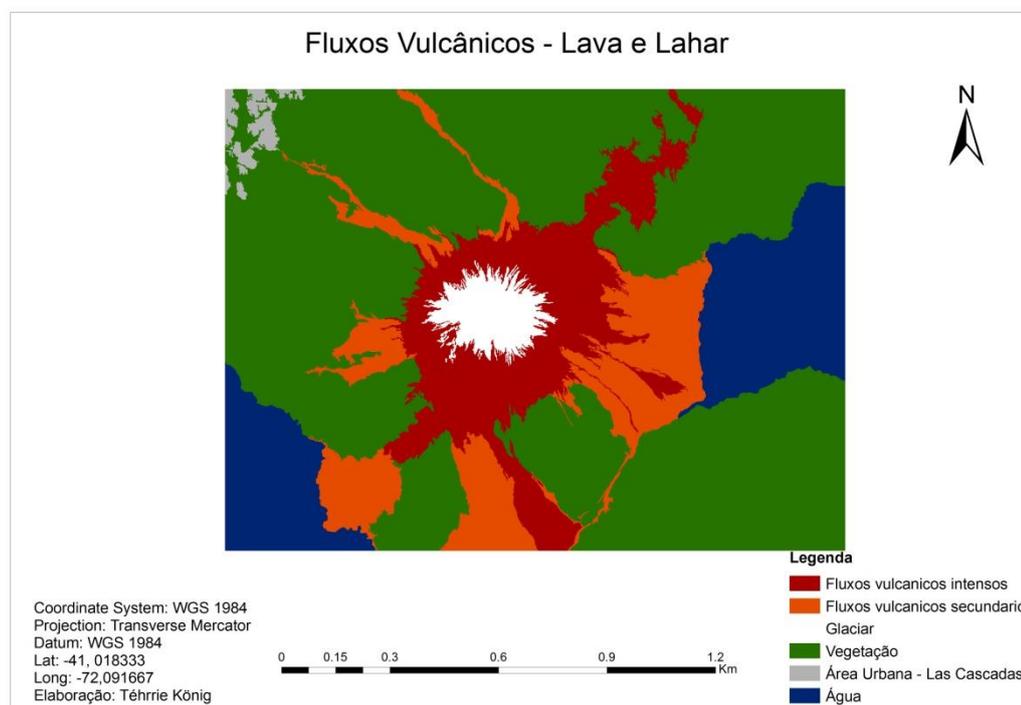


Figura 5. Fluxos Vulcânicos do Osorno.

A partir da realização da segmentação (Figura 4), foi possível observar que o software identificou áreas com diferentes concentrações de fluxos vulcânicos, ou seja, de lava e lahar, que foram expelidos pelo vulcão durante erupções passadas. O segmentador também permitiu melhor visualização da topografia da região, o que facilita a análise de possíveis caminhos que futuros fluxos de lava e lahar poderiam seguir.

Na Figura 5, observa-se que o vulcão Osorno apresenta riscos para os vilarejos próximos, devido ao direcionamento que os fluxos de lava e lahar tendem a seguir, diante de

uma erupção. Cabe ressaltar que esses fluxos ajudaram a moldar as encostas dos vulcões, modificando a geomorfologia do mesmo. Assim, muitos dos vales encontrados no Osorno, são originados das erupções ocorridas no passado remoto. Diante disso, formam-se “canais” os quais, em uma futura erupção, servirão de caminho para a lava e o lahar. É importante ressaltar que esses não necessariamente seriam os únicos trajetos possíveis percorridos pelos fluxos, pois a intensidade da erupção e as quantidades de materiais expelidos variam.

Carrasco & Bravo (2006) fizeram uma análise dos riscos de fluxos laháricos enfrentados pelo vilarejo de Las Cascadas, localizado a 10 km do vulcão, e a oeste do lago Llanquihue. Este vilarejo foi construído sobre depósitos laháricos de erupções do Osorno. Esses fluxos descem a encosta do Osorno, em direção ao lago Llanquihue, originando um depósito de detritos laháricos de 2,2km² de extensão, com diâmetros variando desde centímetros, até blocos com 5 metros. Como forma de prevenção, a comunidade de Las Cascadas, em parceria com o *Servicio Nacional de Geología e Minería* – SERNAGEOMIN, buscaram otimizar e complementar o sistema de vigilância sísmica, adicionando mais estações de medição de deformação, realizar obras de infraestrutura que auxiliem na canalização e desvio dos lahares, assim como aprofundar os conhecimentos da população, através da educação, na preparação preventiva perante uma erupção. E ainda há a utilização de dados e imagens de satélite para elaboração de modelos computacionais que geram diferentes cenários possíveis diante de uma erupção, levando em consideração as variações nas quantidades de água, gelo, neve e a topografia do terreno. (CARRASCO, BRAVO, 2006.)

Conforme o descrito por Gonzales (1995, *apud* KAPPES, 2012), a formação do vulcão Osorno causou a separação dos lagos Llanquihue e Todos Los Santos. Com a análise da Figura 3, pode-se notar que o vulcão encontra-se bem no meio dos dois lagos, e as feições de fluxos, representadas em vermelho e laranja, deixam visíveis que com o surgimento desse vulcão, as constantes erupções foram expelindo material, que constituiu a base do vulcão e foi ocasionando a divisão entre as águas do lago, gerando a separação em dois lagos.

Sendo assim, os vilarejos Las Cascadas e Ensenada, que encontram-se nas zonas afetadas pela lava e por lahar, precisam estar atentos aos riscos que o vulcão acarreta à população, e estarem preparados para agir diante de uma erupção vulcânica. O preparo populacional, o monitoramento constante do vulcão e planos de evacuação são essenciais no cotidiano de quem mora nessa área.

4. Considerações Finais

Este trabalho fez parte TCC realizado na PUC-Campinas, da autora Tehrrie Konig. Buscou-se explicar os perigos ocasionados por vulcões ativos e os riscos que acarretam às populações que vivem próximas a eles, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e dados auxiliares.

Todos os vulcões apresentam riscos para quem vive próximo a eles, seja devido aos fluxos de lava, fluxos piroclásticos, cinzas e bombas vulcânicas, lahar ou até mesmo tsunamis. Então, é necessário que haja uma preparação adequada da população para o momento de erupção eminente. A defesa civil e o governo devem preparar a população, instruindo-a. Manuais explicativos sobre os procedimentos a serem tomados, e rotas de fuga devem ser distribuídos à população. Treinamentos de evacuação, para que se conheça as rotas mais seguras, também fazem parte da segurança.

Os profissionais da área, como geólogos e vulcanólogos devem estar constantemente monitorando os vulcões, a fim de perceber com antecedência os sinais que indiquem uma possível erupção. Pequenos tremores de terra, alterações na forma do vulcão, análises térmicas, são alguns dos indícios de que o vulcão possa entrar em uma nova fase eruptiva. As técnicas de sensoriamento remoto, associado aos avanços tecnológicos em sensores com

resoluções cada vez mais específicas, torna-se uma importante ferramenta para o monitoramento de áreas com vulcões ativos.

Ainda não é possível prever com precisão quando uma erupção vai ocorrer, e por isso, muitas vidas encontram-se em risco. Mas com o devido monitoramento dos vulcões e com as populações residentes dessas áreas de risco bem preparadas e instruídas, é possível que o número de vítimas por causa desse desastre natural diminuam.

5. References

- Boer, J. Z. de; Sanders, D. T. **Volcanoes in Human History**. United Kingdom: Princeton University Press, 2002.
- Carrasco, L. C.; Bravo, J. **Evaluación Preliminar de Riesgos de Lahares del Volcán Osorno en Las Casacdas, X Región, Chile**. XI Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, 07 a 11 agosto, p. 23-26, 2006.
- Carrasco, V. H. E. Estudio de Desastres. Chile: ONEMI, 1978.
- Engelbert, P.; Sawinski, D. (ed.). **Dangerous Planet: The Science of Natural Disasters**. Detroit: UXL, 2001.
- Jerram, D. **Introducing Volcanology: a guide of hot rocks**. Scotland: Dunedin, 2011.
- International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth Interior - IAVCEI General Assembly. Pucón – Chile, 2004. Disponível em: <<http://iavcei.org>> Acesso 27 jan 2015.
- Kappes, R. **Determinación de zonas de amenaza para la cadena volcánica Osorno-Puntiagudo y complejo Antillanca**. Chile: Oficina Nacional de Emergencia del Ministro del Interior – ONEMI, 2012
- Kobyama, M., Mendonça, M., Moreno, D. A., Marcelino, I. P. V. de O., Marcelino, E. V., Gonçalves, E. F., Brazzetti, L. L. P., Goerl, R. F., Moller, G. S. F., Rudorff, F. de M.. **Prevenção de Desastres Naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.
- Lara, L. E. P., Orozco, G. L., Amigo, A. R., Silva, C. P. **Peligros Volcánicos de Chile**. Carta Geológica de Chile, Série Geológica Básica, n. 13, 2011.
- Moreno, H. **Mapa de Peligros del Volcán Osorno, Región de Los Lagos**. Servicio Nacional de Geología e Minería. Documentos de Trabajo, n. 11. Mapa escala 1:75.000, 1999.
- Moreno, H. R., Lara, L. P., Orozco, G. **Geología Del Volcán Osorno – Región de Los Lagos**. Carta Geológica de Chile, Série Geológica Básica, n. 126, 2010.
- Nunes, J. C.. **Novos Conceitos em Vulcanologia: Erupções, Produtos e Paisagens Vulcânicas**. Geonovas, Universidade dos Açores, n. 16, p. 05-22, 2002.
- Oficina Nacional de Emergencia del Ministro del Interior – ONEMI. **La Actividad Volcanica y sus Productos**. Disponível em: <<http://onemi.cl>> Acesso 12 out 2014.
- Oficina Nacional de Emergencia del Ministro del Interior – ONEMI. **Viviendo con Los Volcanes**. Disponível em: <<http://onemi.cl>> Acesso 29 out 2014.
- Servicio Nacional de Geología e Minería – SERNAGEOMIN. Disponível em: <<http://sernageomin.cl>> Acesso 15 out 2016.
- Tobin, Graham A; Whiteford, L. M. “Provisioning Capacity: A Critical Component of Vulnerability and Resilience Under Chronic Volcanic Eruptions.” In: Pfeifer, K.; Pfeifer, N. (ed.) **Forces of Nature and Cultural Responses**. New York: Springer, 2012. Páginas 139-166.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. **At Risk: Natural Hazards, People’s Vulnerability and Disasters**. Routledge, London, 2003.