

A influencia do El Niño no clima Sul Americano

The influence of El Niño on the South American climate

Ângela Silva ¹

¹ Faculdade de Letras, Universidade do Porto, 4150-564 Porto, Portugal. E-mail: up201606074@letras.up.pt

Summary

The earth system encompasses seven spheres that are coupled through flows of energy and matter exchanges. This work highlights the relationship between the hydrosphere and the atmosphere, since the ocean constitutes an "unlimited reservoir" of water for the atmosphere. Understanding the interaction between the atmosphere and the ocean and how they influence climate is critical to understanding the various natural processes that occur across the globe, such as the El Niño example. This corresponds to the irregular appearance of warm surface waters along the coast of Ecuador and Peru that extend as far south as Lima (12th). El Niño events affect the local and global climate through oceanic and atmospheric teleconnections, which leads to changes in tropical rainfall patterns in the Pacific. The west coast of South America, especially the northern coast of Peru, is considered one of the regions most sensitive to El Niño events. These events also bring countless environmental and socio-economic impacts felt on a global scale.

Keywords: ENSO, El Niño, climate, Peru

Sumário

O sistema terrestre engloba sete esferas que estão acopladas através de fluxos de trocas de energia e matéria. Para este trabalho destaca-se a relação entre a hidrosfera e a atmosfera, uma vez que o oceano se constitui um "reservatório ilimitado" de água para a atmosfera. A compreensão da interação entre a atmosfera e o oceano e a forma como influenciam que o clima é fundamental para compreender os diversos processos naturais que ocorrem em todo o globo, como o exemplo do El Niño. Este, corresponde ao aparecimento irregular de águas quentes superficiais ao longo da costa do Equador e do Peru que se estendem até ao sul de Lima (12°). Os eventos El Niño afetam o clima local e global através de teleconexões oceânicas e atmosféricas, o que leva à ocorrência de mudanças nos padrões tropicais de precipitação do Pacífico. A costa oeste da América do Sul, com destaque para a costa norte do Peru, é considerada uma das regiões mais sensíveis aos eventos El Niño. Estes eventos também trazem inúmeros impactos ambientais e socioeconómicos sentidos à escala global.

Palavras-chave: ENSO, El Niño, clima, Peru

Introdução

O El Niño é um processo natural de interação mútua entre o oceano e a atmosfera que ocorre no Pacífico Tropical, essencialmente no centro leste (Timmermann et al., 2018), cuja componente atmosférica associada é designada de Oscilação do Sul, conhecida por ENSO (El-Niño-Oscilação do Sul) (NOAA, 2018). O El Niño refere-se à fase quente do ENSO; a La Niña corresponde à fase fria, corresponde ao arrefecimento de todo o Pacífico Tropical. Nesta fase, os ventos alísios e correntes oceânicas fortes de leste possibilitam a ascensão de água fria para a superfície, designada de ressurgência (McPhaden, Zebiak, & Glantz, 2006; NOAA, 2018). Ainda assim, é comum utilizar o

termo El Niño para designar todo este processo complexo, apesar de que ainda não há uma definição concreta (Trenberth, 1997).

Marcado por um período de condições climáticas anômalas associado ao aparecimento irregular de águas quentes superficiais na costa do Equador e do Peru que se estendem até ao sul de Lima (12°), o El Niño surge frequentemente em Dezembro (Natal), o que ajuda a explicar o nome (Timmermann et al., 2018; Trenberth, 1997), e em intervalos irregulares de 2 a 7 anos e com persistência entre 12 a 18 meses (Colling, 2001). A sua frequência também está relacionada com o surgimento de manchas solares (Zhai, 2017). As regiões com maior recorrência deste tipo de processos são três (Figura 1): a região Niño 3 (entre 4°N- 4°S e 90°W- 150°W); a região Niño 4 (entre 5°N -5°S e 160°E- 150°W); e a região Niño 3.4 que abrange parte das regiões Niño 3 e 4 (entre 5°N- 5°S e 120°W- 180°W). Nos últimos anos a região 3.4 tem sido a região central para as interações atmosféricas acopladas no El-Niño- Oscilação do Sul (ENSO); e onde se regista temperaturas médias mais altas, sobretudo, na proximidade à “Pacific Warm Pool” e aos principais centros de convecção (Colling, 2001; Trenberth, 1997).

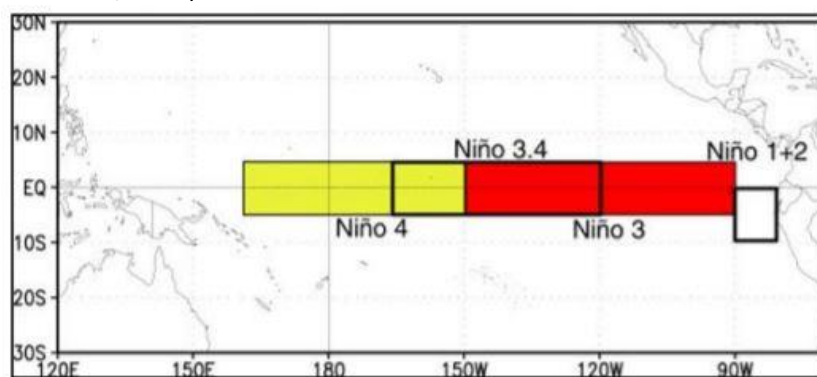


Figura 1 - Regiões onde decorrem eventos El Niño. Fonte: (Prediction, 2018)

Nem todos os eventos El Niño têm a mesma intensidade. A classificação quanto à sua intensidade é subjetiva, porque os eventos não têm a mesma duração, extensão espacial, e grau de devastação (Zopf, Short, & Yang Kuo, 1978). Zopf et al. (1978) criaram uma lista de eventos El Niño desde 1726 e classificaram a intensidade dos eventos numa escala de 1 a 4 (fortes, moderados, fracos e muito fracos), tendo em conta a intensidade da atividade e a época do ano em que ocorreu. Takahashi & Dewitte (2016) identificaram duas classes de eventos El Niño em termos de intensidade (moderada e extrema/forte), com especial atenção aos eventos extremos/fortes. Os eventos El Niño extremos têm duas dimensões fundamentais: a dinâmica física subjacente (não linear) e os seus impactos (Dewitte & Takahashi, 2019). O parâmetro para se considerar um evento extremo/ forte é quando o índice de anomalia da temperatura da superfície do mar na região Niño 3.4 é acima de 1,5°C durante pelo menos três períodos consecutivos de três meses sobrepostos (Ramírez, 2019). Até ao momento, os eventos considerados extremos ocorreram em 1972/1973; 1982/1983; 1997/1998; e 2015/2016, com maior destaque de intensidade os eventos de 1982/1983 e 1997/1998 (Ramírez, 2019). Com base nas anomalias de precipitação média sobre a região do Niño 3, Cai et al. (2014) propõe uma definição para um evento extremo El Niño, marcado por uma anomalia na precipitação de pelo menos 5 mm / dia na região do Niño 3.

Marcado pela interação mútua entre o oceano e a atmosfera (Timmermann et al., 2018), é fundamental perceber as diferenças, a nível atmosférico, entre uma situação normal e a situação durante o El Niño (Figura 2). Numa situação normal, na região do Pacífico, em função dos ventos alísios que sopram predominantemente de sudeste no Hemisfério Sul, há um padrão de circulação oceânica. Na costa da América do Sul as águas são normalmente frias (ressurgência) e, no extremo oposto (região da Indonésia e costa norte da Austrália) as águas são, em geral, quentes. Estas diferenças da temperatura da água entre o leste e o oeste do Oceano Pacífico resultam em diferenças de pressão atmosférica na superfície e numa circulação secundária da atmosfera no

sentido leste- oeste (Célula de Walker) (Colling, 2001). Esta circulação explica as chuvas frequentes na parte oeste do Oceano Pacífico e a escassez de chuvas na parte leste (costa da América do Sul) (Colling, 2001; Salini, 2012). Nos eventos El Niño, há um enfraquecimento dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial; ocorre o deslocamento do ramo ascendente da Célula de Walker para a parte central do Oceano Pacífico e as águas quentes do Oceano Pacífico Tropical atingem a costa da América do Sul , ocorre ascensão do ar o que provoca o aumento de chuvas anormais nesta região (Colling, 2001; Salini, 2012).

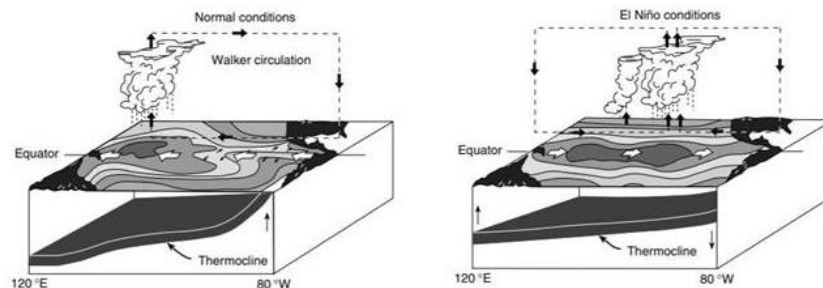


Figura 2- Condições atmosféricas normais e durante um evento El Niño. Fonte: Adaptado de (McPhaden, 2002)

Embora o fenômeno natural ocorra num área restrita do globo, os eventos El Niño afetam o clima local e global (Colling, 2001; Yu, Wang, Zhang, & Zhao, 2019) (Figura 3). Ocorrem mudanças nos normais padrões de precipitação do Pacífico e os estados insulares do Pacífico central e da costa oeste da América do Sul podem ser afetados por chuvas intensas que originam inundações e, surgem secas na Austrália, Indonésia e países vizinhos (Saunders, Stephenson, Taylor, & Karoly, 2017). Como exemplo temos a costa norte do Peru que, durante eventos El Niño, já sofreu inundações extremas (Chiew, Piechota, Dracup, & McMahon, 1998; Hao, Hao, Singh, & Zhang, 2018; McPhaden, 2002; Wang, Wu, & Fu, 2000).

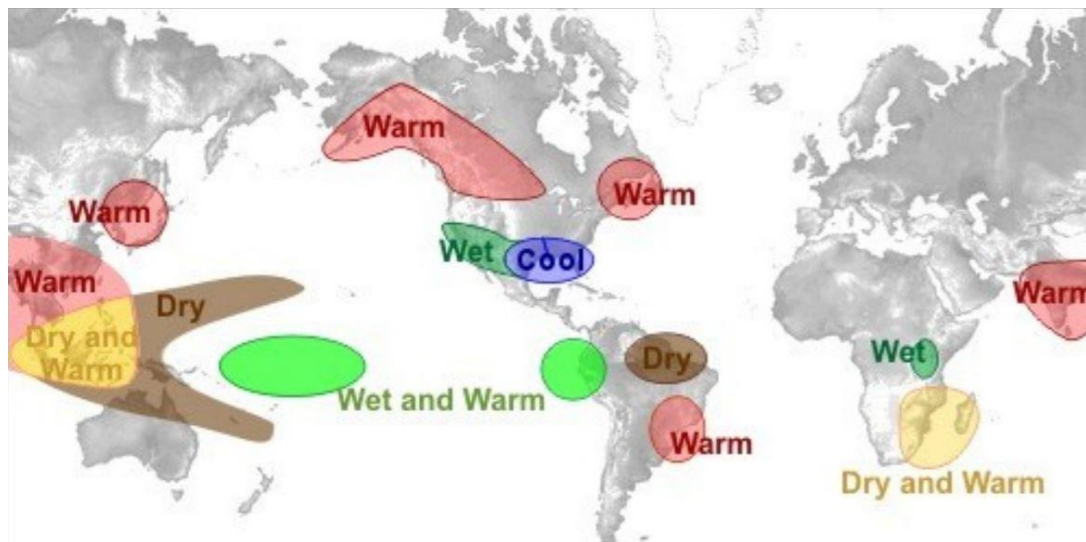


Figura 3- Efeitos do El Niño no clima Global. Fonte: (NOAA, 2018)

O El Niño e a La Niña afetam a frequência, a intensidade e a distribuição espacial das tempestades tropicais (McPhaden et al., 2006; Rasmusson & Wallace, 1983), e trazem inúmeros impactos ambientais e socioeconômicos sentidos à escala global como por exemplo alterações na ecologia local e regional pela alteração da quantidade de nutrientes das águas oceânicas que afetam a atividade piscícola (Dewitte & Takahashi, 2019).

A saúde e o bem-estar da população também são afetados (Amat, Bourgoïn-Heck, Lambert, & Just, 2018; Colling, 2001; McPhaden et al., 2006; Sprogis, Christiansen, Wandres, & Beijder, 2018).

Durante o El Niño, a exposição da população a uma variedade de riscos relacionados com o clima e a saúde pode aumentar, em especial em regiões vulneráveis (Dewitte & Takahashi, 2019; Garcia-Solorzano, Ramos-Ramirez, Heredia-Torres, Castañeda-Hernández, & Rodriguez-Morales, 2018). Um exemplo é a região de Piura, no Peru, uma das regiões mais vulneráveis, à ocorrência de eventos El Niño (p. ex. 1997/1998) com inúmeros impactos para a sociedade, afetando o bem-estar e a qualidade de vida da população (Ramírez, 2019; Takahashi, 2004).

Embora os maiores impactos diretos se façam sentir na costa oeste do continente Sul Americano, outros pontos do globo são afetados a nível climo-meteorológico (Hao et al., 2018). Há influencias nos padrões climáticos por alterações nas condições meteorológicas que afetam o bem-estar das sociedades, com destaque para a saúde, produção agrícola, variação do nível do mar (Haddad, Taibi, & Mohammed Arezki, 2013), biodiversidade (Meuser, Mooers, & Cleary, 2013), entre outros. Existem vários estudos que exemplificam os impactos à escala global como na China (Jiang et al., 2018; Ma, Ye, You, & Duan, 2018), nos EUA (Mohammadi & Goudarzi, 2018), Canadá (Islam & Gan, 2015), na Europa (Capa-Morocho, Rodríguez-Fonseca, & Ruiz-Ramos, 2014), na África do Sul (Baudoin, Vogel, Nortje, & Naik, 2017), Moçambique (Gelcer et al., 2018) e Índia (Bhuvaneshwari, Geethalakshmi, Lakshmanan, Srinivasan, & Sekhar, 2013).

A literatura produzida à escala mundial mostra os inúmeros impactos do El-Niño em todo o sistema terrestre e a ampla gama de variáveis naturais e humanas que influencia. Assim, este trabalho tem por objetivo mostrar a relação entre as questões climáticas à escala local, América do Sul com o surgimento do El Niño. Primeiramente surgiu uma questão de investigação que guiou todo o processo do trabalho: “Será o El Niño um processo natural capaz de alterar os padrões climáticos à escala local?”. Decorrente deste objetivo pretende-se mostrar o exemplo de Piura e outros casos da América do Sul; mostrar a relação entre diferenças dos níveis de precipitação e temperatura e nível do mar.

Materiais e Métodos

A concretização destes objetivos implicou uma revisão literária que indicou os eventos mais extremos e onde foram sentidos os efeitos à escala global. Também foi tentado recolher dados estatísticos relativos à ocorrência dos eventos El niño e La Niña e às anomalias da temperatura da superfície da água do mar na região Niño 3.4 (tabela 1). Neste caso só se conseguiram dados para o registo dos eventos, quanto ao registo da série temporal relativa a temperatura e precipitação a disponibilidade pública de dados era inexistente o que não permitiu o desenrolar do trabalho da forma que era pretendida inicialmente. Com isto, não foi possível uma análise estatística e respetiva representação gráfica e correlação entre os eventos e oscilações na temperatura e precipitação em vários países da América do Sul.

Tabela 1- Informação bibliográfica dos dados estatísticos utilizados.

Tipo	Fonte	Ano	Período de dados
Histórico de ocorrência de eventos El Niño e La Niña	(Services, 2018)	2018	Ano de 1950 a 2018
Anomalia da temperatura da superfície da água do mar na região Niño 3.4	(Team, 2018)	2018	Ano de 1950 a 2018

Resultados

A realização e estudos no passado, por investigadores de várias áreas científicas, possibilitou a identificação de um histórico de eventos El Niño e La Niña, sobretudo, a partir do ano de 1950 até à atualidade (Tabela 2) (Services, 2018). Também na publicação de Zopf et al. (1978) podemos identificar uma lista de eventos El Niño desde 1726 tendo em conta a intensidade dos eventos numa escala de 1 a 4. Já em Kiladis & Van Loon (1988), podemos observar o índice padrão

da Oscilação do Sul (SOI) que combinado com um índice de anomalia da temperatura da superfície do mar para o oriente do Pacífico, define os eventos do ENSO. Isto permitiu criar uma lista de eventos “quentes” (El Niño) e “frios” (La Niña) entre 1877 e 1982. Estão registrados 26 eventos “quentes” e 20 eventos “frios” (Tabela 3).

Tabela 2- Histórico de ocorrência de eventos El Niño e La Niña. (Adaptado de Services (2018))

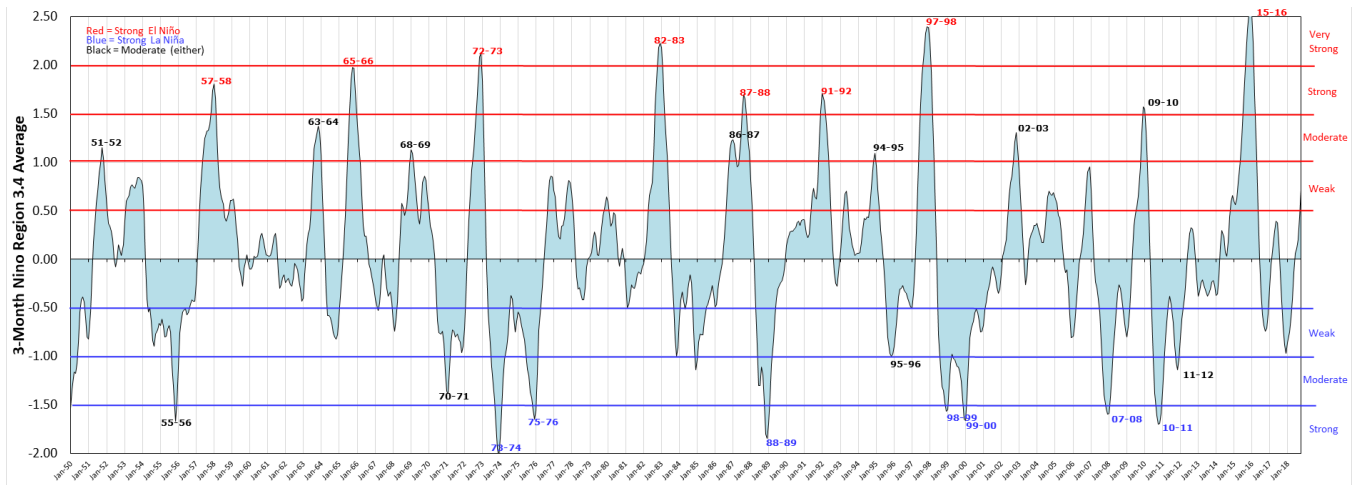
EL NIÑO				LA NIÑA		
Fraco	Moderado	Forte	Muito Forte	Fraco	Moderado	Forte
1952-53	1951-52	1957-58	1982-83	1954-55	1955-56	1973-74
1953-54	1963-64	1965-66	1997-98	1964-65	1970-71	1975-76
1958-59	1968-69	1972-73	2015-16	1971-72	1995-96	1988-89
1969-70	1986-87	1987-88		1974-75	2011-12	1998-99
1976-77	1994-95	1991-92		1983-84		1999-00
1977-78	2002-03			1984-85		2007-08
1979-80	2009-10			2000-01		2010-11
2004-05				2005-06		
2006-07				2008-09		
2014-15		2016-17				
					2017-18	

Tabela 3- Eventos quentes (El Niño) e frios (La Niña) entre 1877 e 1982. Fonte: (Kiladis & van Loon, 1988)

Warm Events (Year 0)												
1877	1880	1884	1888	1891	1896	1899	1902	1904	1911	1913	1918	1923
1925	1930	1932	1939	1951	1953	1957	1963	1965	1969	1972	1976	1982
Cold Events (Year 0)												
1886	1889	1892	1898	1903	1906	1908	1916	1920	1924	1928	1931	1938
1942	1949	1954	1964	1970	1973	1975						

Os eventos El Niño considerados muito fortes, isto é, com uma intensidade máxima são os que trazem maiores impactos ambientais e socioeconômicos. Apesar de na tabela 2 serem identificados três eventos muito fortes (Colling, 2001; Dewitte & Takahashi, 2019; Takahashi & Dewitte, 2016; Trenberth, 1997; Zopf et al., 1978), em função da anomalia da temperatura da água do mar (figura 4), é possível observar os eventos El Niño e La Niña considerados moderados, fortes e muito fortes entre 1950 e 2018. Neste período foi possível registrar a ocorrência de 15 eventos El Niño, 7 considerados moderados, 4 fortes e 4 muito fortes. No entanto, é essencial destacar os eventos de 1972-73, 1982-83, 1997-98 e 2015-16, considerados os mais fortes. Ainda assim, os eventos de 1997-98 e 2015-16 foram os de maior intensidade até ao momento, com impactos no clima global. Também são os mais abordados na literatura e ajudam a compreender a complexidade deste processo. Relativamente aos eventos La Niña é possível identificar 11 eventos ocorridos neste período de tempo. Num total de 11 eventos, 3 foram considerados moderados e os restantes fortes (8). Podemos destacar os eventos de 1973-74, 1988-89 e 2010-11 como os eventos com maior intensidade ocorridos até ao momento (Figura 4).

O ENSO é o principal responsável pela variabilidade climática interanual. Tem influência nas tempestades tropicais, nos padrões de precipitação, na temperatura da água do mar e na força dos



ventos alísios (Rasmusson & Wallace, 1983; Wu, Schnieder, Hu, & Cao, 2001). Também as flutuações na temperatura da superfície da água do mar e na precipitação estão associadas a variações de larga escala no sistema de ventos equatoriais (alísios) que, por sua vez, refletem as principais variações do padrão de pressão de Oscilação do Sul. Assim, a ligação do El Niño com a Oscilação do Sul foi vista como uma evidência de que a circulação oceânica desempenha um papel fundamental no sistema climático e é responsável pela persistência das anomalias atmosféricas (Rasmusson & Wallace, 1983; Yeh et al., 2009).

Discussão dos resultados

A realização do trabalho da forma que era pretendida inicialmente tornou-se uma tarefa inconcretizável. A falta de dados das variáveis climáticas nos países Sul Americanos (temperatura e precipitação) para um período de tempo desde início da segunda metade do séc. XX, que permitisse correlacionar com a ocorrência dos eventos El Niño e La Niña fez com o trabalho fosse limitado a dados provenientes de outros trabalhos, que de forma mais ou menos aprofundada abordassem a temática. Assim, a discussão dos resultados resulta mais de um conjunto de análises de outros autores e da forma que abordam a temática que da correlação entre os nossos resultados e os de outros autores.

As questões de investigação relacionadas com o ENSO são recentes, ainda assim, diversos estudos têm permitido observar a dinâmica dos eventos El Niño ao longo do tempo.

Uma das questões mais abordadas nos últimos anos está relacionada com a intensidade dos

Figura 4- Intensidade dos eventos El Niño e La Niña desde o ano de 1950 até 2018. Fonte: (Services, 2018)

eventos. Nem todos os autores estão de acordo com a intensidade dos eventos El Niño ocorridos até ao momento. Em Dewitte & Takahashi (2019), os eventos considerados muito fortes são os de 1972-73; 1982-83; 1997-98; e 2015-16. Por outro lado, autores como Colling (2001); Dewitte & Takahashi (2019); Takahashi & Dewitte (2016); Trenberth (1997); Zopf et al. (1978), consideram apenas três eventos muito fortes, os de 1982-83; 1997-98 e 2015-16, pelo que o evento de 1972-73 é considerado como forte. Grande parte dos estudos efetuados sobre este tema têm como foco o evento de 1997-98, considerado um dos mais fortes, com influência no clima de todo o globo (Changnon, 2000; Dewitte & Takahashi, 2019; Hamid, Kawasaki, & Mardiana, 2001; Zopf et al., 1978).

Na América do Sul, a relação entre as anomalias da temperatura da superfície do mar e da precipitação geram impactos diferenciados em função das regiões atingidas. Os efeitos diretos passam por um período de meses quentes e húmidos sobretudo ao longo das costas do Peru e

Equador com níveis de precipitação anormais que podem levar a inundações (Changnon, 2000; Grimm, Barros, & Doyle, 2000; Rasmusson & Wallace, 1983; Yamasaki, Gozolchiani, & Havlin, 2008; Yeh et al., 2009). Os efeitos também podem ser sentidos além dos países acima mencionados no sul do Brasil, nordeste da Argentina, Chile e Uruguai (Grimm et al., 2000). Na ocorrência de eventos extremos, a diferença da precipitação entre eventos quentes e frios é significativa, principalmente de julho a agosto no extremo sul do continente sul Americano e de setembro a novembro no extremo norte do mesmo continente (Kiladis & Diaz, 1989).

Utilizando os exemplos dos países Sul Americanos, na Argentina, os eventos quentes e frios têm a sua influência máxima no noroeste e nordeste, respectivamente (Rusticucci & Vargas, 2002). Verificam-se, essencialmente, níveis de precipitação elevados, acima da média, o que provoca inundações e perturba o cultivo de cereais (trigo e cevada) (Grimm et al., 2000; Podestá, Messina, Grondona, & Magrin, 1999; Rusticucci & Vargas, 2002). Segundo Pisciotano, Díaz, Cazess, & Mechoso, (1994), no Uruguai a Oscilação do Sul também tem um forte impacto na precipitação, é acima da média de novembro do ano em que ocorre o evento quente até janeiro, no norte e oeste, e de março a julho do próximo ano na parte norte (Grimm et al., 2000; Pisciotano et al., 1994). No Brasil, os efeitos destes eventos são sentidos com maior intensidade do que na Argentina e no Uruguai; As anomalias na precipitação são mais frequentes durante a primavera austral, sobretudo no mês de novembro e há tendência para condições mais secas nesta região um ano antes da ocorrência de um evento El Niño (Grimm et al., 2000; Grimm, Ferraz, & Gomes, 1998; Grimm & Silva Dias, 1995). No Peru, os eventos El Niño e La Niña têm uma grande influência com a precipitação superior à média. O exemplo de destaque é Piura, uma cidade no noroeste do Peru, que é fortemente afetada por este tipo de evento (Takahashi, 2004). Aqui, nesta localidade, existe uma relação entre a ocorrência de chuvas fortes e a temperatura anormalmente alta das águas do mar próximas à costa (Ramírez, 2019; Takahashi, 2004). A sua proximidade geográfica ao Oceano Pacífico tropical coloca-a no centro da influência ambiental do El Niño e faz dela uma localidade vulnerável. Surgem tempestades anormais e sazonais, variações no nível do mar, forte precipitação, inundações e secas que perturbam os sistemas humanos, ecológicos e físicos quando existem períodos de retorno muito curtos (Ramírez, 2019). As alterações nos padrões climáticos resultam na privação social de bens e infra-estruturas que podem ser afetados (p.ex. desabamento de pontes, estradas e outras vias de comunicação; cortes na electricidade que obriga a paragem de empresas e mesmo de hospitais; diminuição da produção agrícola, e atividade piscatória, falta de alimentos, perda de qualidade da água, entre outros), aumentam a vulnerabilidade humana e permitem o proliferamento de doenças infecciosas pelas alterações nos normais padrões climáticos (Ramírez, 2019).

Outro aspeto, que tem sido estudado mais recentemente, está relacionado com a possibilidade de existir uma relação entre a ocorrência de eventos El Niño e o aquecimento global. Os eventos El Niño de 1982-83, considerados fortes, juntamente com as ocorrências mais recentes El Niño levantaram a seguinte questão: “Será que o efeito de estufa induzido pelo Homem afeta o ENSO?” Segundo Collins et al. (2010), o aquecimento global contribui para o aumento da ocorrência de eventos El Niño e também para o aumento da intensidade dos mesmos. Acredita-se que haja uma tendência para a frequente ocorrência de eventos extremos e que o clima tropical do Pacífico sofra fortes mudanças se as emissões de gases de efeito de estufa continuarem a aumentar. Outros autores, como Wu et al. (2001) acreditam que o ENSO tem sinais sazonais, semestrais e decadais e uma tendência monotónica que está intimamente ligada ao aquecimento global. Por fim, Trenberth & Hoar (1996) acreditam que o aquecimento global contribuirá para a tendência de eventos mais frequentes El Niño e menos frequentes La Niña. Assim, o aquecimento global em conjunto com a variabilidade climática contribui não só para os eventos quentes mais extremos, mas também para eventos ENSO mais frequentes e duradouros. Além disso, a tendência do ENSO mostra estar interligada com o aquecimento global, com o último provavelmente a impulsionar o primeiro (Collins et al., 2010; Trenberth & Hoar, 1996; Wu et al., 2001).

Conclusão

Várias áreas científicas estudam os eventos El Niño no entanto, ainda não há uma definição concreta para este processo pela sua complexidade e porque os estudos sobre o mesmo são relativamente recentes. Uma das causas de não haver definição deve-se ao facto de haver um diversidade de abordagens diferenciados por partes dos investigadores e cada um tira as suas conclusões.

Uma das questões mais abordadas nos últimos anos está relacionada com a intensidade dos eventos. Nem todos os autores estão de acordo com a intensidade dos eventos El Niño ocorridos até ao momento. Diferenciadamente definem categorias, para o qual não ficou claramente perceptível, pela literatura utilizada, qual a metodologia adotada, de forma concreta, para a atribuição de cada invento a determinada categoria. Embora haja registo de inúmeros inventos El Niño o maior destaque são os considerados muito fortes. A literatura destaca o evento de 1997-98 como o mais forte até ao momento e com maior número de impactos a nível local e global. Contudo estes eventos são responsáveis pela variabilidade climática interanual o que resulta em anomalias climáticas regionais e globais (Colling, 2001; Yu et al., 2019).

A interação mútua entre o oceano e a atmosfera é bem evidente nestes eventos. A ligação do El Niño com a Oscilação do Sul é uma evidência como a circulação oceânica desempenha um papel fundamental no sistema climático e é responsável pela persistência das anomalias atmosféricas.

O continente Sul Americano é o mais afetado por este tipo de eventos, com destaque para o Peru. Este país está sujeito à ocorrência de inundações devido à relação entre as anomalias médias mensais da temperatura da superfície do mar nas regiões El Niño e a alteração dos padrões de precipitação (Rasmusson & Wallace, 1983) que perturbam os sistemas humanos, ecológicos e físicos.

Recentemente um dos focos de estudo do El Niño pretende observar se há algum tipo de relação entre a ocorrência e intensidade dos eventos El Niño e o aquecimento global. Acredita-se que o aquecimento global contribui para o intensificar dos eventos quentes, cada vez mais extremos, em termos de frequência e durabilidade.

Referências Bibliográficas

- Amat, F., Bourgoin-Heck, M., Lambert, N., & Just, J. (2018). Alergia respiratoria en el niño. *EMC - Pediatría*, 53(4), 1-8. doi:[https://doi.org/10.1016/S1245-1789\(18\)41368-6](https://doi.org/10.1016/S1245-1789(18)41368-6)
- Baudoin, M.-A., Vogel, C., Nortje, K., & Naik, M. (2017). Living with drought in South Africa: Lessons learnt from the recent El Niño drought period. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 23, 128-137.
- Bhuvanewari, K., Geethalakshmi, V., Lakshmanan, A., Srinivasan, R., & Sekhar, N. U. (2013). The Impact of El Niño/Southern Oscillation on Hydrology and Rice Productivity in the Cauvery Basin, India: Application of the Soil and Water Assessment Tool. *Weather and Climate Extremes*, 2, 39-47. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wace.2013.10.003>
- Cai, W., Borlace, S., Lengaigne, M., Van Rensch, P., Collins, M., Vecchi, G., . . . Wu, L. (2014). Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature climate change*, 4(2), 111.
- Capa-Morocho, M., Rodríguez-Fonseca, B., & Ruiz-Ramos, M. (2014). Crop yield as a bioclimatic index of El Niño impact in Europe: Crop forecast implications. *Agricultural and Forest Meteorology*, 198-199, 42-52. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.07.012>
- Changnon, S. A. (2000). *El Niño 1997-1998: the climate event of the century*: Oxford University Press.
- Chiew, F. H., Piechota, T. C., Dracup, J. A., & McMahon, T. A. (1998). El Niño/Southern Oscillation and Australian rainfall, streamflow and drought: Links and potential for forecasting. *Journal of Hydrology*, 204(1-4), 138-149.
- Colling, A. (2001). *Ocean circulation* (Vol. 3): Butterworth-Heinemann.
- Collins, M., An, S.-I., Cai, W., Ganachaud, A., Guilyardi, E., Jin, F.-F., . . . Timmermann, A. (2010). The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño. *Nature Geoscience*, 3(6), 391.
- Dewitte, B., & Takahashi, K. (2019). Chapter 6 - Extreme El Niño Events. In V. Venugopal, J. Sukhatme, R. Murtugudde, & R. Roca (Eds.), *Tropical Extremes* (pp. 165-201): Elsevier.
- Garcia-Solorzano, F. O., Ramos-Ramirez, K. E., Heredia-Torres, P. L., Castañeda-Hernández, D. M., & Rodríguez-Morales, A. J. (2018). El Niño Southern Oscillation and tuberculosis: Is there an association? *Journal of Infection and Public Health*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jiph.2018.11.007>
- Gelcer, E., Fraisse, C. W., Zotarelli, L., Stevens, F. R., Perondi, D., Barreto, D. D., . . . Southworth, J. (2018). Influence of El Niño-Southern oscillation (ENSO) on agroclimatic zoning for tomato in Mozambique. *Agricultural and Forest Meteorology*, 248, 316-328. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.002>
- Grimm, A. M., Barros, V. R., & Doyle, M. E. (2000). Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, 13(1), 35-58.

- Grimm, A. M., Ferraz, S. E., & Gomes, J. (1998). Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, 11(11), 2863-2880.
- Grimm, A. M., & Silva Dias, P. L. (1995). Analysis of tropical–extratropical interactions with influence functions of a barotropic model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 52(20), 3538-3555.
- Haddad, M., Taibi, H., & Mohammed Arezki, S. M. (2013). On the recent global mean sea level changes: Trend extraction and El Niño's impact. *Comptes Rendus Geoscience*, 345(4), 167-175. doi:<https://doi.org/10.1016/j.crte.2013.03.002>
- Hamid, E. Y., Kawasaki, Z. I., & Mardiana, R. (2001). Impact of the 1997–98 El Niño event on lightning activity over Indonesia. *Geophysical research letters*, 28(1), 147-150.
- Hao, Z., Hao, F., Singh, V. P., & Zhang, X. (2018). Quantifying the relationship between compound dry and hot events and El Niño–southern Oscillation (ENSO) at the global scale. *Journal of Hydrology*, 567, 332-338.
- Islam, Z., & Gan, T. Y. (2015). Potential combined hydrologic impacts of climate change and El Niño Southern Oscillation to South Saskatchewan River Basin. *Journal of Hydrology*, 523, 34-48. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.01.043>
- Jiang, R., Wang, Y., Xie, J., Zhao, Y., Li, F., & Wang, X. (2018). Assessment of extreme precipitation events and their teleconnections to El Niño Southern Oscillation, a case study in the Wei River Basin of China. *Atmospheric Research*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.12.015>
- Kiladis, G. N., & Diaz, H. F. (1989). Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, 2(9), 1069-1090.
- Kiladis, G. N., & van Loon, H. (1988). The Southern Oscillation. Part VII: Meteorological anomalies over the Indian and Pacific sectors associated with the extremes of the oscillation. *Monthly weather review*, 116(1), 120-136.
- Ma, F., Ye, A., You, J., & Duan, Q. (2018). 2015–16 floods and droughts in China, and its response to the strong El Niño. *Science of The Total Environment*, 627, 1473-1484. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.280>
- McPhaden, M. J. (2002). El Niño and La Niña: Causes and global consequences. *Encyclopedia of global environmental change*, 1, 1-17.
- McPhaden, M. J., Zebiak, S. E., & Glantz, M. H. (2006). ENSO as an integrating concept in earth science. *Science*, 314(5806), 1740-1745.
- Meuser, E., Mooers, A. Ø., & Cleary, D. F. R. (2013). El Niño and Biodiversity. In S. A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)* (pp. 155-163). Waltham: Academic Press.
- Mohammadi, K., & Goudarzi, N. (2018). Study of inter-correlations of solar radiation, wind speed and precipitation under the influence of El Niño Southern Oscillation (ENSO) in California. *Renewable Energy*, 120, 190-200. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.12.069>
- NOAA. (2018). What are El Niño and La Niña?
- Pisciottano, G., Díaz, A., Cazess, G., & Mechoso, C. R. (1994). El Niño–Southern oscillation impact on rainfall in Uruguay. *Journal of Climate*, 7(8), 1286-1302.
- Podestá, G. P., Messina, C. D., Grondona, M. O., & Magrin, G. O. (1999). Associations between grain crop yields in central-eastern Argentina and El Niño–Southern Oscillation. *Journal of applied meteorology*, 38(10), 1488-1498.
- Prediction, N. C. f. W. a. C. (2018). El Niño Regions. Retrieved from http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/nino_regions.shtml
- Ramírez, I. J. (2019). Chapter 8 - Exploring Tropical Variability and Extremes Impacts on Population Vulnerability in Piura, Peru: The Case of the 1997–98 El Niño. In V. Venugopal, J. Sukhatme, R. Murtugudde, & R. Roca (Eds.), *Tropical Extremes* (pp. 263-297): Elsevier.
- Rasmusson, E. M., & Wallace, J. M. (1983). Meteorological aspects of the El Niño/southern oscillation. *Science*, 222(4629), 1195-1202.
- Rusticucci, M., & Vargas, W. (2002). Cold and warm events over Argentina and their relationship with the ENSO phases: Risk evaluation analysis. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 22(4), 467-483.
- Salini, M. F. (2012). A influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul–ENOS (La Niña e El Niño) na ocorrência de inundações no Vale do Taquari–RS.
- Saunders, K., Stephenson, A. G., Taylor, P. G., & Karoly, D. (2017). The spatial distribution of rainfall extremes and the influence of El Niño Southern Oscillation. *Weather and Climate Extremes*, 18, 17-28. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wace.2017.10.001>
- Services, G. G. W. (2018). El Niño and La Niña Years and Intensities. Retrieved from <https://ggweather.com/enso/oni.htm>
- Sprogis, K. R., Christiansen, F., Wandres, M., & Bejder, L. (2018). El Niño Southern Oscillation influences the abundance and movements of a marine top predator in coastal waters. *Global change biology*, 24(3), 1085-1096.
- Takahashi, K. (2004). *The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997–1998 and 2002 El Niño events*. Paper presented at the Annales Geophysicae.
- Takahashi, K., & Dewitte, B. (2016). Strong and moderate nonlinear El Niño regimes. *Climate Dynamics*, 46(5-6), 1627-1645.
- Team, C. P. C. I. (2018). Cold & Warm Episodes by Season. Retrieved from https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- Timmermann, A., An, S.-I., Kug, J.-S., Jin, F.-F., Cai, W., Capotondi, A., . . . Stuecker, M. F. (2018). El Niño–Southern Oscillation complexity. *Nature*, 559(7715), 535.
- Trenberth, K. E. (1997). The definition of el nino. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(12), 2771-2778.
- Trenberth, K. E., & Hoar, T. J. (1996). The 1990–1995 El Niño–southern oscillation event: longest on record. *Geophysical research letters*, 23(1), 57-60.
- Wang, B., Wu, R., & Fu, X. (2000). Pacific–East Asian teleconnection: how does ENSO affect East Asian climate? *Journal of Climate*, 13(9), 1517-1536.
- Wu, Z., Schnieder, E. K., Hu, Z.-Z., & Cao, L. (2001). *The impact of global warming on ENSO variability in climate records* (Vol. 110): Center for Ocean–Land–Atmosphere Studies Calverton.
- Yamasaki, K., Gozolchiani, A., & Havlin, S. (2008). Climate networks around the globe are significantly affected by El Niño. *Physical review letters*, 100(22), 228501.
- Yeh, S.-W., Kug, J.-S., Dewitte, B., Kwon, M.-H., Kirtman, B. P., & Jin, F.-F. (2009). El Niño in a changing climate. *Nature*, 461(7263), 511.
- Yu, X., Wang, Z., Zhang, H., & Zhao, S. (2019). Impacts of different types and intensities of El Niño events on winter aerosols over China. *Science of The Total Environment*, 655, 766-780. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.090>
- Zhai, Q. (2017). Evidence for the effect of sunspot activity on the El Niño/Southern Oscillation. *New Astronomy*, 52, 1-7. doi:<https://doi.org/10.1016/j.newast.2016.09.004>
- Zopf, D., Short, K., & Yang Kuo, R. (1978). Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño and Indonesian droughts. *Fish. Bull.*, 76, 663-678.