

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE ZONAS TECTÔNICAS CONVERGENTES NA FORMAÇÃO DOS DESERTOS

BOSSO, Guilherme Saoncella ¹
NASCIMENTO, Eduardo José Bueno do ¹
PRADO, Gustavo Belardo do ²

RESUMO

De certo modo, os maiores desertos globais são um resultado direto da tectônica de placas, pois as montanhas originam grandes zonas de sombra pluvial, provindas dos limites convergentes. Estima-se que em sua totalidade, as regiões áridas correspondem a um quinto da área continental da Terra, ou seja, 27,5 milhões de quilômetros quadrados, algo que afeta diretamente o desenvolvimento de várias esferas da sociedade moderna. Tendo em vista os processos que agem naturalmente no planeta Terra, este artigo procura elucidar questões sobre o impacto dos movimentos tectônicos na formação geomorfológica dos limites, e por consequência a alteração dos fatores climáticos na macrorregião. A partir do Ciclo de Wilson, conhecemos a periodicidade da reorganização das placas tectônicas, logo, por meio de vestígios históricos, é notável o surgimento futuro de novos desertos em zonas de tectonismo convergente.

Palavras-chave: Desertificação. Geomorfologia. Tectonismo. Desertos. Processos.

INTRODUÇÃO

Durante os 4,56 bilhões de anos de história, nosso planeta passou por diferentes etapas que foram divididas pelos cientistas, a fim de compreender o entendimento da evolução da Terra (COHEN, HARPER e GIBBARD, 2021). Essas

¹ Discentes do quinto ano do curso de engenharia civil da Faculdade da Alta Paulista (FAP), sob registros acadêmicos números 229550 e 229550.

² Engenheiro civil; Mestre em estruturas e construção civil; docente do curso de engenharia civil da Faculdade da Alta Paulista (FAP)..

etapas podem ser representadas por “pacotes” de tempo que variam, de acordo com suas características e duração, estes, por sua vez são chamados de unidades crono estratigráficas, sendo representadas pelos: éons, eras, períodos, épocas e idades.

Cada unidade possui sua própria característica, por meio dos estudos geológicos, podemos diagnosticar quais formações foram responsáveis por modificar o bioma no passado. Para Wilson (1966): “os eventos são cíclicos e esperados”, de acordo com essa premissa é possível prever quais formações futuras serão responsáveis por afetar a geomorfologia e o ecossistema, podendo assim agir com antecedência, elaborando estratégias de adaptação ou realocação das populações em risco.

As mudanças climáticas são responsáveis pela transformação de terras áridas em desertos. Esse processo recebe o nome de desertificação. Vale ressaltar que a constante elevação dos picos montanhosos e a má utilização do solo são agravantes que agem durante décadas, séculos e milênios, corroborando a intensificação do processo.

A desertificação possui características similares em diversos pontos do Planeta Terra. Essa convergência é reflexo da complexa história evolutiva das atuações geológicas. Através dos estudos de Alfred Wegner, em seu livro publicado em 1915, intitulado "A origem dos continentes e dos Oceanos", o autor, a partir da observação do formato dos continentes, propôs a teoria da Deriva Continental, que posteriormente alavancou uma série de estudos acerca das movimentações tectônicas.

Haja vista a conformidade entre o objeto de pesquisa e os temas abordados, o Ex-presidente da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos, Frank Press informa:

O deslocamento das placas, podem resultar em três tipos de movimentos: convergentes, divergentes e transversais. No primeiro caso as formações em estágio avançado são chamadas de cordilheiras, que correspondem a uma cadeia de montanhas geradas através da subducção de uma placa tectônica sobre a outra. (PRESS et. al. 2013)

De fato, os picos mais altos estão situados em cordilheiras, como o monte Everest e o K2 (primeiro e segundo pontos mais altos do mundo), essa altitude impacta de forma direta a fauna, flora e o clima da região.

Segundo as observações de Press (2013), é possível notar que não existe uma circulação expressiva das massas de ar sobre as cordilheiras, logo, a cadeia de montanhas forma uma espécie de "barreira" que impede a entrada da umidade, portanto, tal evento resulta na baixa taxa de precipitação nas regiões subsequentes.

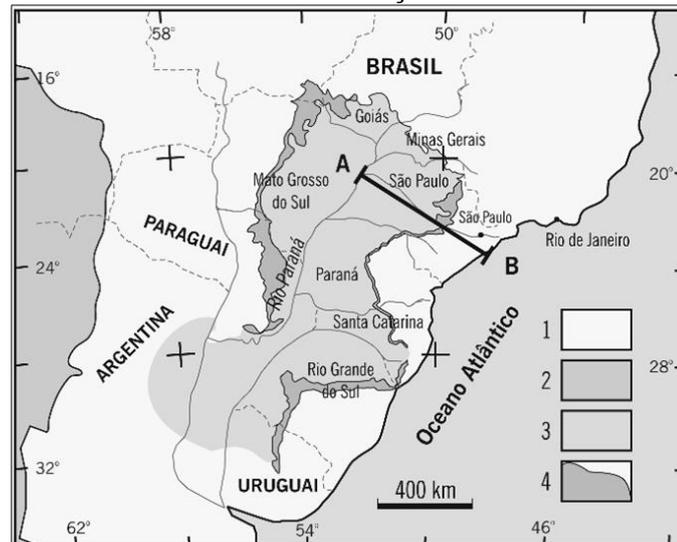
Tendo em vista o déficit de chuvas por séculos e milênios, ocorre a formação de desertos, onde a taxa de precipitação é inferior a taxa de evaporação, logo no decorrer do tempo geológico, a região afetada se tornará árida, perdendo boa parte da vegetação nativa e comprometendo o ecossistema.

Como exemplo da variação climática no decorrer do tempo, é possível citar os estudos de Batezelli e Ladeira (2016) acerca da Formação Botucatu, pois, evidentemente, nosso passado geológico contém fatos surpreendentes que registram a história da região onde vivemos. Para Uieda e Paleari (2003) a desertificação ocorrida no continente Gondwana estimou que o tamanho do deserto seria de aproximadamente 1 milhão de km².

De acordo com Wegener (1915), existiu no passado a ruptura do supercontinente Gondwana e a formação do Atlântico Sul. Posteriormente houve a ocorrência de dezenas de eventos vulcânicos que, ao longo de milhares de anos, cobriram todo o deserto Botucatu, entretanto, a condição climática desértica continuou fazendo com que eles fossem sucedidos por deposições eólicas de duração variável, (BATEZELLI e LADEIRA, 2016).

A distribuição do Aquífero Guarani e as rochas aflorantes da Formação Botucatu pode ser visto na Figura 01.

Figura 01 – Mapa representando a distribuição do Aquífero Guarani e as rochas aflorantes da Formação Botucatu



Distribuição do Aquífero Guarani no Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. Convenções: 1. Embasamento e unidades mais jovens, 2. Cadeia Andina, 3. Parte confinada do aquífero; 4. Parte aflorante, composta pela Formação Botucatu e unidades correlatas.

Fonte: Modificado de Assine et. al.

De acordo com Batezelli e Ladeira (2016), pelos milhões de anos seguintes, as rochas e depósitos de sedimentos ficaram expostos à ação constante do intemperismo e de outros agentes que provocam erosão, como ventos, chuvas, rios e geleiras, sendo aos poucos quebrados e desgastados.

Os longos depósitos de areia formaram espessos pacotes de arenito que hoje constituem o importante aquífero guarani, ou seja, diante do exposto, podemos concluir como é importante conhecer os processos que agem sobre nosso planeta. De acordo com as análises estratigráficas de Assine et. al. (1999), hoje sabemos que existiu um deserto sobre as regiões que hoje correspondem a parte dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais, além de uma fração dos seguintes países: Uruguai, Paraguai e Argentina.

A partir das informações obtidas, podemos classificar as regiões que serão afetadas, permitindo assim a mobilização antecipada para reduzir os danos, materiais, físicos e econômicos de cada região.

PROCESSOS DE DESERTIFICAÇÃO

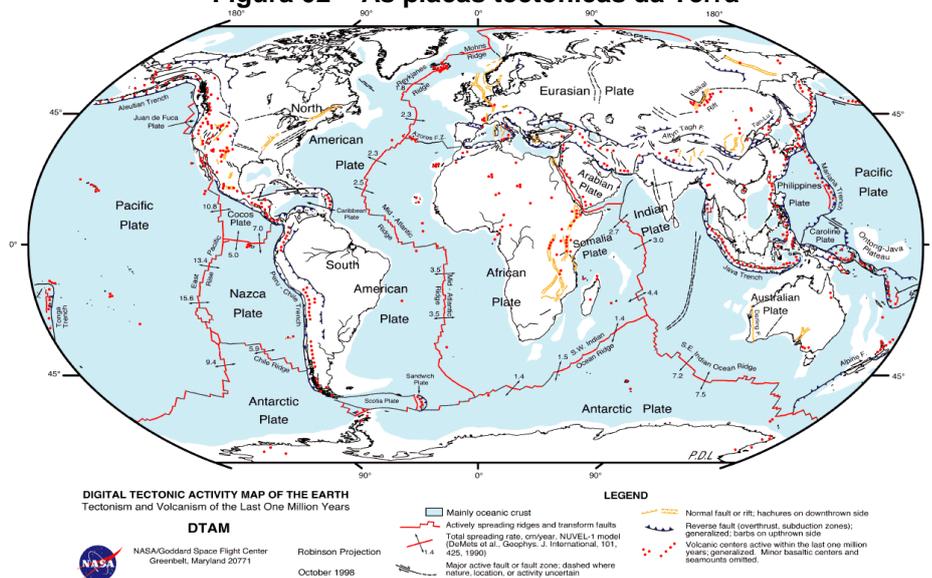
A partir dos dados históricos elaborados e verificados acerca das movimentações tectônicas, um estudo conduzido pelo oceanógrafo Mattias Green foi realizado por meio de modelos matemáticos, a fim de prever o possível agrupamento dos continentes em um cenário futuro, segundo Green (1999), o choque causado pelo reagrupamento dos continentes irá acontecer entre 200 e 250 milhões de anos no futuro.

Uma divergência clássica entre geólogos procura concluir qual oceano será o próximo a fechar: o Atlântico ou o Pacífico. Dependendo da resposta, as placas tectônicas serão submetidas a diferentes forças e se moverão em conformidade para formar o próximo supercontinente (Figura 02).

Um dos percursores a respeito do tema foi o pesquisador Tuzo Wilson (1908/1993), formado em geofísica pela Universidade de Toronto, seu trabalho foi responsável por mostrar que o Oceano Atlântico havia aberto e fechado várias vezes ao longo da história. De acordo com Wilson (1966) “há um ciclo de criação e destruição das grandes bacias oceânicas”, esses ciclos descrevem a história geológica de uma bacia, desde seu nascimento até sua morte.

Segundo Wilson (1966) este processo ocorre em três fases: (1) Abertura e expansão; (2) colapso das margens passivas e desenvolvimento de zonas de subducção; e (3) retração e fechamento da bacia.

Figura 02 – As placas tectônicas da Terra



Existem quatro propostas elaboradas por cientistas acerca do reagrupamentos dos continentes, são elas: Novopangaea (ROY LIVERMORE na BBC, e NIELD, 2007), onde a Austrália e Antártica se moveriam para o norte, para acabar unidos entre as Américas e a Eurásia, Pangeia Última (SCOTESE, 2007), no qual o Atlântico seria o oceano que se fecha, enquanto o Pacífico se expande novamente, até chegar a uma versão semelhante à da Pangeia, Amasia (HOFFMAN, 1997) em que as placas norte-americanas e eurásianas migram para o norte para se encontrarem no Polo Norte, seguido pelo resto dos continentes, exceto a Antártida, que permaneceria no Polo Sul, e por último a proposta mais aceita perante os acadêmicos que é a Áurica (DUARTE et. al., 2018), onde a Austrália e a América ficariam no centro da reunificação continental.

A evolução do conhecimento acerca dos processos responsáveis pela mudança na morfologia terrestre, tiveram grande influência através da pesquisa elaborada por Duarte, de acordo com ele:

No novo modelo conceitual, os oceanos Pacífico e Atlântico fecham simultaneamente, levando ao término do superciclo atual e a formação de um novo supercontinente, chamado Áurica. Este modelo fornece insights sobre a formação e destruição dos supercontinentes existentes no passado, como: Pangeia, Rodínia, Columbia e Kenorland. (DUARTE et. al. 2018, p. 45)

Através das pesquisas elaboradas por Press (2013), é possível concluir que se porventura, a reorganização da placa tectônica Norte-Americana for deslocada 2.000 km, ou mais, para o sul, então as grandes planícies do norte dos Estados Unidos e do Canadá vão se tornar um deserto seco e quente, algo similar aconteceu com a Austrália há cerca de 20 milhões de anos, neste período, a massa continental se encontrava bem mais ao sul de sua posição atual e com o passar do tempo foi deslocado para o norte, em direção à zona subtropical.

Através da análise minuciosa das imagens obtidas por satélites, é possível concluir o grau da assertividade de Wegener (1915) em sua obra “a origem dos continentes e oceanos”, um dos tópicos que corroboram para a sua teoria é a morfologia dos oceanos, pois o autor afirma que placas convergentes possuem um afundamento do leito oceânico mais abrupto, do que em regiões onde há o movimento de divergência das placas.

Figura 03 – Representação gráfica do continente Sul-Americano



Fonte: Google Earth

Figura 04 – Representação gráfica do continente Norte-Americano



Fonte: Google Earth

Figura 05 – Representação gráfica do continente Asiático

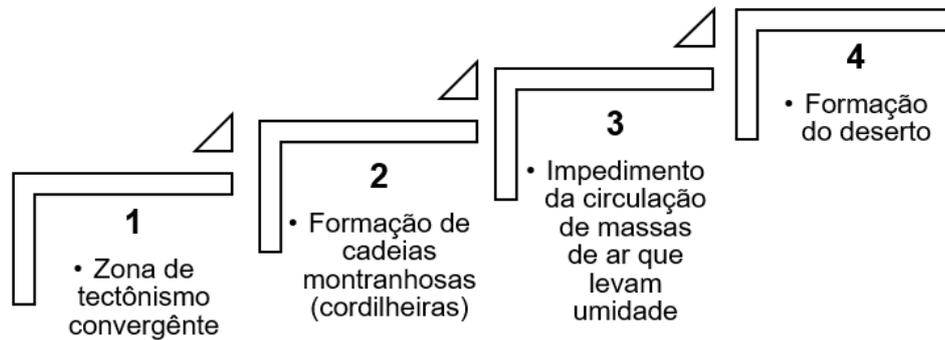


Fonte: Google Earth

Outro aspecto de extrema relevância são as formações das cordilheiras, e como é possível perceber nas Figuras 3, 4 e 5, sempre há deserto, no entorno das cadeias montanhosas. Na Figura 3, encontra-se a América do Sul, nela podemos identificar a Cordilheira dos Andes, que abriga a maior montanha das Américas, o Aconcágua, com 6.962 metros de altitude. Já na Figura 4, encontramos a América do Norte com sua imensa cadeia montanhosa, derivada de movimentos divergentes das placas tectônicas Norte-Americana e do Pacífico. Por último, na Figura 05, a famosa Cordilheira do Himalaia, contando com os gigantescos picos do Everest e K2, ambos com 8.849 e 8.614 metros de altura respectivamente.

Tendo em vista a sequência de acontecimentos oriundos do movimento convergente das placas tectônicas, foi elaborado o organograma da Figura 06, exemplificando os passos para a formação de desertos, em decorrência das cadeias montanhosas.

Figura 06 - Formação de desertos em decorrência das cadeias montanhosas



Fonte: (PRESS et. al. 2013)

Após o surgimento de novos contatos convergentes, o limite entre as rochas soergue, de modo a criar uma cadeia montanhosa, que conseqüentemente barra a umidade provinda dos oceanos e forma os desertos, que em relação aos outros ambientes terrestres, são aqueles em que o vento consegue impor ao máximo sua capacidade de erosão, transporte e sedimentação. “Os desertos estão entre os ambientes mais hostis para humanos, pois representam zonas secas, aparentemente sem vida, repletas de rochedos nus e dunas arenosas” (PRESS et. al. 2013)

Nos desertos o intemperismo (desagregação das rochas nativas, que pode ser de origem física, química ou biológica) atua com um equilíbrio diferente, pois o intemperismo físico predomina em relação ao químico, que ocorre lentamente, agindo sobre os feldspatos e outros minerais, tal evento acontece devido à falta de água, que não está presente em quase a totalidade do meio.

Tendo em vista os estudos de Sales (2006), a pouca argila que se forma é carregada pelos ventos fortes, antes que possa se acumular, portanto a junção do intemperismo físico rápido e o químico lento combinam-se para impedir a formação de solos com espessura significativa.

Pesquisas realizadas pelo Serviço de Monitoramento Atmosférico Copernicus, da Agência Espacial Europeia (ESA), relatam a expansão do deserto do Saara em mais de 300 mil km² ao norte, ou seja, na costa mediterrânea da Europa. Este local abriga mais de 16 milhões de pessoas, que estão passando pela seca mais longa da história registrada. Durante o ano de 2005, diversos incêndios foram

registrados no sul da costa espanhola, e a temperatura máxima excedeu os valores previamente estabelecidos.

Diante do exposto, o que de fato ocorreu no sul da Espanha foi o afrouxamento do solo, causado pela seca prolongada, tornando mais suscetível o transporte eólico e a deflação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição dos desertos mundiais é determinada pela umidade, principalmente onde há taxas extremamente baixas de precipitação, isto ocorre devido aos ventos úmidos que são bloqueados pelas cadeias montanhosas, originadas pela convergência das placas tectônicas, outro fator proeminente da formação dos desertos é a distância de extensas massas continentais que impedem a livre circulação das correntes de ar, de fato os grandes desertos estão localizados em latitudes baixas, porque a deriva continental moveu os continentes para essas localidades.

De modo geral, o destino da desertificação ameaça aproximadamente 2 bilhões de pessoas, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), principalmente na África do Norte, entretanto afeta indiretamente todos os continentes, outro local afetado são as áreas às margens do sudoeste dos Estados Unidos, que passa pela desertificação, devido ao mal manuseamento do solo.

Press (2013) informa: “A principal causa da desertificação não é a seca, mas a má gestão da terra, com plantações intensivas e desmatamento das matas nativas”. Dentre os fatores que levam a desertificação estão a erosão do solo pela água e pelo vento, redução da quantidade de diversidade da vegetação natural (em longo prazo), bem como o acúmulo de sais minerais no solo.

As oscilações climáticas ocorrem naturalmente em todos os desertos, mas as ações humanas são as principais responsáveis por algumas desertificações atuais. O aumento da agricultura e pastagens para rebanhos, bem como o aumento da população em ambientes áridos são fatores impactantes para a expansão dos desertos. Além das novas pavimentações, a construção de centenas de residências exige grandes volumes de água para abastecer essas obras, água que é retirada

das reservas locais e, portanto, causam um efeito negativo, causando a diminuição da chuva.

O termo "fazer os desertos florescerem", que é o oposto da desertificação, tem sido o lema central para a reversão dos processos atuais, para isso os países estão utilizando irrigações em larga escala, a fim de tornar áreas áridas em áreas cultiváveis, criando desta maneira, um ciclo virtuoso e o enriquecimento vegetal do ambiente.

ABSTRACT

In a way, the largest global deserts are a direct result of plate tectonics, as mountains give rise to large areas of rain shadow coming from convergent boundaries, it is estimated that in their entirety, arid regions correspond to one fifth of the continental area of the Land, that is, 27.5 million square kilometers, something that directly affects the development of various spheres of modern Society.

In view of the processes that act naturally on planet Earth, this article seeks to elucidate questions about the impact of tectonic movements on the geomorphological formation of boundaries, and consequently the alteration of climatic factors in the macro-region. From Wilson's Cycle, we know the periodicity of the reorganization of tectonic plates, so, through historical vestiges, the future emergence of new deserts in zones of convergent tectonism is remarkable.

Keywords: Desertification. Geomorphology. Tectonism. Deserts. Process.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATEZELLI, ALESSANDRO; LADEIRA, FRANCISCO SERGIO BERNARDES. 2016. Stratigraphic framework and evolution of the Cretaceous continental sequences of the Bauru, Sanfranciscana, and Parecis basins, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**. Volume 65, 1-24.

CARNEIRO, Celso Dal Ré. **Viagem virtual ao Aquífero Guarani** em Botucatu (SP): Formações Pirambóia e Botucatu, Bacia do Paraná 2007.

COHEN, K.M.; HARPER D.A.T.; GIBBARD, P.L. 2021. TABELA CRONOESTRATIGRÁFICA INTERNACIONAL. **Comissão Internacional de Estratigrafia**.

DUARTE, Joao, SCHELLART, Wouter, ROSAS, Filipe. 2018. The future of Earth's oceans: consequences of subduction initiation in the Atlantic and implications for supercontinent formation. **Geological Magazine**. 155.

HOFFMAN, P. F. 1997. In Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics (eds B. van der Pluijm & S. Marshak), pp. 459–64. New York: **McGraw-Hill**.

LEONARDI, G.; CARVALHO, I.S. 1999. **Jazigo Icnofossilífero do Ouro** - Araraquara (SP). In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil.

PRESS, F.; GROTZINGER, J.; SIEVER, R.; JORDAN, T. H. 2013. **Para Entender a Terra**. Tradução: MENEGAT, R. (coord.). 6ª edição

ROGERS, J. J. W. 1996. A history of continents in the past three billion years. **Journal of Geology** 104, 91-107.

SALES, M. C. L. 2006. O panorama da desertificação no Brasil. in: MOREIRA, E. **Agricultura familiar e desertificação**. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB

UIEDA, WILSON; PALEARI, LUCIA MARIA. 2003. **Flora e Fauna - um Dossiê Ambiental**. 28-36.

WILSON, J. T. 1966. Did the Atlantic close and then reopen? **Nature** 211, 676.

YOSHIDA, M., SANTOSH, M. 2011. Supercontinents, mantle dynamics and plate tectonics: a perspective based on conceptual vs. numerical models. **Earth-Science Reviews** 105, 1-24.