CACHOEIRA DO TINGUÍ

(TINGUÍ WATERFALL)

E SUA RELEVÂNCIA TURÍSTICA E CIENTÍFICA

(AND ITS TOURISTIC AND SCIENTIFIC RELEVANCE)

3

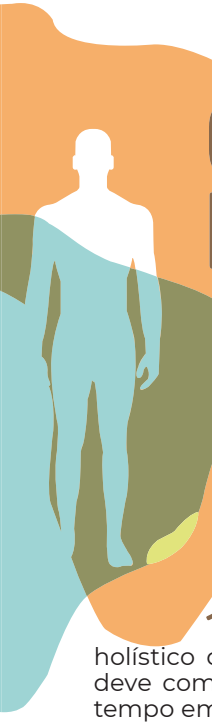
SÉRIE GEOSSÍTIOS

UFRJ

GEOLOGIA UFRJ

UFRJ MUSEU DA GEODIVERSIDADE

GEO PARQUE COSTÕES E LAGUNAS DO RIO DE JANEIRO



GEO PARQUE COSTÕES E LAGUNAS DO RIO DE JANEIRO

A Cachoeira do Tinguí é um lugar estratégico para entender a geologia do Estado do Rio de Janeiro, em especial sobre a atividade magmática que ocorreu durante o último evento de formação do Supercontinente Gondwana. Por sua relevância, faz parte dos sítios naturais selecionados para compor a proposta do Geoparque Costões e Lagunas do Rio de Janeiro, que ainda será submetida à UNESCO. Este é o terceiro número de uma série de documentos que estamos elaborando como estratégia para divulgação e proteção dos sítios relevantes para a ciência, a educação e o turismo, passo fundamental para a concretização de nossa proposta de Geoparque.

Os Geoparques da UNESCO são áreas geográficas únicas e unificadas em que os locais e paisagens de importância geológica internacional, e são geridos com um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável. A abordagem deve combinar a conservação com o desenvolvimento sustentável, ao mesmo tempo em que envolve as comunidades locais para geração de emprego e renda por meio do Geoturismo, Geoeducação e Geoconservação. Em março de 2020, existem 147 Geoparques Globais da UNESCO em 41 países (http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks).

The Tinguí Waterfall is a strategic place to understand the geology of the Rio de Janeiro state, mainly about the magmatic activity that occurs during the last event of the Supercontinent Gondwana formation. Due to its relevance it is part of the natural sites selected to compose the propose of Costões e Lagunas Geopark from Rio de Janeiro, which will be submitted to UNESCO. This is the third issue of a series of documents that we are preparing as a strategy for the dissemination and protection of relevant sites to science, education, and tourism. A fundamental step towards the confirmation of our Geopark proposal.

UNESCO Global Geoparks are single, unified geographical areas where sites and landscapes of international geological significance, and are managed with a holistic concept of protection, education and sustainable development. The approach must combine conservation with sustainable development, while involving local communities to generate jobs and income through geotourism, geoeducation, and geoconservation. In March 2020, there are 147 UNESCO Global Geoparks in 41 countries (http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth--sciences/unesco-global-geoparks).

ISBN: 978-65-991943-6-8

CRÉDITOS / CREDITS

ELABORAÇÃO

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Instituto de Geociências

PESQUISA

Guilherme Martins
Maria Eduarda de Tullio Verbicario
Rebecca Reis Transcoveski Gonçalves
Úrsula Lopes Riente
Raphaela Cristina Rodrigues De Negri
Kátia Leite Mansur.

Publicação realizada com apoio do Programa PROFAEX da PR-5 - Pró-Reitoria de Extensão da UFRJ

Revisão: Felipe Abrahão Monteiro
Arte: Nicolas Noel Pereira da Silva e Carolina Frossard

Abril, 2020

UM LUGAR DE INTERESSE GEOLÓGICO

A Cachoeira do Tinguí (Fig. 1) destaca-se por sua relevância científica, educativa e geoturística. No local pode-se observar diversos tipos de rochas com idades diferentes, onde é possível determinar a ordem em que as rochas se formaram. Isto torna a cachoeira do Tinguí uma área chave para entendimento da geologia da região e do estado do Rio de Janeiro, demonstrando sua importância científica. A diversidade de rochas e a relação de contato entre elas fazem, ainda, com que seja considerada altamente didática para o ensino de Geologia e para aqueles que têm curiosidade em entender a Terra. Além disso, possui grande beleza cênica e propicia banhos de rio, o que a torna um atrativo turístico.

Figura 1: Vista geral da parte superior da Cachoeira do Tinguí. Esta área não está aberta ao público para banhos. O afloramento rochoso nessa área é o mais representativo da unidade geológica denominada Unidade Tinguí, descrita inicialmente por Ferrari e colaboradores em 1982 (referência ao final do livreto).

LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Cachoeira do Tinguí localiza-se na zona rural do município de Saquarema (Figs. 2 e 3). Seu acesso se dá por uma estrada sem pavimentação (conhecida como estrada do Tinguí), que parte da Rodovia Amaral Peixoto (RJ-106), cerca de 1,2 km após passar por Sampaio Correia, a caminho de Saquarema. Outra opção é seguir pela BR-101 até Rio Bonito, entrar na Via Lagos e pegar à direita na mesma estrada sem pavimentação que vai até Sampaio Correia (Fig. 2).

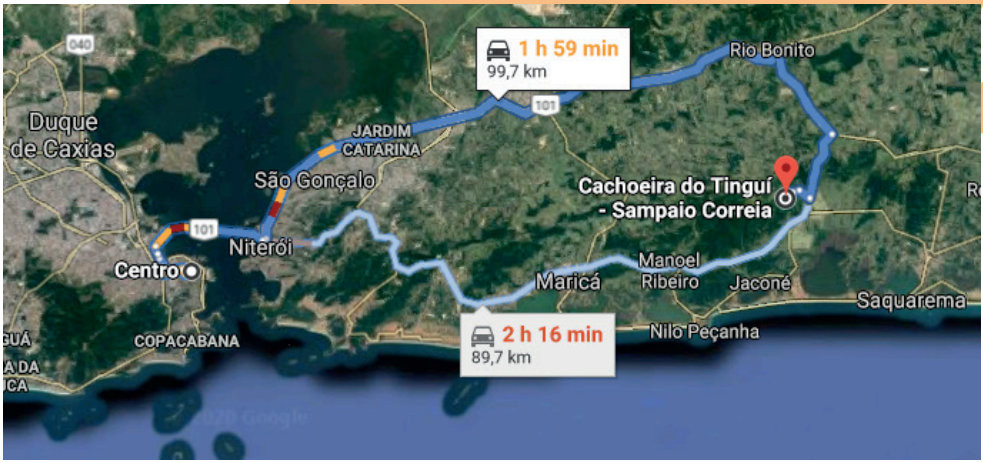


Figura 2: Duas opções de trajeto do centro do Rio de Janeiro até a Cachoeira do Tinguí.
Fonte: Google Maps.

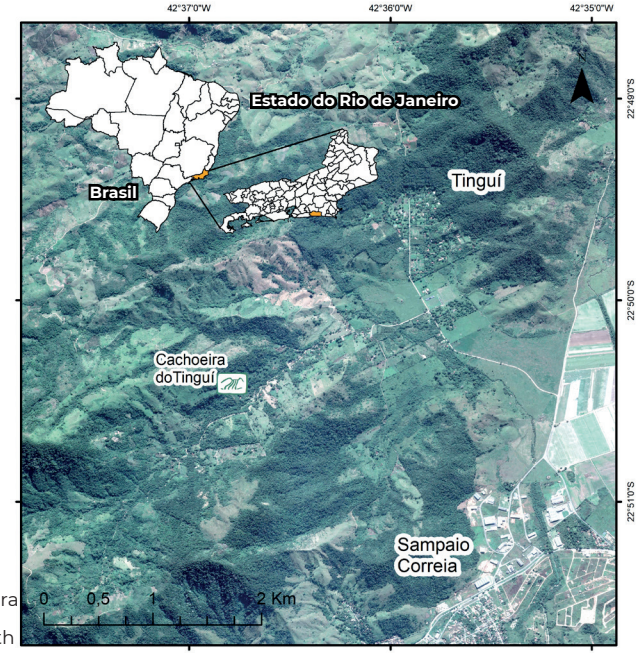


Figura 3: Localização da Cachoeira do Tinguí.
Imagem de Satélite: Google Earth

CONTEXTO GEOLÓGICO

A área está inserida em um contexto de sistema de orógenos [oros = montanha; genus = geração/origem] ou formação de montanhas que ocorreram entre aproximadamente 640 Ma e 490 Ma, quando da formação do paleocontinente Gondwana (Fig. 4). Vale ressaltar que esta "dança" dos continentes, composta por sucessivas colisões e quebras, ocorre há alguns bilhões de anos, e constitui aquilo que os geólogos denominaram Tectônica de Placas.

Figura 4: Configuração do Supercontinente Gondwana em 500 Ma. Fonte: Projeto Caminhos Geológicos – Painéis de Armação dos Búzios (Autoria: Renata Schmitt)

Quando continentes colidem (colisão continental), parte das rochas que se encontram nas regiões mais profundas desse orógeno começa a entrar em fusão produzindo magma. Este magma ao consolidar (resfriar/cristalizar) em profundidade vai dar origem às rochas ígneas semelhantes às encontradas na Cachoeira do Tinguí. A elevada variação de pressão e temperatura nesses ambientes tectônicos modificam as rochas existentes (ígneas ou sedimentares), transformando-as em rochas metamórficas, que também ocorrem na cachoeira. Os processos de cristalização, fusão e metamorfismo das rochas ocorrem em intervalos de tempo distintos, e isso está muito bem representado neste sítio geológico.

A colisão continental é responsável, por exemplo, pela formação da Cordilheira dos Himalaias, gerada pela junção da placa tectônica da Índia com a Euroasiática. A colisão continental é precedida pelo fechamento de um oceano (ver Fig. 5A), onde a crosta oceânica "mergulha" sob a crosta continental, porque é menos espessa e mais densa que ela. Este evento também forma uma cordilheira de montanhas, como é o caso dos Andes. Quando o oceano é fechado e a crosta oceânica é consumida por completo, tem início a colisão continental, que por sua vez duplica a espessura da crosta continental (Fig. 5B). Este evento tectônico gera atividade magmática e metamorfismo nas rochas ígneas e sedimentares pré-existentes.

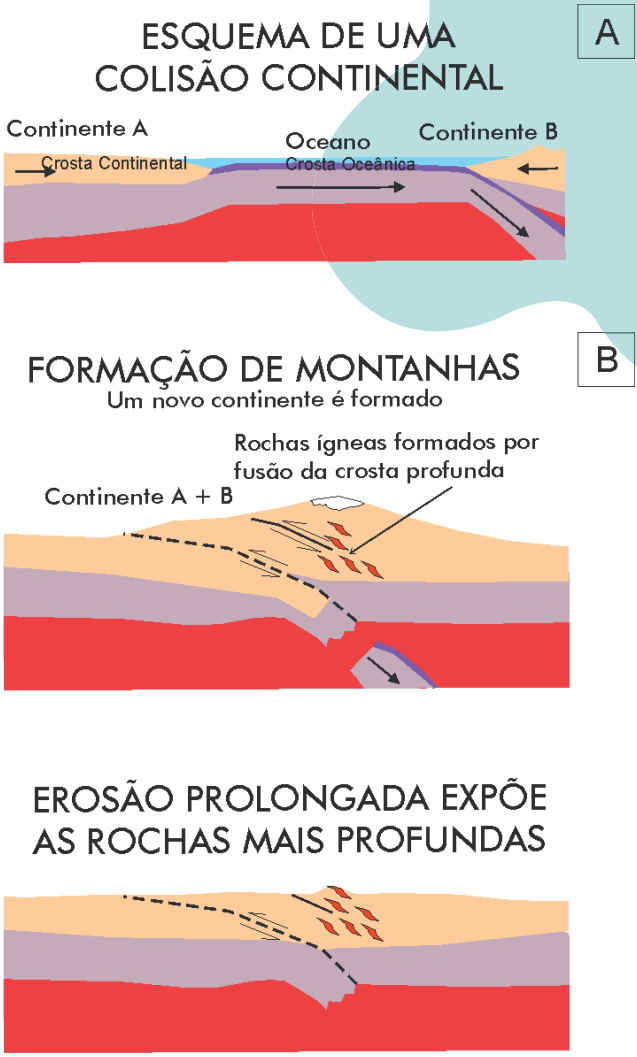


Figura 5: Modelo simplificado de colisão continental com o fechamento de um oceano (A) e formação de montanha (B). Fonte: Projeto Caminhos Geológicos – Painel do Pão de Açúcar (Autoria: Claudio Valeriano e colaboradores).

UM POUCO DE HISTÓRIA:

Princípio de James Hutton

Quando uma rocha é cortada por outra ou por uma estrutura, pode-se dizer que a rocha que antecedeu ao corte é mais antiga que os elementos que a cortaram. Esse é um dos princípios da Geologia desenvolvido por James Hutton (1726-1797), um geólogo, químico, médico e naturalista escocês considerado o "pai" da Geologia moderna. A partir desse conceito determina-se a idade relativa entre as rochas estudadas em um afloramento ou região, ou seja, apenas é identificada a ordem de formação. Por outro lado, o termo idade absoluta é usado quando se tem a idade calculada em anos (milhares, milhões ou bilhões) para as rochas estudadas.

Na Figura 6, pode-se observar o gnaisse da unidade Tinguí (rocha metamórfica, de cor mais escura, pintada com cor lilás na figura interpretada) sendo cortado por uma rocha ígnea mais clara (em amarelo). Ao final, ambas as rochas são cortadas por outra rocha ígnea de cor cinza (em azul).

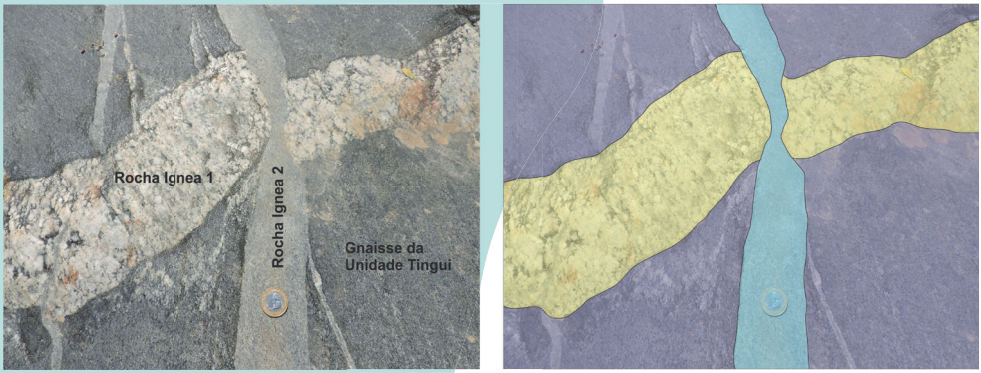


Figura 6: Interpretação da relação de corte e explicação do conceito de idade relativa: O gnaisse da Unidade Tinguí é mais velho que a Rocha Ígnea 1, porque é cortado por ela. A Rocha Ígnea 2 é a mais nova das três.

AVANÇOS NA CIÊNCIA E A DATAÇÃO ABSOLUTA

A idade absoluta é determinada por datação radiométrica, calculada a partir da radioatividade natural presente em elementos que compõem os minerais das rochas.

A radioatividade é o processo de desintegração espontânea de átomos em alguns elementos químicos encontrados na natureza. Toda matéria é composta por átomos, que são formados por um núcleo constituído por prótons, nêutrons e a eletrosfera que contém os elétrons. Os elementos químicos radioativos emitem radiação, e nesse processo, átomos originais (isótopos pai, instáveis) se transformam em átomos de um novo elemento (isótopos filho, mais estáveis). A desintegração leva um tempo para ocorrer. A denominada meia-vida corresponde ao tempo necessário para que metade dos isótopos instáveis (pai) se transformem em isótopos estáveis (filho). Na datação radiométrica, utiliza-se este conceito de meia-vida, partindo-se da análise química da quantidade de isótopos pai e filho presentes nos minerais

estudados. Assim, a idade é calculada a partir do tempo que leva para que o isótopo pai (cuja quantidade é calculada na análise) sofra decaimento radioativo para isótopo filho (quantidade também calculada), considerando-se a meia-vida conhecida.

Deste modo, as rochas da Cachoeira do Tinguí foram datadas por Martins e colaboradores em 2016 (para mais detalhes, ver a referência ao final deste livreto), pelo método Urânio – Chumbo (cálculo a partir do decaimento radioativo de um isótopo de urânio para um de chumbo), utilizando o equipamento SHRIMP RG (*Sensitive High Resolution Ion Microprobe* – Fig. 7). Foram obtidas as idades de cristalização da unidade Tinguí (gnaisse de cor escura - Fig. 6) de 551 Ma (milhões de anos) e dos corpos de rocha ígnea com idade de 495.3 Ma (Rocha Ígnea 2), confirmando assim a relação de corte encontrada em campo (Fig. 6). Vale ressaltar que a idade de cristalização de 510 Ma (Rocha Ígnea 1) foi definida por associação com rochas ígneas semelhantes, cuja idade foi obtida por Valeriano e colaboradores em 2011 (referência ao final do livreto). A Figura 8 mostra as idades absolutas das rochas cujas idades relativas foram apresentadas na Figura 6.

Figura 7: Equipamento SHRIMP RG utilizado para a datação, localizado na Universidade Nacional da Austrália.

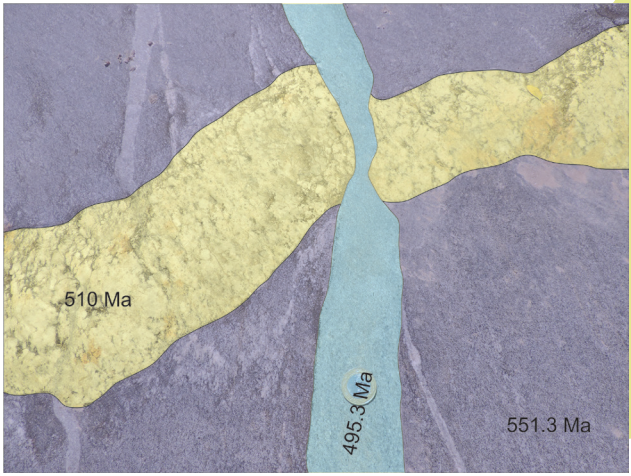


Figura 8: Idade absoluta das rochas indicadas na Figura 6.

GEOTURISMO

A geologia local conjugada com a beleza exuberante da cachoeira e da vegetação tornam possível o Geoturismo em um lugar de lazer e de contemplação da natureza. Os moradores e turistas que visitam o local podem desfrutar da parte inferior da cachoeira (Fig. 9), que é aberta ao público, e onde também podem ser vistos vários exemplos de relação de contato e idade relativa entre as rochas.

Figura 9: Parte inferior da Cachoeira do Tinguí.
Observar que no momento da foto uma escola visitava o local.

Quando se reconhece a história geológica contada pelas rochas presentes nos afloramentos da cachoeira e seu potencial para o estudo e ensino da geologia local, entende-se que o valor da cachoeira vai além do turístico e pode complementar o uso atual. Geoturismo é, portanto, um tipo de turismo baseado na interação entre a história da Terra e os aspectos ambientais e culturais. A necessidade de preservar o local se deve não apenas à sua exuberância, mas também ao seu alto valor científico. Promover e apoiar o turismo sustentável e aproximar a sociedade da natureza, considerando a biodiversidade e a geodiversidade, é papel de um Geoparque. Esperamos que desfrutem deste lugar de memória da Terra.

–

GEOSITES COSTÕES E LAGUNAS GEOPARK SERIES: TINGUÍ WATERFALL AND ITS TOURISTIC AND SCIENTIFIC RELEVANCE

A PLACE OF GEOLOGICAL INTEREST

The Tinguí waterfall (Fig. 1) stands out for international relevance, recognized for the scientific, educational and geotouristic values. In this place is noticeable a great diversity of lithologies (types of rock) with different ages, where is possible to determine the relative age between them. Therefore, this turns the Tinguí waterfall as a key area for the understanding of the local geology and from the Rio de Janeiro state, revealing its scientific importance. The diversity of rocks and their contact relation make it considered highly didactic for teaching geology, and for those who are curious to understand the Earth. In addition, the Tinguí waterfall has great scenic beauty and provides river baths, which turns it a tourist attraction.

Figure 1: General view from the top of Tinguí waterfall. The outcrop in this area is the most representative of the geological unit named Tinguí unit, firstly described by Ferrari and collaborators in 1982 (reference at the end of the booklet).

LOCATION AND ACCESS

The Tinguí waterfall is located in the countryside of Saquarema County (Figs. 2 and 3). The access is made by an unpaved road (known as Tinguí road), that begging from the Amaral Peixoto road (RJ-106), about 1.2 km after the Sampaio Correia district, in the way to Saquarema. Another option is to follow the BR-101 road until Rio Bonito city, enter Via Lagos road and take the first right in the same unpaved road that goes to Sampaio Correia (Fig.2).

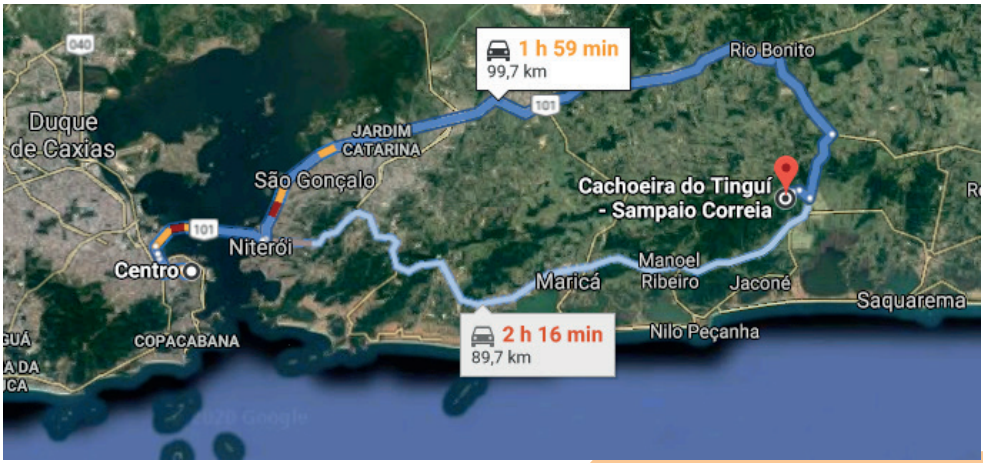


Figure 2: The two route options from Rio de Janeiro downtown to the Tinguí Waterfall.
Source: Google Maps.

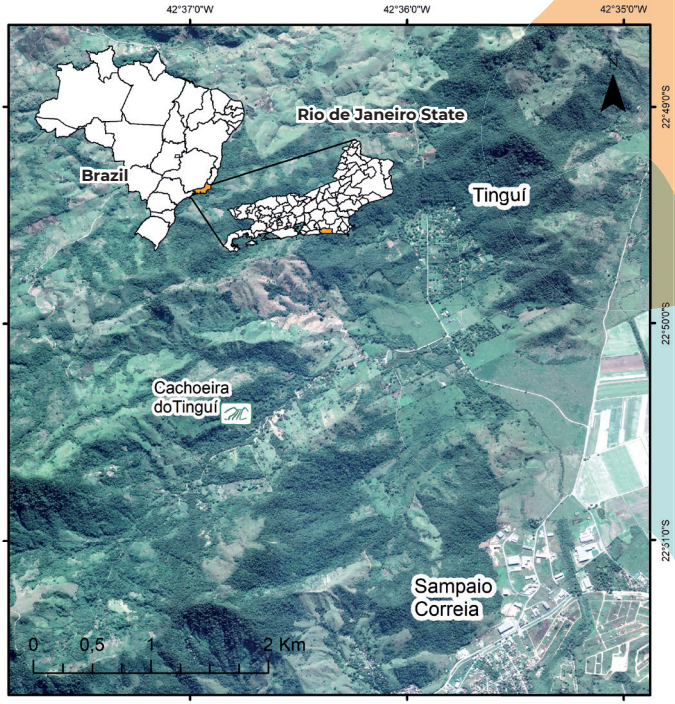


Figure 3: Location of Tinguí Waterfall.
Satellite image: Google Earth

GEOLOGICAL CONTEXT

The area is situated in an orogenic system context [oros = mountain; genus =generation/origin] or mountains formation that occurred between approximately 640 Ma and 490 Ma, when established the Supercontinent Gondwana formation (Fig. 4). It is worth mentioning that this "dance" of continents, composed of successive collisions and breaks, has been occurring for several billion years, and constitute what the geologists named as Plate Tectonics.

Figure 4: Supercontinent Gondwana settings at 500 Ma.
Source: Caminho Geológicos project – Armação de Buzios panels (Authorship: Renata Schmitt).

When the continents collide (continental collision), part of the rocks that are in the deepest regions of this orogen begins to melt producing magma. This magma when consolidating (cooling/crystallizing) in depth will give rise to igneous rocks similar to those found in the Tinguí waterfall. The high variation of pressure and temperature in these tectonic environments modify the existing rocks (igneous or sedimentary), transforming them into metamorphic rocks that also occur in the waterfall. The processes of crystallization, melting and metamorphism of the rocks occur in distinct intervals, and it is well represented in this geological site.

The continental collision is responsible, for example, for the Himalayan Mountain Range formation, generated by the junction of the Eurasian and Indian tectonic plates. The continental collision is preceded by the closure of an ocean (see Fig. 5A), where the oceanic crust "dip" under the continental crust, because is less thick and denser than it. This event also forms a mountain range, as in the case of Andes. When the ocean is closed and the continental crust is completely consumed, begins the continental collision in which the thickness of the continental crust is duplicated (Fig. 5B). This tectonic event generates magmatic activity and metamorphism in the pre-existing igneous and sedimentary rocks.

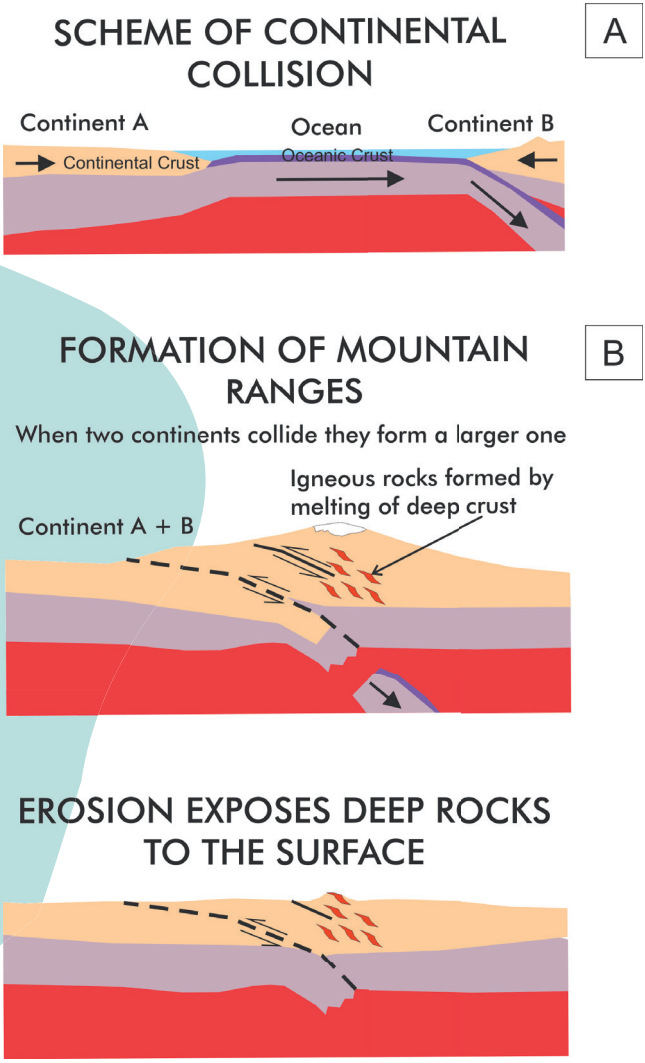


Figure 5: Simplified model of continental collision and the closure of an ocean (A) and mountain range formation (B). Source: Caminhos Geológicos project – Sugar Loaf panel (Authorship: Claudio Valeriano and collaborators)

A LITTLE OF HISTORY

The James Hutton principle

When a rock is cut by another or by a structure, it can be said that the rock that preceded the cut is older than the elements that cut it. This is the principle of intersection relations developed by James Hutton (1726-1797), a Scottish geologist, chemist, physician and naturalist considered the "father" of modern Geology. Based on this concept, the relative age between the rocks studied in an outcrop or region is determined. It is important to note that the relative age does not provide the absolute age of the rock, but it does allow us to know the order of the formation events to reconstruct the geological history.

In Figure 6, we can see the gneiss of Tinguí unit (metamorphic rock with a natural dark color, painted with purple color in the interpreted figure) being cut by an igneous rock with natural white color (yellow color in the interpreted figure) and both rocks are cut by a gray-colored rock (painted in blue).

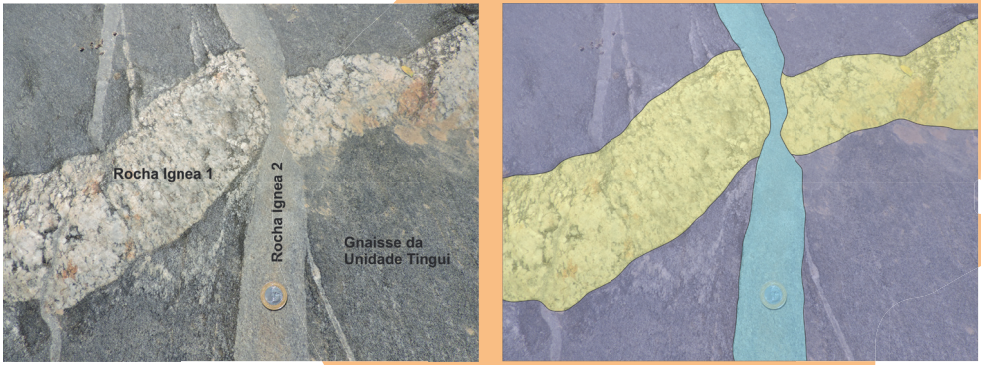


Figure 6: Interpretation of the cut relation and explanation of the relative age concept. The Tinguí gneiss is older than the Igneous Rock 1 because is cut by it. Igneous Rock 2 is the youngest because it cuts the last two.

ADVANCES IN SCIENCE AND ABSOLUTE DATING

The absolute age can be determined by radiometric dating, calculated through the natural radioactivity presented in elements that compose the minerals of the rocks.

Radioactivity is the process of spontaneous atom disintegration of some chemical elements found in nature. All matter is composed of atoms, which are formed by a core constituted of protons, neutrons and the electrosphere that holds the electrons. Radioactive elements do emit radiation, and in this process, original atoms (parent isotopes, unstable) become atoms of a new non-radioactive element (daughter isotopes, stable). The disintegration takes a while to occur. In radiometric dating, the concept of half-life is used, which is the time required for half of the unstable isotopes (parent) to become stable isotopes (daughter). When the time of occurrence of the process is known, through chemical analysis, it is possible to determinate the absolute age of the rock.

Thus, the rocks of Tinguí waterfall were dated by Martins and collaborators in 2016 (see the references at the end of this booklet for more details), by the Uranium - Lead method, using the SHRIMP RG equipment (Sensitive High-Resolution Ion Microprobe – Fig. 7). The crystallization ages of the Tinguí unit (dark gneiss in the Fig. 6) at about 551 Ma (million years) and of the igneous rocks bodies (Igneous Rock 2) aged 495.3 Ma were obtained, which confirm the relationship found in the field (Fig. 6). It is worth mentioning that the crystallization age of 510 Ma (Igneous Rock 1) was defined by association with similar igneous rocks, which the age was obtained by Valeriano and collaborators in 2011 (reference at the end of the booklet). Figure 8 shows the absolute ages of the rocks in which the relative ages were presented in Figure 6.

Figure 7: SHRIMP RG equipment used for the rocks dating, located in the Australian National University.

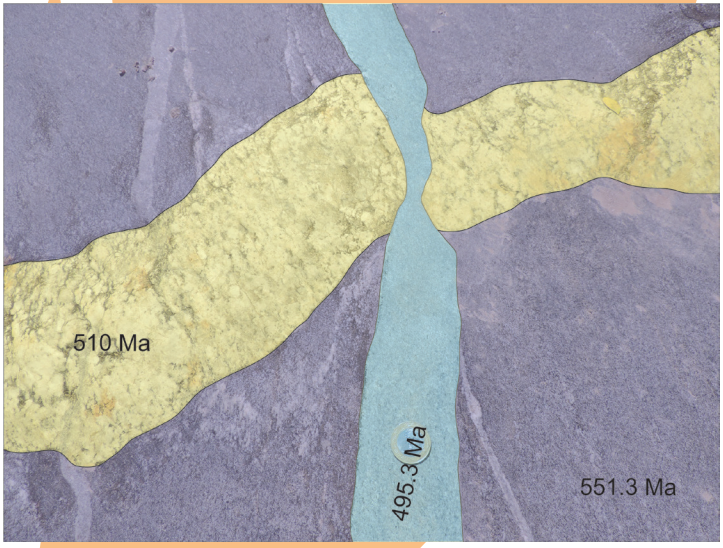


Figure 8: Absolute age from the rocks indicated in the Figure 6.

GEOTOURISM

The local geology combined with the exuberant beauty of the waterfall and vegetation make possible the Geotourism in a place of leisure and nature contemplation. The residents and tourists of Saquarema that visit the place can enjoy the lower part of the waterfall (Fig. 9), which is open to the public, and where several examples of rocks cross-cut relation can be observed.

Figure 9: The lower part of theTinguí waterfall. Note that in the moment of the picture a school was visiting the place.

When recognizing the geological history told by the rocks present in the outcrops of the waterfall and its potential for the study and teaching of local geology, it is understood that the value of the waterfall goes beyond tourism and can complement the current use. Geotourism is, therefore, a type of tourism based on the interaction between the Earth's history and the environmental and cultural aspects. The need to preserve the site is due to not only its exuberance but also to its high scientific value.

Promoting and supporting sustainable tourism and bringing society closer to nature, considering biodiversity and geodiversity, is the role of a Geopark. We hope you enjoy this place of memory on Earth.

–

Referências/References

Ferrari, A.L.; Brenner, T.L.; Dalcolmo, M.T.; Nunes, H.R.C. 1982. O Pré-cambriano das folhas Itaboraí, Maricá, Saquarema e Baía de Guanabara. Anais do XXXII Congr. Bras. Geol., 1:103-113.

Martins, G.G.; Mendes, J.C.; Schmitt, R.S.; Armstrong, R.; Valeriano, C.M. 2016. 550–490 Ma pre-to post-collisional shoshonitic rocks in the Ribeira Belt (SE Brazil) and their tectonic significance. Precambrian Research, 286:352-369.

Valeriano, C.M.; Tupinambá, M.; Simonetti, A.; Heilbron, M.; Almeida, J.C.H.; Eirado, L.G. 2011. U–Pb LA-MC-ICPMS geochronology of Cambro-Ordovician post-collisional granites of the Ribeira belt, southeast Brazil: terminal Brasiliano magmatism in central Gondwana supercontinent. J. S. Am. Earth Sci. 32:415-428.

http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Como-Sabemos-a-Idade-das-Rochas%3F-1070.html