



# Geleiras, grandes escultoras e inspiradoras

## GLACIERS, GREAT SCULPTORS AND INSPIRERS

HEITOR DE ASSIS JUNIOR<sup>1</sup>

1 - PESQUISADOR DE PÓS-DOUTORADO, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP) CAMPINAS, SP, BRASIL.

EMAIL: HEITORAJ@UNICAMP.BR

**Abstract:** In the 19<sup>th</sup> century, the great glaciers inspired many artists and naturalists; Johann Moritz Rugendas painted them in the Chilean Andes; Louis Agassiz described geological processes resulting from the action of glaciers in Switzerland and illustrated them with beautiful lithographs. John Casper Branner, in the *Elementary Geology* book, disagreed with Louis Agassiz, who transposed knowledge obtained in Switzerland as supposedly valid geological evidence for Brazil. Aziz Nacib Ab'Sáber, in the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries, described the effects of glaciations on sea level changes and their consequences in the Amazon region, which was once a gigantic gulf open to the west. Ab'Sáber also described geological events in the Andean Amazon region, which contributed to the reversal of river flow and the shift of the Amazon River's mouth into the current Atlantic Ocean. This article intends to offer to teachers and students of all levels of education some basic elements on the subject, seeking to illustrate aspects of the evolution of geoscientific knowledge.

**Resumo:** No século XIX, as grandes geleiras inspiraram diversos artistas e naturalistas; Johann Moritz Rugendas as pintou nos Andes Chilenos; Agassiz descreveu processos geológicos resultantes da ação de geleiras na Suíça e os ilustrou com belas litografias. John Casper Branner, no livro *Geologia Elementar*, discordou de Louis Agassiz, que transpusera conhecimentos obtidos na Suíça como evidências geológicas supostamente válidas para o Brasil. Aziz Nacib Ab'Sáber, nos séculos XX e XXI, descreveu efeitos das glaciações nas alterações do nível do mar e suas consequências na região Amazônica, que já foi um gigantesco golfo aberto para oeste. Ab'Sáber também descreveu os eventos geológicos na região amazônica andina, que contribuíram para inversão do fluxo de rios e a mudança da foz do Rio Amazonas para o atual Oceano Atlântico. Este artigo pretende oferecer a professores e alunos de todos os níveis de escolaridade alguns elementos básicos sobre o tema, buscando ilustrar aspectos relevantes da evolução do conhecimento geocientífico.

**Citation/Citação:** Assis Júnior. H. de. (2022). Geleiras, grandes escultoras e inspiradoras. *Terraê Didática*, 18(Publ. Contínua), 1-10, e022016. doi: 10.20396/td.v18i00.8668416.

**Keywords:** History of Science, History of Geology, Basic Geology, J. C. Branner, Glacial erosion.

**Palavras-chave:** História das Ciências, História da Geologia, Geologia Básica, J. C. Branner, Erosão glacial.

**Manuscript/Manuscrito:**

Received/Recebido: 24/01/2022

Revised/Corrigido: 11/02/2022

Accepted/Aceito: 02/03/2022



## Introdução

As relações entre artistas e naturalistas no desenvolvimento científico e o estudo de paisagens naturalísticas revelam a importância das obras de arte e das litografias no desenvolvimento da ciência no século XIX. Tais imagens ilustram e complementam os textos científicos e, por vezes, textos aparecem sobrepostos às imagens e acentuam seu papel didático e a intenção do naturalista em difundir seus conhecimentos.

O presente artigo trata da ação geológica das geleiras, das diferentes formas como foram interpretadas e dos desentendimentos introduzidos por estudos científicos em campo e em laboratório, que revelam erros e exageros. Além disso, utiliza imagens artísticas e litografias naturalísticas que permitem ilustrar diversos aspectos relacionados à ação glacial e que contribuíram para a diversificação dos caminhos que levam à construção do conhecimento. Assim sendo o leitor entrará em contato com os seguintes aspectos:

- A formação dos vales em “U” como resultado da ação glacial.
- O surgimento dos diferentes tipos de morenas a partir dos detritos carregados pelo fluxo de gelo.
- As constatações de Louis Agassiz no século XIX a respeito da ação das geleiras suíças e como ele transpôs tais conhecimentos para fenômenos geológicos observados no Brasil.
- John Casper Branner [1851-1922], em sua obra didática *Geologia Elementar* (1915), discordou das transposições de conhecimentos feitas por Agassiz, por outro lado, utilizou suas ideias para ensinar Geologia.
- Referências de Aziz Nacib Ab'Sáber ao surgimento dos Andes e sua influência na inversão do curso das águas da região amazônica.
- Novas ideias sobre a ocorrência dos referidos processos geológicos em dois estudos mais recentes que complementam o conhecimento sobre o tema.

A experiência do desconhecido pode possibilitar aos naturalistas pontos de vista conceituais que diferem daqueles de seus professores, colegas e demais componentes de sua comunidade científica. Junto aos elementos naturais, naturalistas e artistas buscam inspirações para a realização de suas obras e acrescentam conhecimentos e técnicas de estudos ao plantel anteriormente existente.

John Casper Branner, em sua obra *Geologia Elementar* (1915), discordou da transposição de conhecimentos proposta por Louis Agassiz e atribuiu os fenômenos geológicos em superfície à ação do clima tropical; dentre eles, a esfoliação. Destaca que “quando extensas superfícies de granito estão expostas aos raios solares” sofrem expansão e “grandes lâminas ou cascas de muitos centímetros de espessura se levantam e se desprendem da massa inferior mais fria”. John Casper Branner ainda dá o didático exemplo do “som oco” que é emitido pelos cascos dos cavalos quando “as estradas passam por cima destas grandes cascas”. Refere-se ainda aos “belos cones de granito que se acham perto e na cidade do Rio de Janeiro e Victória”, que “devem as suas lindas formas arredondadas a esse processo de descascamento ou esfoliação” (Branner, 1915, p. 30)

Concepções aparentemente divergentes de John Casper Branner em relação a Louis Agassiz decorrem do fato de que a Geologia, como afirmou Martin J. S. Rudwick (1996), é “uma ciência em que o trabalho de campo é um elemento central da prática”, pois as “características geológicas importantes” estão dispersas na natureza e não podem ser levadas para o laboratório; no entanto, estão disponíveis para observação durante “as expedições geológicas”. Tais expedições requerem “um duplo movimento, do familiar para o desconhecido e vice-versa”. As novidades conceituais “emergem de marcante impacto perceptivo de recursos desconhecidos”, porém, quando a mente daquele que os observa foi treinada “na interpretação de recursos mais familiares”, tais novidades “podem então ser vistas com novos olhos, de uma maneira nova” e ter “seus significados geológicos transformados” (Rudwick, 1996, p. 143-148).

Agassiz, Branner e o pintor Rugendas estiveram em campo no Brasil e puderam observar fenômenos geológicos diferentes daqueles encontrados nos seus locais de origem. Todos eles passaram por essencial “distanciamento pessoal ou mesmo isolamento” e, até mesmo, por uma “separação radical” da comunidade em que viviam. Realizaram “um duplo movimento em termos intelectuais e pessoais” (Rudwick, 1996, p. 148) e puderam, cada um a seu tempo, elaborar

novidades conceituais, quer nas técnicas do desenho e da pintura, quer nas das Ciências da Terra, afinal, o naturalista Agassiz e o pintor Rugendas foram instruídos e inspirados pelos mesmos estudiosos dos eventos naturais: Alexander von Humboldt [1769-1859] e Karl Friedrich Philipp von Martius [1794-1868].

## Pintor e naturalistas em campo

O pintor e desenhista alemão Johann Moritz Rugendas [1802-1858]<sup>1</sup> e Louis Agassiz [1807-1873], naturalista suíço, foram orientados pelo grande naturalista alemão Alexander von Humboldt [1769-1859]. Rugendas conheceu Humboldt em Paris, onde mantiveram contato durante cinco anos. O naturalista convenceu o pintor de que imagens construídas de acordo com práticas científicas como registros fidedignos da natureza e, ao mesmo tempo, de acordo com cânones estéticos, poderiam cair no gosto do público (Diener, 2012, p. 8).

Belas imagens, como a Figura 1, atraem a atenção e permitem que o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Ciências da Terra ocorra de forma prazerosa, facilitando a interação professor-aluno.

Notar como os dois personagens montados a cavalo servem de escala e sugerem as grandes dimensões do vale em “U” escavado no passado pelo movimento das geleiras. Rugendas pintou o rio em diagonal bem no centro da imagem; as suas águas provenientes do derretimento de geleiras provocaram erosão e deram início à formação do vale.

O texto do parágrafo anterior sugere três momentos geológicos distintos:

- I. Surgimento do rio a partir do derretimento das geleiras.
- II. Surgimento do vale escavado pelo rio no decorrer de milhões de anos.
- III. Modelagem do vale sob a forma de “U” pelos movimentos das grandes geleiras, cujos avanços e recuos se repetiram ao longo do Tempo Geológico.

1 Johann Moritz Rugendas foi litógrafo, desenhista e pintor que nasceu em Augsburg e morreu em Weilheim, ambas na Alemanha. Esteve no Brasil pela primeira vez em 1822 fazendo parte da Expedição Langsdorff e retornou à Alemanha em 1825. Entre 1827 e 1835 publicou a *Voyage Pittoresque dans le Brésil* (Viagem Pitoresca através do Brasil), edição bilingue, em francês e alemão, ilustrada por cem litografias baseadas em suas obras artísticas executadas no Brasil e que derivam de seus estudos junto a professores que adotavam estilos neoclássico e romântico.



Figura 1. Rugendas, M. *Rio na serra da cabana de Las Vacas à luz do amanhecer*, 1838. Óleo sobre cartão. Tamanho original 250 x 311 mm. Coleção de Arte Gráfica de Munique. Fonte: Diener (2012, p. 131)

As pinturas de Rugendas foram influenciadas pela leitura de *Viagem pelo Brasil* (Martius, 1938) que narra o percurso dos Naturalistas Karl Friedrich Philipp von Martius [1794-1868] e do zoólogo Johann Baptist von Spix [1781-1826], entre 1817 e 1920, quando participaram da Missão Austríaca patrocinada pelo imperador da Áustria Francisco I. A obra *Flora Brasiliensis* foi escrita a partir das anotações dos cadernos de campo elaborados durante aquele empreendimento científico e exploratório, que fez parte do séquito da filha do imperador, Leopoldina, quando esta mudou-se, em 1817, para o Brasil após seu casamento por procuração com o príncipe D. Pedro. Martius utilizou imagens de Rugendas como modelos para litografias de caráter naturalístico que ilustram sua grande obra, a *Flora Brasiliensis* (Martius, Eichler & Urban, 1906).

O pintor Thomas Ender [1793-1875] acompanhou Martius na Missão Austríaca com a função de captar em aquarelas, imagens que também serviriam de modelos para algumas das pranchas litografadas na *Flora Brasiliensis*; Rugendas conheceu os seus trabalhos. Assis Junior (2004) tratou da importância de obras de arte de diversos artistas, como Thomas Ender e de Rugendas (Fig. 2), que serviram de modelos para as imagens naturalísticas litografadas no primeiro volume da *Flora Brasiliensis*.

Na parte inferior da Figura 3, prancha presente na *Flora Brasiliensis* de von Martius, aparece a indicação do nome do pintor Maurício (Moritz) Rugendas (*Maur. Rugendas pinxit*). Notar que na litografia há maior detalhamento anatômico dos vegetais, o que permite identificar as espécies nela presentes. No texto Martius cita Rugendas:

(...) as araucariáceas, cuja primeira imagem que aqui apresento foi pintada por um seguidor do nosso ilustríssimo Moritz Rugendas. Estamos retornando, com esta pintura, até a parte meridional da província das Minas Gerais (Martius, 1996, p.116).

Assis Junior (2004) referiu-se à pintura, utilizada como modelo para a realização dessa litografia, como sendo uma entre diversas obras do pintor que tratam do tema das araucárias encontradas na Coleção Mindlin e analisadas por Diener & Costa (1999). Para estes, Thomas Ender seguiu as instruções do naturalista Martius, ao manter nas pinturas e desenhos os aspectos particulares dos diferentes vegetais de acordo com suas espécies e famílias taxonômicas. Antes da obra final, o artista realizava esboços detalhados vegetais íntegros como árvores e arbustos e de seus órgãos: raízes, caules, folhas, flores, frutos e sementes (Diener & Costa, 1999, p. 87-88).

Martius (1996, p. 116) atento à literatura e à pintura romântica do período e de acordo com a estética do sublime, comparou a floresta com grandes catedrais, adjetivando-a de “floresta religiosa”, “templo augusto, enorme e sublime”. Os grandes troncos fazem alusão às colunas das igrejas medievais, assim como, por exemplo, as ramificações das araucárias são comparadas a “enormes candelabros”. No Brasil não existiam as grandes catedrais europeias, no entanto, suas florestas tropicais com grandes árvores recobertas de epífitas e parasitas exerceriam o mesmo papel.



Figura 2. Rugendas, M. *Serra do Ouro Branco na província de Minas Gerais*, 1835. Litografia. Tamanho original 335 x 528 mm. Fonte: Enciclopédia Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras





Figura 3. Martius. Prancha XXXIX. O bosque de *Araucaria brasiliiana* na província de Minas Gerais. Litografia. 1855. Fonte: Martius; Eichler & Urban (1906)

Louis Agassiz [1807-1873], por sua vez, antes de iniciar seus estudos sobre as geleiras suíças, aos 20 anos, foi aluno de Carl Friedrich Philipp von Martius [1794-1868] que o apresentou aos peixes americanos por meio dos desenhos deixados pelo falecido companheiro, o zoólogo Johann Baptist von Spix [1781-1826]. Depois, Agassiz passou a se dedicar a estudos pioneiros sobre a ação erosiva das geleiras nos Alpes Suíços (Agassiz, 1840 e Agassiz & Bettannier, 1840). Seu entusiasmo levou o influente Humboldt a auxiliá-lo em sua mudança aos EUA em 1846. D. Pedro II facilitou a vinda e a permanência de Agassiz no Brasil entre 1865 e 1866 e, inclusive, já havia contribuído com coleções para o Museu Zoológico que o naturalista havia fundado nos Estados Unidos (Agassiz & Agassiz, 2000, p. 13-14).

Humboldt também já havia possibilitado a Rugendas<sup>2</sup>, em 1831, sua segunda viagem à América. A partir do México, Rugendas percorreu outros países como Peru, Bolívia, Argentina, Chile e Brasil. Nos Andes chilenos realizou muitas pinturas, três das quais ilustram este artigo. Rugendas participou da Exposição Geral da Academia Imperial de Belas Artes do Rio de Janeiro de 1845, na qual foi condecorado com a Ordem Imperial do Cruzeiro do Sul (Diener & Costa, 1999, p. 13-14); participou também da Exposição de 1846. Durante a permanência na capital do Império brasileiro desenhou e pintou diversos membros da família imperial antes de retornar à Europa em 1847 (Assis Junior, 2004, p. 182).

Na Figura 4, utilizada para ilustrar os *Estudos sobre Geleiras* (Agassiz, 1840), pode-se notar o encontro de dois fluxos de gelo que descem dos Alpes Suíços e se fundem em um só na planície entre os Alpes

2 Rugendas viveu de 1825 a 1828, entre Augsburg, Munique e Paris, nesta última, conheceu o naturalista alemão Alexander Humboldt [1769-1859], com quem aprendeu muito sobre as relações entre os seres vivos e o meio ambiente.

e o Jura. Notar a formação do vale em “U” que Rugendas também havia pintado no Chile e, ainda, os personagens humanos utilizados como escala.

Agassiz (1840) descreveu esta prancha como representando o glaciar Zermatt que recebe

(...) os influxos do Breithorn, do Petit-Cervin e do Furkeflue, se apertam entre as paredes dos maciços Eiffel e Auf-Platten. Como o declive aqui é bastante acentuado, as fendas são mais abertas do que no alto, as morenas ao mesmo tempo começam a se fundir (Agassiz, 1840, p. 333-334).

Assim sendo, a morena mediana se origina da junção de duas morenas laterais de geleiras diferentes. As montanhas do Jura são relativamente baixas, apresentam calcário argiloso com estratificação muito bem preservada e rica em fósseis; de seu nome derivou o período geológico do Jurássico.

A Figura 5 é o esquema ilustrativo da Figura 4, em que foi utilizado o interessante recurso didático de escrever sobre o próprio desenho para mostrar como as geleiras descem as encostas carregando os detritos que formarão as morenas laterais.

A observação da Figura 5, no [link](#) indicado na referência (Agassiz & Bettannier, 1840), permite a melhor observação da intenção didática do autor durante sua execução. No mesmo [link](#) o leitor poderá observar e ampliar outras belas litografias e esquemas ilustrativos nos quais se utiliza o mesmo recurso. Branner (1915) descreveu em *Geologia Elementar* a formação das morenas ou morainas a partir dos sedimentos, seixos e matações arrancados e carregados por geleiras e águas resultantes de seu derretimento.

Em *Geologia Elementar*, Branner (1915) seguindo as descrições das geleiras suíças por Agassiz (1840, p. 336), descreve as *morenas laterais* como “montes de pedra” depositados nas laterais dos glaciares. Duas morenas podem se encontrar e se



Figura 4. Bettannier, J. Geleira Zermatt, vista de cima do Riffelhorn preenchendo a planície entre os Alpes e o Jura, 1840. Litografia. Fonte: Agassiz & Bettannier (1840)

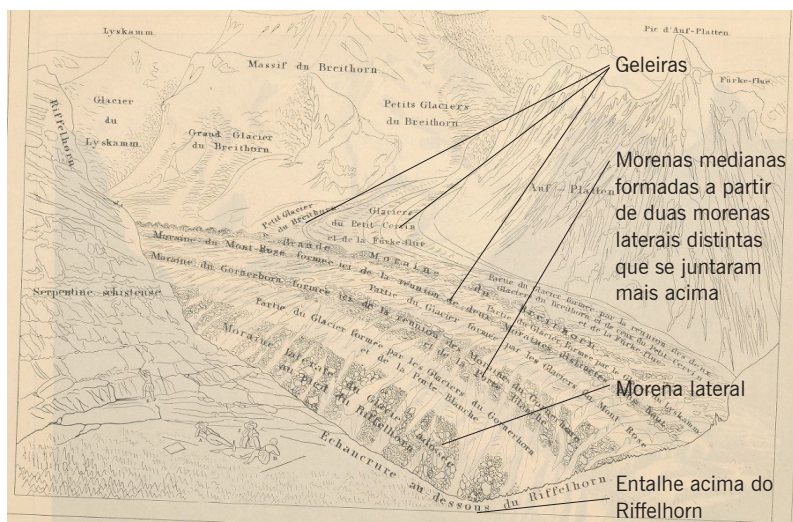


Figura 5. Geleira de Zermatt. Parte superior vista a partir de cima de Puffelhorn. 1840. Litografia. Fonte: Agassiz & Bettannier (1840)

unir originando uma *morena mediana*. Já o formato “mais ou menos semicircular ou crescente” da *morena terminal* resulta do depósito dos fragmentos rochosos carregados e depositados quando ocorre fusão do gelo (Branner 1915, p. 92-93).

A Figura 6 é de Rugendas (1838) e foi realizada durante sua estada no Chile; nela podem ser notados os blocos arrancados pelas geleiras que foram transportados e depositados numa morena.

Quando Agassiz (2000) explicou a origem dos “materiais de transporte dispersos na bacia do Amazonas”, propôs que fossem examinados para se saber de onde vieram e quais forças os transportaram. Elaborou perguntas a partir de suas observações em campo e ponderou se os mesmos fenômenos observados no hemisfério norte poderiam ser transportados para o hemisfério sul, inclusive, nas regiões tropicais. Elaborou hipóteses com as evidências encontradas em campo e tentou prová-las, procurando mais evidências em outras partes do mundo:

Que força depositou aí esses materiais heterogêneos? São eles o resultado da decomposição das rochas pelos agentes atmosféricos comuns; são o produto da ação das águas ou de geleiras? Já houve época em que, nos Andes, massas enormes de gelo desciam mais do que hoje abaixo do limite atual das neves? Foram essas massas que, deslizando sobre os terrenos inferiores, trituraram e depois depositaram aqueles materiais? (Agassiz & Agassiz, 2000, p. 35)

Agassiz (2000) descreveu um “drift nos arredores do Rio de Janeiro” e seu depósito sedimentar de origem glacial como “uma argila arenosa ocrácea,

extremamente ferruginosa”, que também foi encontrada nos limites de Minas Gerais. Além disso, refere-se a “certa variedade de seixos e blocos (...) disseminados indistintamente” nos arredores da Tijuca no Rio de Janeiro e que também teriam sido disseminados pelas geleiras e que não eram provenientes das rochas locais (Agassiz & Agassiz, 2000, p. 370-371).

Agassiz (1840) também responsabilizou o arredondamento dos matacões presentes no litoral do Rio de Janeiro, na Ilha de Paquetá, à ação dos

geleiros, pois ele já havia observado esse polimento e arredondamento das rochas polidas das Geleiras do Zermatt onde existiam certas rochas arredondadas e de “formato barrigudo”, as “rochas *moutonnées*” (Agassiz, 1840, p. 335-336). Por sua vez, Branner (1915), na sua *Geologia Elementar*, nega a ação glacial no Brasil e atribui o polimento e arredondamento das rochas à esfoliação esferoidal:



Figura 6. Rugendas. Desabamento de um monte perto de El Juncal, 1838. Óleo sobre cartão. Tamanho original 37 x 29,5 cm. Coleção de Arte Gráfica de Munique. Fonte: Diener (2012, p. 125)



Acreditou-se, há tempos, que o Brasil também tinha sido glaciado, mas estudos posteriores têm demonstrado que não há provas concludentes da ação glacial em parte alguma deste país (Branner, 1896). Julgou-se que os morros arredondados da vizinhança do Rio de Janeiro, e bem conhecidos ao longo da costa, tanto no norte como no sul, apresentavam superfícies glaciadas: estas formas porém foram produzidas pela esfoliação (Branner, 1915, p. 100).

Branner (1915) discorda da interpretação de Louis Agassiz (2000, p. 238) de que os matacões encontrados na Tijuca e em outras regiões litorâneas (Fig. 7) teriam sido transportados por geleiras e os considera “derivados do grande dique da encosta”.

Quanto às serras do Ceará que Agassiz também considerou como resultantes da ação de processos glaciais, Branner atribui seu arredondamento à esfoliação esferoidal característica do clima tropical do país (Branner, 1915, p. 100).

Agassiz (2000, p. 238) observou nos cortes feitos para a construção da Estrada de Ferro D. Pedro II e por todo o Brasil “de norte a sul e de leste a oeste”, a “argila arenosa avermelhada deitada sobre rocha sólida” e a interpretou como resultante de depósitos em águas tranquilas de lagos formados pelo derretimento de geleiras. Branner (1915) discorda do fato das “argilas vermelhas que por toda a parte formam o subsolo da Serra do Mar” serem “till ou argila glacial” e as considera como resultantes da erosão das rochas das proximidades (Branner, 1915, p. 100).

Nos *Études sur les glaciers* ou *Estudos das geleiras* de Agassiz (1840, p. 256) há uma explicação sobre o arredondamento das superfícies rochosas pelas geleiras que, mais tarde, seria generalizada para as regiões tropicais do Brasil (Fig. 8).

As rochas com cúpulas são gastas e polidas da mesma maneira que aquelas vistas na borda da geleira Zermatt (Figs. 4 e 5). Por não haver mais geleiras nesta localidade, Agassiz (1840) concluiu “que as geleiras já tiveram uma extensão maior”, porém, aos poucos, foram desaparecendo (Agassiz & Bettannier, 1840). Agassiz (1840) ainda se refere à melhor preservação das superfícies “nos vales altos” onde são protegidas pelo gelo; por outro lado, nas partes mais baixas, o aumento da temperatura funde o gelo que escorrega e esculpe o relevo.

As cúpulas arredondadas acima da queda do Handeck não são menos dignas de atenção, por causa de sua extraordinária forma e posição (...) Todas essas superfícies não são apenas lisas e polidas, mas também apresentam os mesmos sulcos e as

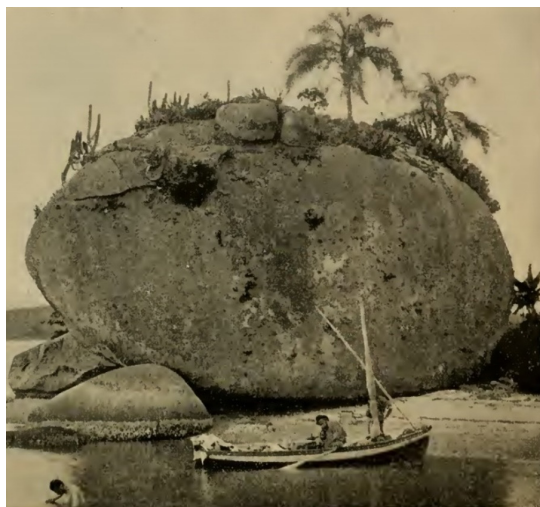


Figura 7. Blocos de decomposição produzida pela esfoliação de granito na ilha d'água, na Baía do Rio de Janeiro. Fonte: Branner (1915, p. 32)

mesmas linhas que se observam sob as geleiras atuais (...) Além disso, as superfícies polidas aqui em questão apresentam todas as características dos polimentos resultantes da ação das geleiras; são uniformes e perfeitamente lisas, enquanto os polimentos produzidos pela água são irregulares e opacos (Agassiz, 1840, p. 256<sup>3</sup>).

No texto, Agassiz (1840) faz uma diferenciação entre polimentos decorrentes da ação glacial e da água. Em *Geologia Elementar*, Branner (1915) utiliza ideias anteriormente desenvolvidas por Agassiz (1840), no capítulo sobre o “*movimento dos geleiros*” que, segundo ele, não ocorrem no Brasil. Refere-se aos blocos erráticos que são carregados pelo gelo e que podem provir de qualquer local no caminho da geleira; alguns blocos afundam no gelo e sulcam as rochas logo abaixo, deixando marcas que indicam a direção de seus movimentos para futuros observadores em períodos pós-glaciais (Branner, 1915, p. 92-93). Entre tais observadores estão o próprio John Casper Branner, Louis Agassiz antes dele e Aziz Nacib Ab'Sáber no século XX e início do XXI.

## Duas ideias sedutoras sobre a origem da Bacia Amazônica

Louis Agassiz explicou, baseado no que havia observado na Suíça, a formação da Bacia Amazônica a partir de uma gigantesca morena terminal, à “época

3 URL: <https://ia802900.us.archive.org/20/items/eytudesurlesgl00agas/eytudesurlesgl00agas.pdf>, Acesso 06.05.2022.



Figura 8. Domos arredondados, polidos e listrados acima do La Handeck, 1840. Litografia. Fonte: Agassiz & Bettannier (1840)

dos frios universais”, formada com os detritos carregados por geleiras que foram “calcadas na depressão do vale amazônico pelo acúmulo dos gelos na Cordilheira”. Tal morena teria se originado pela junção de detritos transportados pelos gelos andinos e por outras geleiras provenientes dos planaltos da Guiana e do Brasil (Agassiz & Agassiz, 2000):

O movimento dessa desmedida geleira deve ter-se dirigido de oeste para leste, tanto pela pressão das neves acumuladas nos Andes como pela própria direção do vale. Deve ter trabalhado e trabalhar ainda o fundo do vale, triturando num pó fino todo o material que sob ela se achava, ou reduzindo-o a pequenos seixos. Deve ter acumulado em suas margens inferiores uma morena de dimensões tão colossais como as suas próprias, construindo assim um gigantesco dique que barrava a embocadura da bacia (...) fechada do lado do oceano por uma colossal muralha de detritos, se achou finalmente transformada num vasto lago de água doce (Agassiz & Agassiz, 2000, p. 392-394)

Posteriormente, o aumento da temperatura provocou fusão das geleiras, evaporou suas águas, intensificou as chuvas e aumentou o volume do lago que, finalmente, rompeu a morena terminal e esculpiu o relevo. A ruptura da morena teria lançado a torrente em direção ao mar, provocando erosão e transportando os detritos da própria morena, porém deixando as partes mais sólidas como as “colinas de Monte Alegre, Óbidos, Almeirim e Cupati, assim como as cadeias menos elevadas de Santarém” (Agassiz e Agassiz, 2000, p. 395). Tais ideias sobre a origem do “vale amazônico” a partir da ação de geleiras derivam de seus estudos anteriores na Suíça (Fig. 9).

A Figura 9, que mostra o rompimento da morena terminal suíça, poderia ser utilizada para ilustrar

a ruptura da morena terminal do “vale amazônico” e a vazão de suas águas para o oceano Atlântico. Na descrição, Agassiz (1840) afirma que pretende “dar uma ideia exata da formação da morena terminal” que circunda o final da geleira:

A torrente abriu uma saída por essa muralha que, apesar de sua altura, não é forte o suficiente para impedir que a água flua. Nas bordas da geleira, a morena terminal está ligada sem interrupção à morena lateral que forma sua continuação direta enquanto a geleira está estacionária ou avança (Agassiz, 1840, p. 336-337).

Após observar que as rochas encontradas abaixo e após a morena terminal se apresentavam polidas e estriadas, Agassiz concluiu que a geleira já havia sido mais extensa. Atribuiu o arredondamento do topo das colinas e as estrias presentes nas rochas ao resultado da ação das geleiras. Por outro lado, marcas irregulares deixadas nas rochas e pedras arrancadas e arrastadas foram atribuídas à erosão provocada pela água do degelo (Agassiz, 1840).

Aziz Ab’Sáber (1948, 1977 e 2005) no século XX, estava em campo, adquiriu novos conhecimentos e técnicas e formulou novas hipóteses a partir de evidências encontradas. Tais hipóteses resultaram em muitos artigos, como: a *Sequência de rochas glaciais e subglaciais dos arredores de Itu, São Paulo* (Ab’Sáber, 1948) e dos *Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários* (Ab’Sáber, 1977).

Os estudos foram complementados por novas pesquisas e novas observações em campo, permitindo a evolução dos conhecimentos nas Ciências da Terra graças ao trabalho de campo que, segundo



Figura 9. Geleira de Viesch. Morena Terminal formada a partir de duas morenas laterais e rompida pela ação da água do degelo que provoca erosão durante o seu percurso. Além disso, os domos arredondados foram polidos e estriados pelo gelo. 1840. Litografia. Fonte: Agassiz & Bettannier (1840)

Ab'Sáber, é o “elemento central da prática”. Depois da teoria sedutora de Agassiz (1840) sobre a origem geológica da Bacia Amazônica, Ab'Sáber (2005), utilizando conhecimentos de sua época, atribuiu às “interferências tectônicas e mudanças de tipos de bacias sedimentares” pois, anteriormente, enquanto Brasil e África permaneciam juntos e antes que houvesse surgido a grande barreira oeste conhecida como Cordilheira dos Andes, não havia “a depressão amazônica (...)”, mas havia “um golfo”, cujos vestígios formados por sedimentos marinhos paleozoicos, silurianos, devonianos, carboníferos e até miocênicos podem ser constatados atualmente e evidenciam o movimento marinho de oeste para leste. Com o surgimento da Cordilheira dos Andes o golfo desapareceu e surgiu “um paredão volteado”, as “terras cisandinas” (Ab'Sáber, 2005, p. 18-20).

As terras cisandinas, no lado amazônico, circundam o sopé da cordilheira e marcam, segundo Ab'Sáber (2005), o início “de uma sedimentação terrígena flúvio-lacustre muito ampla” originadora de grandes territórios “dentro do golfo antigo” que, por serem mais elevados, inverteram o fluxo do rio Amazonas. O soerguimento da cordilheira dos Andes e sua posterior erosão possibilitaram o acúmulo de sedimentos de “oeste para leste”, com a inversão da rede de drenagem amazônica que, anteriormente, fluía de leste a oeste. Assim sendo, o rio Amazonas, “tal como o conhecemos hoje, é um curso fluvial hidrologicamente recente, gerado em tempos pós-pleiocênicos” (Ab'Sáber, 2005, p. 18-19) que desemboca no Oceano Atlântico.

Mais recentemente, Jaramillo et al. (2017) investigaram a ocorrência de incursões marinhas no oeste da Amazônia no Mioceno, examinando em campo as Bacias de Llanos e Amazonas/Solimões. Por meio da coleta e análise de dados sedimentológicos e paleontológicos de dois testemunhos de sedimentos do leste da Colômbia e noroeste do Brasil, junto com dados sísmicos, estabeleceram correlações entre unidades estratigráficas perfuradas em poços e a presença de fósseis de organismos, de partes de organismos, de pólen e de esporos, tendo identificado duas ocupações marinhas distintas: uma no “Mioceno inicial que durou aproximadamente 0,9 milhões de anos, entre 18,1 e 17,2 Ma, e outra no Mioceno médio que durou aproximadamente 3,7 milhões de anos, entre 16,1 e 12,4 Ma”. Também foram encontrados vestígios de ocupações marinhas em torno de 0,2 milhões e 0,4 milhões de anos na bacia do Amazonas/Solimões no noroeste da Amazônia no Mioceno (Jaramillo et al., 2017, p.1). Jaramillo et al. (2017, p.

5) analisaram colunas estratigráficas e mediram as proporções de “palinomorfos terrestres” (pólen e esporos de origem terrestre), além da presença de organismos fósseis marinhos como dinoflagelados, acritarcas, foraminíferos e dois microfósseis (dente de tubarão e crustáceo) e organismos indicadores de água doce como *Pediastrum* e *Botryococcus*.

Albert et al. (2018) descrevem que, em escala continental, a bacia de drenagem do moderno Rio Amazonas se formou durante o final do Mioceno e o Plioceno (5,3 Ma) graças a “diversos eventos de captura de rios”, sendo que os primeiros sedimentos andinos presentes no “Leque Amazônico” são datados entre 10,1 e 9,4 Ma e exibem grande aumento por volta de 4,5 milhões de anos atrás. Os dados sugerem que os eventos de captura de rios que originaram o “rio Amazonas transcontinental” ocorreram entre 4,9 e 5,6 milhões de anos. Os autores reconhecem tais conclusões como simplistas e são conscientes da necessidade de novos trabalhos em campo para coleta de dados e novos estudos sedimentológicos e geocronológicos (Albert et al., 2018, p.1).

Os eventos de captura de rios desviaram as águas da cordilheira dos Andes que fluíram por “todo o norte da América do Sul e para dentro do Atlântico, depositando sedimentos derivados dos Andes em ou perto da foz do moderno rio Amazonas” (Albert et al., 2018, p. 3). Afirmam ainda os autores que tais sedimentos resultam em sua maior parte de “processos geológicos regionais” que ocorreram durante milênios elevando a cordilheira dos Andes e provocando erosão fluvial de rochas-mães presentes em “terras altas”, geralmente da cordilheira ou em menor quantidade dos crátons (Albert et al., 2018, p. 7). Portanto, os estudos mais recentes acrescentaram novos conhecimentos que constituem uma evolução daqueles estudos iniciais de Agassiz sobre a grande morena originadora da região Amazônica que, embora atualmente seja considerada incorreta, levou outros estudiosos à mesma região e eles tiraram suas próprias conclusões sobre os fenômenos que tornam o planeta Terra tão dinâmico.

## Considerações finais

Branner escreveu no Prefácio das duas edições de sua *Geologia Elementar*, de 1906 e 1910, que

(...) os estudantes não devem imaginar que a geologia do Brasil seja menos interessante ou menos importante do que a geologia de qualquer outro país. Aqui há por toda a parte, excelentes exemplares das operações das leis da Geologia, e como



se vê na coluna geológica, aqui há representantes de quase todas as formações das outras partes do mundo (Branner, 1915, Prefácio).

Branner pretendeu “abordar formações geológicas brasileiras conhecidas e próximas do estudante brasileiro” o que, segundo ele, poderia “facilitar o interesse e o entendimento dos temas nela abordados” (Branner, 1915, Prefácio). Seguindo os passos de Branner que utilizou os conhecimentos que Agassiz adquiriu estudando as geleiras da Suíça na primeira metade do século XIX e transpôs para a feições geológicas brasileiras, o presente trabalho procurou discorrer sobre a ação geológica das geleiras como forma de transmitir conceitos importantes aos educandos na área Ciência da Terra e em Ciências de uma maneira geral.

A partir das evidências em campo o geocientista pode elaborar uma hipótese e procurar evidências que a viabilizem e, assim, transformá-la em teoria que, no entanto, poderá receber complementos, alterações, ou mesmo ser desmentida à luz de novas evidências. Branner, no início do século XX, negou a existência de vestígios de glaciações no Brasil tropical, porém, na segunda metade do século XX, precursores de Ab’Sáber apontaram o caminho que o conduziria aos conhecimentos atuais relacionados ao tema e que resultaram no artigo *Sequência de rochas glaciais e subglaciais dos arredores de Itu, São Paulo* (Ab’Sáber, 1948, p. 68-69); entre tais rochas chamou de varvitos aquelas formadas a partir de sedimentos em lagos glaciais, sendo que:

(...) nesses varvitos, os estratos de siltito devem corresponder à deposição nos períodos de verão, enquanto que os folhelhos – com suas argilas e seu material orgânico, em extratos muito delgados – representam os períodos de inverno, quando o lago regional era alimentado por sedimentos muito finos em quantidade muito pequena. A finura do material de sedimentação hibernal, ao lado da pequena porcentagem do material depositado, põe em saliência a constituição carbonosa dos estratos argilosos dos varvitos, daí a cor mais escura do mesmo (Ab’Sáber, 1948, p. 69).

Ab’Sáber complementa dizendo que no verão, com o degelo e o maior volume de água, o estrato se apresenta mais espesso, a granulação mais grossa e a tonalidade escura do material orgânico não se destaca, ficando este estrato mais claro que o de inverno. Tais estratos sugerem a passagem de um ano (um verão e um inverno) a cada sequência de tonalidades clara e escura.

Nos caminhos percorridos pelas Ciências, tais conhecimentos podem ser estendidos para outros equivalentes em regiões distantes do planeta Terra. Aziz Ab’Sáber, em sua carreira de geógrafo e professor percebeu que “teorias pioneiras e corretamente elaboradas tornam possíveis novos e inesperados conhecimentos”, pois

(...) a ciência começa sempre com a descoberta, baseada em observações detalhadas e cuidadosas; enquanto a interpretação dos fatos observados, para ser válida, depende de conhecimentos comparativos de áreas diversas e de tempos diferentes, assim como do uso de eventuais instrumentos registradores ou amplificadores. Do cuidado nas observações e da multiplicação de trabalhos analíticos pode-se chegar a teorias sedutoras (Ab’Sáber, 2005, p. 10).

Albert et al. (2018) também se referem “às incertezas” na construção da História Geológica da Bacia Amazônica e, para isso utilizam uma citação de Jaramillo (2017), segundo a qual os dados disponíveis atualmente são incompletos e geram incertezas nas interpretações, resultando em reconstruções paleogeográficas com idades estratigráficas incertas, assim como, geram dúvidas quanto às configurações estruturais da bacia e quanto à acomodação dos sedimentos (Jaramillo et al. 2017, p.10)

O educando em Ciências e Ciências da Terra, após leitura atenta deste artigo, terá acompanhado pensadores de diferentes épocas construindo suas obras científicas e deixando bases sobre as quais, sucessivamente, foram sendo acrescentados dados na história da ação das geleiras sobre a superfície terrestre e a forma pela qual esculpiram o relevo à medida que os períodos glaciais e interglaciais foram se sucedendo neste gigante vivo que é o planeta Terra. Por outro lado, os estudos científicos e a evolução da ciência, também permitiram concluir que outros fatores, além da ação das geleiras, continuam transformando o nosso planeta, porém, a complexidade estrutural da Terra, devida a eventos geológicos, continuará exigindo sempre novos esforços e novas pesquisas.

## Referências

Ab’Sáber. A. N. (1948). Sequência de rochas glaciais e subglaciais dos arredores de Itu, São Paulo. In: Gauttieri, M. C. M., Bartorelli, A., Mantesso-Neto, V., Carneiro, C. D. R., Lisboa, M. B. A. L. (2010). *A obra de Aziz Nacib Ab’Sáber*. São Paulo: Beca-Ball. p. 66-69.

- Ab'Sáber, A. N. (1977). Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. Paleoclimas. In: Gauttieri, M. C. M., Bartorelli, A., Mantesso-Neto, V., Carneiro, C. D. R., Lisboa, M. B. A. L. (2010). *A obra de Aziz Nacib Ab'Sáber*. São Paulo: Beca-Ball. p. 415-419.
- Ab'Sáber, A. N. (2005) Aziz Ab'Sáber: problemas da Amazônia brasileira. São Paulo, *Estudos Avançados*, 19(53), 6-35. (Entrevista a Dario Luis Borelli, Gerônimo Rocha, Ulisses Cappozoli, Mauro Bellesa, Ana Maria Fiori, Elin Lutke e Diana Salles). doi: 10.1590/S0103-40142005000100002.
- Agassiz, L. (1840). *Études sur les glaciers*. Ouvrage accompagné d'un atlas de 36 Planches. Neuchatel: Imprimerie de Ol. Petitpierre. URL: <https://ia802900.us.archive.org/20/items/cytudessurlesgl00agas/cytudessurlesgl00agas.pdf>. Acesso 27.03.2021.
- Agassiz, L. & Agassiz, E. C. (2000). *Viagem ao Brasil 1865-1866*. Tradução e notas de Edgar Süsskind de Mendonça. Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, 516p. URL: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/1048/584305.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. Acesso 02.03.2021.
- Agassiz, L. & Bettannier, J. (1840) *Études Sur Les Glaciers*. Neuchâtel, Jent et Gassmann. [Pdf] Retrieved from the Library of Congress. URL: <https://www.loc.gov/item/12008544/>. Acesso 10.04.2021.
- Albert, J. S., Val, P. & Hoorns, C. (2018) The changing course of the Amazon River in the Neogene: center stage for Neotropical diversification. *Neotropical Ichthyology*, 16(3): e180033. doi: 10.1590/1982-0224-20180033.
- Assis Júnior, H. de. (2004). *Relações de von Martius com imagens naturalísticas e artísticas do século XIX*. Campinas: Inst. Filosofia e Ciências Humanas, Univ. Est. Campinas. (Dissert. Mestrado). URL: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/279497>. Acesso 19.03.2021.
- Branner, J. C. (1896). Supposta glaciação do Brasil. Rio de Janeiro. *Revista Brasileira*, VI, 106-113.
- Branner, J. C. (1906). *Geologia Elementar*. Rio de Janeiro: Laemmert & C.
- Branner, J. C. (1915). *Geologia Elementar*. Rio de Janeiro: Francisco Alves. URL: <https://archive.org/details/geologiaelementa00bran/page/8/mode/2up>. Acesso 15.05.2021.
- Carneiro, C. D. R. (2016). Glaciação antiga no Brasil: parques geológicos do Varvito e da Rocha Mouton-néc nos municípios de Itu e Salto, SP. *Terra Didática*, 12(3):209-219. doi: 10.20396/td.v12i3.8647898.
- Diener, P. (2012). *A Obra de Juan Mauricio Rugendas, ilustrando su viaje a través de Chile, 1834-1842*. Santiago: Origo.
- Diener, P. & Costa, M. F. (1999). *A América de Rugendas: obras e documentos*. São Paulo: Editora Estação Liberdade / Rio de Janeiro: Kosmos.
- Jaramillo, C., Romero I., D'Apolito, C., Bayona G., Duarte, E., Louwye, S., Escobar, J., ... & Wesselingh, F. P. (2017). Miocene flooding events of western Amazonia. *Neotrop. ichthyol.*, 16(03). doi: <https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/sciadv.1601693>.
- Martius, K. F. P. von, Eichler, A. W., & Urban, I. (1906). *Flora Brasiliensis*. Lipsiae: R. Oldenbourg et Frid. Fleischer in Comm. URL: <http://florabrasil-iensis.cria.org.br/>. Acesso 25.01.2021.
- Martius, K. F. P. von. (1938). *A Viagem pelo Brasil, 1817-1820*. Trad. do latim Lúcia Furquim Lahmeyer, revisão Ramiz Galvão e Basílio de Magalhães. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional. (3 v. e atlas).
- Martius, K. F. P. von. (1996). *A Viagem de von Martius. Flora Brasiliensis*. Vol. I. Trad. do latim por Carlos Bento Matheus, Lívia L. P. Barreto, Miguel B. do Rosário. Rio de Janeiro: Index
- Rudwick, M. (1996). Geological travel and theoretical innovation: the role of 'liminal' experience author(s). *Source: Social Studies of Science*, 26(1), 143-159.
- Rugendas, J. M. (2021). In: *Enciclopédia Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras*. São Paulo: Itaú Cultural, 2021. URL: <https://enciclopedia.itaucultural.org.br/pessoa707/johann-moritz-rugendas>. Acesso 15.05.2021.