

# Ponta das Lajes e o Encontro das Águas, AM

A Formação Alter do Chão como moldura geológica do espetacular Encontro das Águas Manauara

**SIGEP 054\***

Elena Franzinelli<sup>1</sup>  
Hailton Igreja<sup>2</sup>

**Resumo** - A Formação Alter do Chão, cretácea ou cenozóica segundo estudos mais recentes, forma o assoalho da planície holocênica do Rio Amazonas na parte central da bacia, e emerge em numerosos pontos configurando as margens ou o próprio leito do Rio Solimões-Amazonas. O nível silicificado desta formação aflora na Ponta das Lajes, na margem esquerda do Rio Amazonas, próximo à confluência dos rios Negro e Solimões, ao oeste da Cidade de Manaus, formando uma saliência de rochas que avança nas águas do rio. Esse nível silicificado ocorre na base de uma falésia desenvolvida na mesma formação geológica e é encoberta pelas águas do Rio Amazonas durante as épocas de chuva. Neste afloramento foram identificadas quatro fácies sedimentares: 1-Arenito de barra de meandro, 2-Siltito lacustre, 3-Arenito fino de planície de inundação, 4-Arenito grosso de barra de canal. As mesmas fácies alternam-se na encosta da falésia. Importantes icnofósseis, isto é, tocas notáveis escavadas por vertebrados, provavelmente tetrapodos, ocorrem nos sedimentos lacustres. As estruturas tectônicas presentes na Ponta das Lajes manifestam as fases das ações da neotectônica que agiu e age na faixa central da bacia amazônica e revelam o aspecto do ambiente tectônico que preparou o local da confluência dos rios Negro e Solimões e proporcionou a sedimentação quaternária das ilhas Xiborena e do Careiro. O Rio Amazonas, formado pela junção dos dois rios, na frente da Ponta das Lajes tem a sua menor largura, cerca de 2 km. Recentemente, importante sítio arqueológico com idades de 2.000 a 7.000 anos foi encontrado na Ponta das Lajes.

**Palavras-chave:** Encontro das Águas; Rio Solimões; Rio Negro; Rio Amazonas; Formação Alter do Chão; Ponta das Lajes; estruturas tectônicas; icnofósseis gigantes; sítio arqueológico

**Ponta das Lajes and the Waters Junction, State of Amazonas** – The Alter do Chão Formation as geological frame of the spectacular Waters Junction of Solimões and Negro rivers

**Abstract** - The Alter do Chão Formation, cretaceous in age or cenozoic in accordance to more recent researches, forms the floor of the holocenic floodplain in the central region of the Amazon Basin and outcrops in numerous places forming the banks or the bed of the Solimões-Amazon River. The silicified horizon of the Alter do Chão Formation outcrops in the Ponta das Lajes locality, on the north bank of the Amazon River, close to the confluence of the Solimões and Negro and to the east of Manaus city. This silicified horizon, covered by water during the rainy season, is situated at the base of a cliff developed in the same geological formation. Four facies are identified in the deposits of the Ponta das Lajes: 1 – Meander bar sandstone, 2 – Lacustrine siltstone, 3 – Floodplain fine sandstone, 4 – Channel bar coarse sandstone. A succession of the same facies alternates going up the cliff. The lacustrine sediments contain interesting ichnofossils such as giant burrows, dug by unknown vertebrates, probably tetrapods. The tectonic structures impressed in the silicified rocks of the Ponta das Lajes show the phases of the mechanisms of the neotectonics that occurred and still occur in the central belt of the Amazon Basin. In addition these structures manifest the tectonic ambient that produced the site where the confluence of the Negro and Solimões river's stabilized, and controlled the quaternary sedimentation on the Xiborena and Careiro islands and surroundings. The Amazon River in front of the Ponta das Lajes presents its minimum width: 2 km. An important archaeological site (2,000-7,000 years BP) was discovered on the rocks of the Ponta das Lajes recently.

**Key words:** Junction of the Waters; Solimões River; Negro River; Amazonas river; Alter do Chão Formation; Ponta das Lajes; tectonic structures; giant ichnofossils (burrows); archaeological site

## INTRODUÇÃO

A acelerada expansão da Cidade de Manaus nos últimos 25 anos promoveu a depredação e até mesmo a eliminação de importantes exposições de solos, sedimentos, rochas, cachoeiras, balneários, não poupando sequer orlas, prédios e pontos turísticos de reconhecida importância e inquestionável relevância no patrimônio histórico, científico e paisagístico municipal, estadual, nacional e até mesmo mundial.

As rochas sedimentares da Formação Alter do Chão, grande parte do substrato da cidade, também constituem a Ponta das Lajes, englobada no patrimônio turístico-paisagístico do fenômeno do Encontro das Águas Manauara, que, por sua vez, destaca a área fluvial da confluência dos rios Negro, Solimões e o primeiro segmento do Rio Amazonas.

A região do Encontro das águas foi recentemente caracterizada como uma paradigmática zona de interseção de lineamentos neotectônicos que abrange a cidade de Manaus, e a faixa central da Amazônia (Igreja & Franzinelli, 2007). Estudos recentes sobre a Formação Alter do Chão têm revelado importantes aspectos geohistóricos, paleontológicos (descobertas de fósseis e estruturas paleobiogênicas), sedimentológicos, estratigráficos, hidrológicos, biológicos, geodinâmicos do Cretáceo, hidrogeológicos, neotectônicos do terciário e do quaternário, enfim um valioso acervo geocientífico que deve ser apropriadamente

conservado. Destaca-se que a Formação Alter do Chão constitui, provavelmente, o maior aquífero da América do Sul e de grande potencial petrolífero global.

Este trabalho descreve o geossítio Ponta das Lajes, com suas estruturas sedimentares, paleobiogênicas e neotectônicas, muito importantes para fins didáticos, e, associadamente em frente a este sítio, o impressionante fenômeno do Encontro das Águas “escuras” do rio Negro e claras do Rio Solimões no local em que formam o Rio Amazonas (Figs. 1 e 4), tendo por objetivo a incorporação dessa descrição no inventário da SIGEP – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos - visando a sua conservação atual e para as gerações futuras.

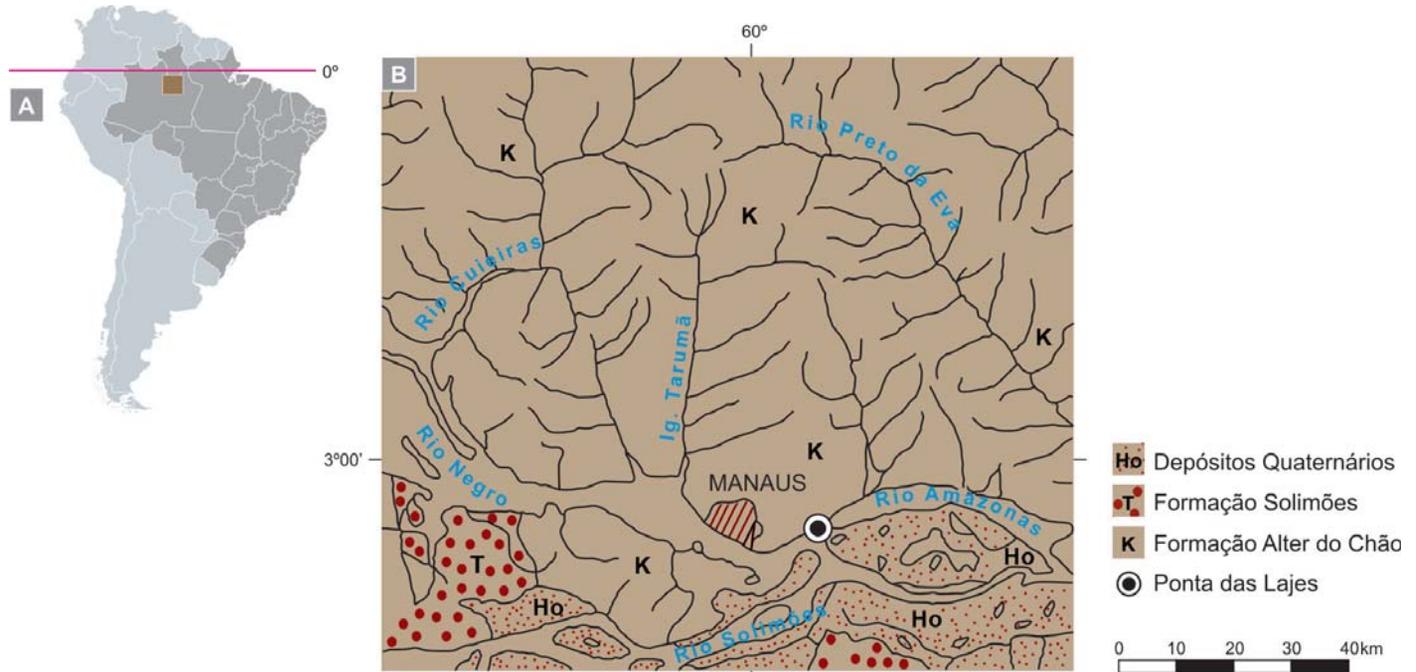
## LOCALIZAÇÃO

A Ponta das Lajes (Fig. 1) está localizada na parte central da Bacia do Amazonas (Fig. 2), coordenadas 03°08'S - 59°52'W, na margem esquerda do Rio Amazonas, cerca de 20 km ao oeste do Rodway, porto do centro histórico da cidade de Manaus no Rio Negro, e 2 km à jusante da confluência dos rios Negro e Solimões. É alcançada por via fluvial passando no Encontro das Águas, ou por terra, saindo do centro da cidade pela Estrada do Aleixo até a sede do Cepeam (Centro de Projetos e Estudos Ambientais do Amazonas da Associação Brasil Soka Gakkai), na Avenida Desembarcador Anísio Jobin 980, Km 11.



**Figura 1** - Vista aérea do Encontro das Águas e Formação Alter do Chão em Ponta das Lajes.

**Figure 1** - Aerial view of the Junction of the Waters and Alter do Chão Formation at Ponta das Lajes.



**Figura 2** - Localização do sítio (a) e esboço da geologia da área de Manaus (b).

**Figure 2** - Site location (a) and geological sketch of Manaus area (b).

## DESCRIÇÃO DO SÍTIO

### Geomorfologia

A Ponta das Lajes (Fig. 1), constituída de sedimentos continentais em parte silicificados, situa-se na margem esquerda do Rio Amazonas. Na estação seca, quando descoberta pelas águas, conforma uma superfície triangular levemente inclinada para o rio, situada na base de falésia com aproximadamente 90m de altitude acima do nível do mar, esculpida no terraço da Formação Alter do Chão (Fig. 3). Esta margem do rio mostra formas curvas a montante e a jusante da Ponta, resultantes de desbarancamento do terraço. A montante ocorre rebaixamento progressivo do terraço e a orla é recortada por pequenas baías, onde deságuam córregos de curto curso. A jusante da Ponta a superfície do terraço grada para cotas mais baixas na medida em que se afasta da calha do rio, até a cota de 75 metros. Junto à Ponta das Lajes o Rio Amazonas tem a largura mínima, cerca de 2.000 metros. Daí para jusante há o alargamento progressivo do canal e o recuo do terraço, conformando o lago do Aleixo (Fig.4), este individualizado do rio propriamente dito por bancos alongados e estreitos formados por depósitos recentes.

A confluência dos rios Negro e Solimões que dá origem ao Amazonas (Fig. 4), ocorre a montante da Ponta das Lajes. O canal do Rio Amazonas conserva a mesma direção do Rio Negro; o Solimões, provindo do oeste, forma uma ampla curva antes de se juntar ao Negro. No Encontro das Águas, a margem esquerda do Negro consiste no prolongamento do terraço da Formação Alter do Chão sobre o qual, ao oeste, está edificada a cidade de

Manaus. O Rio Solimões, no seu ultimo trecho, percorre a planície holocênica formada por depósitos de barras, canais, diques, lagos assoreados. A margem direita desse trecho do Solimões, em frente à Ponta das Lajes, corresponde à orla norte da Ilha do Careiro, extensa ilha fluvial de topografia plana constituída de sedimentos recentes, que apresenta vastos lagos rasos de forma arredondadas no seu interior. O interflúvio Negro-Solimões é a Ilha Xiborena, formadas por uma sucessão de bancos alongados, subparalelos a direção do ultimo trecho do Rio Solimões. As depressões entre os bancos da Xiborena são colmatadas; algumas, ainda na fase de assoreamento, possuem canal navegável durante as cheias. A morfologia da extremidade da Ilha Xiborena, ou Ponta do Catalão, é constantemente modificada pelas correntes fluviais.

### Formação Alter do Chão

A Formação Alter do Chão pertence ao Grupo Javari e ocorre na parte superior do pacote sedimentar da Bacia Amazônica (Fig. 5) sobre a discordância do topo do Paleozóico (Cunha *et al.* 2007) estendendo-se, por vasta extensão, desde o tectonodivisor de Gurupá a leste até o alto do Purus a oeste. A seção-tipo encontra-se no poço perfurado na margem direita do Rio Tapajós em 1954 pelo Conselho Nacional do Petróleo, próximo à Vila de Alter do Chão, onde a unidade tem a espessura de 410 metros. A espessura máxima, 1.250m, foi registrada em um poço próximo a Almerim, mas são mais comuns espessuras de 200 a 400 metros. Sua denominação deve-se a Kistler (1954). A litologia consta de arenitos intercalados com siltitos e argilitos e subordinadamente



**Figura 3** - Vista da Ponta das Lajes durante a intensa seca de outubro-novembro de 2010 (Google Earth, janeiro de 2011).  
**Figure 3** - View of the Ponta das Lajes during the 2010, October-November, very dry season (Google Earth, January 2011).



**Figura 4** - Vista geral da confluência dos rios Negro e Solimões e da Ponta das Lajes no Encontro das Águas. Bancos alongados e separados por depressões na Ilha Xiborena; barra lateral efêmera na Ponta do Catalão. (Google Earth, janeiro de 2011).

**Figure 4** - General view of the Negro and Solimões rivers confluence and Ponta das Lajes at the Meeting of the Waters. Elongated banks separated from lowering areas in the Xiborena Island; lateral ephemeral bar at the Catalão point (Google Earth, January 2011).



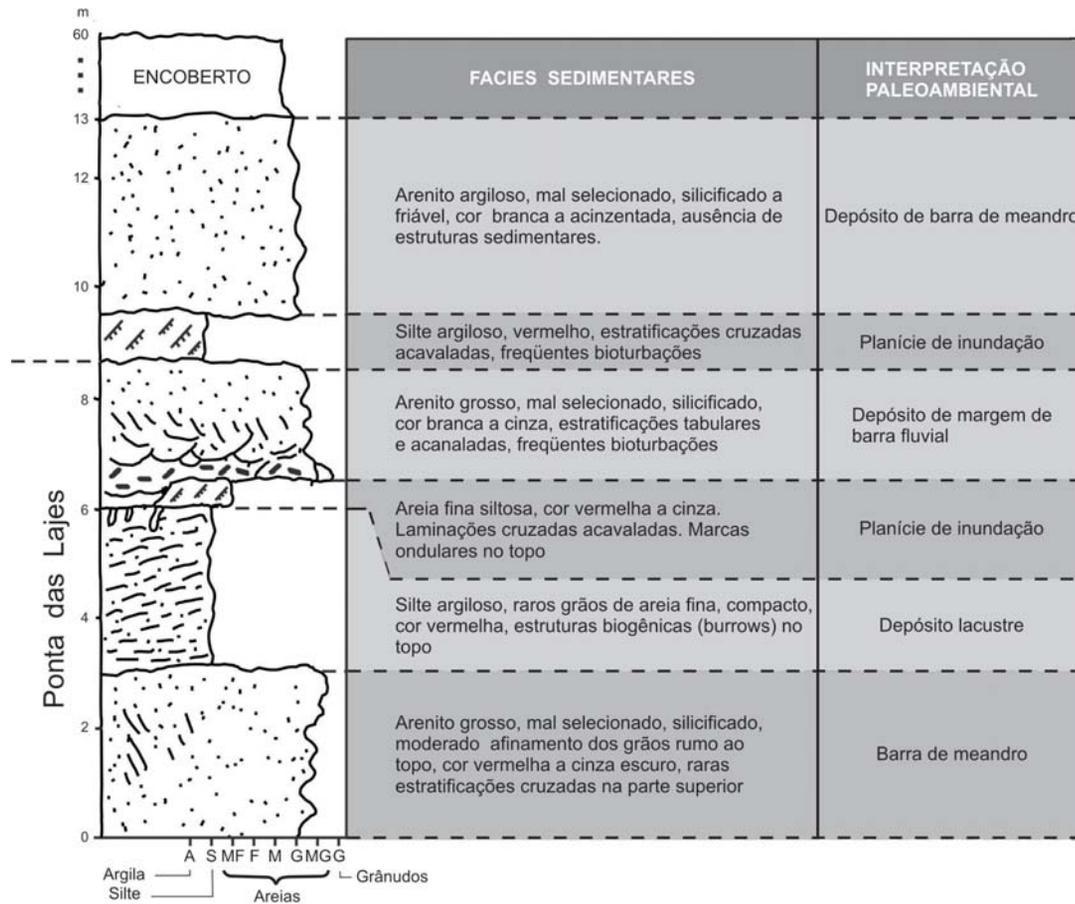


Figura 6 - Coluna estratigráfica composta da Formação Alter do Chão em Ponta das Lajes.

Figure 6 - Composed stratigraphic column of Alter do Chão Formation at Ponta das Lajes.

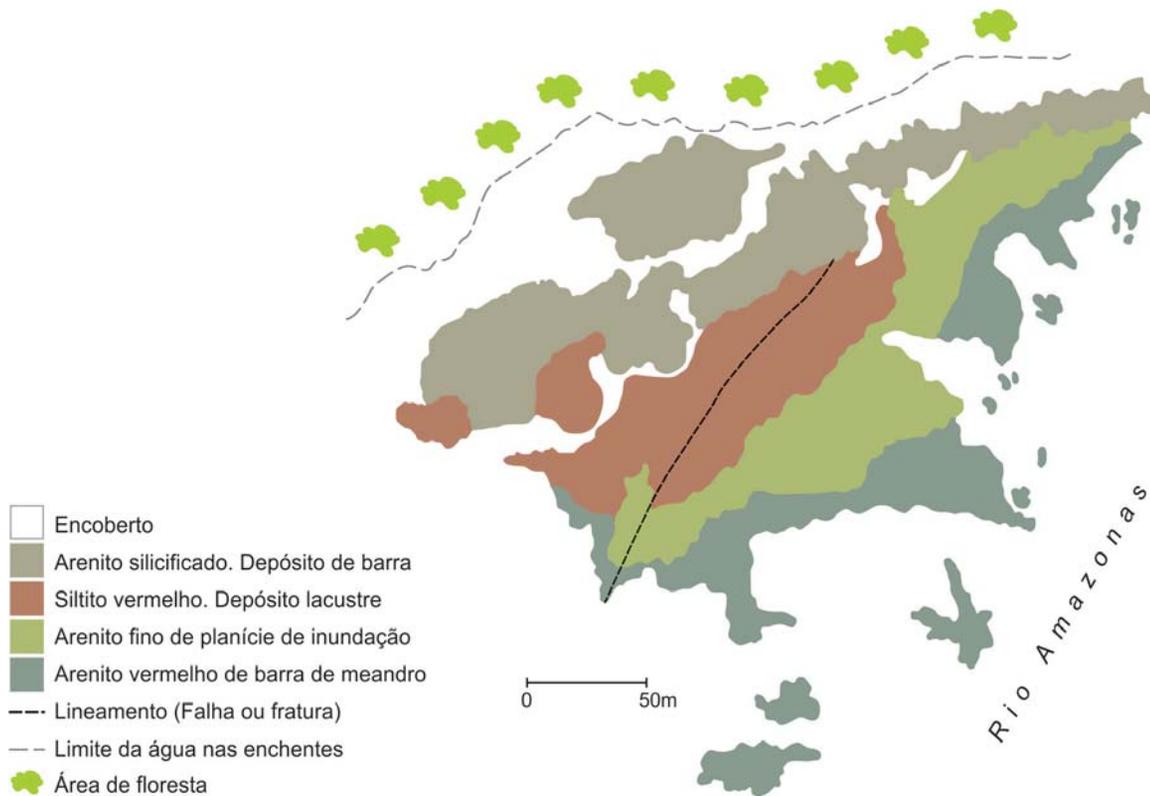


Figura 7 - Esboço geológico da Ponta das Lajes mostrando a localização das fácies sedimentares presentes na área. Notar o lineamento central de direção N30 E.

Figure 7 - Geologic sketch of the Ponta das Lajes showing the position of the sedimentary facies found in the area. Note the central linear N30E direction structure.

**Fácies 1** – A forte estiagem de 2010 que abaixou consideravelmente o nível das águas do Rio Amazonas deixou à vista um espesso pacote de arenito silicificado, mal selecionado, cor vermelha, com raras estratificações cruzadas tabulares no topo e lento decréscimo do tamanho dos grãos para cima. A considerável espessura, a textura da rocha, a ocorrência de raras estratificações cruzadas concorrem para atribuir a origem de barra a este depósito.

**Fácies 2** – Segue acima, em contato brusco, camada de siltito argiloso, compacto, raros grãos de areia fina, cor avermelhada. Não apresenta estruturas o que indica uma sedimentação lenta, contínua, com aporte constante (área fonte sem perturbações), em ambiente de águas calmas, provavelmente em fundo de lago. Em determinado momento este ambiente ficou exposto ao ar o que é comprovado por marcas de ressecamento e *slickensides* pedológicos na superfície do topo. (Fig. 8). Os *slickensides* são, em maioria, concêntricos formando bacias com formas elipsoidais com 30 a 40 cm de diâmetro maior e profundidade de 10 a 30 cm. As paredes laterais mostram estrias de fricção concêntricas, cobertas por películas de material branco que resulta da alteração das argilas. No complexo as partes salientes na superfície são encurvadas, dando um aspecto mamelonado ao conjunto.

Notáveis nessa camada são as formas de macro traços fósseis que ocorrem na parte superior. São paleo-

tocas (*burrows*) preenchidas que ocorrem na camada de siltito no contato com o arenito superposto. O exemplar maior (Fig. 9) tem forma de bota com cerca de 80 cm de comprimento, dos quais 60 cm *in situ*, visto que a parte superior está sendo erodida pela águas do Rio Amazonas.

A seção transversal superior apresenta forma circular, levemente elipsoidal, com diâmetro de até 28 cm. Este icnofóssil ocorre verticalizado e preenchido com o mesmo material da rocha encaixante, destacando-se devido à ocorrência de película de argila branca que envolve a estrutura toda. Internamente ocorrem divisões horizontais também marcadas por película de argila branca. As quebras da parte superior da estrutura ocorrem ao longo destas divisões. No corte da mesma camada foram encontrados numerosos *burrows* do mesmo tipo, de menor tamanho, gerados verticalmente, com comprimento máximo de 40 cm. O preenchimento destes, à diferença da estrutura precedente, consiste de arenito grosso, mal selecionado e com grânulos, correspondente à sedimentação da camada superior. Alguns destes vestígios ainda possuem forma aproximada de bota, outros se apresentam deformados, (Fig. 10) devido à compactação/desidratação diferencial ou à neotectônica.

Nestas paleotocas preenchidas, o contato com a rocha encaixante, siltito vermelho, é nítido, mas nota-se ao redor da estrutura um halo de descoloração por redução e dissolução do pigmento ferruginoso do siltito devido à reação



**Figura 8** - Topo da unidade inferior: estrutura “mamelonada” (~30-40cm) da superfície; pequenas bacias formadas por *slickensides* concêntricos.

**Figure 8** - Top of the lower unity: “mamillanary” structure (ca. 30-40cm) of the surface; small basins formed by concentric slickensides.

da água que penetra com mais facilidade no arenito do preenchimento em razão da permeabilidade. As camadas do preenchimento interno, também são subdivididas em setores horizontais que são destacados e modificados, provavelmente durante a compactação ou pelas ações da



**Figura 9** - Icnofóssil decimétrico (~80 cm de comprimento) de possível toca preenchida na camada de siltito vermelho.

**Figure 9** - Decimetric ichnofossil (ca. 80 cm long) of possible burrow filled in red siltstone layer.



**Figura 10** - Icnofóssil (paleotoca) deformado, com preenchimento de arenito.

**Figure 10** - Deformed ichnofossil (burrow), filled by sandstone.

neotectônica durante ou depois da litificação. Acredita-se que estas tocas foram escavadas quando o sedimento encontrava-se friável e a superfície em contato com o ar, servindo estas tocas como refúgios, inclusive para se abrigar e proteger em períodos de forte calor.

De acordo com Miller *et al.* (2001) icnofósseis, (paleotocas - burrows) gigantes, similares aos encontrados na Ponta das Lajes, são muito raros. Até o momento foram encontrados em uma formação triássica da Bacia do Karoo, África do Sul (Groenevalg *et al.*, 2001), onde associados às escavações foram também encontrados os esqueletos dos animais produtores, e, em depósitos de uma unidade triássica da Antártida; Miller *et al.* (2001) atribuíram às formas gigantes por eles estudadas à escavações feitas por vertebrados tetrápodes. Não é fácil a identificação das estruturas da Ponta das Lajes, visto que não foram encontrados os animais que as originaram. Mas coube a Price (1960) detectar raros restos fósseis da Formação Alter do Chão através de dentes de répteis Theropoda, em um testemunho de sondagem da mesma formação perfurado a cerca de 150 km ao sul da Ponta das Lajes. Provavelmente

os fósseis estudados por Price têm relação com os traços fósseis gigantes da Ponta das Lajes, que continuam sendo objeto de investigação (Franzinelli & Igreja, 2010).

**Fácies 3** – Em contato brusco segue uma camada de até 50 cm de espessura de arenito muito fino, siltoso, que cobre a camada inferior na parte sudeste da Ponta (Fig. 7). Apresenta cor avermelhada, grãos bem selecionados, laminação rítmica ressaltada pela diferença de cores, branco e roxo. A laminação apresenta-se ora plano-paralela, ora ondulada, ora lenticular com lamina cruzadas por migração de marcas ondulares. Em alguns locais da superfície do topo ocorrem marcas ondulares assimétricas (Fig. 11a) com distância entre as cristas de 7 a 8 cm e profundidade dos vales de 1 cm, com cristas tendendo ao tipo linguóides, marcando o sentido da corrente de NW para SE. Próximas ocorrem marcas ondulares rombóides (Fig. 11b) que formam reticulado regular de quadriláteros de 3 a 4 cm de lado. São losangos de vértices agudos apontando para a direção da corrente que as originou, para o sentido NW, formados pelo efeito do vento sobre uma lamina de água muito fina (máximo 1 cm) movimentada por fluxo muito rápido. Não foram observadas bioturbações nesta unidade. Este pacote representa fácies de planície de inundação, com oscilação de lamina de água rasa mudando de direção e movimentando os sedimentos.

**Fácies 4** – Na parte próxima ao pé do morro (Fig. 7), acima da camada de siltito vermelho, ocorre unidade de arenito grosso com grânulos, mal selecionado, cor cinza amarelada, em parte endurecido pela silicificação, indicando mudança brusca do ambiente de sedimentação. Na parte central da Ponta, onde a espessura diminui até a camada desaparecer, no contato com a unidade inferior, os grânulos e seixos estão misturados com pelotas de argila vermelha de tamanho até 8 ou 9 cm e forma elipsoidal. Em alguns locais esta camada apresenta estratificação cruzada acanalada, com lamina de até 1 cm de espessura inclinadas de 30° e direção NE/SW. Numerosas cavidades verticalizadas, centimétricas, devidas a bioturbações, estão associadas a esta unidade (Fig. 12).

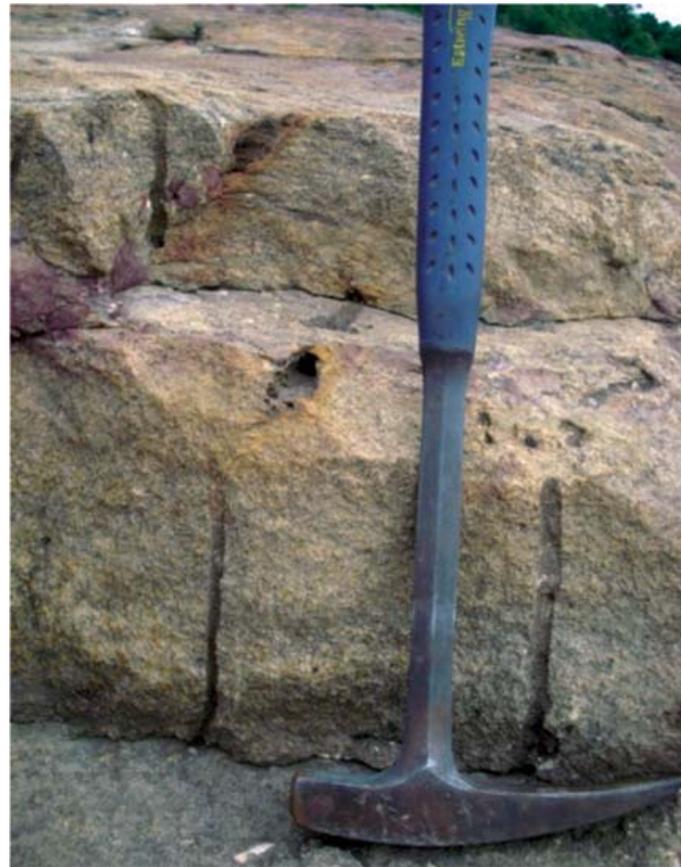
Este arenito é resultado de deposição de terminação de barra de canal em ambiente de rio anastomosado-entrelaçado.

Essas fácies repetem-se na subida do morro, mostrando recorrências no ambiente de sedimentação.



**Figura 11** - Marcas ondulares de corrente e oscilação em planície de inundação: **(a)** Assimétricas; **(b)** Rombóides. Este tipo de marcas se desenvolve por efeito de correntes de alta velocidade sobre fina lamina de água de 1 cm ou menos (Reineck & Sing, 1973).

**Figure 11** - Current and oscillation ripple marks in floodplain: **(a)** Asymmetrical ripple marks, **(b)** Rhomboid ripples developed under high velocity and very thin, 1 cm or less, layer of water of currents (Reineck & Sing, 1973).



**Figura 12** - Estrutura vertical, regular: biogênica.

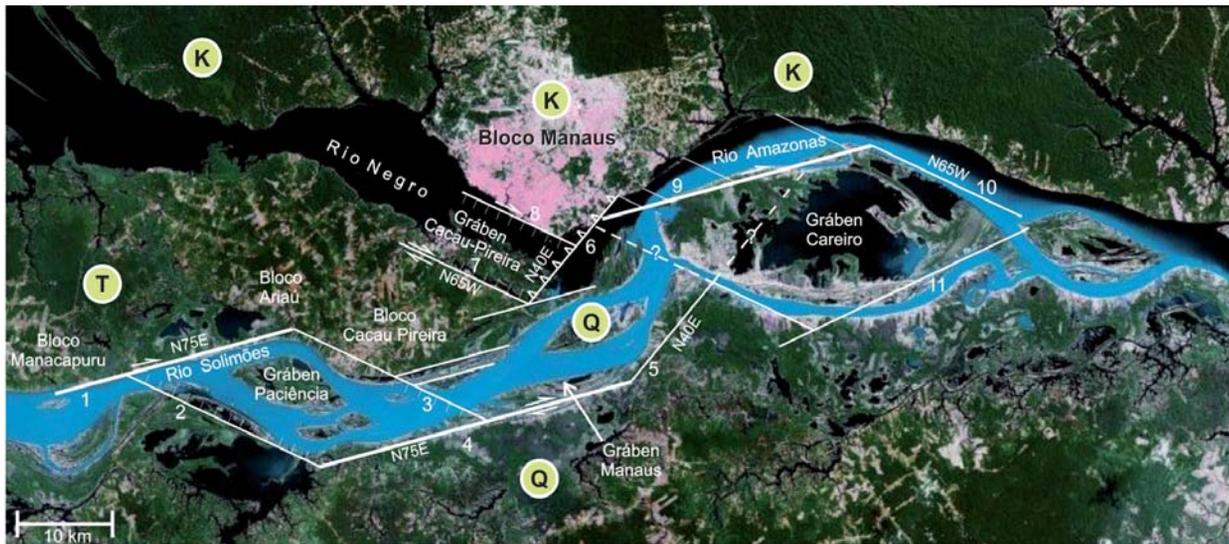
**Figure 12** - Vertical structure, regular: biogenetic.

### Estruturas Tectônicas

A Formação Alter do Chão sofreu várias e bem evidenciadas fases de movimentação neotectônica, relacionada com o tectonismo andino, propiciando a inversão da drenagem na Amazônia que mudou para leste deixando de escoar para o oeste em direção ao Pacífico.

Situado na zona principal de deformação terciária, coincidente com a faixa central da Bacia Amazônica (Igreja, 1998), o afloramento da Ponta das Lajes assume grande importância visto que ocorre no cruzamento dos *trends* neotectônicos N40E e N65W que, juntamente com a direção N75E, são os principais *trends* dos lineamentos e das falhas e fraturas em toda a faixa central da Bacia Amazônica. A estes lineamentos tectônicos relaciona-se a origem dos *grabens* Paciência, Manaus e Careiro (Fig. 13), onde ocorre a sedimentação quaternária da planície amazônica nesta parte da bacia (Igreja e Franzinelli, 2007). Eles marcam também as direções dos últimos trechos dos rios e definem a posição e amplitude do ângulo da união do encontro das águas. As estruturas tectônicas (fraturas e/ou falhas) que ocorrem no afloramento da Ponta das Lajes estão relacionadas com essa tectônica.

As estruturas de sobrecarga com formas circulares dos arenitos desenvolvidas na camada siltítica vermelha (Fig. 14) são ricas em estrias centrípetas indicando movimentação vertical.



- |   |  |               |              |              |                    |           |               |                    |           |             |  |               |             |
|---|--|---------------|--------------|--------------|--------------------|-----------|---------------|--------------------|-----------|-------------|--|---------------|-------------|
| <p><b>Q</b> Quaternário. Areias, siltes e argilas inconsolidadas da planície do Rio Solimões-Amazonas</p> <p><b>T</b> Terciário, Formação Solimões. Argilitos siltosos avermelhados.</p> <p><b>K</b> Cretáceo Superior. Formação Alter do Chão. Arenitos e argilitos vermelhos, subordinadamente conglomeráticos, friáveis, associados a horizontes silicificados (Arenito Manaus).</p> | <p><b>Zonas de falha:</b></p> <table border="0"> <tr> <td>1- Iranduba</td> <td>4- Manaquiri</td> <td>8- Educandos</td> </tr> <tr> <td>2- Paciência Oeste</td> <td>5- Curari</td> <td>9- Terra Nova</td> </tr> <tr> <td>3- Paciência Leste</td> <td>6- Aleixo</td> <td>10- Marimbá</td> </tr> <tr> <td></td> <td>7- Paricatuba</td> <td>11- Careiro</td> </tr> </table> | 1- Iranduba   | 4- Manaquiri | 8- Educandos | 2- Paciência Oeste | 5- Curari | 9- Terra Nova | 3- Paciência Leste | 6- Aleixo | 10- Marimbá |  | 7- Paricatuba | 11- Careiro |
| 1- Iranduba   | 4- Manaquiri   | 8- Educandos  |              |              |                    |           |               |                    |           |             |  |               |             |
| 2- Paciência Oeste  | 5- Curari  | 9- Terra Nova |              |              |                    |           |               |                    |           |             |  |               |             |
| 3- Paciência Leste  | 6- Aleixo  | 10- Marimbá   |              |              |                    |           |               |                    |           |             |  |               |             |
|   | 7- Paricatuba  | 11- Careiro   |              |              |                    |           |               |                    |           |             |  |               |             |

**Figura 13** - Mapa-imagem das feições da neotectônica na região do Encontro das Águas (Modificado de Igreja & Franzinelli, 2007).

**Figure 13** - Image-map of the neotectonic features in the Waters Junction region (Modified from Igreja & Franzinelli, 2007).

A camada superior, de arenito grosso, por ser mais rúptil, é a que mais apresenta as fraturas e falhas neotectônicas. Esta unidade exibe estratificação cruzada cortada por juntas verticais paralelas de direção geral N40W que é posterior a um sistema conjugado mais antigo de direção N20E provavelmente cretácico (Fig. 15), que indica um tensor tectônico em N10W. Ainda na camada do arenito destaca-se um sistema de juntas e microfalhas ortogonais (Fig. 16) de direção N80E-N10W, interpretado como sendo devidas a um evento vertical de complexa evolução tectônica na região. O último sistema de juntas neotectônicas mais jovens e em atividades se destaca nos arenitos devido ao seu padrão escalonado. Os quatro sistemas de juntas evidenciam “passos” tectônicos recorrentes sin e pós deposicionais nas rochas da Ponta das Lajes que tornam difícil a interpretação da evolução tectônica da Formação Alter do Chão nessa região.

**Sítio Arqueológico da Ponta das Lajes**

A forte estiagem de 2010 na Amazônia levou a descoberta de importante sítio arqueológico na Ponta das Lajes. Trata-se de sítio arqueológico de tipo petroglifo, com



**Figura 14** - Estruturas de sobrecarga: grandes bolas de arenito que afundam no contato com a camada de siltito inferior.

**Figure 14** - Overload structures: large sandstone balls that sink in contact with the lower layer of siltstone.



**Figura 15** - Sistema de juntas verticais paralelas de direção geral N40W com pequeno rejeito levógiro deslocando junta de 1ª geração de direção N20E, mostrando dois pulsos tectônicos, sendo o mais antigo, provavelmente, cretácico.

**Figure 15** - System of vertical joints parallel to the general direction N40W with small left strike slip shifting N20E joint of 1<sup>st</sup> generation, showing two tectonic pulses, the oldest being, probably, cretaceous.



**Figura 16** - Juntas/falhas escalonadas que comprovam a tectônica direcional.

**Figure 16** - Joints/faults in "echelon" that confirm the directional tectonics.

gravuras rupestres executadas sobre blocos através de diferentes técnicas como a percussão e a incisão (Lima, 2011). Os temas são, na maioria, antropomorfos (faces humanas), (Fig. 17) embora apareçam também figuras zoomórficas e geométricas. Além disso, bacias, sulcos

e cúpulas de polimento ocorrem às centenas em toda área, calculada em 5.000 m<sup>2</sup>, na orla sul oeste das rochas da Ponta das Lajes. (Fig. 18) A suposta idade da cultura deste sítio é entre 2.000 e 7.000 anos, de acordo com Phillips (2010).



**Figura 17** - Gravura facial antropomórfica em painel inciso. À direita, face antropomorfa em painel picoteado (Modificada de Lima, 2011. Foto: Valter Calheiros, 15/11/2010).

**Figura 17** - Anthropomorphic face etching on engraved panel. On the right anthropomorphic face on carved panel (Modified from Lima, 2011). Photo by Valter Calheiros, 15/11/2010.



**Figura 18** - Sítio arqueológico no afloramento arenoso da base da sequência da Ponta das Lajes (Foto: Valter Calheiros, 15/11/2010).

**Figura18** - Archaeological site on the sandy outcrop of the Ponta das Lajes basal sequence (Photo by Valter Calheiros, 15/11/2010).

## O ENCONTRO DAS ÁGUAS

### Introdução

O Rio Amazonas nasce no Peru, nos Andes, sendo o mais extenso rio do mundo, mas com esta designação, para os brasileiros nasce do encontro das águas escuras do Rio Negro com as águas brancas do Solimões próximo a cidade de Manaus (Fig. 4). O Rio Negro, afluente da margem esquerda do Solimões, tem suas nascentes nos Llanos da Colômbia e procede do Escudo das Guianas.

Recentemente, o Rio Amazonas acaba de ganhar uma certidão de nascimento. De fato, de acordo com Figueiredo *et al.* (2009), os resultados de análises de sedimentos e de fósseis de amostras de poços perfurados no delta do Rio Amazonas mostram que no Mioceno Médio havia um pequeno riacho que drenava para a parte oriental da região amazônica. Na parte ocidental, hoje ocupada pelos estados do Acre e Amazonas, Peru e Colômbia, havia uma grande área alagada. Separando as duas áreas havia uma região um pouco mais elevada, ao oeste da cidade de Manaus. Conforme os mesmos autores, a situação começa a mudar com o soerguimento dos Andes ao oeste e com a descida do mar ao leste, por causa do aumento do manto do gelo nas calotas polares. Estes dois processos, que terminaram no início do Mioceno Superior, fizeram com que os lagos do lado oeste fossem conectados ao riozinho do lado leste. Entre o Mioceno Médio e o Superior, os grandes lagos ao oeste da região amazônica foram preenchidos por sedimentos trazidos pelo rio. Como os Andes subiram mais, os sedimentos começaram a chegar em maior quantidade no Oceano Atlântico, obliterando ao leste os lagos ao longo do seu caminho e dando início à deposição do seu delta. No fim do Plioceno e início do Pleistoceno, o rio tornou-se o mais caudaloso do mundo. Deste modo, termina também a tese da existência do “Sanozama” (Figueiredo *et al.*, 2010), ou seja a interpretação que defendia que antes do atual curso de oeste para leste, o Rio Amazonas corria em sentido contrário, do Atlântico ao Pacífico, atribuindo a inversão ao soerguimento do setor norte da Cordilheira dos Andes.

### Influência da Neotectônica no Encontro das Águas

A região da confluência rios Negro e Solimões está localizada na faixa da neotectônica transcorrente que abrange a parte central da Bacia do Amazonas de oeste para leste (Igreja, 1998). O último trecho do Rio Negro desenvolve-se ao longo de um pequeno *graben* de *trend* estrutural N40E e N65W (Fig. 13). O último trecho do Solimões apresenta a direção N40E, quase perpendicular à desembocadura do Rio Negro. A confluência dos rios

ocorre no cruzamento das direções estruturais N40E e N65W. Essas direções, verificadas nas estruturas tectônicas da Ponta das Lajes, também interferem na deposição sintectônica holocênica na Ilha Xiborena, que restringiu a desembocadura do Rio Negro e definiu a amplitude do ângulo da confluência.

### Aspectos Hidrológicos dos Rios e as Cores Diferenciadas dos Dois Fluxos

O regime dos rios da Bacia do Amazonas é governado pela distribuição não uniforme da pluviosidade. Na parte central da bacia a quantidade de chuva alcança 2.500 mm/ano; no nordeste, região da bacia do Rio Negro, chega a 3.600 mm/ano. O canal principal que corre de oeste para leste, quase paralelo à linha do Equador, desfruta de situação geográfica privilegiada, pois as estações de chuva ocorrem em tempos diferentes nos hemisférios sul e norte o que resulta em uma situação de equilíbrio para o aporte das águas no canal principal pelos afluentes das duas margens. Mesmo assim há diferenças do nível da água nas estações de chuva. Esta diferença de nível no Rio Solimões, próximo ao Encontro das Águas, chega a 10 m e a do Rio Negro alcança 16m no Porto de Manaus.

A “água branca” do Solimões deve sua cor e o aspecto turvo aos sedimentos carregados em suspensão: argilas, siltes e areias finas em quantidades de 37 mg/l nas épocas de seca e 165 mg/l nas enchentes de acordo com Sioli (1984), sendo mais turva e densa na época de enchente. Entretanto, a grande quantidade de ácidos húmicos que provêm da decomposição da matéria orgânica e os óxidos de ferro dissolvidos conferem a acidez (Fig.19) e a cor marrom avermelhada às águas do Rio Negro.

O gradiente do canal do Solimões desde a confluência com o Ucajali no Peru é de 1 cm/km na estação de seca e quase o dobro, 2 cm/km na estação das águas altas (Sioli, 1984). Apesar disso a velocidade é de 0.5-1 m/s até 2.5 m/s (Fig. 19). Isso é explicado pela quase ausência de atrito da grande massa de água no leito e nas margens da grande seção transversal. A água do curso inferior do Rio Negro tem velocidade muito baixa, chegando a ser represada em algumas épocas do ano durante o pico máximo do Solimões, dando aspecto de grande lago a esse trecho de rio. A quantidade de sedimentos trazidos pelos dois rios (Fig.19) varia muito de acordo com Forsberg *et al.* (1988). A causa disso resulta das diferentes condições climáticas, de relevo e de tipos de rochas nas respectivas áreas fontes (Potter & Franzinelli, 1984). A contribuição dos sedimentos em solução do Rio Negro é proporcionalmente muito maior. Os sedimentos de fundo na confluência, de acordo com Mertes & Meade (1985), consistem de areias finas e médias, entretanto Nordin *et al.* (1976) citam também areias grossas e grânulos nestes sedimentos. De acordo

com Sioli (1984), a temperatura da água do Solimões (Fig. 19), permanece durante o ano em 29°C, podendo ter variação de 1°C para mais ou para menos, sendo mais fria que a temperatura da água do Rio Negro, que é da ordem de 30° a 31° C. Devido a essas diferenças na confluência, a água do Solimões, a mais fria, fica por baixo da água mais quente, tingida, porém transparente, do Rio Negro, proporcionando grandes manchas escuras na água clara e dificultando a mistura entre as duas.

cia do Rio Negro e Solimões é de cerca de 90°. A largura do Solimões é de 2 km e a do Negro é de cerca de 3 km. Próximo da confluência o leito do Rio Negro apresenta uma fossa onde o rio alcança a profundidade de 90 m, provavelmente por efeito da erosão preferencial em linha de falha (Fig. 20b). A barra da confluência, Ilha Xiborena, é constituída de bancos alongados, recurvados; os mais afastados da margem atual que são os mais antigos, dispostos na direção NE/SW, e os sucessivos mudando

VARIÁVEIS	RIO SOLIMÕES	RIO NEGRO
Área da bacia	2.200.000 km <sup>2</sup>	600.000 km <sup>2</sup>
Relevo nas nascentes	4.500-6.000m a.n.m. (c)	160-700m a.n.m. (c), (d)
Distancia das nascentes	mais de 3.000 km	mais de 1.000 km
Extensão media do canal	2-5 km	3-20 km (Baixo Rio Negro)
Profundidade media	25-35 m	20-30 m (90 m próximo a confluência)
Descarga liquida media	20.000m <sup>3</sup> /s	30.000 m <sup>3</sup> /s
Ph	6.2-7.2	3.8-4.9
Descarga solida total	700 X 10 <sup>6</sup> mt/y	6 X 10 <sup>6</sup> mt/y (a)
Material em solução	205 X 10 <sup>6</sup> t/y	5.7 X 10 <sup>6</sup> t/y (b)
Sedimentos de fundo	Areia	Argila
Velocidade da corrente	0.5-1 m/s, 2.2-2.5m/s (nas cheias)	1cm/s
Temperatura	29±1 grau	30±1 grau

**Figura 19** - Dados da hidrologia, hidroquímica e sedimentologia dos rios Solimões e Negro: (a) Forberg *et al.*, 1988. (b) Martinelli *et al.*, 1988. (c) Sioli, 1984. (d) Projeto Radam 1973 (Modificado de Franzinelli, 2009).

**Figure 19** - Data of the hydrology, hydrochemistry and sedimentology of the Negro and Solimões rivers: (a) Forberg *et al.*, 1988. (b) Martinelli *et al.*, 1988. (c) Sioli, 1984. (d) Projeto Radam 1973 (Modified from Franzinelli, 2009).

### Características do Ponto da Confluência

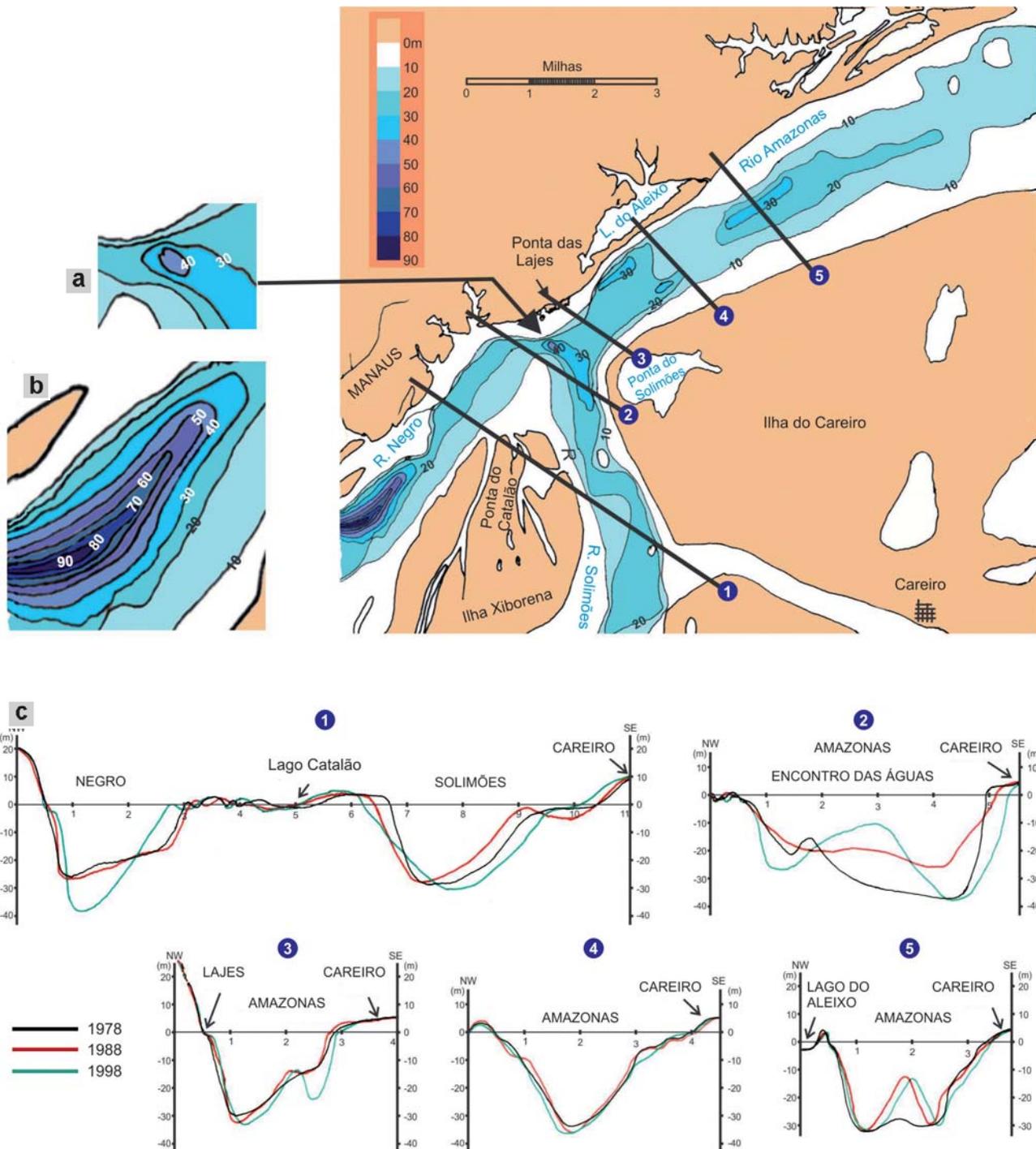
As confluências de rios são locais onde muitas vezes ocorrem mudanças repentinas da vazão devido à integração de dois fluxos diferentes, variação de concentração de sedimentos em suspensão e alteração da composição da carga de fundo, geralmente provocando consideráveis transformações morfológicas no canal resultante. De acordo com Best (1988) e Bristow (1993), a morfologia do canal na confluência de rios é caracterizada por três elementos distintos: uma queda rápida com aspecto de avalanche na superfície do leito de cada tributário imediatamente a montante da confluência, um sulco de erosão (*scour*) no ponto da confluência e a formação de barras à jusante. De acordo com os mesmos autores esses elementos são controlados predominantemente pelo ângulo da confluência e a razão da descarga entre o canal principal e os tributários.

Procuramos aplicar estes princípios ao Encontro das Águas, destacando que raras são as investigações deste tipo em grandes rios (Parson *et al.*, 2008). Analisando mapas, imagens do Projeto Radam e cartas náuticas da Marinha, nota-se que a abertura do ângulo da confluência

vagarosamente de direção, até alcançar a direção atual N/S (Fig. 4). O conjunto desses bancos apresenta-se com aspecto de leque com o ápice na margem do Rio Negro e a abertura na margem do Solimões. Isto indica a mudança no tempo do ângulo da confluência, de 15° até os 90° da situação atual. Remanescentes de barras com direção de 90° ocorrem na Ilha Xiborena na margem do Rio Negro, truncados pelas longas barras de direção N40E, (Fig. 4) mostrando que o ângulo da confluência e, em consequência, o percurso do rio sofreram sucessivas fases de mudança durante a sua existência. Não temos dados cronológicos dessas modificações, mas, sem dúvida, essa situação está ligada à evolução da região do Baixo Rio Negro no Holoceno (Latrubesse & Franzinelli, 2005) junto com as ações locais da neotectônica. A Ponta do Catalão, extremidade da barra da confluência, de acordo com perfis batimétricos obtidos de dados de cartas náuticas de três décadas, 1978, 1988, 1998, (Fig. 20c) apresenta aumento de superfície e variação de forma com deslocamento para SE. Na frente dessa barra ocorre o sulco de erosão, que, de acordo com Bristow *et al.* (1993) é uma feição que produz a mais profunda erosão no leito do canal. A sua profundidade

está relacionada à amplitude do ângulo da confluência, à largura e profundidade dos canais confluentes, à sua descarga total. De acordo com as figuras dos perfis batimétricos transversais do leito (Fig. 20a) o sulco de erosão do Amazonas chegou a profundidades de 34 m em 1978, 43 m em 1988 e 40 m em 1998, correspondendo a até duas vezes a profundidade média dos tributários na área

do Encontro. A localização do sulco de erosão mudou no tempo, de 1978 a 1998, de acordo com os dados da Marinha, passando dos arredores da costa oeste da Ilha do Careiro (Fig. 20a) para a margem norte do Amazonas, próximo à Ponta das Lajes. A forma do sulco é irregular, de semicircular a arredondada, (Fig. 20a), oscilando em torno da posição da bissetriz do ângulo da confluência.



**Figura 20** - Mapa batimétrico da área de confluência dos rios Negro e Solimões (Dados de batimetria da Carta da Marinha N. 4 106B). Nos detalhes: (a) Sulco de erosão; (b) Trecho do Rio Negro próximo à boca; (c) Perfis batimétricos anuais referentes à três décadas, 1978-88-98, mostrando as mudanças – erosão ou deposição- na morfologia do leito dos rios nesse período (Equidistância das curvas é de 10 m).

**Figure 20** - Bathymetric map of the Negro and Solimões rivers confluence area. (Data from the Chart of the Marine Naval Service N. 4 106B) In detail: (a) Scour ; (b) Negro river interval close to the mouth; (c) Annual bathymetric profiles referred to three decades, 1978-88-98, showing the changes, erosion or deposition, of the river bed in this period (Equidistance curves of 20 m).

Nota-se que próximo à Ponta das Lajes, no leito do Amazonas ocorre uma fossa paralela à margem, com profundidade de 33-31 m e comprimento de 3-4 km, independente do sulco de erosão, a não ser que, de acordo com os dados batimétricos de 1988, o sulco tivesse tido continuação nessa fossa naquele período. De acordo com Bristow & Best (1993) o local e a profundidades máximas do sulco variam em condições de desequilíbrio do sistema quando a descarga se torna irregular. No caso do Amazonas, essas mudanças provavelmente mostram as variações sazonais da descarga total, ou podem refletir as variações da descarga sólida, seja devido ao desmatamento na bacia, seja devido a períodos de influência de El Niño ou, ainda, às ações desses dois fatores em conjunto, o que está sendo investigado.

O leito do rio apresenta algumas irregularidades a jusante do sulco de erosão. Na altura da Ponta das Lajes o canal fica limitado entre o afloramento das rochas silicificadas e a margem norte da Ilha do Careiro, alcançando 2 km de largura. As águas brancas e escuras não se misturam logo, os fluxos seguem separados, provavelmente devido ao fluxo laminar, durante dezenas de quilômetros (Fig. 4). Sedimentos trazidos pelo Rio Amazonas são depositados e retrabalhados na margem norte da Ilha do Careiro ou margem direita do Amazonas. Na margem esquerda do rio as rochas da Ponta das Lajes estão sofrendo lenta erosão devido à ação das ondas originadas pela passagem dos grandes navios de turismo ou de carga, possibilitando, a cada estação de seca, a eventual observação de novas estruturas da Formação Alter do Chão.

### SINOPSE SOBRE A ORIGEM E EVOLUÇÃO DO SÍTIO E SUA IMPORTÂNCIA

As rochas da Ponta das Lajes, com cerca de 70 milhões de anos, testemunham, através de suas fácies litológicas, estruturas sedimentares, tectônicas e paleontológicas, importantes eventos de mudanças climáticas e tectônicas no local da sedimentação e/ou na área fonte, de tipos e regimes de transporte e de deposição variáveis, que provocaram o arranjo de diferentes sub-ambientes ou fácies dentro do ambiente fluvial que deu origem à Formação Alter do Chão.

Na base, um espesso pacote de arenito grosso mal selecionado, aflorando graças à intensa seca de 2010, é interpretado como sendo depósito de barra de meandro. O siltito vermelho que cobre esse arenito foi depositado em um vasto lago raso, com aporte constante de material, o que indica condições de calma tectônica nas áreas fonte e da deposição durante a sedimentação. Climas mais secos, ou lento tectonismo regional, ou o conjunto dos dois, provocaram a secagem do lago. Na parte leste

permaneceu uma lamina de água, que, provavelmente movimentada pelo vento, produziu marcas ondulares de oscilação nas areias finas laminadas que ocorrem em parte da superfície da Ponta. Esta fácies, provavelmente, formava a continuação de uma planície de inundação de grande área que foi levada pela erosão lateral ou ativada pela tectônica de blocos soerguidos. Importantes formas de vida se desenvolveram neste período. Prova disso são as paleotocas (*burrows*) decimétricas escavados por vertebrados nos depósitos lacustres que as ocupavam para se defender de predadores ou em momentos de climas adversos. Havia outras formas de vida que deixaram traços de vários tipos e também desenvolvimento de vegetais como atestam as ocorrências de polens descritos por Daemon (1975). O contato do arenito grosseiro sobreposto ao siltito é brusco. Não existem no contato restos do arenito fino de planície de inundação na parte oeste da Ponta, mostrando que não houve deposição deste naquela área. As estruturas de sobrecarga no contato com o siltito vermelho mostram que o arenito foi impulsionado por movimentos repentinos de massa pelas águas sob regime torrencial sobre o siltito que ainda se encontrava em estado fluido, formando depósito de barra no canal do rio entrelaçado. A evidência da chegada repentina de fluxo trazendo o arenito é corroborada pelo preenchimento de algumas das escavações de animais por este arenito grosso e pelas estruturas de sobrecarga no siltito. A estratificação cruzada tabular com ângulo de mergulho de 30 graus para SE na base do arenito, muda, na parte superior da unidade para acanalada, mostrando mudança no regime do rio que a originou. Na encosta do morro atrás da Ponta ocorre siltito vermelho com estratificações cruzadas acanaladas, marcas ondulares e bioturbações, seguido por camada de arenito, mostrando que havia mudanças, ora contínuas, ora rítmicas, no ambiente de sedimentação.

Ao término da deposição da Formação Alter do Chão houve um longo hiato na sedimentação, ficando a formação exposta à erosão e aos numerosos abalos da neotectônica que agiu com movimentos verticais e horizontais separando blocos ora subsidentes ora inclinados (Iriando & Suguio, 1981), sobre os quais ocorreu e ocorre a sedimentação quaternária depois do estabelecimento do curso do Rio Amazonas de oeste para leste no pós Terciário. Por esta razão, devido ao abatimento por falhamentos das rochas da Formação Alter do Chão pelas ações da neotectônica, a Ilha do Careiro, na frente das Lajes, é constituída de sedimentos quaternários. Faltam estudos sobre a espessura desses depósitos, mas, de acordo com os dados cronológicos existentes (Absy, 1979; Latrubesse & Franzinelli, 2002), os sedimentos são muito jovens e a velocidade de sedimentação calculada é de 1 a 7 mm por ano (Franzinelli & Ori, 1988). Esta sedimentação rápida,

afetada pelas mudanças do nível de base durante a época pós-glacial e a atual, foi e é responsável pelo bloqueio das águas do Rio Negro e a formação dos bancos da Xiborena, derivados de sucessivos depósitos de diques depositados de acordo com as direções impostas pela neotectônica, dando origem ao importante fenômeno do Encontro das Águas.

A importância do sítio da Ponta das Lajes e Encontro das Águas consiste, então, no fato de a Formação Alter do Chão exibir, nesse local, considerável registro sedimentológico e estrutural da evolução geológica da Amazônia e de seus sistemas lacustres e fluviais. Além disso, as fácies arenosas permeáveis dessa unidade geológica constituem enorme aquífero, sendo considerado o maior reservatório de água subterrânea da América do Sul.

Os antigos habitantes da Amazônia deixaram marcas nas rochas da Ponta das Lajes, quando o nível do Rio Amazonas encontrava-se em cotas mais baixas, que são vistas como belos petroglifos existentes no local. Tudo faz acreditar que o Encontro das Águas, imediato à Ponta das Lajes, já em tempos pré-colombianos era considerado sacro e intocável.

## MEDIDAS DE PROTEÇÃO

O fenômeno do Encontro das Águas dos rios Negro e Solimões ainda é pouco conhecido internacionalmente, embora assuma grande importância para a cultura e história estadual e nacional, e também para a ciência e com grande potencial para o turismo.

A Ponta das Lajes, que faz parte da região do Encontro das Águas, é menos conhecida, visto que emerge das águas do Amazonas somente durante um curto período durante a seca e é unicamente freqüentada por ribeirinhos e pescadores locais. Ao oeste da Ponta das Lajes situa-se a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Nazaré das Lajes, unidade de conservação federal com área de 55 hectares, que foi preservada e recuperada paisagisticamente pela ONG pacifista Soka Gakkai, cuja sede é utilizada para atividades de educação ambiental, visitas comunitárias e pesquisas científicas. Um projeto “Parque do Encontro das Águas” foi encomendado pela Prefeitura de Manaus em 2005, ao arquiteto Oscar Niemeyer, para construção do Memorial das Águas no terraço da terra-firme acima da Ponta das Lajes, com a finalidade de dar impulso ao turismo e à educação ambiental na área do Encontro das Águas e por extensão a região metropolitana de Manaus. Mas, maior atenção à preservação do local foi dada quando, em 2008, surgiu o Projeto do Porto das Lajes, para construção de um porto, empreendimento da empresa Lajes logística Ltda., projeto apoiado pelas empresas do Pólo industrial de Manaus (PIM). Trata-se da construção de um terminal portuário

para grandes navios cargueiros na margem esquerda do Amazonas, logo a jusante da Ponta das Lajes. O projeto prevê a construção de um porto flutuante que se estenderá amplamente muito próximo ao Encontro das Águas, com pátio de mais de 100.000 m<sup>2</sup> na terra-firme. Esse empreendimento ameaça trazer enorme impacto estético-paisagístico para o local, desmatamento da floresta de terra firme e da várzea, possível assoreamento do Lago do Aleixo, contaminação da água afetando a vida aquática, destruição de sítios arqueológicos de altíssima relevância, e também a eliminação mecânica do afloramento da Ponta das Lajes. Em vista disso surgiu o movimento socioambiental Amigos de Manaus formado por artistas, ambientalistas, médicos, estudantes, religiosos, agentes comunitários, professores, jornalistas, donas-de-casa, todos manifestando contra a construção do porto nesse local. Este movimento, com o emblema “SOS Encontro das Águas” organizou e organiza reuniões e assembléias, debates e audiências públicas com participação do Ministério Público Estadual.

A incessante demanda da sociedade determinou, em 2009, o início do processo de tombamento da área do Encontro das Águas, incluindo a Ponta das Lajes, pela superintendência do regional do IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional, que irá realizar um trabalho de fundamentação técnica para auxiliar na delimitação do espaço a ser tombado pelo Governo Federal, o que poderá inviabilizar a construção do Porto das Lajes. O processo final da homologação da área do Encontro das Águas está, no momento, tramitando junto à superintendência nacional do IPHAN, em Brasília. Seguindo a linha dos participantes do movimento SOS Encontro das Águas, também pleiteamos que seja homologada, como área de reserva, a região ao redor da confluência dos rios Negro e Solimões e do primeiro trecho do Amazonas, compreendendo as ilhas Xiborena e do Careiro, e a margem esquerda do Rio Amazonas, incluindo, além da Ponta das Lajes, o Lago do Aleixo, e que seja impedida a programação de portos ou de outros empreendimentos nesta área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Absy, M.L. 1979. *A palynological study of Holocene sediments in the Amazon Basin*. PhD Thesis; University of Amsterdam, 76 pp.
- Bristow, C.S.; Best, J.L.; Roy, A.G. 1993. Morphology and facies models of channel confluences. *Special Publs. International Association of Sedimentologists IAS*. 17, 91-100.
- Caputo, M. V.; 2011. Discussão sobre a Formação Alter do Chão e o Alto de Monte Alegre. *Contribuição à Geologia da Amazônia – Volume 7, 7-23, Belém - PA.*

- Cunha, P.R.; Melo, J.H.G.; Silva, O.B. 2007. Bacia do Amazonas. *Boletim de Geociências, Petrobras*, Rio de Janeiro, 15(2): 227-251.
- Daemon, R.F. 1975. Contribuição a datação da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas. *Rev. Bras. Geoc. Bol.*, 5:78-84.
- DNPM/CPRM. 1984. *Léxico Estratigráfico do Brasil*. Brasília.
- Figueiredo, J.J.P.; Hoorn, C.; van der Vem, P.H.; Soares, E.F. 2010. Sanozama, o fim de um paradigma-ou como o Rio Amazonas se tornou o Rio Amazonas. *Anais 45º Cong. SBG*, pg. 518, Belém do Pará.
- Figueiredo, J.; Hoorn, C.; van der Ven, P.; Soares, E. 2009. Late Miocene onset of the Amazon River and the Amazon deep-sea fan: Evidence from the Foz do Amazonas Basin. *Geology* 37, 619-622.
- Franzinelli, E. 2009. Morphology of the Negro and Solimões Rivers' Confluence (Amazonas, Brazil). *Glocoph Israel* 2009, Program and Abstracts, p.27, University of Haifa.
- Franzinelli, E.; Igreja, H. 2010. New data for the Upper Cretaceous of the Alter do Chão Formation in the central region of the Amazon Basin, International Sedimentological Congress, ISC2010, Mendoza, Ar. CD Rom.
- Franzinelli, E.; Igreja, H.; Rossi, A. 2003. Diagenesi of the Cretaceous Sandstone of the Alter do Chão Formation, Manaus Arenite, Amazon Basin, Brazil. 22nd IAS Meet. of Sedim. Opatija, Abstract Book, 57.
- Franzinelli, E.; Igreja, H. 2002. Modern Sedimentation in the Lower Negro River, Amazonas State, Brazil. *Geomorphology*. 44:259-271.
- Franzinelli, E.; Rossi, A. 1997. Some aspects of Diagenesis of the Manaus Sandstone (Amazon Basin, Brazil). I Cong. Latinoam. de Sedim. Soc. Venez. Geol. Tomo 1, pp. 269-274.
- Franzinelli, E.; Ori, G.C. 1988. Mecanismos de preenchimento dos paleovales quaternários na Amazônia. *Anais VII Cong. Latino-Amer. De Geol. Belém do Pará*, V. 1:399-407.
- Forsberg, B.R.; Martinelli, L.A.; Meade, R.; Richey, J.E. 1988. Sediment delivery rates for the Amazon River and its principal Brazilian tributaries. AGU, Chapman Conference, pp. 77-81.
- Groenevald, G.H.; Welman, J.; Macheacher, J.A. 2001. Vertebrate burrow Complexes from the Early Triassic Cynognathus Zone (Driekoppen Formation, Beaufort Group) of the Karoo Basin, South Africa. *Palaios*, 16:148-160.
- Igreja, H. 1998. *Aspectos do modelo neotectônico na Placa Sul-Americana na Província Estrutural Amazônica*. Tese, DEGEO-UFAM pp. 131.
- Igreja, H., Franzinelli, E. 2007. Aspecto da Neotectônica no Encontro das Águas, E. do Amazonas. SBG/NO, X Simposio de Geologia da Amazônia, Porto Velho, CD-Rom.
- Iriondo, M & Suguio, K. 1981. Neotectonics of the Amazon Plain. *Bulletin INQUA*, Neotectonic Commission 4.72-78.
- Kistler, P. 1954. Historical Resume of the Amazon Basin. *Petrobras/Renor*, Belém, Relatório Interno; Inédito.
- Latrubesse, E.; Franzinelli, E. 2005. The Quaternary evolution of the Negro River, Amazon, Brazil: Implication for island and floodplain formation in large anabranching tropical river. *Geomorphology*, 70:372-397.
- Latrubesse, E.; Franzinelli, E. 2002. The Holocene alluvial plain of the Middle Amazon River, Brazil. *Geomorphology*, 44:241-258.
- Lima, H.P. 2011. Relatório da Visita Técnica ao sítio arqueológico Ponta das Lajes, Relatório para a Superintendência Estadual do Iphan, Manaus, Inédito.
- Martinelli, L.A.; Victoria, R.L.; Forsberg, B.R.; Richey, J.E.; Devol, A.H. 1988. Dissolved load of the Amazon and its main tributaries. AGU, Chapman Conference, pp. 22-25
- Mertes, L.A.K.; Meade, R.H. 1985. Particle size of sand collected from the bed of the Amazon River and its tributaries in Brazil during 1982-84. U.S. Geological Survey, Open File Report 85-333
- Miller, M.F.; Hasiotis, S.T.; Babcock, L.E.; Isbell, J.L.; Collinson, J.W. 2001. Tetrapod and large burrow of Uncertain Origin in Triassic High Paleolatitude Floodplain Deposits, Antarctica. *Palaios*, 16:218-232.
- Nogueira, A.C.R.; Silva Júnior, J.V.C.; Horbe, A.M.C.; Soares, J.L.; Monteiro, A.D. 2003. A gênese dos níveis silicificados da Formação Alter do Chão, Cretáceo Superior da Bacia do Amazonas. SBG/NO Simpósio de Geologia da Amazônia, 8, Manaus, CD-Rom.
- Nordin, C.F.; Meade, R.H.; Mahoney, H.A.; Delaney, B.M. 1977. Particle size of sediments collected from the bed of the Amazon River and its tributaries in June and July 1976. US Geol. Serv. Open-File Rep. & 400, pp 19.
- Parson, D.R.; Best, J.L.; Lane, S.N.; Kostaschuk, R.A.; Hardy, R.J.; Orfeo, O.; Amsler, M.L.; Szuplany, N. 2008. Large River channel confluence. *In: River Confluences, Tributaries and Fluvial Network*. John Wiley and Sons, Ltd. N.Y.
- Phillips, T. 2010. Stone age etchings found in the Amazon Basin as river levels fall. *Guardian*. CO, Rio de Janeiro. UK
- Potter, P.E.; Franzinelli, E. 1985. Fraction Analysis of Modern River Sands of Rio Negro and Solimões. Implication for the origin of quartz rich sandstones. *Revista Brasileira de Geociências*, 15(1): 31-35.
- Price, L.I. 1960. Dentes de Therapoda num testemunho de sonda no Estado do Amazonas. *Anais Ac. Bras. Ciências*, 32(1): 79-84.
- Projeto RADAM. 1972. Mosaico semi-controlado de radar, Folha AS.21-Y-C. DNPM, Brasília.
- Reineck, H.E.; Sing, I.B. 1973. *Depositional Sedimentary Environments*. Springer Verlag, N.Y.
- Rossetti, D.F.; Netto, R.G. 2006. First evidence of marine influence in the Cretaceous of the Amazon Basin. IV Cong. Lat.am. de Sedim. Resúmenes, pp.199.
- Sioli, H. 1984. The Amazon Limnology and landscape ecology of mighty tropical river and its basin. Dr. W. Jung Publ. Amsterdam.
- Souza, L.S.B. 2006. Mapeamento do aquífero na cidade de Manaus (AM) utilizando perfilagem geofísica de poços e sondagem elétrica vertical. *Rev. Bras. de Geof. Vol. 24 N.3 Resumos de teses e dissertações*.

\* Publicado na Internet em 29/11/2011 no endereço <http://sigep.cprm.gov.br/sitio054/sitio054.pdf>

<sup>1</sup> Av. General Rodrigo Otávio, UFAM – DEGEO. E-mail: elena.franzinelli@gmail.com

<sup>2</sup> Av. General Rodrigo Otávio, UFAM – DEGEO. E-mail: higreja@ufam.edu.br



#### **ELENA FRANZINELLI - GEÓLOGA**

FFCL-USP, 1967 – Mestrado Geologia – FFCL-USP, 1970 – Doutorado Geologia-IG-USP, 1973 – Pós-doutorado Geologia-Geology Department, Indiana University, Bloomington, IN-USA. Professora Titular UFPA, 1974-1976; Pesquisador IDESP, Belém do Pará, 1976-1978; Professora Titular UFAM, Manaus 1978-1997; Professora do Curso de Pós-graduação área Ecologia INPA, 1981-2005. Atualmente colaboradora do Curso de Pós-graduação de Geologia Regional da UFAM. Campos de atuação: Sedimentologia, Estratigrafia, Geomorfologia, Neotectônica, Quaternário da Amazônia. Projeto de Cooperação Internacional CNPq-CNR Brasil-Italia, FUA-Universidade de Modena, 1988-1992; IGCP 281, Climas Quaternários da América do Sul, 1989-1994; Glocoph-INQUA desde 2005; Organização do Simpósio Internacional do Quaternário da Amazônia, 1994. Geólogo do Ano-FUA, SENGE, APROGAM, 2000; Geohost-32 IGC, Firenze, 2004; Homenagem, ABEQUA, Belém, 2007. Autora de numerosos artigos apresentados em congressos e ou publicados em revistas nacionais e estrangeiras

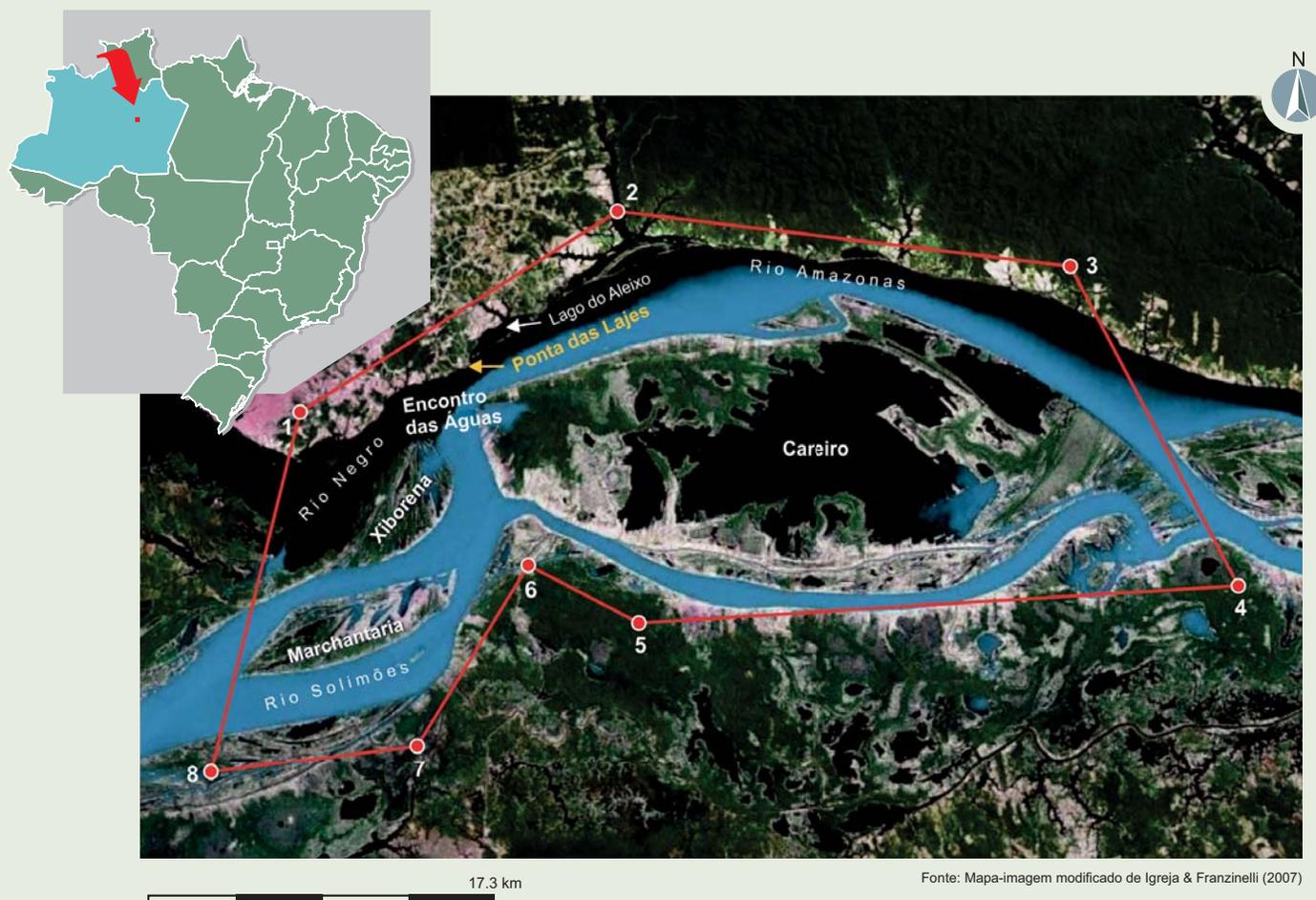


#### **HAILTON IGREJA**

Nasceu em Belém do Pará em 1952, Diplomado Geologia na UFPA onde também fez especialização, mestrado e doutorado (1992). É membro do IGHA, AML, SBGf. Atuou no âmbito de três ministérios: 1) MME como Geólogo da PETROBRÁS e Delegado Federal do Ministério de Minas e Energia no Estado do Pará; 2) MTPS como Conselheiro dos CREAs AM e PA; 3) MEC, na UFAM onde é Professor Titular e leciona Geologia Estrutural, Geotectônica e Neotectônica da Amazônia.

## SIGEP 054 - PONTA DAS LAJES E ENCONTRO DAS ÁGUAS, AM

### PROPOSTA DA ÁREA DE PROTEÇÃO



VÉRTICE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
1	3° 8'9,70"S	59°58'56,12"W
2	3°1'34,46"S	59°49'27,87"W
3	3°3'19,15"S	59°35'16,66"W
4	3°13'14,62"S	59°30'52,34"W
5	3°14'31,81"S	59°48'29,00"W

VÉRTICE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
6	3°12'48,03"S	59°51'53,84"W
7	3°18'4,74"S	59°54'48,90"W
8	3°18'53,58"S	60°0'41,85"W
Ponta das Lajes	3°7'0,85"S	59°54'27,59"W
Encontro das Águas	3°8'37,41"S	59°54'26,78"W

A área de proteção proposta para este sítio abrange a margem esquerda do Rio Negro-Amazonas desde a Ponta Pelada na cidade de Manaus até a localidade Acre em frente à extremidade leste da Ilha do Careiro, o interflúvio com a Ilha Xiborena e a Ilha Marchantaria no Rio Solimões, a margem direita do Solimões e o braço do Solimões ou Paraná do Careiro e a Ilha do Careiro até sua extremidade leste no Rio Amazonas. A margem esquerda do Rio Negro-Amazonas inclui a Ponta das Lajes e outras importantes estruturas que representam o modelo do arcabouço tectônico da Bacia do Amazonas. As Ilhas Xiborena e Marchantaria, formadas de sucessão de bancos de sedimentos, mostram o dinamismo e as transformações do local onde se estabeleceu o Encontro das Águas durante o tempo. A Ilha do Careiro, em frente ao Encontro das Águas, resultado da sedimentação recente sobre blocos da Formação Alter do Chão rebaixados pela neotectônica, deve também ser considerada, pois ainda recebe constantemente a influência das ações dos dois rios pelo Encontro das Águas.

Polígono da área de proteção proposto por: Elena Franzinelli e Hailton Igreja.

Data da proposta: 09/03/2012