

ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO NEÓGENO-QUATERNÁRIO DA PORÇÃO OESTE DA BACIA DO SOLIMÕES, AMAZÔNIA OCIDENTAL

NEOGENE-QUATERNARY STRATIGRAPHIC FRAMEWORK OF THE WESTERN PORTION OF
THE SOLIMÕES BASIN, WESTERN AMAZON

Emílio Alberto Amaral SOARES¹, Stéfano de Mello Antonaccio SANTOS¹, Michele
Andriolli CUSTÓDIO¹, Luis Antonio CASTILLO¹, Jamile DEHAINI², Rodolfo DINO³

¹Universidade Federal do Amazonas. Avenida General Rodrigo O. J. Ramos, 6200, Manaus – AM, Brasil.

E-mails: easoares@ufam.edu.br; antonaccioss@hotmail.com; mcustodio@ufam.edu.br; luiscastillo@ufam.edu.br

²Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas, Avenida Darcy Vargas, 1200, Manaus, Amazonas-Brasil.

E-mail: jdehaini@uea.edu.br

³Departamento de Estratigrafia e Paleontologia - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Rio de Janeiro – RJ, Brasil. E-mail: dino@uerj.br

Introdução
Contexto geológico
Materiais e métodos
Resultados
 Dados litoestratigráficos e padrões geofísicos
 Formação Solimões
 Formação Içá
 Depósitos Quaternários
 Relação de contato entre as unidades
Discussões gerais
Conclusão
Referências

RESUMO - O contexto estratigráfico da porção oeste da Bacia do Solimões, na zona limítrofe entre Brasil, Peru e Colômbia, foi elaborado com base em dados de 9 logs de sondagem (P1 a P9) do Projeto Carvão no Alto Solimões. Com os dados geológicos (testemunhos) e geofísicos (Raios Gama, Resistividade e Potencial Espontâneo) foi elaborada a seção geológica A-A', de direção geral SW-NE, com cerca de 400 km de extensão, onde foram definidas as espessuras e limites das formações Solimões (Mioceno-Plioceno) e Içá (Plioceno-Pleistoceno) e Depósitos Quaternários. A Formação Solimões exibe continuidade lateral nas sondagens P1 a P9 e espessura em torno de 332 metros, sendo constituída por intercalações de pelitos e arenitos, com calcários, linhitos e conglomerados subordinados, que exibem padrões de adelgaçamento, espessamento e interdigitação. A Formação Içá ocorre principalmente na porção leste da seção, sendo predominantemente arenosa, com raras intercalações de pelitos e linhitos e espessura variando entre 30 a 55m, recoberta por delgados depósitos Quaternários, compostos de areia e lama (silte e argila), com espessura de até 16 metros. Perfis geofísicos proporcionaram padrões de eletrofácies e em conjunto com dados litológicos permitiram a individualização dos limites estratigráficos e das litofácies internas, que foram correlacionados nos perfis analisados.

Palavras-chave: Bacia do Solimões. Neógeno-Quaternário. Formação Solimões. Formação Içá. Perfis geofísicos. Eletrofácies.

ABSTRACT - The stratigraphic context of the western Solimões Basin, in the border area between Brazil, Peru, and Colombia, was based on nine (9) wells (P1 to P9) from the *Alto Solimões Carvão Project*. With the geological data (well logging) and geophysical data (Gamma Rays, Resistivity, and Spontaneous Potential) was elaborated the geological section A-A', with SW-NE direction and about 400 km of extension, where was defined the thicknesses and boundaries of Solimões (Miocene-Pliocene) and Içá (Pliocene-Pleistocene) formations and the Quaternary Deposits. The Solimões Formation, exhibits lateral continuity in the P1 to P9 and 332 meters thickness, being comprised by pelites and sandstones interbedded, with limestone, lignites and subordinate conglomerates, that exhibit patterns of thinning, thickening and interdigitation. The Içá Formation occurs in the eastern portion of the section, being predominantly sandy, with rare intercalations of pelites and lignites and thickness varying between 30 to 55m, covered by thin Quaternary deposits, composed by sand and mud (silt and clay), with a thickness of up to 16 meters. Geophysical profiles provided electrofacies patterns and, together with lithological data, allowed the individualization of stratigraphic limits and internal lithofacies, which were correlated in the analyzed profiles.

Keywords: Solimões Basin. Neogene-Quaternary. Solimões Formation. Içá Formation. Geophysical profiles. Electrofacies.

INTRODUÇÃO

A Bacia do Solimões apresenta limites geológicos e estruturais bem definidos, sendo internamente subdividida pelo Arco de Carauari nas sub-bacias do Jandiatuba e Juruá (Caputo & Silva, 1990) (Figura 1). Na sub-bacia de Jandiatuba, foco deste estudo, afloram rochas das formações

Solimões (arenito, argilito e linhito) e Içá (arenito, argilito, linhito e turfa), além de Depósitos Quaternários e Aluvionares (areia, silte, argila e cascalho) (CPRM, 2010).

Estudos geológicos de superfície e subsuperfície nesta sub-bacia não atingiram o nível de

detalhe necessário para a individualização das unidades sedimentares miocenas-pliocenas, principalmente em função da dificuldade de acesso, densa cobertura de vegetação e solo, escassez de dados palinológicos e geofísicos, além de restrições legais à prospecção em áreas indígenas, conforme enfatizado por Eiras et al. (1994). Além disso, existem também controvérsias sobre a idade das formações Solimões e Içá, posicionadas em intervalos distintos do Mioceno ao Pleistoceno (CPRM, 2010; Nogueira et al., 2013; Silveira & Souza, 2015). As contribuições científicas acerca das correlações estratigráficas das unidades sedimentares cretáceas-quaternárias da Bacia do Solimões são baseadas em dados de superfície (Caputo & Silva, 1990; CPRM, 2010; Nogueira et al., 2013), além de

dados hidrogeológicos de subsuperfície no Sistema Aquífero Içá-Solimões (SAIS) na Província Petrolífera de Urucu (Galvão et al., 2012, 2020).

Merece destaque o Projeto Carvão no Alto Solimões (Maia et al., 1977), realizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em 1975 e 1976, que realizou 84 sondagens com o intuito de delimitar o potencial linhítico da porção ocidental do Estado do Amazonas, na zona limítrofe entre Brasil, Peru e Colômbia.

Para a definição do arcabouço estratigráfico da sub-bacia de Jandiátuba, porção oeste da Bacia do Solimões, foi confeccionada a seção geológica A-A' de orientação geral SW-NE, com aproximadamente 400 km de extensão, abrangendo os municípios de Tabatinga e Jutai (Figura 1).

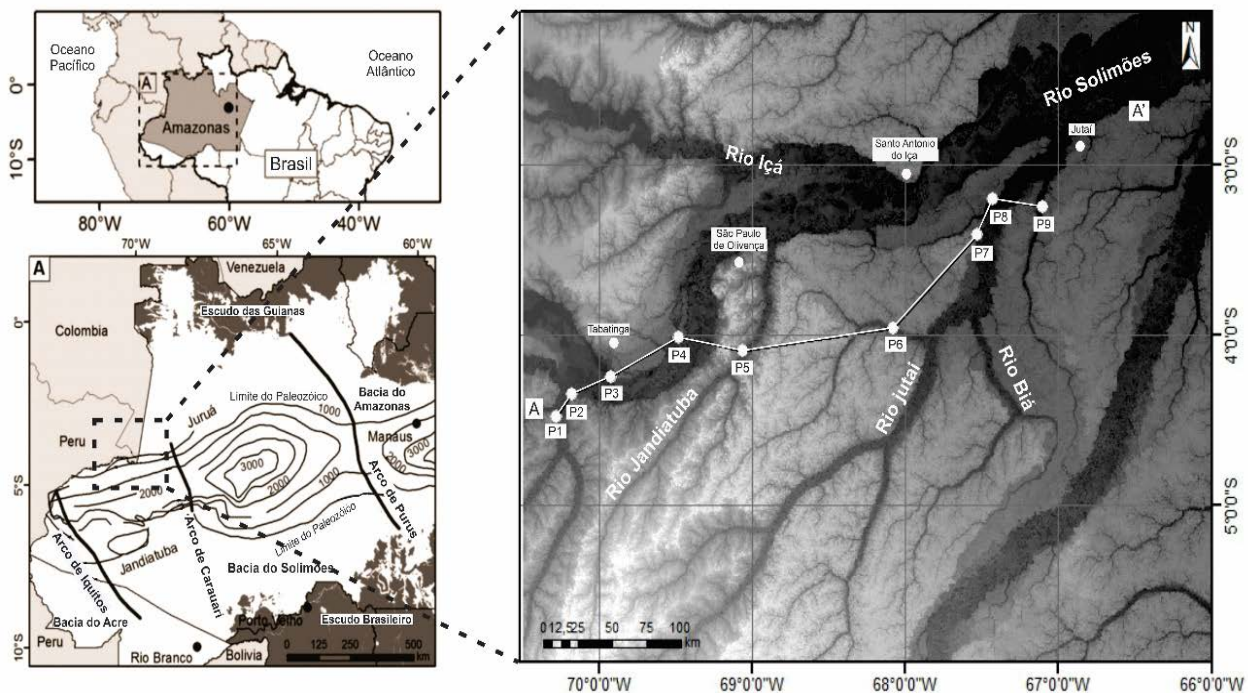


Figura 1 - Porção norte da América do Sul, com destaque para a zona limítrofe Peru, Colômbia e Brasil, nos limites do Estado do Amazonas. O detalhe A ilustra os limites estruturais da Bacia do Solimões, com a subdivisão das sub-bacias de Juruá e Jandiátuba separadas pelo alto estrutural de Caruarui, e o detalhe enfatiza a localização da seção geológica A-A' e as sondagens estudadas (P1 a P9). Fonte: Miranda (2005) e Linhares et al. (2017).

Foram utilizados dados geológicos e geofísicos de nove sondagens do projeto de Maia et al. (1977), onde foi possível identificar os limites estratigráficos entre as formações Solimões e Içá e Depósitos Quaternários (Holoceno), definidos pelas superfícies-chave de descontinuidades S1 e S2, respectivamente.

Merece destaque a expressiva continuidade lateral dos depósitos da Formação Solimões, com espessura média de 330 metros nas sondagens do trecho analisado, sendo recoberta por depósitos descontínuos da Formação Içá e Depósitos Quaternários. Apesar do aspecto

descontínuo e espessura pouco expressiva dos depósitos da Formação Içá na porção oeste da Bacia do Solimões, a litocorrelação com depósitos da porção leste permite inferir a expressiva cobertura pliocena-pleistocena da Amazônia Ocidental.

Além disso, a continuidade lateral das superfícies-chave obtida nas sondagens permitiu a correlação com paleossolos lateríticos da Bacia do Amazonas e da plataforma Bragantina e do Pará, cuja gênese pode estar associada a eventos de soerguimentos regionais na Amazônia. Considerando a escassez de dados geológicos de

detalhe da Amazônia Ocidental, a integração de dados litológicos e geofísicos de superfície e subsuperfície da cobertura sedimentar neógena-

quaternária da Bacia do Solimões, representa uma ferramenta importante para estudos estratigráficos regionais.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia do Solimões, localizada no Cráton Amazônico, apresenta uma área aproximada de 450.000 km² e pertence à Província Fanerozoica (Eiras et al., 1994; Wanderley Filho et al., 2007; Serra, 2010), sendo limitada a oeste pelo Arco Iquitos e a leste pelo Arco Purus, que a separam das bacias do Acre e do Amazonas, respectivamente. Ao norte e sul é bordejada, respectivamente, pelos Escudos das Guianas e Escudo Brasileiro e, internamente, é subdividida nas sub-bacias de Juruá e Jandiutuba, separadas pelo Arco de Carauari (Galvão et al., 2012) (Figura 1A).

O preenchimento da Bacia do Solimões iniciou no Paleozoico, com a deposição de quatro sequências posicionadas entre o Ordoviciano e Permiano, seguido pelo magmatismo Penatecaua (Triássico).

O aporte sedimentar retomou no Cretáceo com a deposição da Formação Alter do Chão e durante o Mioceno com a Formação Solimões, que compõem o Grupo Javari (Caputo, 1991; Eiras et al., 1994; Hoorn, 1994a; Wanderley Filho et al., 2007; Linhares et al., 2017).

Durante o Cenozoico, a bacia apresentou mudanças ambientais e do preenchimento sedimentar que refletiram a influência da Orogenia Andina, a qual transformou toda a paisagem amazônica, assim como sua fauna e flora (Hoorn & Wesselingh, 2010; Hoorn et al., 2010). O soerguimento Andino gerou uma subsidência de flexura nas regiões orientais da Cordilheira, formando bacias *foreland* e, conseqüentemente, gerou espaço de acomodação para a deposição da Formação Solimões, em ambientes de lagos e canais fluviais nas bacias do Solimões e Acre (Hoorn & Wesselingh, 2010; Roddaz et al., 2010; Shephard et al., 2010; Bezerra & Ribeiro, 2015; Linhares et al., 2017).

Estudos paleontológicos e sedimentológicos em afloramentos da Formação Solimões indicaram que as camadas superiores dessa formação, datadas do Mioceno Superior, depositaram em ambiente continental, dominado pela avulsão de rios associados a um sistema deltaico (Latrubesse et al., 1997, 2010; Gross et al., 2011, 2013; Paz et al., 2015; Nogueira et al., 2013). Internamente, esta formação é constituída principalmente por intercalações rítmicas de

argilitos, siltitos e arenitos (Santos, 2018), contendo moluscos e vegetais (Hoorn, 1994b).

No entanto, estudos micropaleontológicos, atestam influências marinhas nos níveis mais inferiores (Mioceno) desta formação, com a presença de táxons transicionais-marinhos (Hoorn, 1993; Wesselingh et al., 2002; Vonhof et al., 2003; Silveira, 2005; Linhares et al., 2011; Boonstra et al., 2015). Posteriormente, Silveira & Souza (2015) identificaram depósitos pliocenos na Formação Solimões, depositados em um contexto transicional. Sobreposto a Formação Solimões, Maia et al. (1977) identificaram depósitos da cobertura quaternária, compostos por arenitos não fossilíferos com intercalações de pelitos e linhitos, os quais foram associados a um ambiente fluvial, denominados de Formação Içá, em função da sua ocorrência no rio homônimo.

Posteriormente, os depósitos foram associados ao ambiente flúvio-lacustre (Silveira & Souza, 2015; 2016) e posicionados por palinologia no Pleistoceno (Silveira, 2005; Silveira, 2015; Silveira & Souza, 2015) e no Plioceno (Nogueira et al., 2013).

Na porção leste da Bacia do Solimões, Nogueira et al. (2013) identificaram conjuntos de fácies sedimentares das formações Solimões e Içá. Na primeira foram definidas as fácies AF1 (pelitos laminados com restos vegetais, matéria orgânica e carvão), AF2 (arenitos finos com estratificação plana a ondulada, laminação cruzada e estruturas de deformação) e AF3 (arenitos e pelitos formando pares de estratificação heterolítica inclinada), características de um paleoambiente flúvio-deltaico.

Na segunda, foram identificadas as fácies AF4 (arenito fino a médio intercalado com pelito e, localmente, conglomerado) e AF5 (arenito fino a médio com estratificações plano-paralela e cruzada), relacionados a depósitos de barra em pontal de sistema fluvial sinuoso. Em afloramentos da região do Arco de Purus, Nogueira et al. (2013) definiram o contato entre as formações Solimões e Içá como inconformidade, enquanto Maia & Marmos (2010) e Galvão et al. (2012) classificaram como brusco e discordância angular na análise de furo de sondagem (Figura 2).

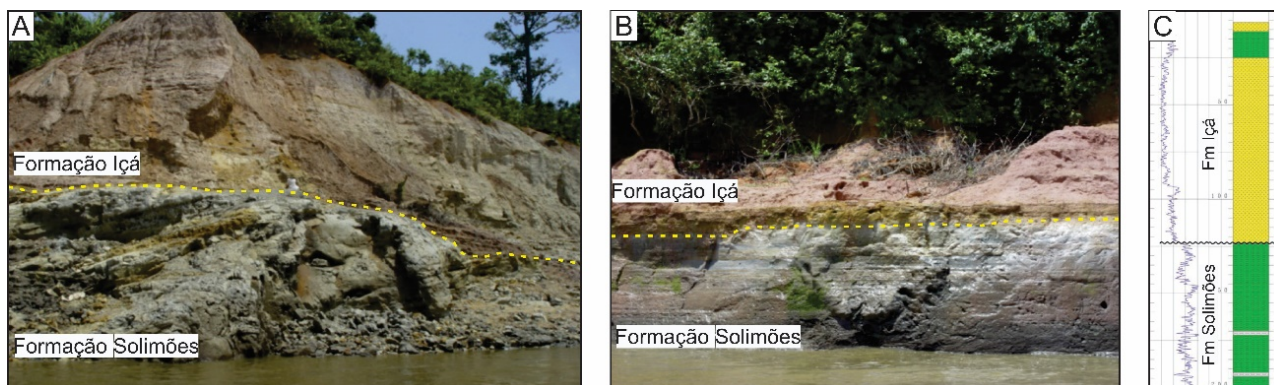


Figura 2 - Relações de contato entre as formações Solimões e Içá, em afloramentos (Detalhes A e B, modificados de Nogueira et al., 2013) e sondagem (Detalhe C, modificado de Maia & Marmos, 2010) na Bacia do Solimões.

MATERIAIS E MÉTODOS

A análise de dados geológicos e geofísicos de nove furos de sondagem (siglas P1 a P9) do Projeto Carvão no Alto Solimões (Maia et al., 1977), permitiram a confecção da seção geológica A-A', com cerca de 412 km de extensão na porção oeste da Bacia do Solimões (Figura 1, Tabela 1). Os perfis geofísicos (Resistividade-RE, Potencial Espontâneo-PE e Raios Gama-RG) foram obtidos com os equipamentos das marcas *Mount Sopris 2000* (sondagens P1, P2, P3, P4 e P5) e *Mount Sopris 3000* (sondagens P6, P7, P8 e P9). As curvas obtidas a partir dos perfis

geofísicos representam graficamente a variação do parâmetro físico medido de cada método e a profundidade do poço. A interpretação teve como base os contrastes entre as medidas, a geometria e forma dessas curvas denominadas por eletrofácies, as quais tem relação com a litologia e o parâmetro medido. Os dados permitiram definir padrões de terminações de camadas, subdivisões internas nas litofácies e limites estratigráficos entre as unidades analisadas, visando definir as relações de empilhamento e os principais padrões geométricos das curvas dos perfis geofísicos (Figura 3).

Tabela 1 - Parâmetros de identificação e perfilagens geofísicas empregadas nas sondagens do Projeto de Maia et al. (1977). Siglas: PE-Potencial Espontâneo, RG-Raios Gama, RE-Resistividade, L-Litologia.

Furos	Siglas	Latitude	Longitude	Cota(m)	Prof.(m)	Grafia-litologia
P1	1-AS-005-AM	4°29' S	70°17' W	79	284,40	PE, RG, RE, L
P2	1-AS-002-AM	4°21' S	70°11' W	83	282,40	PE, RG, RE, L
P3	1-AS-105-AM	4°15' S	69°56' W	70	337,50	PE, RG, RE, L
P4	1-AS-015-AM	4°01' S	69°29' W	67	240,50	PE, RG, RE, L
P5	1-AS-018-AM	4°06' S	69°04' W	79	332,50	PE, RE, L
P6	1-AS-026-AM	3°58' S	68°05' W	72	347,20	PE, RE, L
P7	1-AS-020-AM	3°25' S	67°32' W	73	201,50	PE, RG, RE, L
P8	1-AS-021-AM	3°12' S	67°26' W	64	250,00	PE, RG, RE, L
P9	1-AS-022-AM	3°15' S	67°06' W	60	349,50	PE, RG, RE, L

A perfilagem de poços, em geral, é utilizada para proporcionar informações sobre a sequência das rochas que foram perfuradas pela sondagem mecânica a partir de medidas obtidas de algumas propriedades físicas que são relacionadas às propriedades geológicas como espessura e litologia da formação, porosidade, permeabilidade, saturação de água, etc.. (Kearey et al., 2009).

A perfilagem é aplicada com mais de um método geofísico de forma a obter assinaturas geofísicas que se complementem e solucionem ambiguidades e incertezas nos resultados. No Projeto Carvão do Alto Solimões a execução de perfilagem de poço teve o objetivo de posicionar os limites de níveis não recuperados na sondagem mecânica como também utilizar a

interpretação a partir dos perfis compostos para cubagem das jazidas de carvão. (Maia et al., 1977).

Por meio do perfil de resistividade (RE) e do potencial espontâneo (PE) é possível delimitar sequências arenosas intercaladas com pelitos como também estabelecer a permeabilidade ou porosidade da formação. O perfil raio gama comum (RG ou CRG), permite diferenciar camadas pelíticas e arenosas.

Nos poços analisados foram definidos sete padrões específicos de curvas (linear, caixote, funil, sino, simétrico, assimétrico e serrilhado) baseados nas classificações de Serra (1986), Rider (2000) e Kendall et al. (2005), que podem refletir ambientes sedimentares distintos. As

respostas de PE e RE nas unidades analisadas foram mais significativas, onde foi possível distinguir as geometrias, as eletrofácies relacionadas às litofácies e limites estratigráficos com base nas relações entre a forma das curvas dos perfis: Linear/Funil, Sino/Serrilhado, Caixote/Sino, Serrilhado/Serrilhado, Funil/assimétrico, Serrilhado/Linear, Linear/Assimétrico, Assimétrico/

Simétrico (Figura 3).

Particularmente, as variações verticais dos padrões ajudaram a definir os principais limites (superfícies S1 e S2) entre as unidades litoestratigráficas neógena-quadernária, além de mudanças internas de litofácies, onde foram identificados os tipos brusco, concordante e gradacional (Figura 3).

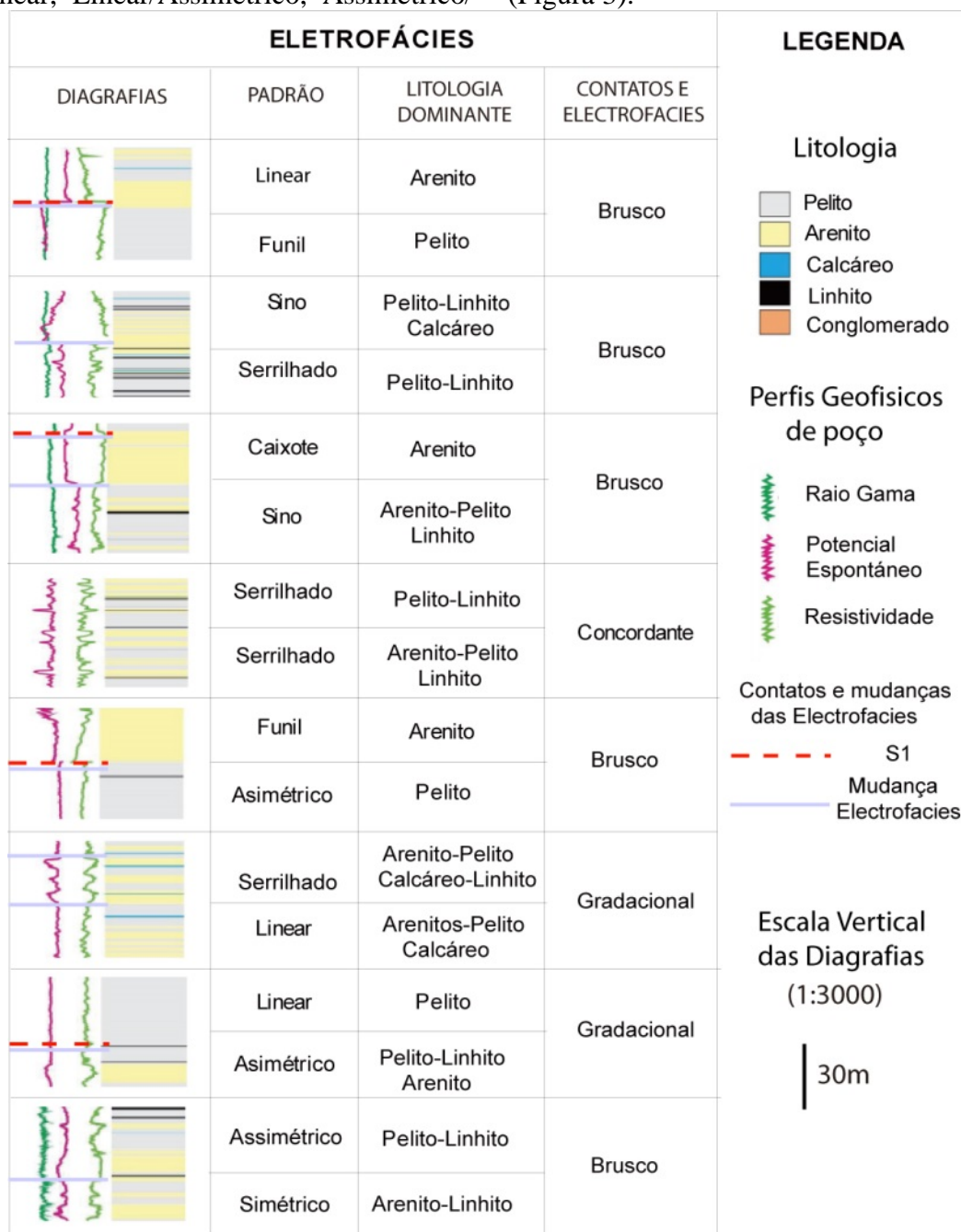


Figura 3 - Descrição dos principais padrões das curvas dos perfis geofísicos nas unidades estudadas, identificadas em função das litologias.

Estudos como os de Lang (1986), Miall (1990), Miall & Tyler (1991), Cant (1992) e Paula e Silva et al. (2005) analisaram as formas das curvas (RG, RE e PE) na correlação de poços, pois a variação dos parâmetros geofísicos reflete mudanças nas propriedades físicas das rochas, representadas graficamente na variabilidade das

curvas registradas nas perfilagens e definindo as eletrofácies. Neste estudo, dados geológicos e bioestratigráficos de superfície e subsuperfície da Bacia do Solimões, foram complementares aos resultados dos perfis geofísicos e contribuíram na definição dos parâmetros estratigráficos e relações de contatos entre as formações Solimões

e Içá e Depósitos Quaternários na sub-bacia de Jandiutuba (Bacia do Solimões). A recorrência vertical dos padrões (litológicos e geofísicos),

bem como o posicionamento estratigráfico das unidades estudadas na seção permitiram a correlação ao longo do trecho analisado.

RESULTADOS

Dados litoestratigráficos e padrões geofísicos

Na seção geológica A-A' foi definido, da base para o topo, o contexto estratigráfico das formações Solimões e Içá, recobertas parcialmente por Depósitos Quaternários relacionados ao trecho do Rio Solimões com os tributários Içá, Jutá e Biá (Figura 4). A confecção da seção teve como base a individualização prévia das unidades apresentadas nos testemunhos de sondagens individuais do Projeto de Maia et al. (1977), além de estudos palinoestratigráficos regionais, como Nogueira et al. (2013), Leandro et al. (2019) e Jorge et al. (2019).

Formação Solimões

A Formação Solimões apresenta continuidade lateral regular nas nove sondagens analisadas, estendendo-se por aproximadamente 412 km no trecho estudado, com espessura em torno de 332 metros em determinados trechos. É constituída predominantemente por pelitos, apresentando trechos com intercalações rítmicas de arenitos-pelitos, além de camadas esparsas e delgadas de linhito, carbonato e conglomerado, individualizadas nas fácies Pm (Pelito maciço) e PAp (Pelito-Arenito com estratificação plano paralela). As fácies dispõem-se intercaladas formando faixas contínuas que se estendem por dezenas de quilômetros e exibem espessura que varia de 35 até 162 metros e, por vezes, apresentam feições laterais de espessamento, adelgaçamento e interdigitação (Figura 4).

A fácies Pm é constituída predominantemente por pacotes espessos de pelitos, com espessuras bem representadas nas sondagens P3 (112m, cota -33 a -145m) e P2 (75m, cota 83 a 08m; 120m, cota -15 a -135m).

Apresenta esparsas intercalações de arenito fino, linhito e carbonato, de espessuras e continuidade laterais variáveis, que definem feições lenticulares. As intercalações de arenito apresentam até 35m de espessura (P3, cota -75 a -110m), enquanto as de linhito (P1 cota -85m, P2 cota -105m) e carbonato (P2 cota -82 m, P4 cota 32m, P5 cota -244m) apresentam espessuras de até 4m.

A fácies PAp é composta principalmente por intercalações rítmicas de pelito-arenito, que exibem espessuras variáveis, e definem um padrão geral de estratos planares, conforme

ilustrado nas sondagens P5 (cota 14 a -71m), P7 (cota -40 a -117m), P8 (2 a -106m) e P9 (cota de -13 a -148m). As camadas individuais de arenitos apresentam cerca de 19 m espessura (P2, cota -143 m) e pelitos cerca de 32 metros (P8, cota -5m). Esta fácies apresenta também intercalações esparsas de camadas de linhito, com aproximadamente 2 metros de espessura (P1, cota -125m) e de carbonato com cerca de 1 metro de espessura (P5, cota -52m).

Na fácies Pm foram identificados três eletrofácies características (Serrilhado, Simétrico e Assimétrico), enquanto na PAp predominam cinco padrões (Sino, Caixote, Simétrico, Assimétrico e Serrilhado) que são diretamente associados aos conteúdos litológicos de cada fácies e suas relações de contato (Figuras 4 e 5). Na fácies Pm predomina o padrão serrilhado (Figura 5j), cuja geometria reflete heterogeneidades internas nos pacotes pelíticos, marcadas por intercalações subordinadas de arenito, linhito e carbonato e/ou mudanças no grau de compactação (Figuras. 5 d, e, j).

Outro aspecto relevante nesta fácies é a simetria dos padrões, provavelmente associada as intercalações rítmicas de camadas de arenitos e pelitos e, eventualmente, de linhitos, que conferem continuidade e homogeneidade ao conjunto litológico, sendo exemplificada nos furos P1 (cota -160 a -205m), P2 (cota -177 a -195m) e P5 (cota -162 a -236m) (Figura 5e).

De ocorrência mais restrita, a assimetria dos padrões está associada a intercalações nesta fácies de camadas de linhito e/ou pelitos, como exemplificado no Furo P7 (cota 18 a -22m). Na fácies PAp destacam-se os padrões em forma de sino (sondagem P1, cota -102 m), caixote (sondagens P2, cota -140; P4, cota 35m), assimétrico (sondagem P3, cota -178 m), serrilhado (sondagem P5, cota +23m e P6, cota -57 m) e simétrico (sondagem P4, cota -129 m).

Nos perfis individuais das sondagens são observadas variações nos valores de RG, PE e RE, que refletem mudanças litológicas em determinados intervalos. Nos perfis de RG a maior deflexão ocorre na mudança de pelito para carbonato e a menor, nas mudanças internas do intervalo pelítico, com valores de -7,5 a +5 cps



Figura 4 - Seção geológica A-A', de orientação geral SW-NE, confeccionada a partir de dados de 9 logs de sondagem do Projeto Carvão no Alto Solimões (sondagens P1 a P9) ilustrando principalmente as espessuras, limites geológicos e aspectos litológicos e geofísicos das formações Solimões e Iça e Depósitos Quaternários. As superfícies S1 e S2 representam os limites inferior e superior da Formação Iça, respectivamente. Os detalhes de “a” a “j” nas sondagens representam padrões de curvas nos registros geofísicos diversos identificados nas figuras 5 e 6.

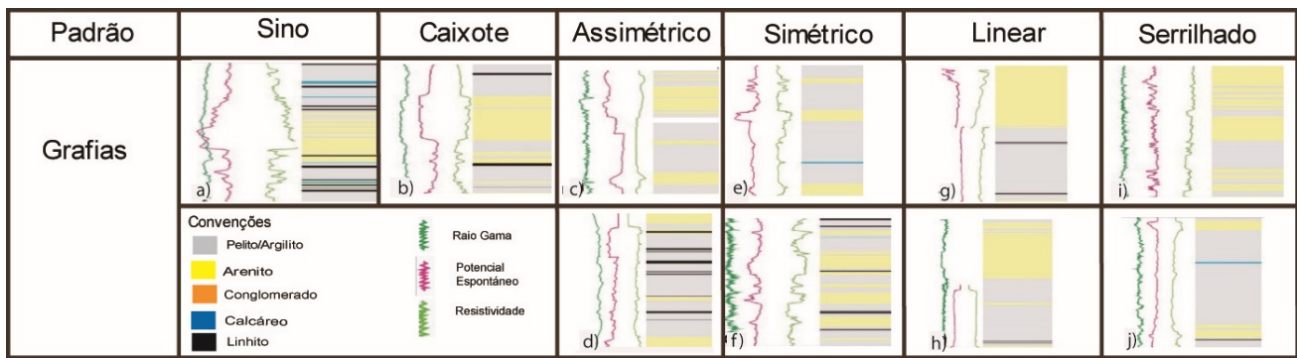


Figura 5 - Exemplos de padrões geofísicos identificados em trechos das perfilagens de sondagem. Na Formação Solimões, destaca-se na fácies Arenosa (PA) os padrões de Sino (a), Caixote (b), Assimétrico (c), Simétrico (e,f) e Serrilhado (i), enquanto na fácies Pelítica (Pm), os padrões Assimétrico (d), Simétrico (e) e Serrilhado (j). Na Formação Içá predomina o padrão Linear (g,h). Os detalhes (a - j) estão indicados na seção A-A' da Figura 4.

(contagem por segundo). No perfil de PE, as maiores deflexões ocorrem devido as variações litologias internas dos pelitos e na mudança litológica de pelito para linhito com valores de -80 e +10 mV, respectivamente. No perfil de Resistividade, as maiores deflexões ocorrem nas mudanças litológicas de pelito para arenito e, internamente, nos pelitos (variação de silito para argilito), com valores de +90 e - 10 Ohms, respectivamente.

Formação Içá

A Formação Içá recobre discordantemente a Formação Solimões no trecho analisado, cujo limite é marcado por superfície de descontinuidade, denominada informalmente de S1, definida por contato predominantemente brusco bem definido nas sondagens P3, P4, P6, P7, P8 e P9 (Figura 4). Esta formação se estende lateralmente por dezenas de quilômetros em trechos contínuos, com espessura variável, entre 30m (sondagem P3) a 55m (sondagem P7). É representada pela fácies Am, constituída principalmente por arenitos maciços, médios a grossos, com eventuais intercalações de camadas de pelito e linhito, que atingem até 6 metros de espessura, que configuram o padrão de eletrofácies linear (Figura 5g e 5h). Este padrão refere-se as variações obtidas principalmente por RG nos arenitos desta unidade, onde a maior deflexão ocorre no P9 e a menor no P7, com valores de +10 e -5cps, respectivamente. Na análise, os dados de Potencial Espontâneo e Resistividade não foram utilizados, pois não foram coletados com

acuracidade nos metros iniciais das sondagens do Projeto de Maia et al. (1977).

Depósitos Quaternários

Nas planícies aluviais dos rios Solimões e Jutá (sondagens P8 e P9) foi possível definir depósitos quaternários, recobrando parcialmente a Formação Içá na porção NE da seção geológica A-A' (Figura 4).

Os depósitos dispõem-se como uma faixa alongada, de extensão quilométrica, com espessura máxima de aproximadamente 19 m nas proximidades da sondagem P9. Devido a espessura reduzida e a pouca relevância para o Projeto Carvão no Alto Solimões não foram efetuadas medidas nas camadas quaternárias superficiais pelos métodos de PE e RE, enquanto a perfilagem rasa por RG apresenta somente medições de alguns centímetros do furo P9, onde não é possível identificar os padrões no perfil geofísico.

Relação de Contato entre as unidades

Os registros dos perfis geofísicos analisados (P1 a P9) contribuíram para definir o limite estratigráfico (superfície S1) entre as formações Solimões (base) e Içá (topo), conforme enfatizado na figura 6. A mudança de padrão de eletrofácies na zona de contato reflete as variações litológicas em cada formação, caracterizada principalmente por pelitos na Formações Solimões e arenitos na Formação Içá. Em geral, o contato pode ser classificado como predominantemente brusco com tendência a transicional e a gradacional, conforme definido em afloramento e sondagens ilustradas na figura 2.

DISCUSSÕES GERAIS

Nas últimas décadas, o aumento de estudos faciológicos, hidrogeológicos, palinológicos e estratigráficos de superfície e subsuperfície na Bacia do Solimões tem induzido a discussões sobre o contexto estratigráfico neógeno-quater-

nário da bacia. Parte dos dados são oriundos principalmente de estudos hidrogeológicos do Sistema Aquífero Içá-Solimões (SAIS) na Província Petrolífera de Urucu (Galvão et al., 2012, 2020) e de análises faciológicas-palinológicas

FURO	ELETROFÁCIES					LEGENDA
No	DIAGRAFIAS	PADRÃO	LITOLOGIA DOMINANTE	CONTATO	Fm	
P3 (a1)		Linear	Arenito	Gradacional	FI	Litologia Perfis Geofísico de poço FI: Fm. Içá FS: Fm. Solimões Escala Vertical 1:3000
		Serrilhado	Pelito-Linhito		FS	
P4 (a2)		Linear Assimétrico	Arenito-Pelito	Brusco	FI	
		Assimétrico	Pelito-Linhito-Calcáreo Arenito-Calcáreo		FS	
P6 (a3)		Funil-Serrilhado	Arenito	Brusco	FI	
		Serrilhado	Pelito-Linhito Pelito-Calcáreo-Linhito		FS	
P7 (a4)		Linear	Arenito	Concordante	FI	
		Serrilhado	Pelito-Linhito		FS	
P8 (a5)		Serrilhado	Arenito	Brusco	FI	
		Serrilhado	Pelito Pelito-Arenito-Linhito		FS	
P9 (a6)		Serrilhado	Arenito	Gradacional	FI	
		Simétrico	Pelito		FS	

Figura 6 - Variações nos padrões de eletrofácies que marcam o limite brusco entre as formações Solimões (FS) e Içá (FI) nas perfilações em P3, P4, P6, P7, P8 e P9 da seção A-A' da figura 4.

das formações Solimões e Içá (Nogueira et al., 2013; Silveira & Souza, 2016; Jaramillo et al., 2017; Jorge et al., 2019; Leandro et al., 2019). Apesar dessas formações pertencerem ao contexto estratigráfico da Bacia do Solimões (Wanderley Filho et al., 2007; Maia et al., 1977), estudos geológicos regionais (Franzinelli & Rossi, 1996; Franzinelli & Igreja, 2002; Latrubesse & Franzinelli, 2002; Rossetti et al., 2015; Pupim et al. 2019) estendem seus limites para a Bacia do Amazonas, possibilitando correlações inter baciais. O estudo proposto se baseou em dados litológicos e geofísicos de subsuperfície da porção oeste da Bacia do Solimões, obtidos do Projeto Carvão do Alto Solimões (Maia et al., 1977), com a definição das formações Solimões e Içá e Depósitos Quaternários, delimitadas por superfícies de descontinuidade, informalmente denominadas de S1 e S2. A correlação das camadas e/ou conjunto de camadas semelhantes se baseou na similaridade dos parâmetros litológicos e suas respectivas eletrofácies entre sondagens lateralmente adjacentes que possibilitaram a correlação estratigráfica das unidades por aproximadamente

412 km e até 350 m de profundidade.

Particularmente, os padrões de eletrofácies definidos nas litofácies das formações Solimões e Içá, foram baseados nos padrões definidos por Serra (1986) e Kendall et al. (2005) e permitiram definir feições de adelgaçamento, espessamento, lenticularização e interdigitação. Na Formação Solimões, a maior diversidade de padrões de eletrofácies PAp (sino, caixote, simétrico, assimétrico e serrilhado), em relação a Pm (simétrico, assimétrico e serrilhado), reflete a variedade litológica e maior número de intercalações distintas nos intervalos analisados.

De modo comparativo, o padrão Linear definido na Formação Içá, reflete principalmente a homogeneidade litológica da unidade, com poucas intercalações distintas. Os dados litológicos e perfis geofísicos que possibilitaram definir as espessuras e limites estratigráficos (superfícies S1 e S2) das formações Solimões e Içá na porção oeste da Bacia do Solimões puderam ser correlacionados ao contexto geológico proposto para a porção leste da bacia por Galvão et al. (2020) (Figura 7).

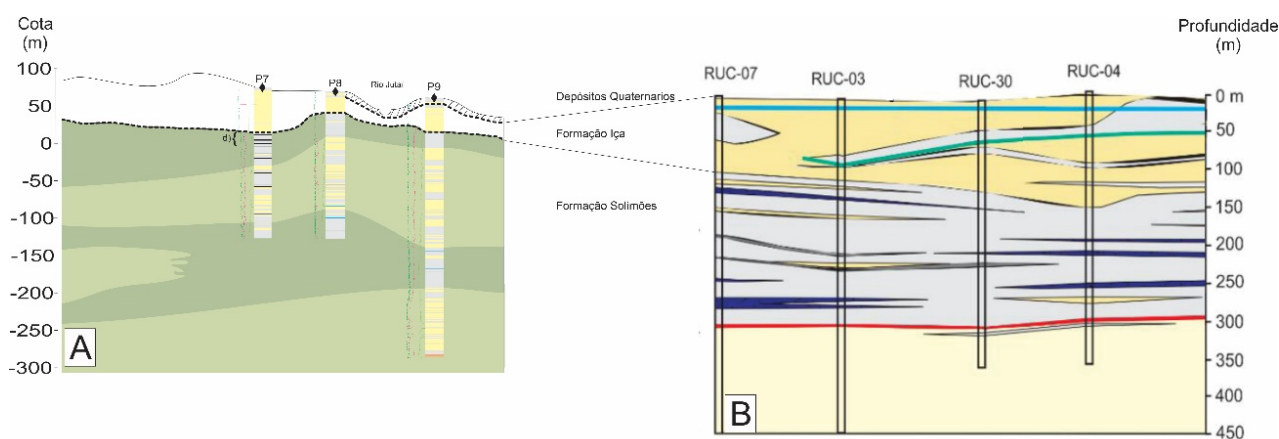


Figura 7 - Correlação estratigráfica entre as formações Solimões e Içá nas porções oeste (Detalhe A, efetuada nesse estudo) e leste (Detalhe B, efetuada por Galvão et al., 2020) da Bacia do Solimões.

As superfícies de descontinuidades S1 e S2 correspondem a marcadores estratigráficos regionais importantes na Amazônia Ocidental, exibem morfologia suavemente ondulada e estendem-se continuamente por dezenas de quilômetros no trecho analisado (Figura 4). Em particular, a superfície S1, descrita também em afloramentos da porção leste da Bacia Solimões como Inconformidade (Nogueira et al., 2013) (Figura 2), pode ser correlacionada na Bacia do Amazonas a Inconformidade Ucayali (Campbell et al., 2006; Rossetti et al., 2015) e Superfície SD3 (Soares, 2007; Abinader, 2008), bem como,

a Inconformidade 3 da Plataforma Bragantina e do Pará (Rossetti, 2001). A correlação das paleo-superfícies permite definir uma etapa importante de soerguimento regional na associada ao seu desenvolvimento na Amazônia.

Por meio de critérios estratigráficos e dados de idade, as formações Solimões e Içá da Bacia do Solimões têm sido respectivamente correlacionadas à Formação Novo Remanso e Depósitos Quaternários da Bacia do Amazonas e as formações Barreiras e Pós-Barreiras, respectivamente, na Plataforma Bragantina e do Pará (Dino et al., 2012; Soares et al., 2015, 2017).

CONCLUSÃO

O arcabouço estratigráfico neógeno-quaternário da porção oeste da Bacia do Solimões, constituído pelas formações Solimões e Içá e Depósitos Quaternários, foi elaborado a partir de dados litológicos e geofísicos de nove sondagens do Projeto Carvão do Alto Solimões (Maia et al., 1977) e apresentou nítida correlação com dados estratigráficos da porção leste da bacia, descritos por Galvão et al. (2020).

Na seção analisada, a Formação Solimões apresenta continuidade lateral e espessura em torno de 332 m, sendo recoberta por depósitos da Formação Içá, com espessura máxima de 55m, e Quaternários, com até 19 m de espessura, que compõem o relevo da região entre Tabatinga e Jutai, na zona limítrofe entre Brasil-Peru-Colômbia.

Os dados obtidos são coerentes com o contexto geológico de superfície descritos pela CPRM (2010) e Pupim et al. (2019), que consideram o recobrimento expansivo dos depósitos da Formação Içá e Quaternários na porção leste da Bacia do Solimões, além de porções aflorantes da Formação Solimões na porção

oeste, entre os meridianos de 69° W e 70° W. Como marco estratigráfico regional, merece destaque a superfície S1, que delimita as formações Solimões e Içá, sendo identificada em furo de sondagem (Maia & Marmos, 2010; Galvão et al., 2012; 2020) e afloramentos (Nogueira et al., 2013) da porção leste da bacia.

Com base em critérios de correlação regional, Dino et al. (2012) associam a Formação Solimões (Mioceno-Plioceno) com as unidades neógenas das bacias do Amazonas (Formação Novo Remanso) e da Plataforma Bragantina e do Pará (Formação Barreiras). Esses autores também correlacionam a Formação Içá (Plioceno-Pleistoceno) aos terraços fluviais pleistocenos da Bacia do Amazonas e a Formação Pós-Barreiras na Plataforma Bragantina e do Pará. Em estudo recente, Soares et al. (2017) associaram a unidade plio-pleistocena identificada no paleoleito do Rio Negro na Amazônia Central aos depósitos da Formação Içá, destacando a necessidade de formalização litoestratigráfica.

A carência de dados estratigráficos e geocronológicos das unidades neógenas-quaternárias da

Bacia do Solimões, demonstra que a utilização de dados geológicos-geofísicos de subsuperfície, obtidos principalmente de sondagens, podem se tornar uma ferramenta importante na definição

do arcabouço estratigráfico da Amazônia Ocidental, onde a dificuldade de acesso e densa cobertura de vegetação e solo, dificultam estudos geológicos detalhados.

REFERÊNCIAS

- ABINADER, H.D. **Depósitos cenozoicos da porção oeste da Bacia do Amazonas**. Manaus. 83 p. 2008. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Exatas - Universidade Federal do Amazonas.
- BEZERRA P.E.L. & RIBEIRO D.T. Evolução tectônica cenozoica da Amazônia Ocidental. In: Gorayeb P.S. & Lima A.M.M. (eds). **Contribuições à Geologia da Amazônia**, v. 9, p. 139-156, 2015
- BOONSTRA, M.; RAMOS, M. I.F.; LAMMERTSMA, E.L.; ANTOINE, P.O.; HOORN, C. Marine connections of Amazonia: Evidence from foraminifera and dinoflagellate cysts (early to middle miocene), Colombia-Peru. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 417, p. 176-194, 2015.
- CAMPBELL JR., K.E.; FRAILEY, C.D.; ROMERO-PITTMAN, L., The pan-Amazonian Ucayali peneplain, late Neogene sedimentation in Amazonia, and the birth of the modern Amazon River system. **Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.** 239 (1e2), 166 e 219, 2006. Disp. em: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo>. Acesso em: 20/01/2006
- CANT, D.J. Subsurface facies analysis. In: Walker, R. G and N.P. James (Eds.), **Facies Models: Response to sea level change**. Geological Association of Canada, St Johns Nfld, p. 409, 1992.
- CAPUTO M.V. The Solimões Megashear–Intraplate tectonics in Northwestern Brazil. **Geology**, v. 19, n. 3, p. 246-249, 1991.
- CAPUTO, M.V. & SILVA, O.B. **Sedimentação e tectônica da Bacia Solimões**. In: **Origem e evolução de bacias sedimentares**. 1ª ed. Rio de Janeiro: CENPES, 1990, P. 169-192. 1990.
- CPRM. **Mapa Geológico do Estado do Amazonas. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas**, Programa Geologia do Brasil. Brasília: Ministério de Minas e Energia/CPRM/Serviço Geológico do Brasil. 2010.
- DINO, R., SOARES, E.A.A., ANTONIOLI, L., RICOMMINI, C.; NOGUEIRA, A.C.R. Palinostratigraphy and sedimentary facies of Middle Miocene fluvial deposits of the Amazon Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 34, p. 61-80, 2012.
- EIRAS, J.F., BECKER, C.R.; SOUZA, E.M.; GONZAGA, J.E.F.; SILVA, L.M.; DANIEL, L.M.F.; MATSUDA, N.S.; FEIJÓ, F.J. Bacia do Solimões. **Boletim de Geociências de Petróleo Brasileiro S.A.**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 17-45. 1994.
- FRANZINELLI, E. & ROSSI, A. Contribuição ao estudo petrográfico e geoquímico do Arenito Manaus. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 5. 1996, Belém. **Boletim de Resumos Expandidos...** Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 209-211, 1996.
- FRANZINELLI, E. & IGREJA, H.L.S. Modern sedimentation in the Lower Negro river, Amazonas State, Brazil. **Geomorphology**, v. 44, n. 3, p. 259-271, 2002.
- GALVÃO P.H.F.; DEMÉTRIO, J.G.A.; SOUZA, E.L.; PINHEIRO, C.S.S.; BAESSA, M.P.M. Hidrogeologia e geometria dos aquíferos das formações cretáceas, Içá e Solimões, Bacia Paleozoica do Solimões, na região de Urucu, Amazonas, **Revista Brasileira de Geociências**, n. 42 p. 142-153. 2012.
- GALVAO, P.; SOUZA, E. L.; DEMETRIO, J.G.; BAESSA, M.M. **Estimativa dos recursos de água subterrânea do Sistema Aquífero Içá-Solimões na Província Petrolífera de Urucu, Amazônia Central, Brasil, focada no equilíbrio entre disponibilidade e demanda de água**. RBRH [online]. 2020, v. 25, e6. Epub Jan 31, 2020. ISSN 2318-0331. Disp. em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190058>.
- GROSS, M.; PILLER, W.E.; RAMO, S.M.I.; PAZ, J.D.S. Late Miocene sedimentary environments in south-western Amazonia (Solimões Formation; Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, 32:169-181. 2011.
- GROSS, M., RAMOS, M., CAPORALETIC, M., PILLER, W. Ostracods (Crustacea) and their palaeoenvironmental implication for the Solimões Formation (Late Miocene; Western Amazonia/Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 42, p. 216-241, 2013.
- HOORN, C. Marine incursions and the influence of Andean tectonics on the Miocene depositional history of northwestern Amazonia: Results of a palynostratigraphic study. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology**, v. 105, p. 267-309, 1993.
- HOORN, C. **Miocene palynostratigraphy and paleoenvironmental of northwestern Amazônia: evidence for marine incursion and the influence of andean tectonics**. 1994. 98 p. Thesis (Doctoral) – University of Amsterdam, Amsterdam, 1994a.
- Hoorn, C. An environmental reconstruction of the palaeo-Amazon River system (Middle-Late Miocene, NW Amazonia), **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 112, p. 187-238, 1994b
- HOORN, C. & WESSELINGH, F.P. **Amazonia: Landscape and species evolution. A look into the Past**. UK, Wiley-Blackwell, 447 p. 2010.
- HOORN, C.; WESSELINGH, F.P.; HOVIKOSKI, J.; GUERRERO, J. The development of the Amazonian megawetland (Miocene; Brazil, Colombia, Peru, Bolivia). In: HOORN, C. & WESSELINGH, F.P. (eds). **Amazonia, landscape and species evolution**. Oxford, UK: Wiley, p. 123-142. 2010.
- JARAMILLO, C.; ROMERO, I.; D'APOLITO, C.; BAYONA, G.; DUARTE, E.; LOUWYE, S.; ESCOBAR, J.; LUQUE, J.; CARRILLO-BRICEÑO, J.D.; ZAPATA, V.; MORA, A.; SCHOUTEN, S.; ZAVADA, M.; HARRINGTON, G.; ORTIZ, J.; WESSELINGH, F.P. Miocene flooding events of western Amazonia. **Science Advances** v. 03, n. 5, 2017
- JORGE, V.; D'APOLITO, C.; DA SILVA-CAMINHA, S.A.F. Exploring geophysical and palynological proxies for paleoenvironmental reconstructions in the Miocene of western Amazonia (Solimões Formation, Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 94, p. 102223, 2019.
- KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. **Geofísica de Exploração**. São Paulo: Oficina de Textos. 438 p, 2009
- KENDALL, R.; JIN, S.; RONEN, S. An SVD-polarization filter for ground roll attenuation on multicomponent data. In: 77th ANN. INTERNAT. MTG., SOC. EXPL. GEOPHYS. **Expanded Abstracts**, 928-932. 2005.
- LANG, W. Correlation with Multiple Logs. **Society of Petrophysicist and Well log Analysts**, v. 27, p. 1-10, 1986.
- LATRUBESSE, E.M., BOCQUENTIN, J., SANTOS, C.R., RAMONELL, C.G. Paleoenvironmental model for the late Cenozoic southwestern Amazonia: Paleontology and Geology. **Acta Amazonica**, v. 27, p. 103-118, 1997.
- LATRUBESSE, E.M., CAZZUOL, M., SILVA-CAMINHA, S.A.F., RIGSBY, C.A., ABSY, M.L., JARAMILLO, C. The Late Miocene paleogeography of the Amazon Basin and the evolution of the Amazon River. **Earth-Science Reviews**, v. 99, p. 99-124, 2010.
- Latrubesse, E.M. & Franzinelli, E. The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. **Geomorphology**, v. 44, n. 3, p. 241-257. 2002.
- LEANDRO, L.M.; VIERA, C.E.; SANTOS, A.; FAUTH, G. Palynostratigraphy of two Neogene boreholes from the northwestern portion of the Solimões Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 89, p. 211-218, 2019.
- LINHARES, A.P., RAMOS, M.I.R., GROSS, M., PILLER, W.E.

- Evidence for marine influx during the Miocene in southwestern Amazonia, Brazil. *Geología Colombiana, Edición Especial*, p. 36, n. 1, p. 91-104, 2011.
- LINHARES, A.P.; DO CARMO, V.; FEIJÓ, M.I. The Significance of Marine Microfossils for paleoenvironmental reconstruction of the Solimões Formation (Miocene), western Amazonia, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 79, p. 57-66, 2017.
- MAIA, M.A. & MARMOS, J.L. **Geodiversidade do Estado do Amazonas**. Manaus: CPRM. 275 p. 2010.
- MAIA, R.G.N.; GODOY, E.K.; YAMAGUTI, H.S.; MOURA, P.A.; COSTA, F.S.F.; HOLANDA, M.A.; COSTA, J.A. **Projeto Carvão no Alto Solimões [Tabatinga]**, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) - Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 237 p. 1977.
- MIALL, A.D. **Principles of sedimentary basin analysis**. Springer-Verlag Inc., New York, 2nd ed. 679 p. 1990.
- MIALL, A.D. & TYLER, N. The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments, and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. *Concepts in Sedimentology and Paleontology*, n. 3. Tulsa: SEPM, 1991.
- MIRANDA, E.E. (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disp.em: <http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>.
- NOGUEIRA, A.C.R.; SILVEIRA R.R.; GUIMARÃES, J.T.F. Neogene-Quaternary sedimentary and paleovegetation history of the eastern Solimões Basin, central Amazon region. *Journal of South American Earth Sciences*; v. 46, p. 89-99. 2013.
- PAULA E SILVA, F.; CHANG, H.; CAETANO, CH. Estratigrafia de Subsuperfície do Grupo Baurú (K) no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35, n. 1, p. 77-88, 2005.
- PAZ, J.D.S.; RAMOS, M.I.F.; SILVA-CAMINHA, S.A.F.; MORAES-SANTOS, H.M. Depósitos flúvio-lacustres da Formação Solimões, Bacia do Solimões, Eirunepé (AM), Brasil. *Contribuições à Geologia da Amazônia*, v. 9, p. 81-92, 2015.
- PUPIM, F.N.; SAWAKUCHI, A.O.; ALMEIDA, R.P.; RIBAS, C.C.; KERN, A.K.; HARTMANN, G.A.; GROHMANN, C.H. Chronology of Terra Firme formation in Amazonian lowlands reveals a dynamic Quaternary landscape. *Quaternary Science Reviews*, v. 210, p. 154-163, 2019
- RIDER, M.H. **The geological interpretation of well logs**. United States: John Wiley and Sons, Inc. p. 226 - 260, 2000.
- RODDAZ, M.; HERMOSA, W.; MORA, A.; BABY, P.; PARRA, M.; CHRISTOPHOUL, F.; BRUSSETS, S.; ESPURT, N. Cenozoic sedimentary evolution of the Amazonian foreland basin system. In: HOORN, C., WESSELINGH, F.P. (Eds). **Amazon Landscape and Species Evolution, a look into the past**. Wiley-Blackwell, p. 61-88, 2010.
- ROSSETTI, D.F. Late Cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, Brazil, within the context of sea level changes. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 14, n. 1, p. 77-89, 2001.
- ROSSETTI, D.F.; COHEN, M.C.; TATUMI, S.H.; SAWAKUCHI, A.O.; CREMON, E.H.; MITTANI, J.C.; BERTANI, T.C.; MUNITA, C.J.A.S.; TUDELA, D.R.G.; YEE, M.; MOYA, G. Mid-Late Pleistocene OSL chronology in western Amazonia and implications for the transcontinental Amazon pathway. *Sediment. Geol.* 330, 1e15. 2015. Disp. em: <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2015.10.001>.
- SANTOS, S.M.A. **Análise estratigráfica da porção oeste da Bacia do Solimões com base em dados geológicos e geofísicos de furos de sondagens**, 44 p., Relatório de Pesquisa – UFAM, Manaus, 2018.
- SERRA, O. **Fundamentals of well-log interpretation: 2. The interpretation of logging data**. Elsevier. Amsterdam. 663 p. 1986.
- SERRA, T.S. **Projeto Carvão no Alto Solimões: uma Experiência de Dados Analógicos de Sondagens Exploratórias Para Carvão em uma Base de Dados Digitais**. Salvador. 66 p. 2010. Monografia, Instituto de Geociências - Universidade Federal da Bahia.
- SHEPHARD, G.E.; MÜLLER, R.D; LIU L.; GURNIS, M. Miocene drainage reversal of the Amazon River driven by plate–mantle interaction. *Nature Geoscience. Letters*, v. 3, p. 870-875, 2010.
- SILVEIRA, R.R. **Cronoestratigrafia e Interpretação Paleoambiental de Depósitos Neógenos da Formação Solimões, Região de Coari, AM**. Manaus. 111 p. 2005. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Amazonas Dissertação de Mestrado.
- SILVEIRA, R.R. & SOUZA, P.A. Palinologia (Grãos de pólen de angiospermas) das Formações Solimões e Iça (Bacia de Solimões), nas regiões de Coari e Alto Solimões, Amazonas. *Rev. Bras. Paleontol.* v. 18, n. 3, p. 455-474, 2015.
- SILVEIRA, R.R. & SOUZA, P.A. Palinoestratigrafia da Formação Solimões na região do Alto Solimões (Atalaia do norte de Tabatinga), Amazonas. Brasil. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 36, no. 1, p. 100-117. 2016.
- SILVEIRA, R.R. **Bioestratigrafia e paleoecologia de depósitos Neógenos e Pleistocenos aflorantes na porção central e ocidental da Bacia Solimões, Estado do Amazonas, Brasil**. Porto Alegre. 264 p. 2015. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
- SOARES, E.A.A. **Depósitos pleistocenos da região de confluência dos rios Negro e Solimões, porção oeste da Bacia do Amazonas**. São Paulo, 205, p. 2007. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- SOARES, E.A.A.; DINO, R.; SOARES, D.P.; ANTONIOLI, L.; SILVA, M.A.L. New sedimentological and palynological data from surface Miocene strata in the central Amazonas Basin area. *Brazilian Journal of Geology*, v. 45, n. 3, p. 337-357, 2015.
- SOARES, E.A.A.; D'APOLITO, C.; JARAMILLO, C.; HARRINGTON, G.; CAPUTO, M.V.; BARBOSA, R.O.; BONORA, E.S.; RODOLFO, D.; GONÇALVES, A.D. Sedimentology and Palynostratigraphy of a Pliocene-Pleistocene (Piacenzian to Gelasian) deposit in the lower Negro River: Implications for the establishment of large rivers in Central Amazonia. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 79, p. 215-229, 2017.
- VONHOF, H.B.; WESSELINGH, F.P.; KAANDORP, R.J.G.; DAVIES, G.R.; HINTE, J.E., GUERRERO, J.; RÄSÄNEN, M.E.; ROMERO-PITMANN, L.; RANZI, A. Pleogeography of Miocene Western Amazonia: isotopic composition of molluscan shells constrains the influence of marine incursions. *Geological Society of American Bulletin*, v. 115, p. 983-993, 2003.
- WANDERLEY FILHO, J R.W.; EIRAS, J.F.; VAZ, P.T. Bacia do Solimões. *Boletim de Geociências Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 217-225, maio/nov. 2007.
- WESSELINGH, F.P.; RÄSÄNEN, M.E.; IRION, G.; VONHOF H.B.; RENEME, W.; ROMERO PITTMANN, L. & GINGRAS, M. Lake Pebas: a palaeoecological reconstruction of a Miocene, long-lived lake complex in western Amazonia. *Cainozoic Research*, v. 1, n. (1-2), p. 35-81, 2002.

*Submetido em 1^a de agosto de 2021
Aceito para publicação em 15 de setembro de 2021*