



**ANÁLISE FACIOLÓGICA E PERFILAGEM DE RAIOS-GAMA NA PORÇÃO EMERSA DA  
FORMAÇÃO BARRA DE ITIÚBA, BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS**

**Porto Alegre, 2016**

**MILENA CAUMO CARNIEL**

**ANÁLISE FACIOLÓGICA E PERFILAGEM DE RAIOS-GAMA NA PORÇÃO EMERSA DA  
FORMAÇÃO BARRA DE ITIÚBA, BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Orientador:** Prof. Dr. Juliano Kuchle

**Co-orientadora:** Profa. Dra. Karin Goldberg

Porto Alegre, 2016

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Reitor:** Rui Vicente Oppermann

**Vice-Reitor:** Jane Fraga Tutikian

## INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Diretor:** André Sampaio Mexias

**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Carniel, Milena Caumo

Análise faciológica e perfilagem de raios-gama na porção emersa da Formação Barra de Itiúba, Bacia de Sergipe-Alagoas . / Milena Caumo Carniel. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016. [59 f.] il.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2016.

Orientador(es):Juliano Kuchle  
Coorientador(es):Karin Goldberg

1. Eocretáceo. 2. Depósitos deltaico-lacustres. 3. Rifte.  
4. Faciologia. I. Título.

CDU 55

---

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Miriam Alves

CRB 10/1947

---

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Campus do Vale Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS - Brasil

CEP: 91501-970 / Caixa Postal: 15001.

Fone: +55 51 3308-6329 Fax: +55 51 3308-6337

E-mail: bibgeo@ufrgs.br



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “Análise Faciológica e Perfilagem de Raios-Gama na porção emersa da Formação Barra de Itiúba , Bacia de Sergipe-Alagoas” , elaborado por Milena Caumo Carniel, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

---

Dra. Ana Karina Scomazzon

---

Dr. Anderson Maraschin

---

Dra. Renata Alvarenga

## **Agradecimentos**

Agradeço aos professores do Instituto de Geociências da UFRGS, que, de várias formas, contribuíram para a minha formação como geóloga. Também aos meus colegas e amigos que sempre se mostraram dispostos durante a minha graduação, em especial à Francielle e ao Dionatan. Ao Simon, pela parceria no campo, por me auxiliar sempre que precisei e por ter me cedido os dados necessários para este trabalho.

Reitero meu agradecimento ao Dionatan, que me proporcionou inúmeras discussões e questionamentos geológicos, esteve presente do primeiro dia da minha graduação até os últimos, e que tornou esta experiência muito mais agradável e divertida.

Agradeço imensamente à minha orientadora Karin Goldberg, exemplo de mulher, profissional e geóloga, que mesmo de longe sempre se mostrou inteiramente disposta a me auxiliar, tirar minhas dúvidas e me orientar da melhor forma possível.

Agradeço também à minha família e amigos, que me apoiaram e me motivaram sempre, mesmo nos momentos mais difíceis desta etapa. Também aos meus colegas moradores da CEUFRGS, pelas inúmeras conversas e trocas de experiências, que contribuíram imensamente para minha formação, tanto acadêmica quanto pessoal. Agradeço especialmente ao Linhares e à Dienifer pelos tantos momentos de desopilação, que foram essenciais nesse período.

## Resumo

A Formação Barra de Itiúba é uma unidade eocretácica da Bacia de Sergipe-Alagoas, interpretada como depósitos deltaico-lacustres. A correlação entre poços e afloramentos dessa unidade, tanto em áreas na porção emersa, como entre as porções emersa e submersa, é difícil devido à 1) escassez de afloramentos, 2) pouca continuidade lateral dos afloramentos existentes, 3) similaridade das fácies deltaicas na Formação Barra de Itiúba e na Formação Feliz Deserto (unidade subjacente), e 4) ausência de marcadores (litológicos ou radioativos) que permitam inferir a posição estratigráfica das sucessões aflorantes em relação às sucessões registradas em poço. Este projeto se propôs a verificar se a perfilagem de raios-gama obtida em afloramento, através da utilização de um cintilômetro portátil, aliada à análise faciológica, permitiria a definição de uma assinatura que pudesse ser usada na correlação entre afloramentos e poços. Através da análise faciológica em dois afloramentos, foram definidas quinze fácies, agrupadas em seis associações de fácies (Canal Distributário, Baía Interdistributária, Frente Deltaica Proximal, Frente Deltaica Distal, Prodelta e Lago). As medidas de paleocorrentes indicam paleofluxo consistente para ESE e SSW. A correlação entre afloramentos e poços da Formação Barra de Itiúba na área emersa da bacia, essencial para a reconstrução da fisiografia do sistema deltaico, é possível através da análise faciológica aliada à análise dos perfis de raios gama.

**Palavras-chave:** Depósitos deltaico-lacustres. Eocretáceo. Rife. Faciologia. Perfis de Raios-Gama.

## **Abstract**

Barra de Itiúba Formation is an eocretaceous unit of the Sergipe-Alagoas Basin, interpreted as deltaic-lacustrine deposits. Correlation between outcrops and wells of this unit, both in the onshore portion and between onshore and offshore portions, is difficult due to the 1) limited number of outcrops, 2) lack of lateral continuity of existing outcrops, 3) facies similarity between the Barra de Itiúba Formation and (underlying) Feliz Deserto Formation, and 4) absence of markers (lithologic or radioactive) that allow inference of the stratigraphic position of exposed successions in relation to those recorded in wells. This project intended to investigate if gamma-ray logs obtained in outcrops using of a portable scintilometer, coupled with facies analysis, would allow the definition of a signature that could be used for correlation between outcrops and wells. Facies analysis resulted in the identification of fifteen facies, grouped into six facies associations (Distributary Channel, Interdistributary Bay, Proximal Delta Front, Distal Delta Front, Prodelta and Lake). Paleocurrent measurements indicate paleoflux consistently to ESE and SSW. Correlation between outcrops and wells from the Barra de Itiúba Formation in the onshore portion of the basin, essential for the reconstruction of delta physiography, is possible using facies analysis coupled with gamma-ray log analysis.

**Key-words:** Deltaic-lacustrine Deposits. Eocretaceous. Rift. Facies. Gamma-ray Logs

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> - Mapa de localização da bacia. Modificado de Rodrigues (2011). .....	16
<b>Figura 2</b> - Carta cronoestratigráfica da Sub-bacia de Alagoas, com o intervalo estudado marcado em vermelho (BIT = Formação Barra de Itiúba, PDO = Formação Penedo). Extraído de Campos Neto et al. (2007). .....	18
<b>Figura 3</b> - Bloco diagrama de um delta dominado por rios e suas associações de fácies. Extraído de Bhattacharya, 2010.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 4</b> - Modelo base utilizado para levantamento de perfil colunar e descrição faciológica. .....	21
<b>Figura 5</b> – Perfis de raios-gama associados a perfil colunar de um depósito fluvial (esquerda) e eólico (direita) (extraído de Bállico, 2009). .....	23
<b>Figura 6</b> - Espectrômetro portátil de raios-gama portátil modelo Radiation Solucion RS 230. .....	24
<b>Figura 7</b> - Mapa de localização afloramentos estudados.....	26
<b>Figura 8</b> - Figura 8 - Perfil colunar do afloramento BIT - 6. ....	27
<b>Figura 9</b> - Figura 9 - Perfil colunar do afloramento BIT – 7 (Perfil 1). ....	29
<b>Figura 10</b> - Perfil colunar do afloramento BIT – 7 (Perfil 2). ....	31
<b>Figura 11</b> - Litofácies encontradas nos afloramentos estudados. (a) Conglomerado deformado (Gd). (b) Conglomerado maciço (Gm). (c) Conglomerado com estratificação cruzada de baixo ângulo (GI). (d) Arenito com estratificação plano-paralela (Sh). (e) Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (SI). (f) Arenito com estratificação cruzada tangencial (St).....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 12</b> - Litofácies encontradas nos afloramentos estudados. (a) Arenito com <i>ripples</i> (Sr). (b) Arenito com laminação convoluta (Sd). (c) Heterolito (H). (d) Siltito com <i>ripples</i> (Fr). (e) Lamito laminado (Fl). (f) Lamito maciço (Fm). ....	33
<b>Figura 13</b> - Diagrama de paleocorrentes da associação de fácies de canal distributário. ....	37
<b>Figura 14</b> - Associação de fácies de canal distributário. (A) Perfil colunar da associação. (B) Fotomosaico interpretado, mostrando as incisões. (C) Fotomosaico.....	37
<b>Figura 15</b> - Associação de fácies de frente deltaica proximal. (A) Perfil colunar da associação. (B) Fotomosaico interpretado, mostrando os depósitos de escorregamento sobre a superfície de deslizamento. (C) Fotomosaico. ....	39
<b>Figura 16</b> - Diagrama de paleocorrentes da associação de fácies de frente deltaica proximal. .....	40
<b>Figura 17</b> - Associação de fácies de frente deltaica distal. (A) Perfil colunar da associação. (B) Fotomosaico interpretado, mostrando a dominância de depósitos finos. (C) Fotomosaico. .....	41
<b>Figura 18</b> - Diagrama de paleocorrentes da associação de fácies de frente deltaica distal.	42
<b>Figura 19</b> - Associação de fácies de prodelta. (A) Perfil colunar da associação. (B) Fotomosaico, mostrando a baixíssima razão arenito/lutito.....	43
<b>Figura 20</b> - Diagrama de paleocorrentes da associação de fácies de prodelta. ....	43
<b>Figura 21</b> - Associação de fácies de lago. (A) Perfil colunar da associação. (B) Fotomosaico. .....	44
<b>Figura 22</b> - Diagrama de classificação de Galloway (1975) e seis tipos de deltas de Coleman & Wright (1975). Modificado de Bhattacharya, 2010.....	45

<b>Figura 23</b> - Diagrama de classificação de deltas segundo seu sistema alimentador. Extraído de McPherson et al., 1987. ....	46
<b>Figura 24</b> - Arcabouço Estratigráfico do perfil BIT – 6.....	49
<b>Figura 25</b> – Arcabouço Estratigráfico do ponto BIT – 7 Perfil 1.....	50
<b>Figura 26</b> - Arcabouço Estratigráfico do ponto BIT – 7 Perfil 2.....	51
<b>Figura 27</b> - Correlação entre os perfis de raios-gama do afloramento BIT – 6 e poço FU – 0045. O triângulo sinaliza as porções do perfil de raios gama interpretadas como padrão “sino”, enquanto que o triângulo invertido indica o padrão “funil”.....	53
<b>Figura 28</b> - Correlação entre os perfis de raios-gama do afloramento BIT – 7 e poço FU – 0045. O triângulo sinaliza as porções do perfil de raios gama interpretadas como padrão “sino”, enquanto que o triângulo invertido indica o padrão “funil”.....	56

## **Lista de tabelas**

**Tabela 1** - Parte da classificação de litofácies segundo Miall, 1996.....19

**Tabela 2** - Litofácies dos afloramentos BIT 6 e 7.....33

## Sumário

1. Introdução .....	14
1.1. Caracterização do problema/ hipóteses .....	14
1.2. Justificativa .....	14
1.3. Objetivos e Metas .....	15
2. Contexto Geológico .....	16
2.1. Bacia de Sergipe-Alagoas .....	16
3. Metodologia .....	19
3.1 Pré-campo .....	19
3.1.1 Revisão Bibliográfica .....	19
3.1.2 Prospecção de Afloramentos .....	19
3.2 Campo .....	19
O trabalho de campo foi realizado de 13 a 21 de janeiro de 2016 na região de Penedo e Japoatã, SE.....	19
3.2.1 Descrição faciológica .....	19
3.2.2 Espectrômetro de raios-gama portátil .....	22
3.3 Pós-campo .....	24
3.3.1 Desenho dos perfis colunares e preparação da tabela de fácies .....	24
3.3.3 Comparação e integração dos dados .....	25
4. Resultados e Discussões .....	26
4.1 Fácies .....	32
4.2 Associações de Fácies .....	36
4.2.1 Canal Distributário .....	36
4.2.2 Baía Interdistributária .....	38
4.2.4 Frente Deltaica Proximal .....	38
4.2.3 Frente Deltaica Distal .....	40
.....	41
4.2.5 Prodelta .....	42
.....	43
4.2.6 Lago .....	44
4.3 Modelo Depositional .....	44
4.4 Arcabouço Estratigráfico .....	47
4.5 Correlação afloramento x poço .....	52
5. Conclusões .....	57

Referências.....	58
------------------	----

## **1. Introdução**

### **1.1. Caracterização do problema/ hipóteses**

A Formação Barra de Itiúba é uma unidade eocretácica da Bacia de Sergipe-Alagoas, depositada no estágio rifte da bacia (Campos Neto et al., 2007). Esta se caracteriza por folhelhos e arenitos muito finos formados em sistemas deltaicos e lacustres (Feijó, 1994).

A correlação entre poços e afloramentos da Formação Barra de Itiúba, tanto em áreas na porção emersa, como entre as porções emersa e submersa, é difícil devido à 1) escassez de afloramentos, 2) pouca continuidade lateral dos afloramentos existentes, 3) similaridade das fácies deltaicas na Formação Barra de Itiúba e na Formação Feliz Deserto (subjacente), e 4) ausência de marcadores (litológicos ou radioativos) que permitam inferir a posição estratigráfica das sucessões aflorantes em relação às sucessões registradas em poço.

Neste contexto, este projeto se propôs a verificar se a perfilagem de raios-gama obtida em afloramento através da utilização de um cintilômetro portátil, aliada à análise faciológica, permitiria a definição de uma assinatura de perfil que pudesse ser usada na correlação entre afloramentos e poços, tendo como premissas:

- A análise faciológica (identificação de fácies e associações de fácies) permite definir o sistema deposicional e padrões de empilhamento.
- Os perfis de raios-gama, usualmente utilizados em poços para interpretação da litologia e padrões de empilhamento, refletem a granulometria e composição da rocha, conferindo uma assinatura característica a arenitos, bastante diferente da assinatura de folhelhos. O padrão de empilhamento registrado nos perfis de raios gama permite correlacionar sucessões faciológicas de poços com as de afloramentos.

### **1.2. Justificativa**

A reconstrução paleogeográfica dos depósitos da Formação Barra de Itiúba na Bacia de Sergipe-Alagoas é bastante fragmentária, uma vez que as fácies deltaicas observadas em afloramentos são de difícil correlação com as descritas em

poços. Assim, a arquitetura deposicional e medidas de paleocorrente obtidas em afloramento não podem ser utilizadas na correlação regional e reconstrução da fisiografia do sistema deltaico. Como a unidade estudada contém importantes rochas reservatório de hidrocarbonetos, é de suma importância que a distribuição espacial e temporal dos potenciais corpos arenosos seja detalhada com vistas ao caráter preditivo.

### **1.3. Objetivos e Metas**

Este trabalho teve como objetivo geral determinar os sistemas deposicionais e padrões de empilhamento em afloramentos da Formação Barra de Itiúba, bem como testar o uso da perfilagem de raios-gama na correlação de afloramentos e poços.

## 2. Contexto Geológico

### 2.1. Bacia de Sergipe-Alagoas

A Bacia de Sergipe-Alagoas localiza-se na margem leste brasileira, tendo como limite nordeste o Alto do Maragogi e sudoeste a Bacia de Jacuípe (Fig. 1). Sua porção emersa tem uma área de 13.000 km<sup>2</sup>, enquanto a porção submersa tem 32.760 km<sup>2</sup> (Barreiro *et al.*, 2003). Feijó (1994) individualizou as sub-bacias de Sergipe e de Alagoas, separadas pelo Alto de Japoatã-Penedo. Para Campos Neto *et al.* (2007), entretanto, o Alto do Japoatã-Penedo não caracteriza um divisor de bacias e está restrito apenas à porção emersa e de águas rasas, não se prolongando até o bloco baixo da charneira Eoalagoas.

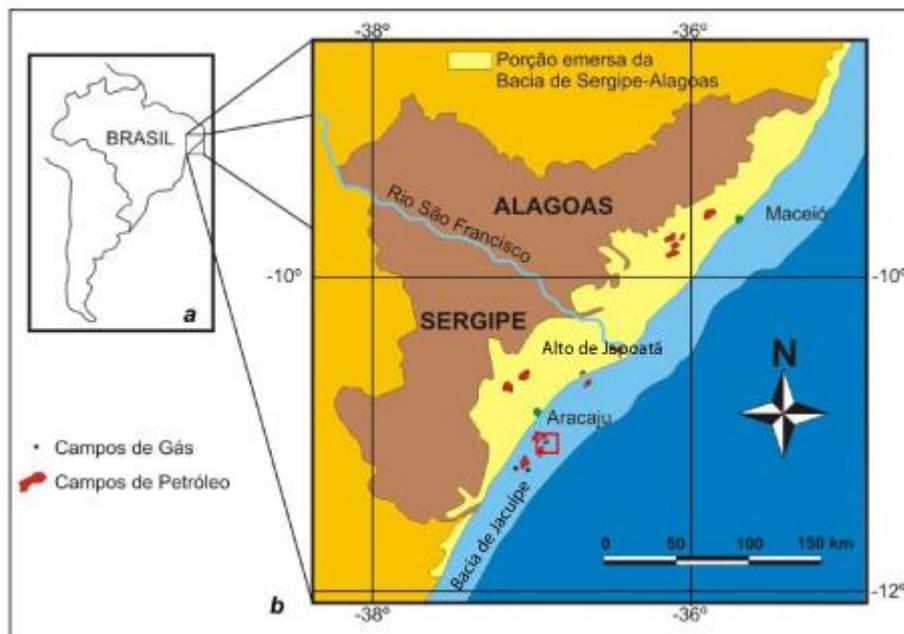


Figura 1 - Mapa de localização da bacia de Sergipe-Alagoas. Modificado de Rodrigues (2011).

A Bacia de Sergipe-Alagoas foi formada a partir da evolução de um rifte assimétrico resultante de processos extensivos que deram origem ao Atlântico Sul durante o Juro-Cretáceo. Seu registro contém a mais completa sucessão estratigráfica entre as bacias de margem continental brasileira, sendo reconhecidos os estágios de sinéclise, pré-rifte, rifte, e margem passiva (drifte) (Bizzi *et al.*, 2003).

Durante o estágio de sinéclise, foram depositadas a Formação Batinga (glacial subaquoso) e a Formação Aracaré (ambiente desértico, litorâneo e deltaico), que cobriam extensas áreas do continente Gondwana (Fig. 2). Na Supersequência Pré-Rifte, depositaram-se as Formações Bananeiras (folhelhos lacustres), a Formação Candeeiro (arenitos flúvio-deltaicos) e a Formação Serraria (sistemas fluviais entrelaçados), durante uma fase de estabilidade tectônica. A Supersequência Rifte equivale ao estágio de subsidência mecânica da bacia, formando depósitos continentais e marinhos restritos. Neste contexto é que foi depositada a Formação Barra de Itiúba, foco deste trabalho, e a Formação Penedo, que representam os ciclos iniciais do rifte, quando a geração de espaço de acomodação ainda era incipiente. Durante a subsidência térmica, depositou-se a Supersequência Pós-Rifte, quando ocorreu a primeira grande incursão marinha, depositando-se a Formação Muribeca (folhelhos, calcários, evaporitos, arenitos e conglomerados). Na Supersequência Drifte depositaram-se as Formações Riachuelo, Cotinguiba, Marituba, Mosqueteiro e Calumbi, inicialmente em condições marinhas restritas, e posteriormente em mar aberto (Campos Neto et al., 2007).

Schaller (1969) descreveu a Formação Barra de Itiúba como folhelhos cinza esverdeados e negros, intercalados com arenitos finos, bem selecionados, e calcários, interpretados como depósitos deltaicos e lacustres. Nesta unidade foi reconhecida a Discordância Pré-Aratu, que representa um hiato de até 5 Ma, e teve origem a partir de um soerguimento generalizado em toda a bacia, relacionado a mudanças regionais do campo de tensões (Borba et al., 2011). A Formação Barra de Itiúba é importante economicamente, pois seus folhelhos lacustres, portadores de querogênio do tipo I, são geradores de hidrocarbonetos. Os arenitos deltaicos, selados pelos folhelhos desta mesma formação, servem como rochas reservatórios (Bizzi et al., 2003).

Apesar da importância econômica da Formação Barra de Itiúba, a paleogeografia desta unidade não é bem conhecida, tendo sido estudada predominantemente dentro de um determinado campo petrolífero (e.g. Borba et al. 2011). Um estudo regional que contemple a distribuição dos sistemas deposicionais permitiria a determinação da distribuição espacial dos corpos arenosos, potenciais reservatórios.

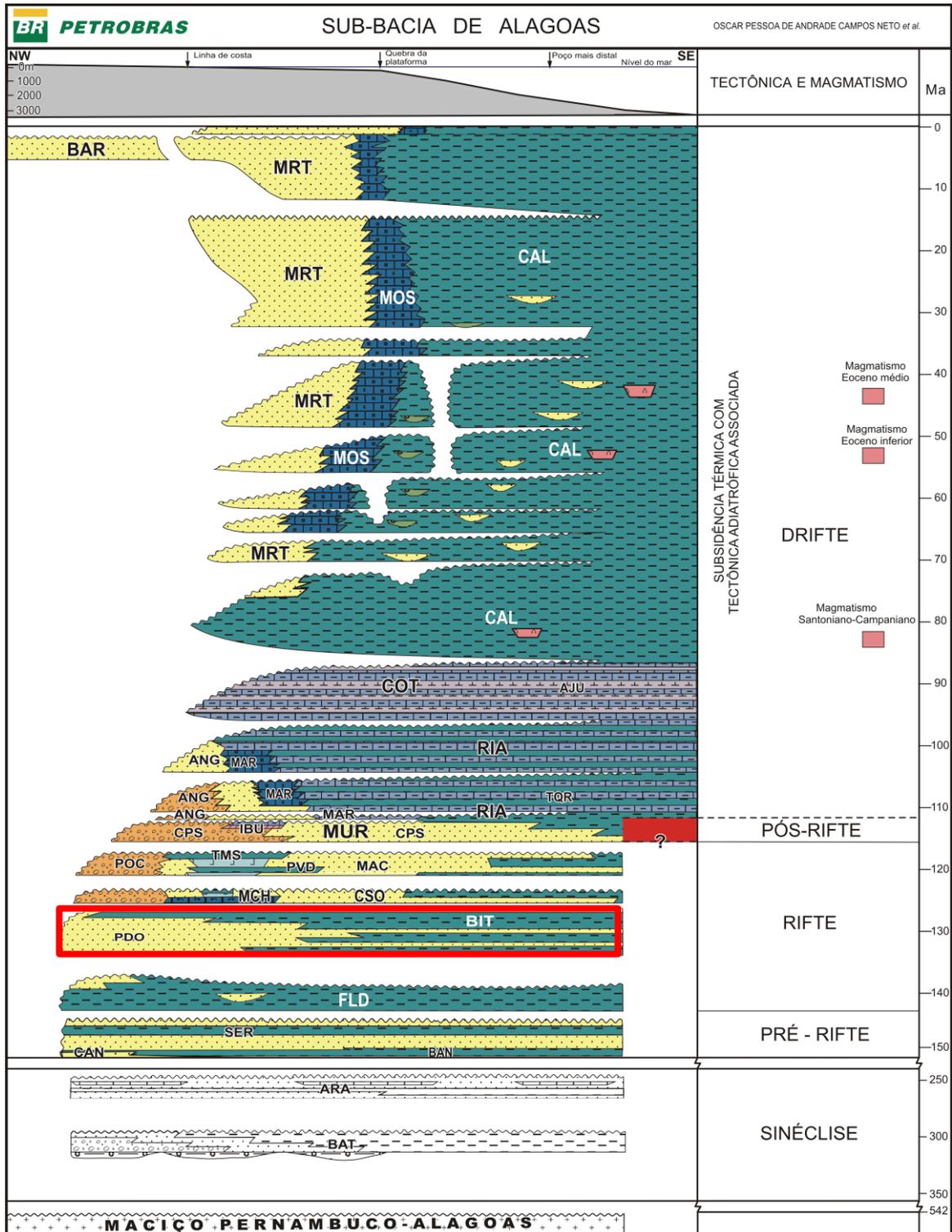


Figura 2 - Carta cronoestratigráfica da Sub-bacia de Alagoas, com o intervalo estudado marcado em vermelho (BIT = Formação Barra de Itiúba, PDO = Formação Penedo). Extraído de Campos Neto et al. (2007).

## **3. Metodologia**

### **3.1 Pré-campo**

#### 3.1.1 Revisão Bibliográfica

Esta etapa envolveu a leitura e discussão de artigos sobre aspectos deposicionais e estratigráficos da Formação Barra de Itiúba, e sobre sistemas fluvio-deltaicos, bem como sobre a metodologia de aquisição de dados com o espectrômetro de raios gama portátil.

#### 3.1.2 Prospecção de Afloramentos

Para prospectar afloramentos, foi utilizado o programa Google Earth em conjunto com um mapa geológico da Bacia de Sergipe-Alagoas. Procurou-se no Google Earth, em áreas marcadas como pertencendo à Formação Barra de Itiúba no mapa geológico, regiões que poderiam ser potenciais afloramentos. A localização destes pontos foi anotado e os pontos plotados no mapa-base utilizado durante o trabalho de campo.

### **3.2 Campo**

O trabalho de campo foi realizado de 13 a 21 de janeiro de 2016 na região de Penedo e Japoatã, SE.

#### 3.2.1 Descrição faciológica

Para representar graficamente uma sucessão vertical de fácies de um pacote de rochas sedimentares, faz-se necessário o levantamento de um perfil colunar, onde o eixo horizontal indica a granulometria da rocha e o eixo vertical indica a espessura da camada. Neste trabalho o perfil colunar foi levantado em escala 1:50 (Fig. 4).

No perfil colunar foi feita a descrição faciológica, que incluiu dados como cor, geometria da camada, composição, textura (granulometria, seleção), estruturas sedimentares primárias, medidas de paleocorrentes e conteúdo fossilífero das rochas. Além disso, no perfil colunar foram anotados dados referentes à posição de fotos e amostras coletadas.

Para descrição de fácies, neste trabalho usou-se a nomenclatura proposta por Miall (1996), sendo que a primeira letra é maiúscula e indica o tamanho de grão dominante (exemplo: S = sand), e a segunda letra é minúscula e indica a estrutura (exemplo: p = planar cross-bedding) (Tab. 1). Este estudo utilizou o conceito de litofácies, que é baseada em feições puramente litológicas, texturais e estruturais, não considerando conteúdo fóssilífero e paleocorrente (Mendes, 1984).

Além da descrição litológica, foram tiradas fotos a uma distância constante do afloramento (para que a escala de todas fosse a mais parecida possível) para a confecção de fotomosaicos. As fotos tiveram uma região de sobreposição de aproximadamente 40% para posterior montagem no laboratório. O objetivo da construção de fotomosaicos foi ilustrar variações laterais e arquitetura dos depósitos estudados. Foram tiradas também fotos de detalhe das estruturas e diferentes fácies encontradas.

Tabela 1 – Parte da classificação de litofácies segundo Miall, 1996.

Código	Fácies	Estruturas sedimentares	Interpretação
<b>Gmm</b>	Cascalho maciço matriz-suportado	Gradação incipiente	Fluxo de detritos plástico, fluxo viscoso, alta coesão interna
<b>Gt</b>	Cascalho estratificado	Estratificações cruzadas acanaladas	Preenchimento de pequenos canais
<b>St</b>	Areia fina a muito grossa (podendo ser cascalhosa)	Estratificações cruzadas acanaladas	Dunas 3D, cristas sinuosas ou lingüóides
<b>Sp</b>	Areia fina a muito grossa (podendo ser cascalhosa)	Estratificações cruzadas planares	Dunas transversais 2D
<b>Sr</b>	Areia muito fina a grossa	Laminações cruzadas de marcas onduladas	Marcas onduladas (regime de fluxo inferior)
<b>Sh</b>	Areia muito fina a grossa (podendo ser cascalhosa)	Laminação horizontal, lineação de partição	Formas de leito plano (regime de fluxo superior/ crítico)
<b>Sl</b>	Areia muito fina a grossa (podendo ser cascalhosa)	Estratificações cruzadas de baixo ângulo (<15°) (podendo ser sigmoidais)	Preenchimentos de suaves depressões ( <i>scour fills</i> ), dunas atenuadas, antidunas
<b>Sm</b>	Areia fina a grossa	Maciça ou laminação indistinta	Depósitos de fluxos hiperconcentrados, fluidizações ou intensa bioturbação
<b>Fl</b>	Areia, silte, lama	Laminações finas, Laminações cruzadas de marcas onduladas de muito pequeno porte	Depósitos externos ao canal, canais abandonados ou depósitos de inundação
<b>Fm</b>	Lama, silte	Maciço, gretas de contração	Depósitos externos ao canal ou canais abandonados

**SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA**

Poço/Caixa: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_ Folha: \_\_\_\_\_ /  
 Intérprete(s) \_\_\_\_\_ Escala: \_\_\_\_\_

<p><b>Legenda</b></p> <p>M Maciço</p> <p>≡ Lam. Plano Paralela</p> <p>⤵ Est. Cruz. Acanalada</p> <p>⤵ Est. Cruz. Cavalgante</p> <p>⤵ Lam. Ondulada</p>	<p>⤵ Lam. Ondulada Truncada</p> <p>≡ Est. Cruz. Planar</p> <p>⤵ Est. Cruz. Tangencial</p> <p>⤵ Est. Cruz. Bxo Ângulo</p> <p>⤵ Ripples Simétricas</p> <p>⤵ Ripples Assimétricas</p>	<p><b>Gradação</b></p> <p>△ normal</p> <p>▽ inversa</p> <p>⊗ inversa-normal</p> <p>◊ normal-inversa</p> <p>⤵ Fluidização</p> <p>⤵ Lam. Convoluta</p> <p>⤵ Estrutura em Chama</p>	<p>⤵ Escorregamento</p> <p>⤵ Estrutura de Carga</p> <p>⤵ Restos Vegetais</p> <p>● Intraclastos</p> <p><b>Bioturbação</b></p> <p>⤵ fraca</p> <p>⤵ moderada</p> <p>⤵ intensa</p>
--	--	--	--

Estrut.	Foto	Fácies	Associação de fácies	Descrição
<p style="text-align: center;">Areia</p> <p style="text-align: center;">Bl SxGr g m f mf S A</p>				
<p style="text-align: center;">Bl SxGr g m f mf S A</p> <p style="text-align: center;">Areia</p>				

Figura 3 - Modelo base utilizado para levantamento de perfil colunar e descrição faciológica.

### 3.2.2 Espectrômetro de raios-gama portátil

A detecção da radiação por um cintilômetro é baseada na emissão de finas centelhas de luz quando os raios-gama atingem um cristal (fósforo com iodeto de sódio e tálio ativado) que fica dentro do aparelho. Estas centelhas são então convertidas em pulsos elétricos, cuja altura é proporcional à quantidade de energia absorvida, sendo possível identificar se os diferentes tipos de radiação foram do  $K^{40}$  (1,46 MeV), do  $U^{235}$  (1,76 Me) ou do  $Th^{232}$  (2,62 MeV) (Nery, 2013).

A radioatividade das rochas varia conforme a quantidade de seus elementos radioativos. O  $K^{40}$  é responsável por 0,012% de todo o potássio existente na crosta e 0,27% do potássio nos folhelhos, sendo que o resultado de suas medidas é expresso em porcentagem. O Urânio e o Tório não têm grande importância na gênese das rochas, mas podem gerar uma alta radioatividade local devido a dissoluções, migrações e precipitações (Nery, 2013). O resultado de suas medidas é expresso em ppm. Além dos canais de  $K^{40}$ ,  $U^{235}$  e  $Th^{232}$ , o cintilômetro também gera a medida da soma das radioatividades desses três principais elementos radioativos, chamada de contagem total (CT), que é expressa em ppm.

A contagem de raios gama é utilizada como método indireto para a discriminação entre rochas de granulometria grossa (arenitos e conglomerados) e finas (lutitos). De maneira geral, arenitos possuem valores de raios gama muito mais baixos que os lutitos (Fig. 5). Assim, a assinatura de raios gama pode ser usada tanto na interpretação do tipo de rocha como também na identificação de padrões verticais (e.g. ciclos granodecrescentes ou granocrescentes). Este comportamento geral, entretanto, pode ser modificado pela composição, e portanto é necessário parcimônia na interpretação litológica com base apenas na assinatura de raios gama. Por exemplo, arenitos feldspáticos, que tem contagem de raios gama bem mais alta do que arenitos quartzosos, podem ser erroneamente interpretados como rochas de granulometria mais fina. Myers e Bristow (1989), por exemplo, mostraram que na Formação Rough Rock (Namuriano superior), a radioatividade gama é controlada pela concentração de K-feldspatos, argilominerais e monazita. Mudanças na radiação gama podem ser correlacionadas com as mudanças nas fácies, possibilitando uma correlação lateral entre as unidades. Algumas fácies podem ser discriminadas usando a razão Th/K, que reflete variações na mineralogia, onde a

razão Th/K diminui juntamente com a razão quartzo/feldspato. Por vezes há picos na radiação gama que não estão relacionados com as fácies ou granulometria. Estes são causados pela concentração de minerais de monazita (que contém Th). A presença destes picos, se mal interpretadas, poderia gerar correlações erradas em subsuperfície.

Deste modo, a integração entre análise faciológica e perfilagem de raios gama pode facilitar a correlação, fornecendo informações valiosas para a interpretação paleogeográfica.

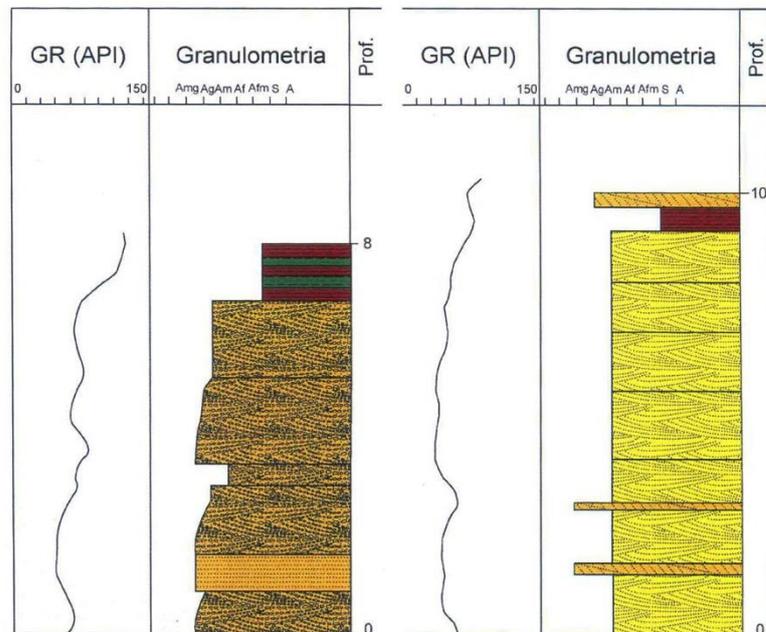


Figura 4 – Perfis de raios-gama associados a perfil colunar de um depósito fluvial (esquerda) e eólico (direita) (extraído de Bállico, 2009).

Neste projeto os perfis de raios-gama foram construídos a partir de medidas obtidas com o espectrômetro de raios-gama portátil modelo Radiation Solucion RS 230 (Fig. 6) ao longo de um perfil vertical com espaçamento regular de 50 centímetros e contagem de 2 minutos para cada leitura. Em alguns casos o espaçamento foi modificado devido a peculiaridades encontradas ao longo da seção; por exemplo, quando o local a ser lido se encontrava no limite de duas camadas.



Figura 5 - Espectrômetro portátil de raios-gama portátil modelo Radiation Solucion RS 230.

### **3.3 Pós-campo**

#### **3.3.1 Desenho dos perfis colunares e preparação da tabela de fácies**

Primeiramente os perfis colunares foram redesenhados em Adobe Illustrator. Após, foi construída uma tabela de fácies sedimentares, com a descrição e interpretação das fácies identificadas. Só então é que as fácies foram organizadas em associações de fácies para a interpretação dos sistemas deposicionais.

As medidas de raios gama obtidas com o espectrômetro portátil foram tabeladas em Excel e transformadas em curvas de raios gama, integradas aos perfis litológicos em Adobe Illustrator para comparação com a litologia.

#### **3.3.2 Fotomosaicos**

Um fotomosaico é a junção de várias fotografias em uma única imagem a fim de representar as variações laterais dos afloramentos. Para isso, foi utilizado o programa Photoshop CS5 para fazer a união de todas as fotografias. A fim de evitar distorções (comuns nas bordas das fotos), utilizou-se apenas a porção central das imagens. As fotografias foram sobrepostas utilizando pontos em comum em duas imagens adjacentes para obter uma imagem única do afloramento.

Após a junção das fotos em uma única imagem, a interpretação esquemática do afloramento foi desenhada por cima e montada em Adobe Illustrator. Os fotomosaicos construídos para os afloramentos estudados encontram-se no Anexo 1.

### 3.3.3 Comparação e integração dos dados

A identificação da assinatura de raios gama para as associações de fácies foi testada como parâmetro comparativo entre afloramentos e poços. Os perfis litológicos e de raios-gama obtidos nos afloramentos estudados foram comparados com os perfis de poços selecionados na porção emersa da bacia, para identificar uma possível correlação entre os mesmos.

## 4. Resultados e Discussões

A partir dos dados obtidos em dois afloramentos na porção central da Bacia de Sergipe-Alagoas, ao longo da estrada SE-202 em direção à Japoatã (Fig. 7), foi realizada a análise faciológica da Formação Barra de Itiúba. Foram levantadas três seções colunares (BIT – 6, BIT – 7 Perfil 1 e BIT – 7 Perfil 2) (Fig. 8, 9 e 10), totalizando 64 metros de seção e 217 medidas de paleocorrentes em estruturas sedimentares.

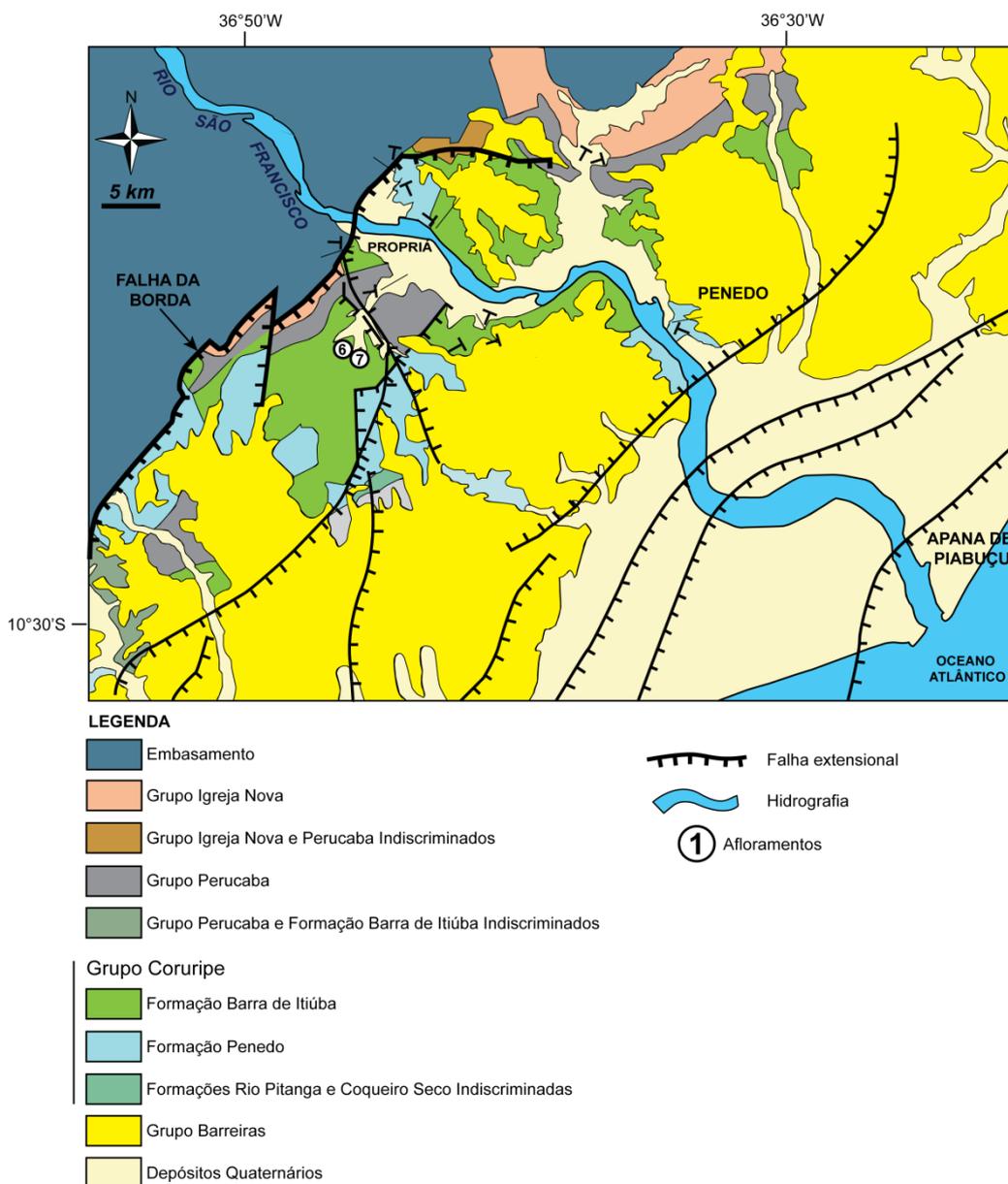


Figura 6 - Mapa de localização afloramentos estudados, no estado de Sergipe.

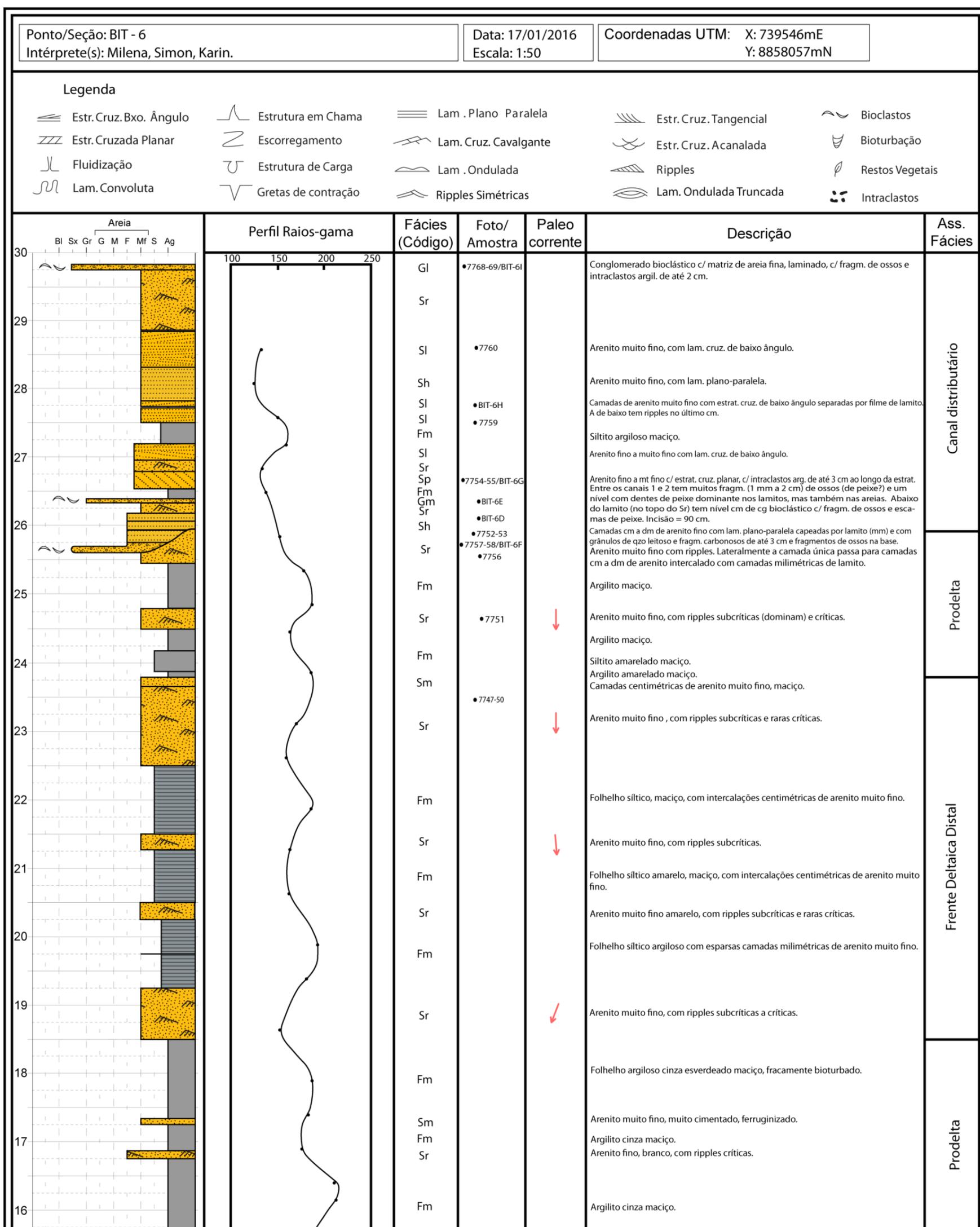


Figura 7 - Figura 8 - Perfil colunar do afloramento BIT - 6.

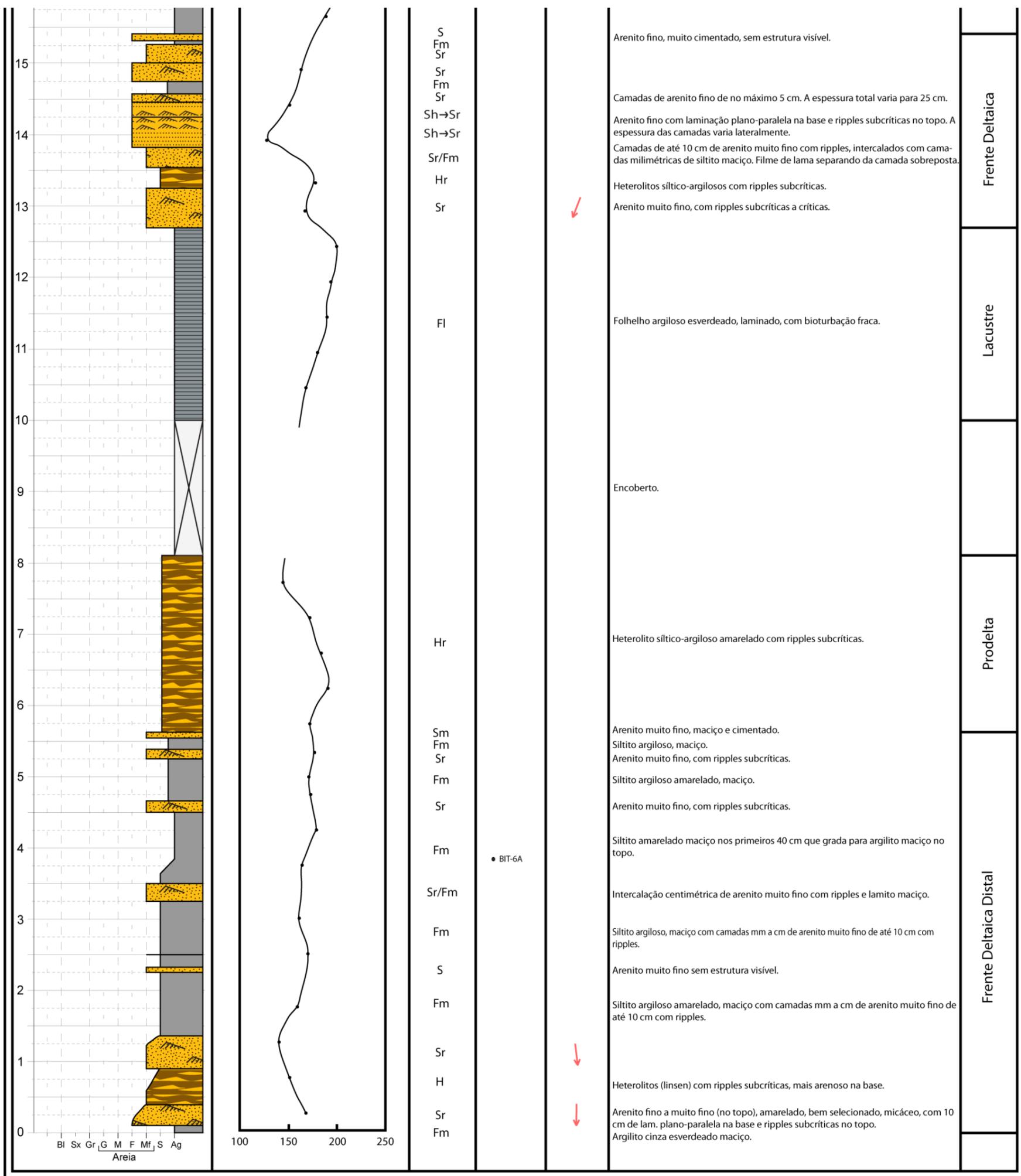


Figura 8 (cont.) - Perfil colunar do afloramento BIT - 6.

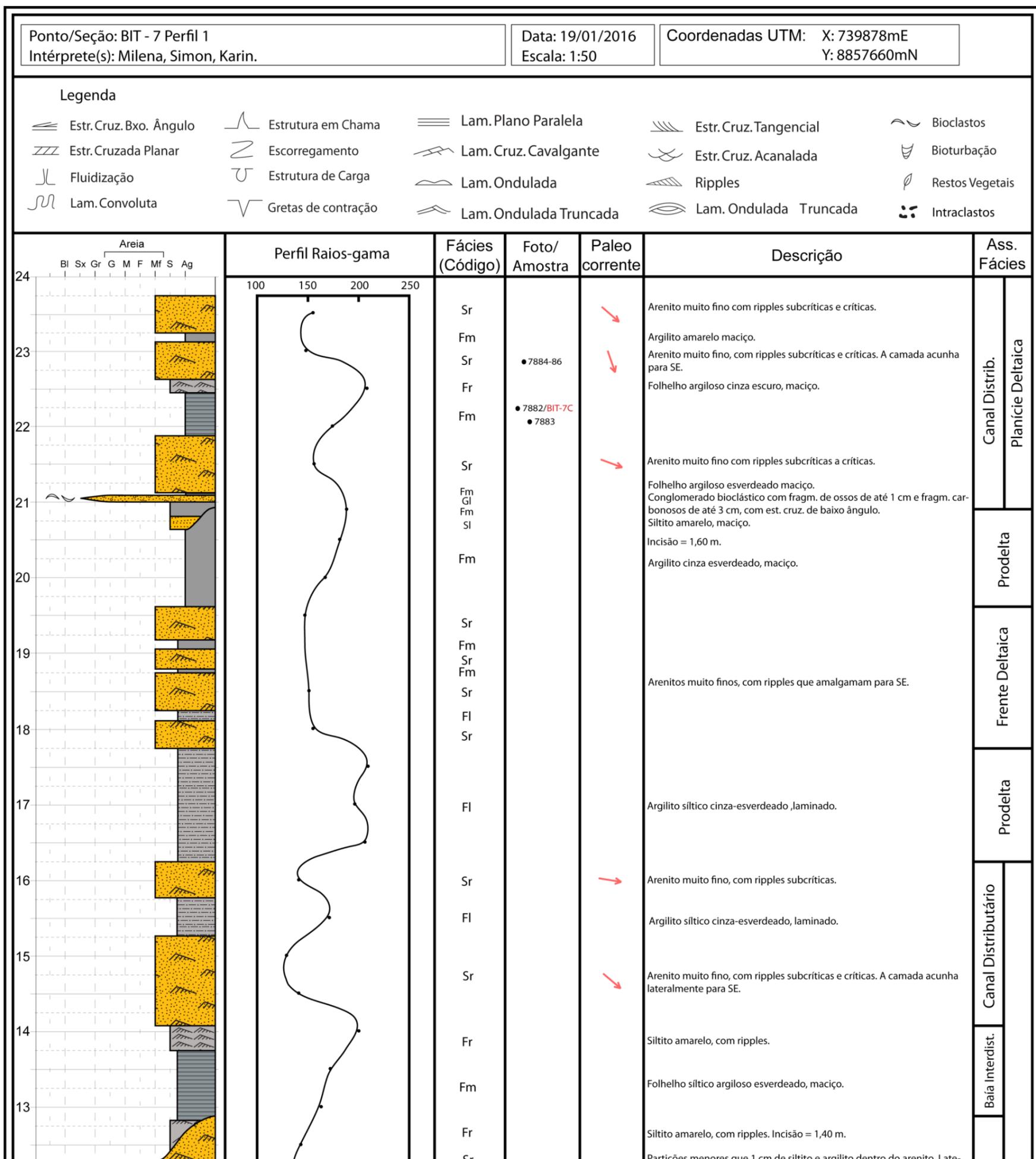


Figura 8 - Figura 9 - Perfil colunar do afloramento BIT – 7 (Perfil 1).

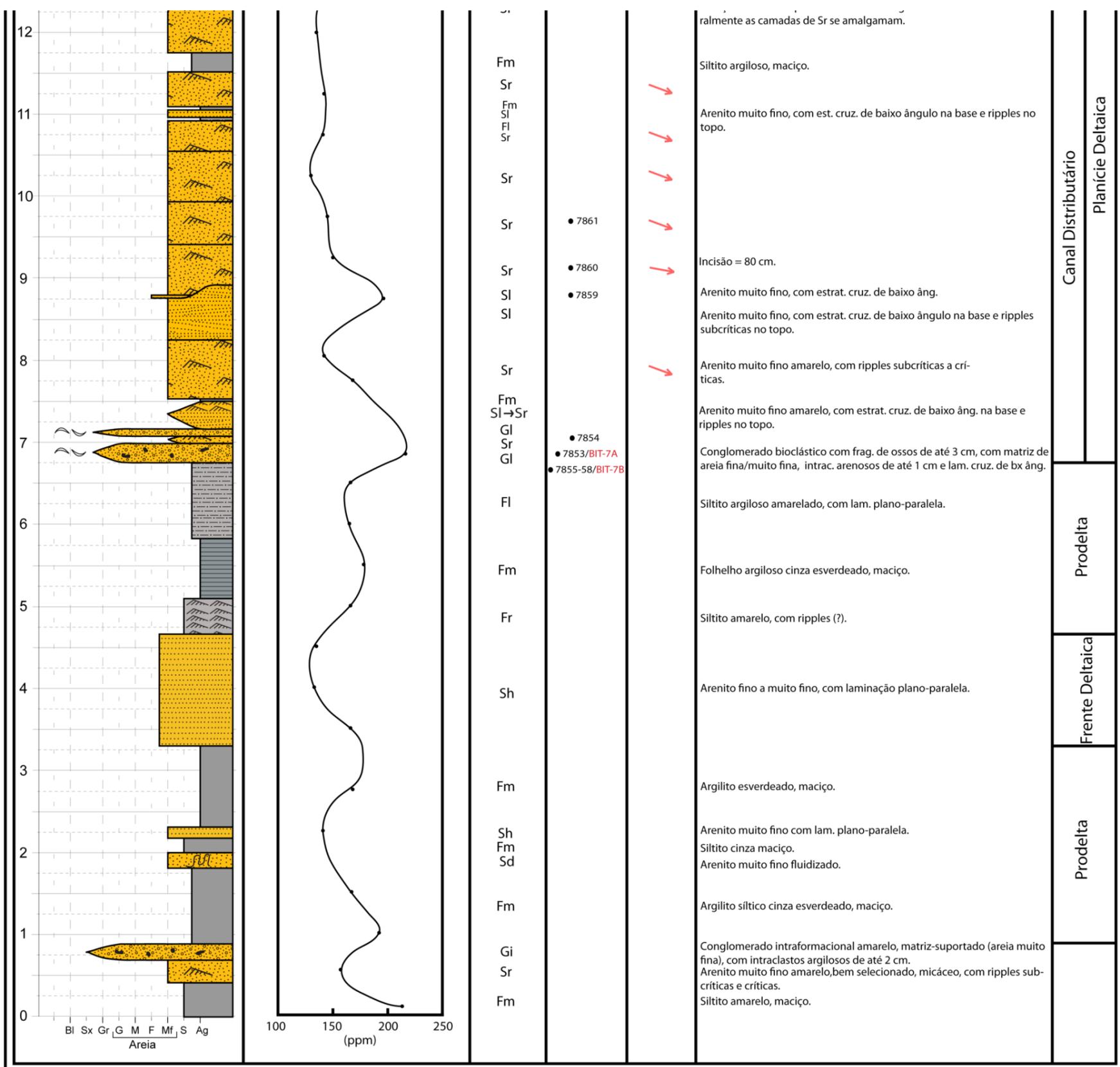


Figura 9 (cont.) - Perfil colunar do afloramento BIT – 7 (Perfil 1).

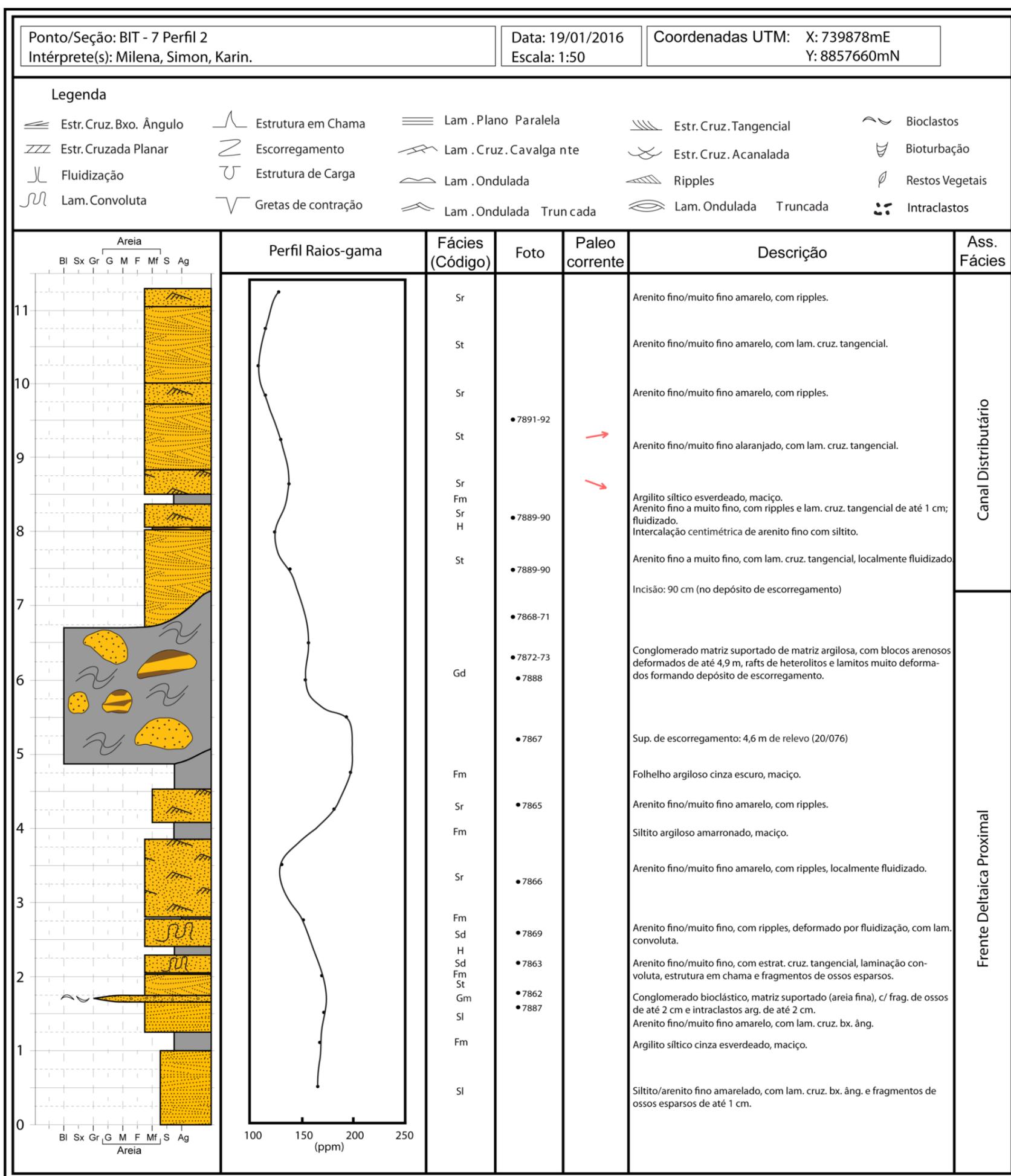


Figura 9 - Perfil colunar do afloramento BIT – 7 (Perfil 2).

#### **4.1 Fácies**

Os afloramentos estudados são caracterizados por lutitos cinzas, predominantemente maciços (Fig. 11), e arenitos amarelos muito finos com ripples, por vezes com estratificações plano-paralela ou cruzada tangencial e de baixo ângulo, além de estruturas de fluidização. Subordinadamente ocorrem conglomerados bioclásticos amarelos (Fig. 12), maciços ou com estratificação cruzada de baixo ângulo.

Foram identificadas quinze fácies, sintetizadas na Tabela 2.

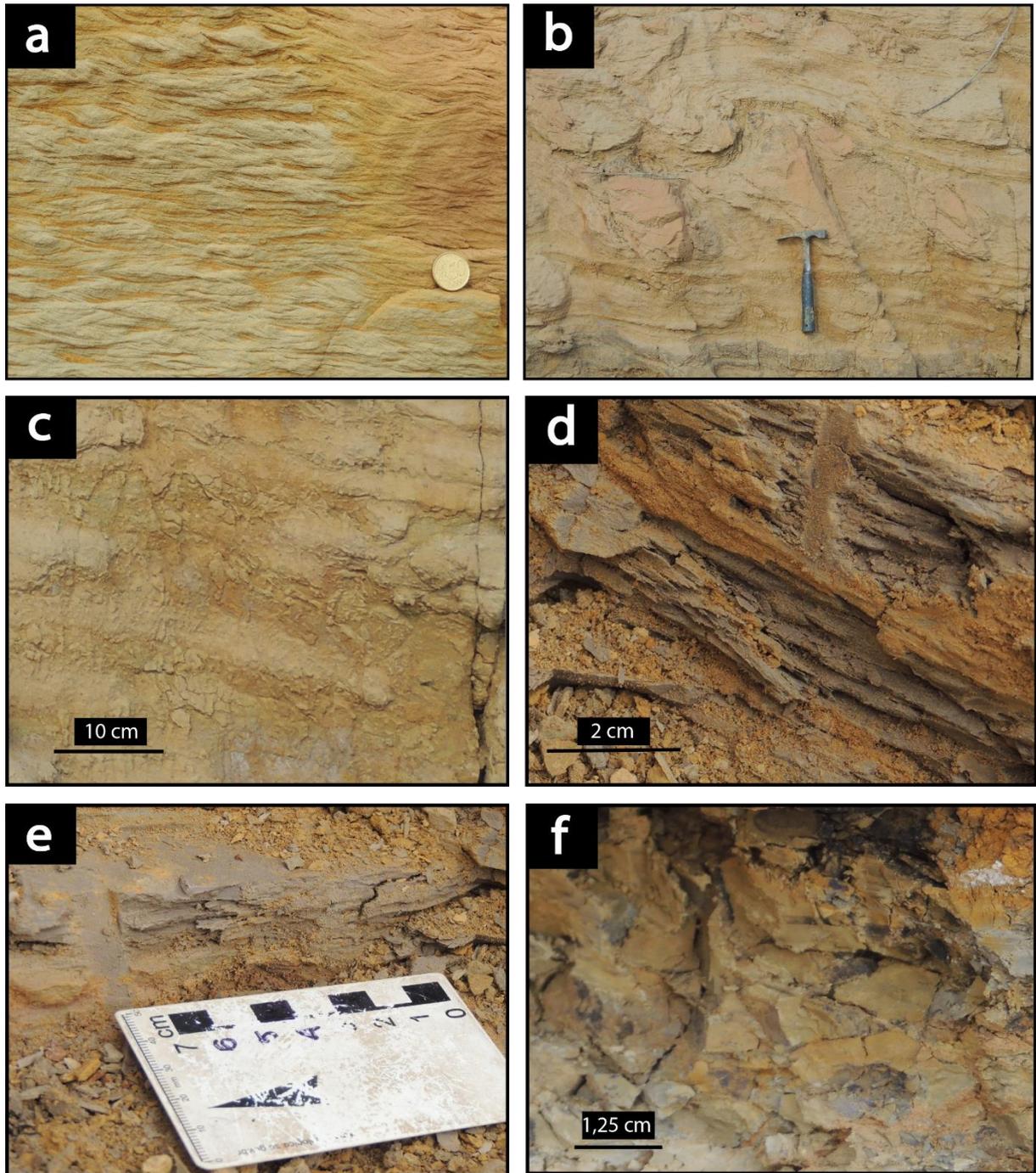


Figura 10 - Litofácies encontradas nos afloramentos estudados. (a) Arenito com *ripples* (Sr). (b) Arenito com laminação convoluta (Sd). (c) Heterolito (H). (d) Siltito com *ripples* (Fr). (e) Lamito laminado (Fl). (f) Lamito maciço (Fm).

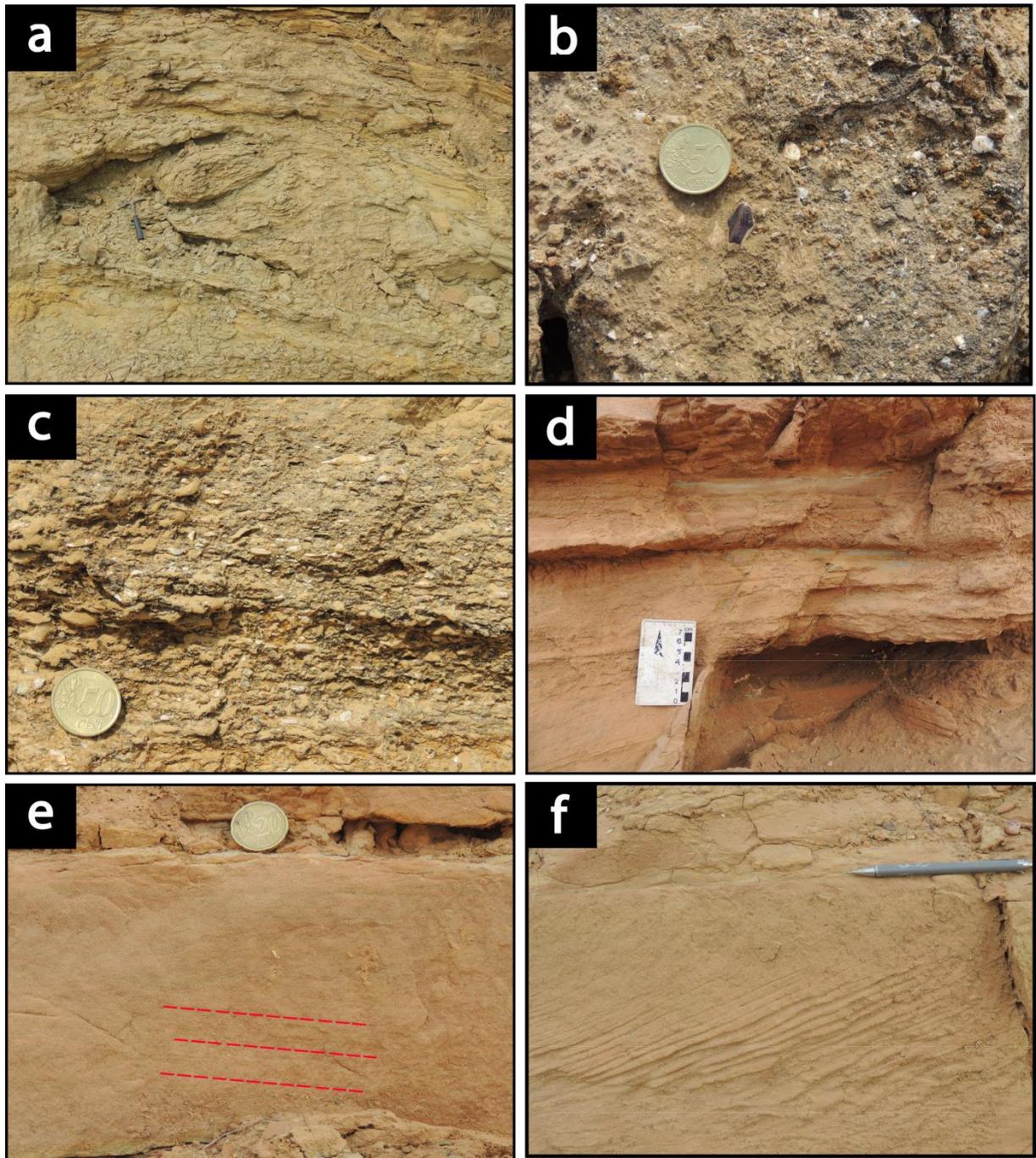


Figura 11 - Litofácies encontradas nos afloramentos estudados. (a) Conglomerado deformado (Gd). (b) Conglomerado maciço (Gm). (c) Conglomerado com estratificação cruzada de baixo ângulo (Gl). (d) Arenito com estratificação plano-paralela (Sh). (e) Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl). (f) Arenito com estratificação cruzada tangencial (St).

Tabela 2 – Litofácies dos afloramentos BIT 6 e 7.

Código	Descrição	Interpretação
Gd	Conglomerados matriz-suportados, com blocos arenosos deformados, rafts de heterolitos e lamitos muito deformados.	Deformação de sedimentos inconsolidados por instabilidade gravitacional (Anketell et al., 1970; Selker, 1993; Moretti et al., 1999).
Gm	Conglomerado bioclástico, matriz suportado (areia fina), c/ fragmentos de ossos de até 2 cm e intraclastos argilosos de até 2 cm.	Deposição de carga de fundo como camadas cascalhosas difusas (Hein & Walker, 1977) ou depósitos residuais por fluxos de inundação de alta magnitude (Miall, 1977; Nemeč & Postma, 1993).
Gl	Conglomerados bioclásticos, matriz a clasto-suportados, com fragmentos de ossos e intra-clastos argilosos, com estratificação cruzada de baixo ângulo.	Dunas atenuadas. Regime de fluxo transicional (Miall, 1996).
Gi	Conglomerados intraformacionais, matriz-suportados, com matriz de areia muito fina e intraclastos argilosos de até 2 cm.	Gretas de contração fragmentadas, incorporadas a fluxos trativos (Glennie, 1970) ou bancos colapsados incorporados a fluxos hiperconcentrados (Coleman, 1969).
Sh	Arenitos muito finos a finos com estratificação plano-paralela.	Formas de leito plano. Regime de fluxo superior (Miall, 1996).
Sl	Arenitos muito finos a finos com laminação cruzada de baixo ângulo.	Dunas atenuadas, preenchimento de depressões suaves em regime de fluxo transicional (Harms et al., 1982; Bridge and Best, 1988; Miall, 1996).
St	Arenitos muito finos a finos com estratificação cruzada tangencial.	Migração de dunas 3D em regime de fluxo inferior (Harms et al., 1982; Collinson et al., 2006; Miall, 1996).
Sr	Arenitos muito finos a finos com ripples subcríticas a críticas.	Migração de formas onduladas de pequeno porte em regime de fluxo inferior unidirecional (Allen, 1963 ; Miall, 1996).
Sd	Arenitos muito finos a finos, fluidizados, com laminação convoluta e estrutura em chama. Localmente bioclásticos.	Deformação por fluidização.
Sm	Arenitos muito finos, maciços.	Deposição de fluxo hiperconcentrado, fluidização ou intensa bioturbação (Todd, 1989; Maizels, 1993; Miall, 1996).
H	Heterolitos intercalando siltitos maciços e arenitos muito finos maciços, com acamadamento linsen.	Variação entre decantação de sedimentos em suspensão e a partir de fluxos hiperconcentrados (Miall, 1996).
Hr	Heterolitos intercalando siltitos maciços e arenitos muito finos com ripples subcríticas, acamadamento linsen.	Variação entre decantação de sedimentos em suspensão e migração de formas onduladas de pequeno porte em regime de fluxo inferior unidirecional.
Fr	Siltitos com ripples subcríticas a críticas.	Correntes trativas de baixa energia (Miall, 1977).
Fl	Lamitos com laminação plano-paralela.	Decantação de sedimento em suspensão. Velocidade de fluxo zero (Rogers & Astin, 1991).
Fm	Lamitos maciços.	Decantação de sedimento em suspensão. Velocidade de fluxo zero (Miall, 1977).

## 4.2 Associações de Fácies

As fácies identificadas foram agrupadas em seis associações de fácies distintas, sendo elas de 1) canal distributário, 2) baía interdistributária, 3) frente deltaica proximal, 4) frente deltaica distal, 5) prodelta e 6) lago.

### 4.2.1 Canal Distributário

Esta associação de fácies, com espessura máxima de cinco metros, é caracterizada principalmente por arenitos muito finos a finos, bem selecionados, com *ripples* subcríticas a críticas (Sr), estratificação cruzada tangencial (St) e subordinadamente estratificação cruzada planar (Sp), de baixo ângulo (Sl) e plano-paralela (Sh). Na base de algumas camadas ocorrem grânulos de quartzo leitoso e fragmentos carbonosos. Além disso, localmente encontram-se conglomerados bioclásticos com estratificação cruzada de baixo ângulo ou maciços (Gl e Gm) (Fig. 11b), com fragmentos de ossos e escamas com até 3 cm, possivelmente de peixe pulmonado, além de um dente, possivelmente de animal terrestre. Medidas de paleocorrentes obtidas principalmente nas fácies arenosas com *ripples* e estratificação cruzada tangencial indicam paleofluxo preferencial para ESE (Fig. 13).

A associação de fácies de canal distributário sobrepõe arenitos da associação de fácies de frente deltaica proximal e lutitos da associação de fácies de prodelta, gerando incisões de 90 a 160 cm (Fig. 14). A presença de corpos arenosos com estruturas trativas unidirecionais, formando ciclos de granodecrescência ascendente, e a ocorrência de incisões na base das sucessões sugerem que estes sejam depósitos de canais fluviais. A sobreposição destes corpos sobre depósitos de frente deltaica permite interpretá-los como associação de fácies de canal distributário. O domínio de pacotes arenosos de granulometria muito fina a fina e a presença de depósitos finos de planície de inundação sugere que estes sejam canais fluviais meandrantés.

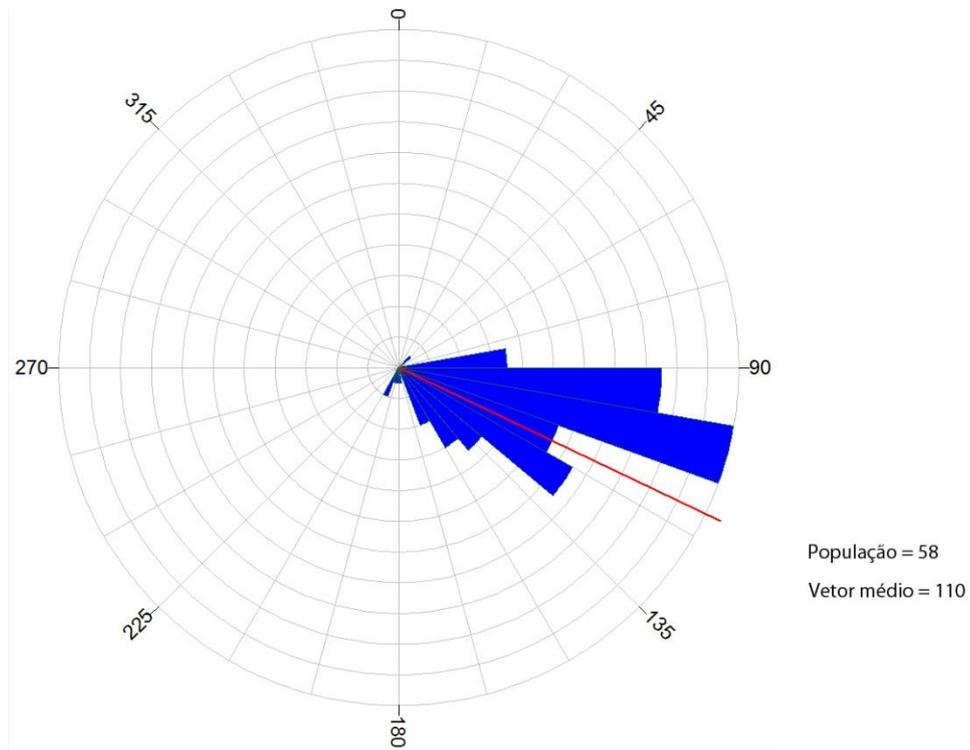


Figura 12 - Diagrama de paleocorrentes da associação de fácies de canal distributário.

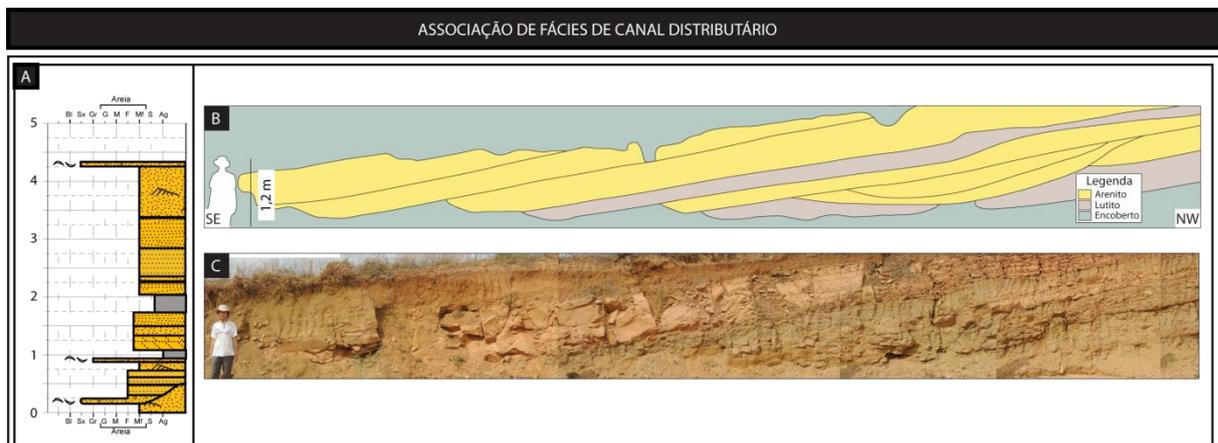


Figura 13 - Associação de fácies de canal distributário. (A) Perfil colunar da associação. (B) Fotomosaico interpretado, mostrando as incisões. (C) Fotomosaico.

#### 4.2.2 Baía Interdistributária

A associação de fácies de baía interdistributária é caracterizada por camadas de lutitos maciços (Fm) ou com *ripples* (Fr) de até 1,75 m. Estas camadas ocorrem intercaladas ou sobrepostas à associação de fácies de canal distributário (Fig. 14).

A presença de camadas espessas de lutitos associadas aos (e localmente escavadas por) canais distributários permite interpretá-la como associação de fácies de baía interdistributária.

#### 4.2.4 Frente Deltaica Proximal

Esta associação de fácies tem espessura máxima de 7 m e é caracterizada principalmente por arenitos amarelos, muito finos a finos, bem selecionados, com *ripples* subcríticas a críticas (Sr) com espessura de até 1,25 m (Fig. 15). Subordinadamente ocorrem arenitos com estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl), estratificação cruzada tangencial (St), estratificação plano-paralela (Sh) e arenitos deformados, com estruturas em chama e laminações convolutas (Sd), chegando a dobrar o acamadamento. Estes arenitos são intercalados por lutitos maciços (Fm) e heterolitos (H), que por vezes exibem *ripples* na porção arenosa (Hr). Também ocorre camadas decimétricas (15-30 cm) de conglomerados intraformacionais, bioclásticos ou intraclásticos, matriz suportados, maciços. Os conglomerados bioclásticos possuem, além dos fragmentos de ossos, intraclastos argilosos. Os conglomerados intraclásticos são compostos por intraclastos argilosos de até 2 cm. Além disso, conglomerados matriz suportados, com matriz argilosa e blocos arenosos dispersos (de até 4,9 m) e *rafts* de heterolitos e porções lamosas com feições de deformação sin-sedimentar assentam sobre uma superfície de deslizamento, formando depósitos de escorregamento. A diferença de relevo da superfície de escorregamento é de 4,6 m. Medidas de paleocorrentes obtidas na fácies Sr indicam paleofluxo para SW no ponto BIT – 6 e para SE no perfil 1 do ponto BIT – 7 (Fig. 16).

A ocorrência de corpos predominantemente arenosos, sobrepostos à associação de fácies de prodelta e exibindo uma granocrescência ascendente, permite interpretá-los como associação de fácies de frente deltaica proximal. Esta granocrescência ascendente não é regular devido a variações na descarga fluvial, ocorrendo intercalações com camadas pelíticas. Quando um sistema de mais alta

energia (fluvial) entra em um sistema de mais baixa energia (lacustre) ocorre um rápido desaceleramento do fluxo, gerando os frequentes estratos com *ripples* de corrente que são vistos nesta associação. Em ambientes deltaicos dominados por rios ocorrem altas taxas de deposição em curto espaço de tempo, por isso é comum ocorrer estruturas de deformação em sedimentos inconsolidados, como estruturas em chama e laminações convolutas. Os depósitos de escorregamento reconhecidos no afloramento BIT – 7 perfil 1 também resultam de altas taxas de sedimentação aliadas à instabilidade gravitacional (Bhattacharya, 2010).

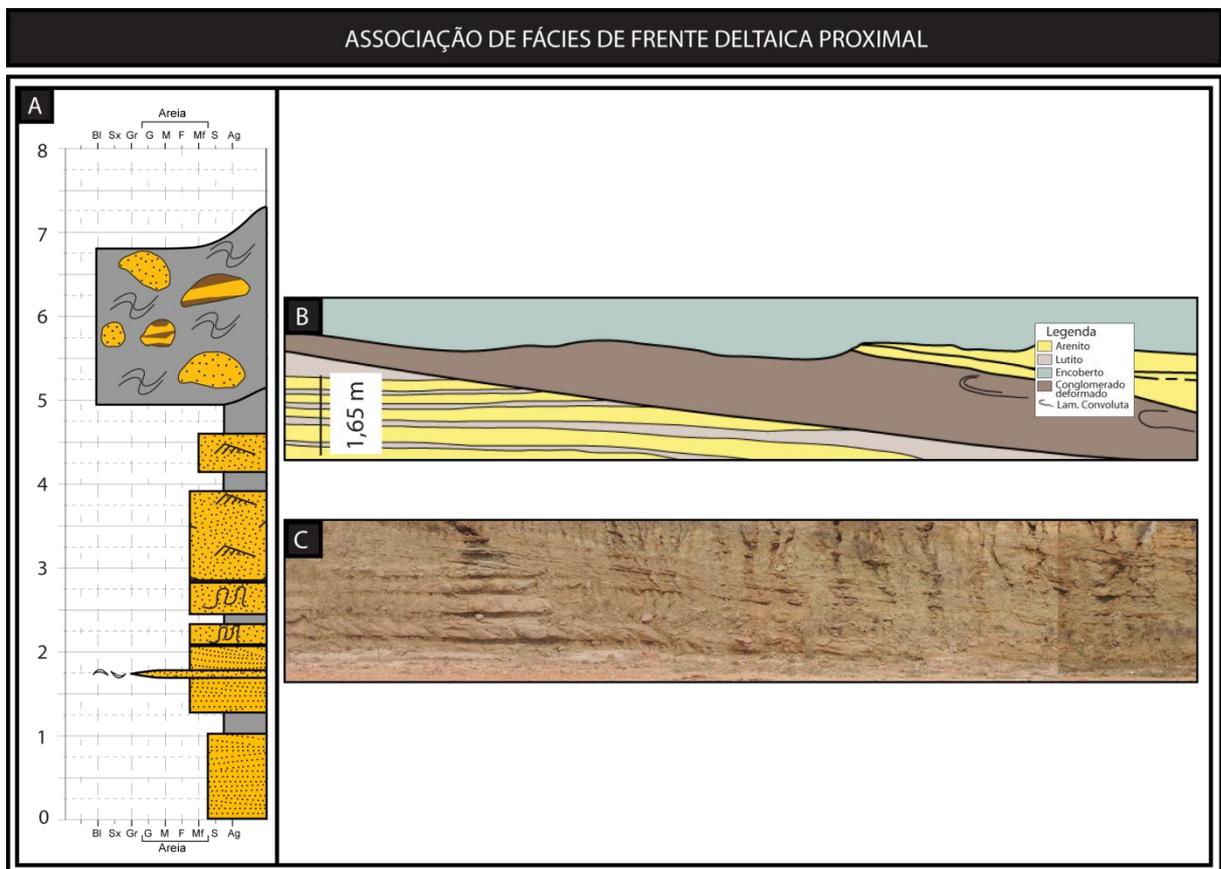


Figura 14 - Associação de fácies de frente deltaica proximal. (A) Perfil colunar da associação. (B) Fotomosaico interpretado, mostrando os depósitos de escorregamento sobre a superfície de deslizamento. (C) Fotomosaico.

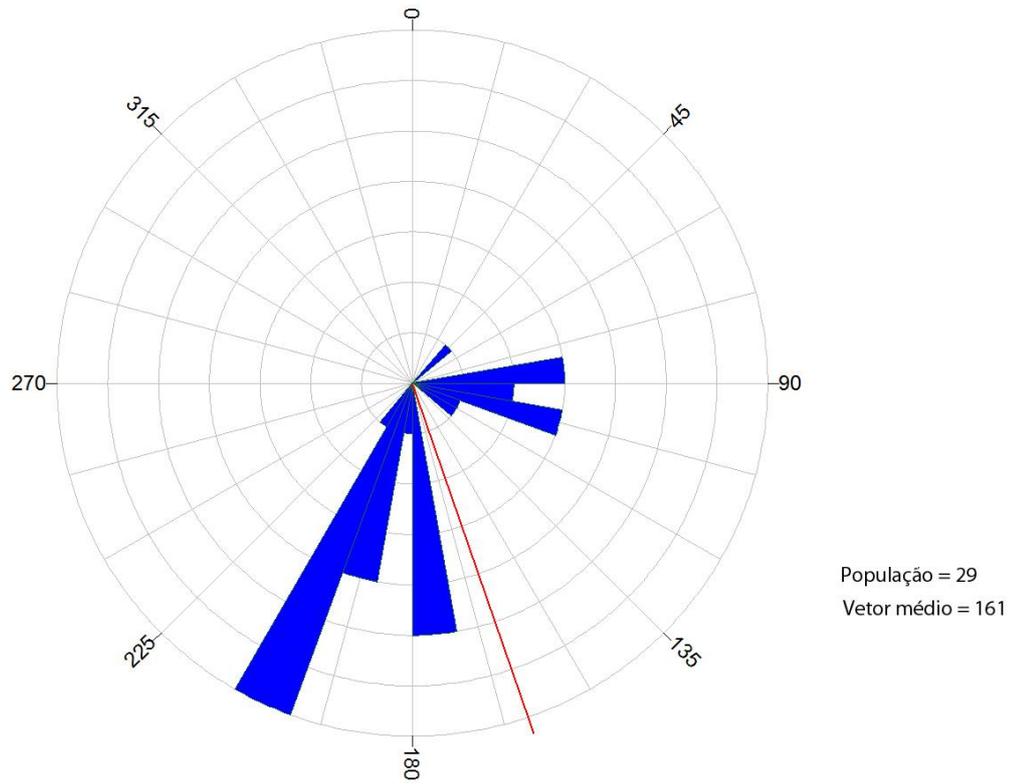
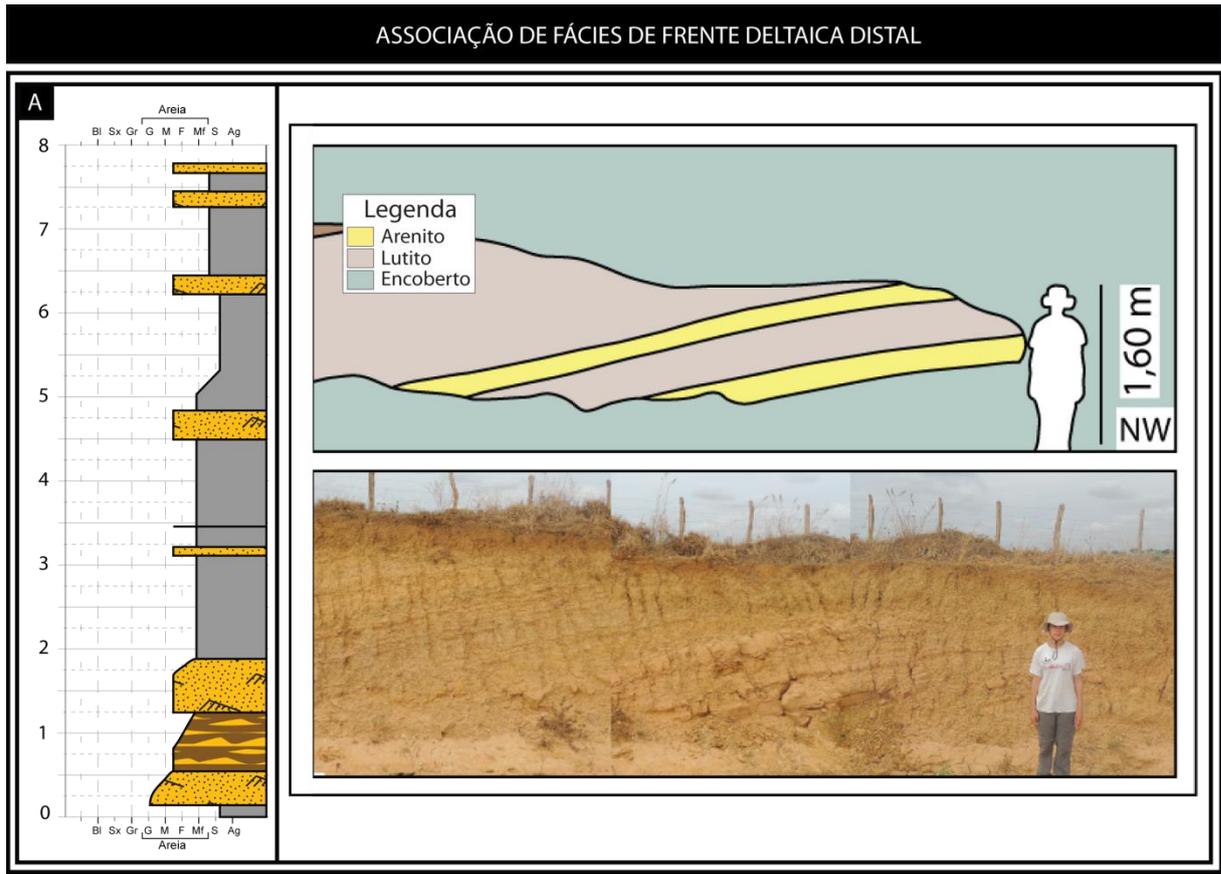


Figura 15 - Diagrama de paleocorrentes da associação de fácies de frente deltaica proximal.

#### 4.2.3 Frente Deltaica Distal

Esta associação de fácies é caracterizada por arenitos amarelos, muito finos a finos, bem selecionados, maciços (Sm) ou com *ripples* subcríticas a críticas (Sr), intercalados com lutitos maciços (Fm) e heterolitos (H) (Fig. 17). Sua espessura máxima é 5,5 m. Medidas de paleocorrentes obtidas nos arenitos com *ripples* indicam paleofluxo para S (Fig. 18).

As camadas de arenitos com estruturas trativas unidirecionais, intercaladas com lutitos, sobrepõem a associação de fácies de prodelta e podem ser interpretadas como associação de fácies de frente deltaica distal. Apesar da dominância de litologias finas, a razão arenito/lutito é bem maior do que nos depósitos de prodelta (descritos abaixo), o que diferencia a frente deltaica distal do prodelta.



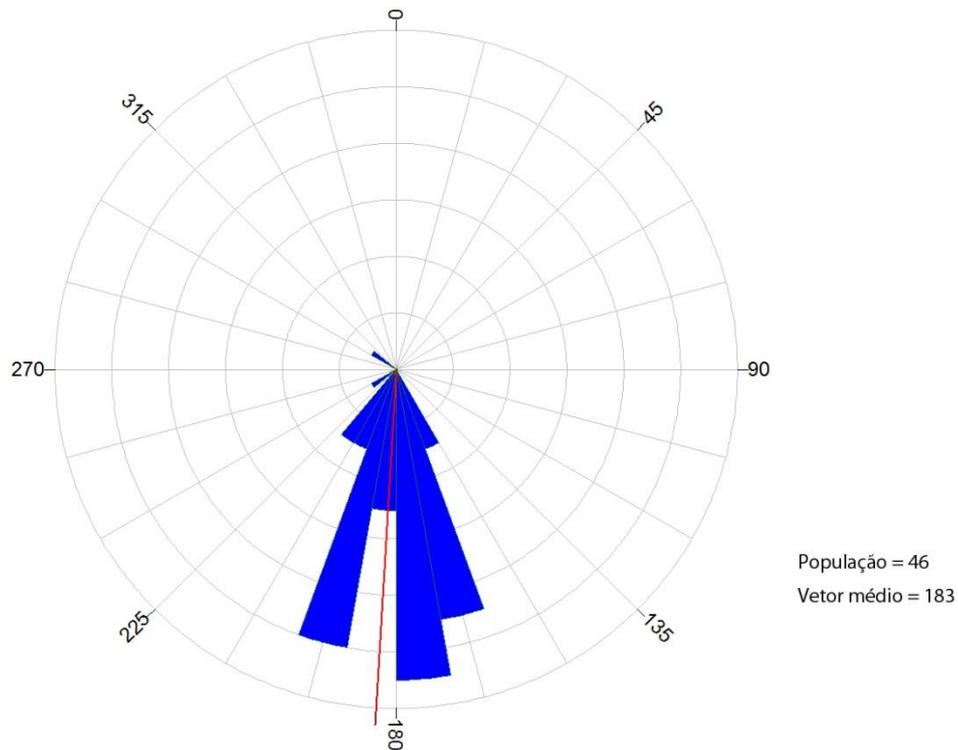


Figura 17 - Diagrama de paleocorrentes da associação de fácies de frente deltaica distal.

#### 4.2.5 Prodelta

A associação de fácies de prodelta é constituída predominantemente por lamitos amarelos e esverdeados maciços (Fm), e subordinadamente com laminação plano-paralela (Fl) e *ripples* subcríticas a críticas (Fr), com espessura máxima de 2 m. Intercalados com estes lutitos, ocorrem arenitos amarelos, muito finos, bem selecionados, com *ripples* subcríticas a críticas (Sr), estratificação plano-paralela (Sh), e raramente deformados (Sd) (Fig. 19). Estes arenitos têm geometria tabular e espessura máxima de 50 cm. Além disso, ocorrem heterolitos síltico-argilosos com *ripples* de corrente (Hr). Medidas de paleocorrentes nos arenitos com *ripples* indicam paleofluxo para S no ponto BIT – 6 e para ESE no ponto BIT – 7 (Fig. 20).

O domínio de lutitos sugere um ambiente de baixa energia. Além disso, estes são sobrepostos pela associação de fácies de frente deltaica e não apresentam feições de exposição subaérea, sugerindo uma associação de fácies formada inteiramente dentro do corpo aquoso, de onde interpreta-se como prodelta. A intercalação com finas camadas de arenitos indica momentos de aumento na descarga do rio alimentador do delta, quando sedimentos arenosos alcançam áreas

mais distais (prodelta). Fluidizações podem ocorrer em deltas dominados por rio devido às altas taxas de sedimentação (Battacharya, 2006).



Figura 18 - Associação de fácies de prodelta. (A) Perfil colunar da associação. (B) Fotomosaico, mostrando a baixíssima razão arenito/lutito.

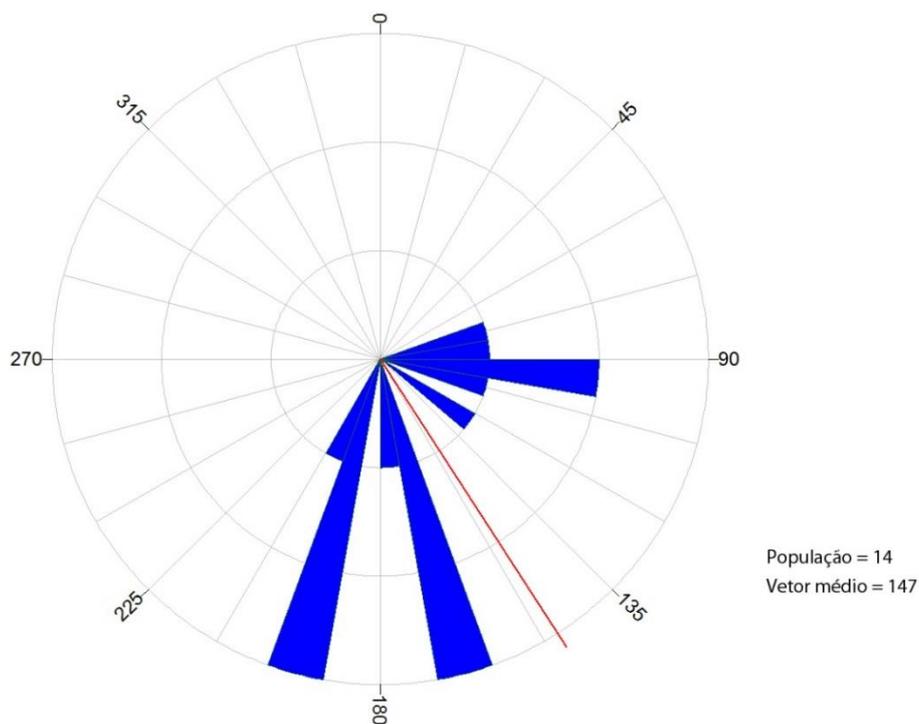


Figura 19 - Diagrama de paleocorrentes da associação de fácies de prodelta.

#### 4.2.6 Lago

Esta associação de fácies é constituída por folhelhos argilosos esverdeados, com laminação plano-paralela e fraca bioturbação (FI). Esta associação tem espessura de 2,75 m (Fig. 21).

Lutitos laminados são formados em corpos d'água perenes, por assentamento gravitacional de partículas em suspensão (Miall, 1977). O domínio dessa fácies, sem nenhuma entrada de areia, indica que este é um ambiente de baixíssima energia, podendo ser interpretada como um ambiente lacustre. Além disso, a ocorrência de bioturbação (que não parece ser por raiz) corrobora com a ideia de ambiente lacustre, sendo mais comum em área distais (Bhattacharya, 2006).

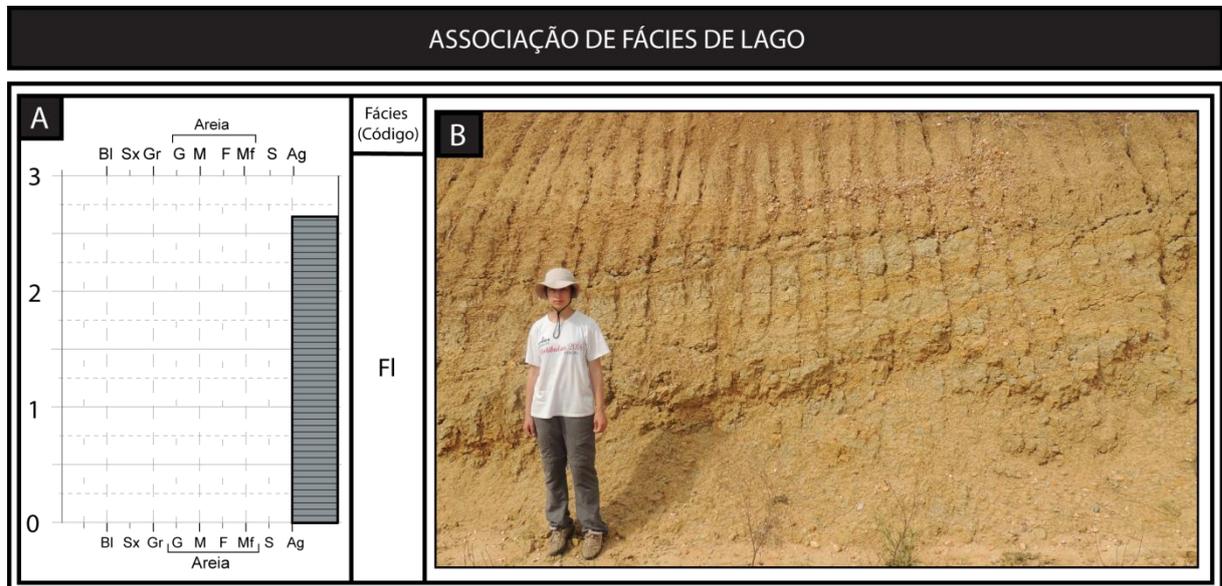


Figura 20 - Associação de fácies de lago. (A) Perfil colunar da associação. (B) Fotomosaico.

#### 4.3 Modelo Depositional

O sistema deltaico da Formação Barra de Itiúba é caracterizado por seis associações de fácies (canal distributário, baía interdistributária, frente deltaica proximal, frente deltaica distal, prodelta e lago), que formam ciclos granocrescentes ascendentes compostos predominantemente por camadas de lamitos maciços ou laminados (FI, Fm), heterolitos (H, Hr) e arenitos finos a muito finos com estruturas

trativas unidirecionais (St, Sr, Sl, Sh). É comum a presença de estruturas deformacionais (laminações convolutas, estruturas em chama), por vezes deformando totalmente a estrutura interna das camadas (Sd).

As características faciológicas deste sistema permitem classificá-lo quanto ao tipo de delta (dominado por ondas, maré e/ou rio). Galloway (1975) propôs um diagrama com três vértices (Fig. 22), em que cada vértice representa um fator controlador da geometria do delta. Neste diagrama, a Formação Barra de Itiúba se encontra no vértice superior (deltas dominados por rios), pois só apresenta estruturas formadas por fluxos trativos unidirecionais, o que indica que não houve retrabalhamento na bacia receptora por ondas ou marés.

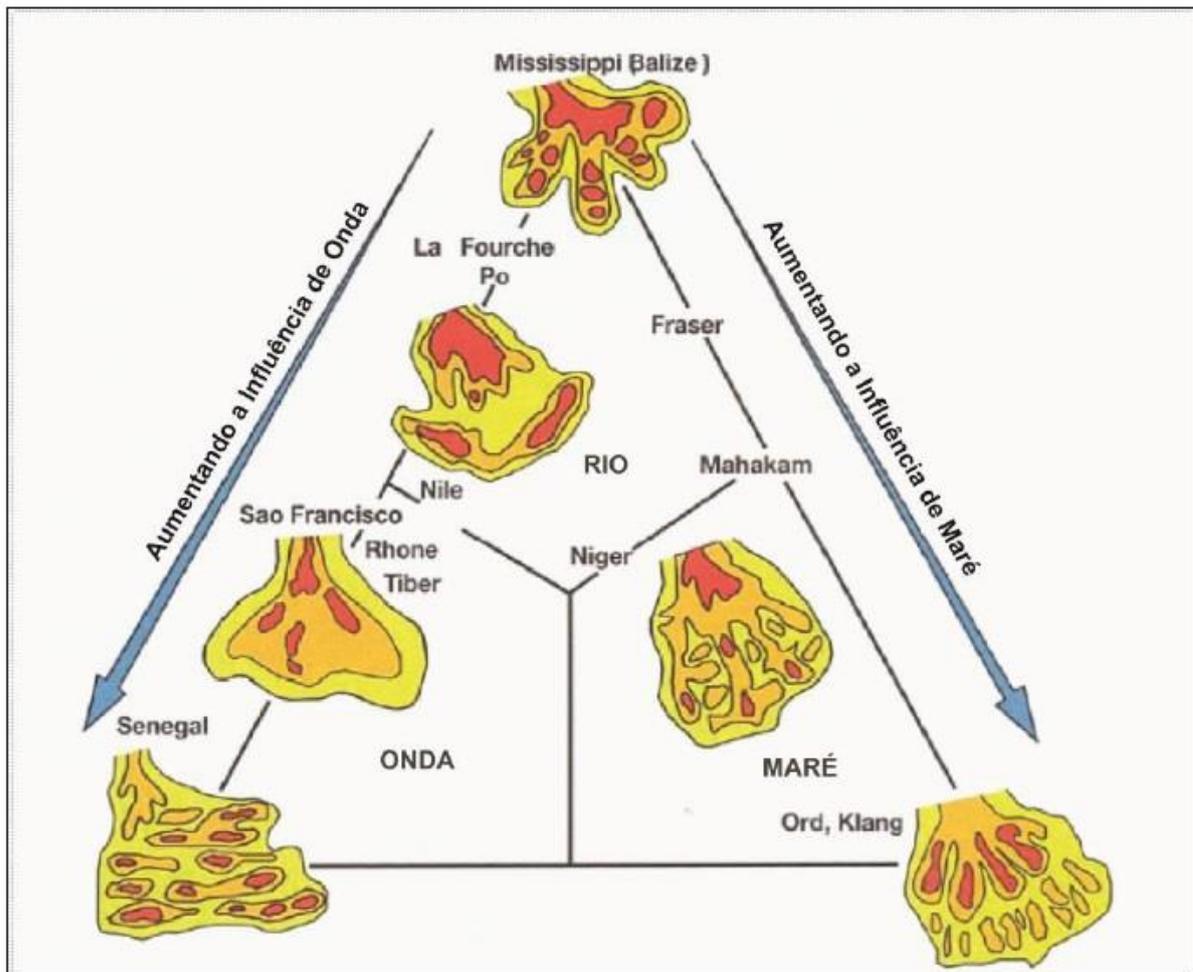


Figura 21 - Diagrama de classificação de Galloway (1975) e seis tipos de deltas de Coleman & Wright (1975). Modificado de Bhattacharya, 2010.

Os deltas também podem ser classificados com base no sistema fluvial alimentador (Fig. 23), segundo McPherson et al. (1987). Os deltas da Formação Barra de Itiúba eram alimentados por rios meandrantes que desembocavam em um lago. Conforme a classificação de McPherson et al. (1987), esse tipo de delta ocorre em ambientes de baixa declividade e velocidade de fluxo baixa, e são alimentados por canais distributários estáveis.

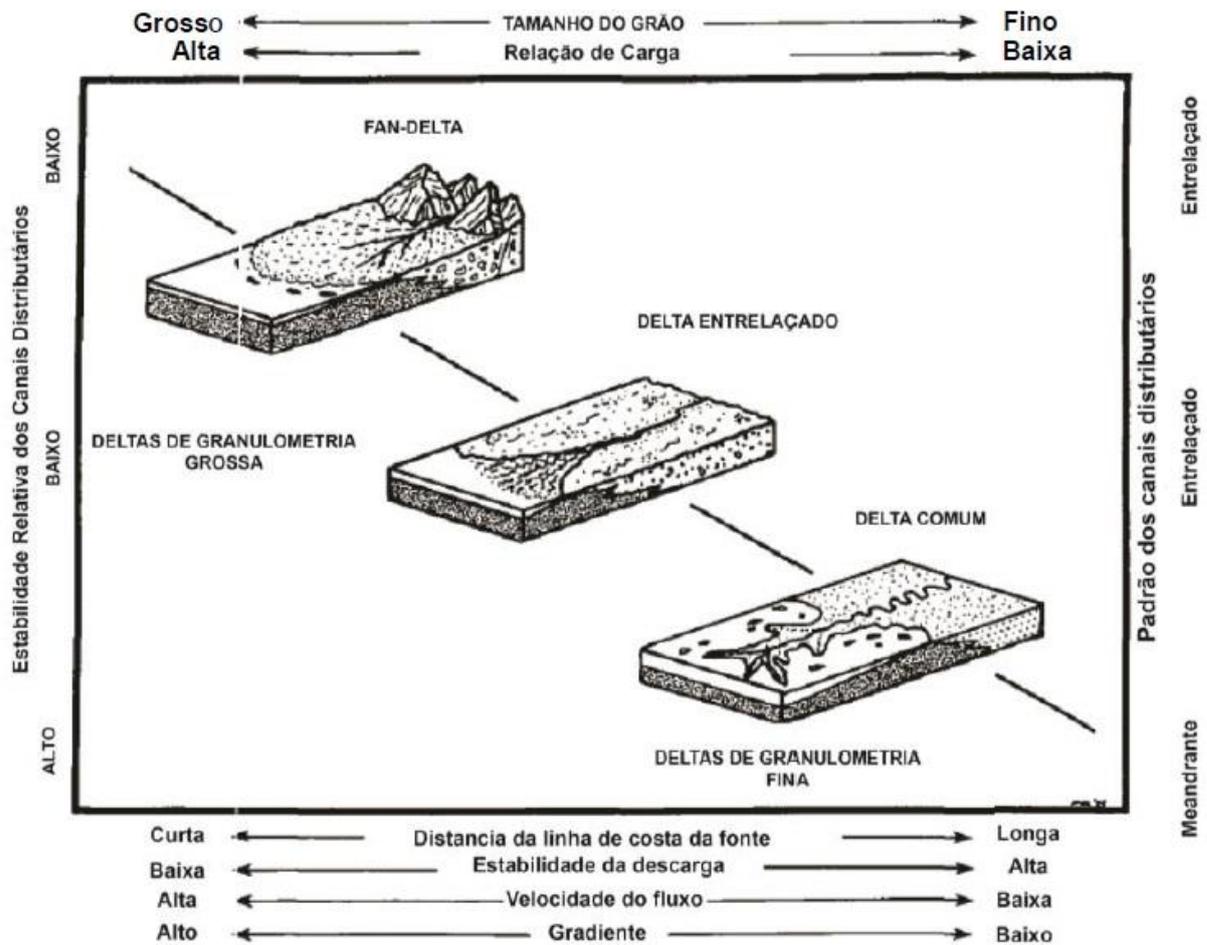


Figura 22 - Diagrama de classificação de deltas segundo seu sistema alimentador. Extraído de McPherson et al., 1987.

Em bacias rifte, os deltas podem se desenvolver tanto na margem falhada quanto na margem flexural (a partir do abastecimento transversal da bacia), ou ao longo da zona axial da bacia. A predominância de depósitos de arenitos muito finos a finos e a baixa razão areia/lama do sistema sugere que os deltas da Formação Barra de Itiúba nos afloramentos estudados tenham se desenvolvido axialmente ao meio-gráben, não havendo contribuição de sedimentos grossos e imaturos típicos

das ombreiras do rifte. Entretanto, somente a reconstrução da fisiografia do sistema deltaico em todo o meio-gráben poderia fornecer evidências mais conclusivas a este respeito.

#### **4.4 Arcabouço Estratigráfico**

Segundo Catuneanu et al. (2009), uma sequência estratigráfica é uma sucessão de estratos depositados durante um ciclo completo de mudanças no espaço de acomodação e/ou suprimento sedimentar. Os afloramentos estudados foram divididos em sequências deposicionais, cuja superfície limite é a discordância subaérea e sua concordância correlata.

Nos afloramentos estudados foram identificadas quatro sequências deposicionais (Fig. 24, 25 e 26), numeradas Sequências 1 a 4 da base para o topo, duas das quais completas (Sequências 2 e 3). A Sequência 1 ocorre apenas no BIT – 6, e é composta pelos tratos transgressivo e de lago alto. O trato transgressivo corresponde a um período em que a taxa de subida do nível de base supera a taxa de influxo sedimentar, gerando um padrão de empilhamento retrogradacional ( fácies distais sobre proximais). O movimento da linha de costa é transgressivo. Após o trato transgressivo ocorre o trato de lago alto, onde a taxa de subida do nível de base começa a diminuir, e é superada pelo influxo sedimentar, gerando um padrão de empilhamento progradacional ( fácies distais sobre proximais). Este trato representa uma regressão normal, onde a passagem de ambientes distais para proximais é gradual. A superfície que limita o trato transgressivo e o trato de lago alto é a superfície de inundação máxima (SIM), que representa o momento de máxima transgressão e a inversão do padrão retrogradacional para progradacional. O limite superior do trato de lago alto é também o limite da sequência (LS).

A Sequência 2 está completa no BIT – 6, com os tratos de lago baixo, transgressivo e de lago alto, e incompleta no BIT – 7 Perfil 1, com os tratos transgressivo e de lago alto. O trato de lago baixo representa uma regressão forçada, onde depósitos mais proximais assentam-se diretamente sobre mais distal (frente deltaica sobre lago). Isso acontece em um contexto de queda do nível de base e diminuição do espaço de acomodação, gerando um padrão de empilhamento

progradacional. Acima do trato de lago baixo, volta a ocorrer o trato transgressivo. A superfície que limita estes dois tratos é a superfície de regressão máxima (SRM) e marca a passagem de um padrão progradacional para retrogradacional. Acima do trato transgressivo volta a ocorrer o trato de lago alto, completando esta sequência deposicional.

A Sequência 3 é a única que ocorre nos três perfis colunares levantados (BIT – 6, BIT – 7 Perfil 1 e BIT – 7 Perfil 2). No BIT – 6 ela é composta apenas pelo trato de lago baixo, no BIT – 7 Perfil 1 a Sequência 3 está completa, com os tratos de lago baixo, transgressivo e de lago alto, e no BIT – 7 Perfil 2 ocorre apenas o trato de lago alto. O trato de lago baixo é representado por depósitos de planície deltaica (canais distributários e baías interdistributárias) sobrepostos a depósitos de prodelta, o que sugere uma regressão forçada. O trato transgressivo é composto por depósitos de frente deltaica superpostos por prodelta, indicando uma taxa de subida do nível de base maior do que a taxa de influxo sedimentar. O trato de lago alto é representado pela associação de fácies de frente deltaica, progradante sobre os depósitos de prodelta.

A Sequência 4 é registrada apenas nos dois perfis do BIT – 7 (Perfil 1 e Perfil 2), estando incompleta em ambos, com apenas o trato de lago baixo. Este trato é representado pela associação de fácies de canais distributários em ambos os perfis. No BIT – 7 Perfil 1 os depósitos de canais distributários sobrepõem-se a depósitos de prodelta, sugerindo uma regressão forçada.

Os recorrentes eventos de regressão forçada identificados nos afloramentos estudados são compatíveis com o contexto de bacia rifte onde foi depositada a Formação Barra de Itiúba, onde destruição e criação do espaço de acomodação são controladas por pulsos tectônicos durante a evolução dos meio-grábens.

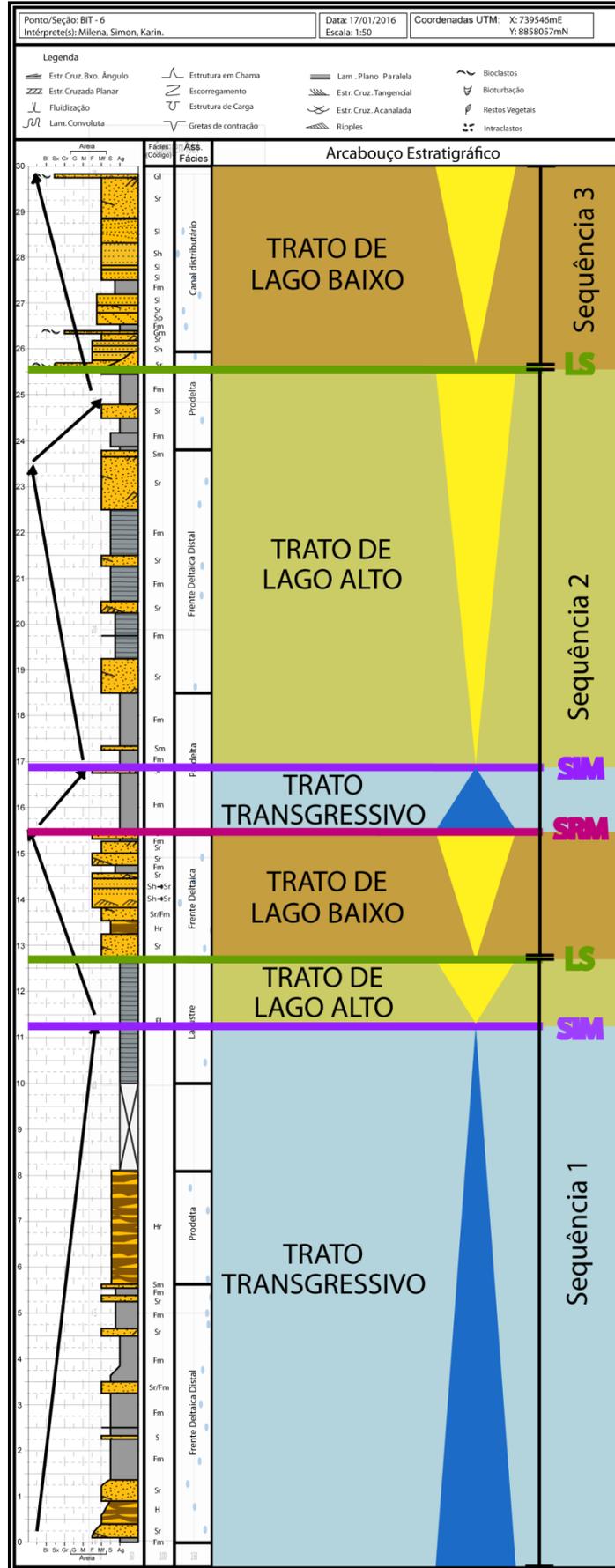


Figura 23 - Arcabouço Estratigráfico do perfil BIT – 6.

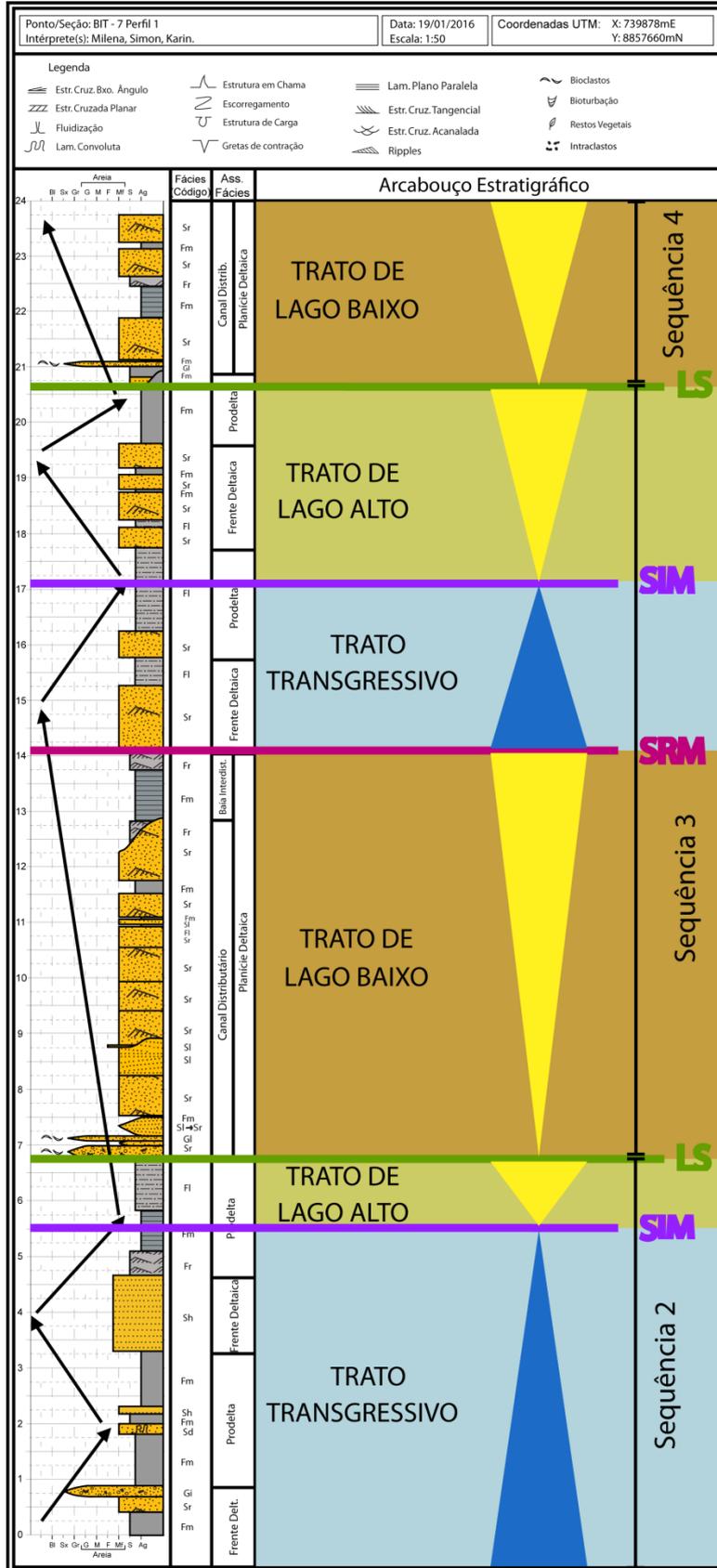


Figura 24 – Arcabouço Estratigráfico do ponto BIT – 7 Perfil 1.

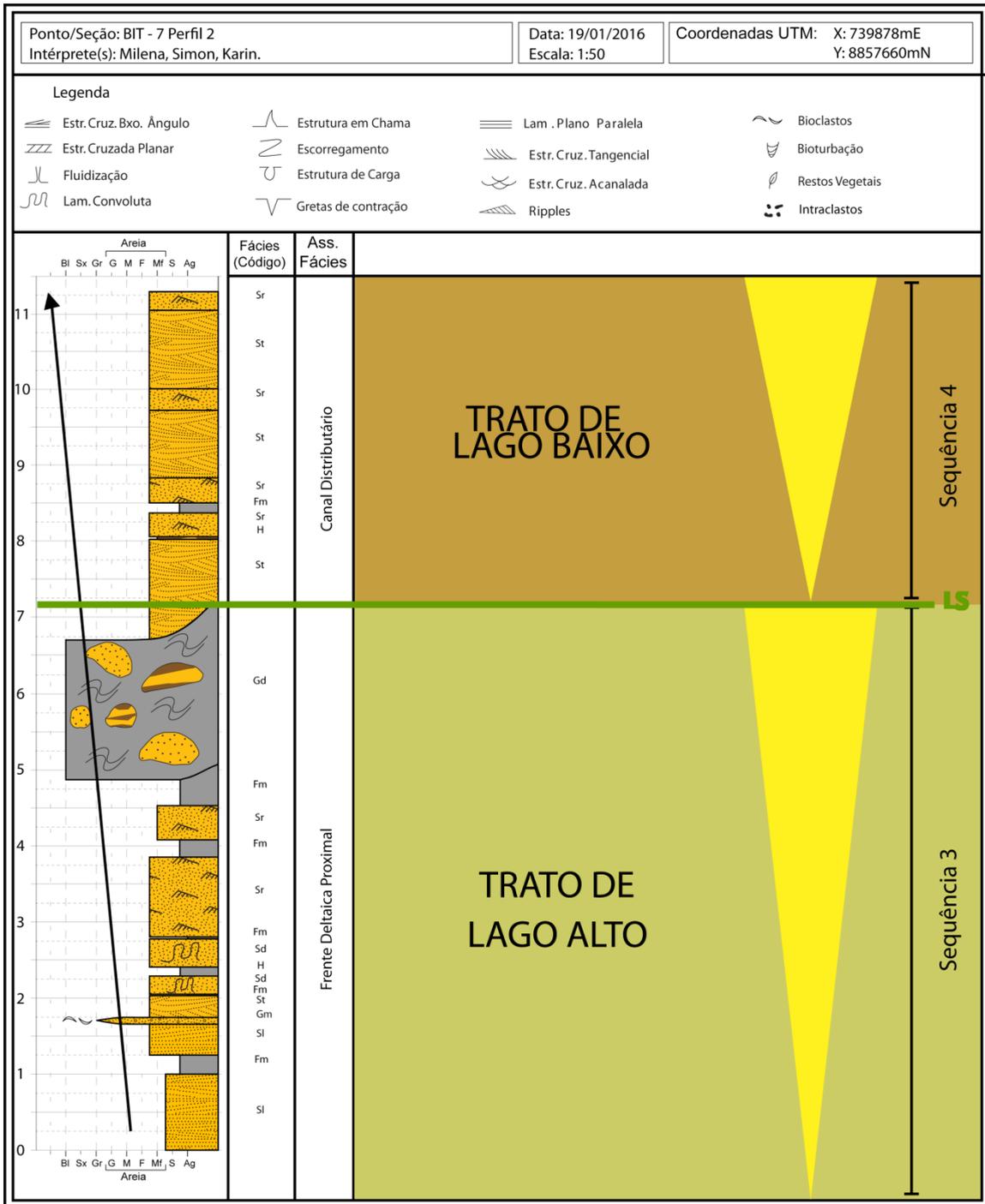


Figura 25 - Arcabouço Estratigráfico do ponto BIT – 7 Perfil 2.

#### 4.5 Correlação afloramento x poço

O poço FU-0045, localizado na porção emersa da bacia, foi utilizado para a correlação afloramento-poço. A descrição e interpretação das associações de fácies dos testemunhos do poço FU-0045 foi feita pelo doutorando Simon Courivaud como parte de seu projeto de tese, sob orientação da Profa. Karin Goldberg, gentilmente cedidos para correlação neste trabalho.

Os três perfis levantados nos afloramentos estudados foi empilhados verticalmente para obter a maior espessura de seção possível em afloramento de modo facilitar a correlação. A estimativa da seção encoberta entre os perfis BIT – 6 e BIT – 7 foi calculada por trigonometria, através da distância horizontal entre os afloramentos (460 m) e o ângulo de mergulho das camadas ( $15^\circ$ ), resultando em 299 m.

Nota-se que os valores do perfil de raios-gama em afloramento variam entre 135 e 220 ppm, enquanto os valores em poço variam de 50 a 75 ppm. Isto se deve, provavelmente, às diferentes sensibilidades dos equipamentos usados para a coleta dos dados de radioatividade.

Foi possível correlacionar a seção levantada nos afloramentos com o poço através dos padrões dos perfis, mas não pico a pico. Apenas alguns picos característicos foram usados como marcadores. O perfil BIT – 6 foi correlacionado com o intervalo de 1417 a 1387 m do poço FU – 0045 (Fig. 27). O padrão sino no perfil de raios gama do afloramento, no intervalo de 1,5 a 6,5 m, corresponde à frente deltaica distal, enquanto no poço este mesmo padrão de gama no intervalo de 1417 a 1409 m representa um prodelta/frente deltaica distal (Courivaud, em andamento). De 6,5 a 12,5 m observa-se mais um padrão em sino, que no afloramento corresponde a uma passagem de prodelta para lago. No testemunho e perfil do poço, corresponde ao intervalo de 1409 a 1404 m e representa a transição de uma associação de frente deltaica distal para prodelta. A passagem de um padrão em funil para um padrão em sino, vista no intervalo de 12,5 a 16,5 m do afloramento, representa uma frente deltaica proximal passando para prodelta. A porção correspondente, em testemunho, vai de 1409 a 1402,5 m e representa uma transição de lago para frente deltaica distal e prodelta. No intervalo de 16,5 a 25,5 m no perfil de afloramento, observa-se um padrão serrilhado, e corresponde a uma

intercalação entre depósitos de prodelta e frente deltaica distal. Esta porção, em testemunho, corresponde ao intervalo de 1402,5 a 1390 m e representa intercalações recorrentes de frente deltaica distal e prodelta. Por fim, o padrão em funil visto no intervalo de 25,5 a 30 m no perfil de afloramento corresponde a uma passagem de prodelta para canal distributário.

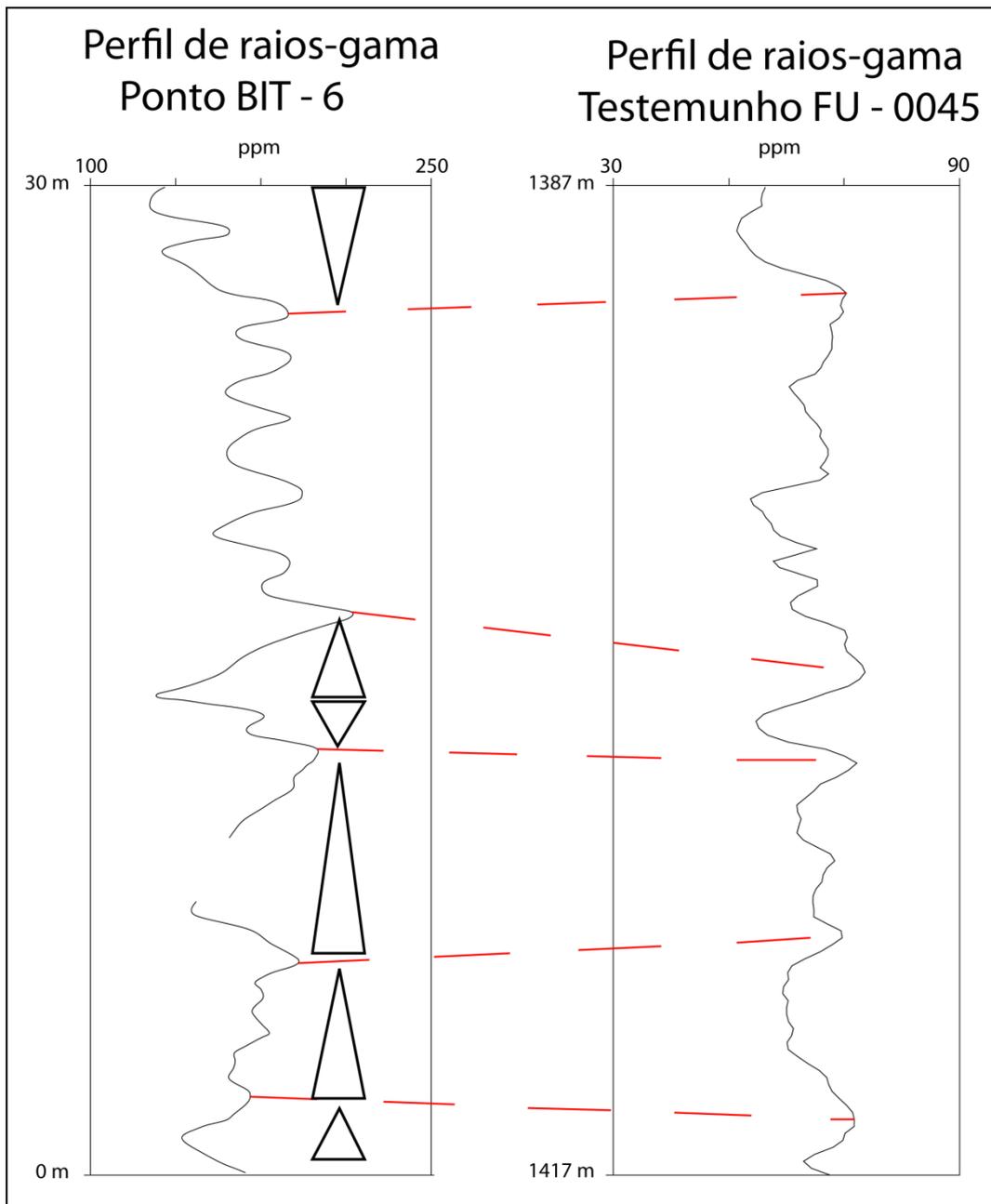


Figura 26 - Correlação entre os perfis de raios-gama do afloramento BIT – 6 e poço FU – 0045. O triângulo sinaliza as porções do perfil de raios gama interpretadas como padrão “sino”, enquanto que o triângulo invertido indica o padrão “funil”.

O perfil BIT – 7 foi posicionado no intervalo de 1088 a 1053 m do poço FU – 0045 (299 metros acima, a partir do topo do BIT – 6) (Fig. 28). Também observou-se uma correlação bastante aceitável dos padrões em perfil de raios gama do afloramento com deste intervalo, porém parecem estar em escalas diferentes (o padrão de raios gama no afloramento compreende uma espessura maior do que no poço). Isto acontece provavelmente porque nas margens da bacia (região dos afloramentos) a taxa de sedimentação é muito maior do que no depocentro (região do poço). O intervalo de 0 a 7 m do perfil de afloramento possui um padrão em funil passando para sino e representa uma passagem de associação de prodelta para frente deltaica e novamente para prodelta. Já a porção correlacionada do poço, o intervalo de 1079 a 1076 m representa uma associação de prodelta (Courivaud, em preparação). O padrão em sino entre 7 e 14 m no afloramento corresponde a uma associação de canal distributário passando a baía interdistributária. A porção correspondente do poço (intervalo de 1076 a 1072 m) e representa uma passagem de frente deltaica distal para prodelta e novamente para frente deltaica. No intervalo de 14 a 18 m do perfil de afloramento observa-se um padrão em sino, que corresponde a uma sucessão de canal distributário para prodelta e frente deltaica. A porção correlacionada no poço, de 1072 a 1066 m, representa a passagem de uma associação de prodelta para lacustre. O padrão em sino visto de 18 a 22,5 m no perfil de afloramento corresponde a uma transição de frente deltaica e prodelta para canal distributário. A porção correlata no poço seria de 1066 a 1062 m, onde não há testemunho de sondagem para verificação das associações de fácies. No intervalo de 22,5 a 29,5 m do perfil de afloramento observa-se um padrão em sino, que representa uma frente deltaica proximal. A porção correlata no poço, de 1062 a 1059,5 m, não tem testemunhagem. Por fim, observa-se um padrão em funil no perfil de afloramento, representando uma associação de canal distributário. No poço este padrão aparece de 1059,5 a 1056 m, também sem testemunhagem para verificação das associações de fácies.

O intervalo do poço FU-0045 correlacionado com os afloramentos BIT – 6 e BIT – 7 foi interpretado por Courivaud (em andamento) como constituindo um trato transgressivo (BIT – 6) e um trato de lago alto (BIT – 7) dentro de uma sequência de terceira ordem. A diferença no arcabouço estratigráfico dos afloramentos

apresentado no presente trabalho, com a interpretação de quatro sequências deposicionais, é decorrente da diferença de escala trabalhada. Os testemunhos de sondagem da Formação Barra de Itiúba no poço FU-0045 tem centenas de metros, e sendo assim, a escala de trabalho foi de 3° ordem. O arcabouço estratigráfico aqui proposto foi baseado em dezenas de metros de seção levantadas nos afloramentos estudados, e assim configura um arcabouço de alta resolução.

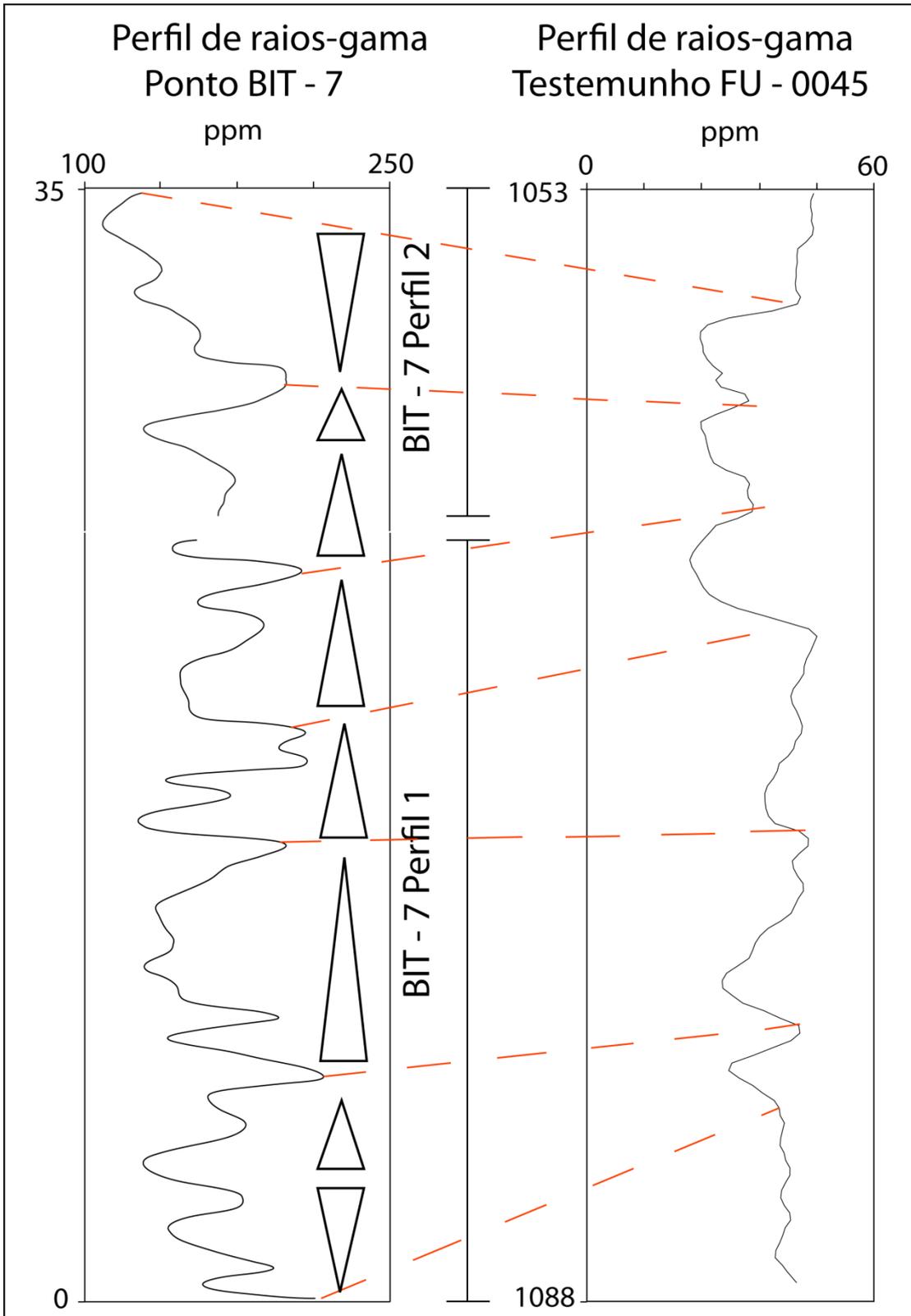


Figura 27 - Correlação entre os perfis de raios-gama do afloramento BIT – 7 e poço FU – 0045. O triângulo sinaliza as porções do perfil de raios gama interpretadas como padrão “sino”, enquanto que o triângulo invertido indica o padrão “funil”.

## 5. Conclusões

A análise faciológica e estratigráfica dos afloramentos estudados da Formação Barra de Itiúba permite concluir que:

- 1) as quinze litofácies identificadas podem ser agrupadas em seis associações de fácies (canal distributário, baía interdistributária, frente deltaica proximal, frente deltaica distal, prodelta e lago), constituindo um sistema deltaico dominado por rios com paleofluxo para ESE e SSW;
- 2) os fragmentos de ossos e escamas, possivelmente de peixe pulmonado indicam um clima sazonal;
- 3) as quatro sequências deposicionais identificadas representam transgressões e regressões na bacia, possivelmente controladas por clima e tectônica, uma vez que a unidade estudada foi depositada em uma bacia rifte continental, e conseqüentemente variações eustáticas não devem ter influenciado a sedimentação;
- 4) é possível utilizar os padrões de perfis de raios-gama para a correlação entre afloramentos e poços da porção emersa da Formação Barra de Itiúba, apesar das diferentes taxas de sedimentação entre as porções marginais e o depocentro da bacia.

A correlação entre afloramentos e poços da Formação Barra de Itiúba na área emersa da Bacia de Sergipe-Alagoas é possível através da análise faciológica aliada à análise dos perfis de raios-gama. Essa correlação é essencial para a reconstrução da fisiografia do sistema deltaico e compreensão da sua evolução espacial e temporal.

## Referências

- Bállico, M. B. 2009. Discriminação dos depósitos flúvio-eólicos da Fm. Sergi, Bacia do Recôncavo, utilizando espectrômetro portátil de raios gama.
- Barreiro C.B., Mizusaki A.M.P., Garcia A.J.V. 2003. Análise da seção de transição pré-rifte/rifte (Formações Serraria e Barra de Itiúba) da Bacia de Sergipe-Alagoas. In: *Congresso Brasileiro de P&D em petróleo e gás*, 2., 2003, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ, 2003.
- Bhattacharya, J. P. 2003. Wave-Influenced deltas: geomorphological Implications of facies reconstruction. *Sedimentology*, 50: 187-210.
- Bhattacharya, J. P. 2006. Deltas. In: Walker, R. G. & Posamentier, H., (Eds.) *Facies Models Revisited*, SEPM Special Publication, p. 237-292.
- Bhattacharya, J. P. 2010. Delta. In: James, N. P. & Dalrymple R. W. (Eds.), *Facies Models 4*, p. 233-264.
- Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Vidotti R.M., Gonçalves J.H (eds.). 2003. Recursos Minerais Energéticos: Petróleo. *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*, p.553-564.
- Borba, C., Paim, P.S.G., Garcia, A.J.V. 2011. Estratigrafia dos depósitos iniciais do rifte no Campo de Furado, região de São Miguel dos Campos, Bacia de Sergipe-Alagoas. *Revista Brasileira de Geociências*, 41(1): 18-36.
- Campos Neto O.P., Souza Lima W., Cruz F.E.G. 2007. Bacia de Sergipe Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobrás (Cartas Estratigráficas)*, 15(2): 405-415.
- Catuneanu, O., Abreu, V., Battacharya, J. P., Blum, M. D., Dalrymple, R. W., Ericksson, P. G., Fielding, C. R., Fisher, W. L., Galloway, W. E., Gibling, M. R., Giles, K. A., Holbrook, J. M., Jordan, R., Kendall, C. G. S. T. C., Macurda, B., Martinsen, O. J., Miall, D., Neal, J. E., Nummedal, D., Pomar, L., Posamentier, H. W., Pratt, B. R., Sarg, J. F., Shanley, K. W., Steel, R. J., Strasser, A., Tucker, M. E. & Winker, C. 2009. *Towards the standarization of sequence stratigraphy. Earth-Science Reviews*, 92: 1-33.
- Feijó F.J. 1994. Bacias de Sergipe e Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 8(1): 149-161.
- McPherson, J. G., Shanmugam, G. & Moiola, R. J. 1987. Fan-deltas and braid deltas: Varieties of coarse-grained deltas. *Geological Society of America, Bulletin* 99: 331-340.
- Mendes, J. C. 1984. Elementos de Estratigrafia. São Paulo: Universidade de São Paulo.

Miall, A. D. 1996. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology. New York: Springer-Verlag. 582 p.

Myers, K.J. & Bristow, C.S. 1989. Detailed sedimentology and gamma-ray log characteristics of a Namurian deltaic succession II: Gamma-ray logging. In: Whateley, M.K.G. & Pickering, K.T., (eds). *Deltas: Sites and Traps for Fossil Fuels*. London, Geological Society Special Publications, 41, p. 81-88.

Nery, G. G. 2013. Perfilagem geofísica em poço aberto - fundamentos básicos com ênfase em petróleo. - Rio de Janeiro: SBGf, 222p.

Orton, G. J. & Reading, H. G. 1993. Variability of deltaic processes in terms of sediment supply, with particular emphasis on grain size. *Sedimentology*, 40: 475-512.

Rodrigues A.G. 2011. Padrões composicionais e diagenéticos da seção rifte no Campo de Caioba, Bacia de Sergipe-Alagoas. Monografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Schaller H. 1969. Revisão estratigráfica da Bacia Sergipe-Alagoas. *Boletim Técnico da Petrobras*, 12(1): 21-86.

## **Anexos**

Anexo 1 - Fotomosaicos

Anexo 1.1 – Fotomosaicos (A) com a interpretação (B) do ponto BIT – 6.

Anexo 1.2 – Fotomosaicos (A) com a interpretação (B) do ponto BIT – 7.



GEO-03015 - PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

<b>Título da Monografia:</b>	Análise Faciológica e Perfilagem de Raios-Gama na Formação Barra de Itiúba	
<b>Autor:</b>	Milena Lourenço Carniel	
<b>Orientador(es):</b>	Prof. Dr. Juliano Kuchle / Prof. Dra. Karim Goldberg	
<b>Nota Final (1 até 10):</b>	9,5	
<b>Examinador:</b>	Dr. Anderson José Maraschin	<b>Data:</b> /12/2016

- O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia? Sim (X). Não ( ). Em parte ( ).
- O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia ?  
Sim (X). Não ( ). Em parte ( )
- As ilustrações são úteis e adequadas? Sim (X). Não ( ). Em parte ( )
- O manuscrito apresenta estrutura organizada? Sim (X). Não ( ). Em parte ( )
- A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia?  
Sim (X). Não ( ). Em parte ( )
- Os materiais e métodos são descritos adequadamente? Sim (X). Não ( ). Em parte ( )
- Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente? Sim (X). Não ( ). Em parte ( )
- As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos?  
Sim (X). Não ( ). Em parte ( )
- As referências são convenientes e usadas adequadamente? Sim (X). Não ( ). Em parte ( )
- O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)?  
Sim (X). Não ( ). Em parte ( ).

<b>Comentários:</b>	<p>Embora abordando técnicas estratigráficas e petrográficas usuais, o estudo desenvolvido permitiu, através das associações de fácies, inferir o modelo deposicional para a Formação Barra de Itiúba. Aliado com os dados dos perfis de raios-gama, o modelo proposto auxilia no melhor entendimento da evolução geológica da Bacia de SE-Al.</p> <p>Os dados produzidos são consistentes e claramente visualizados, permitindo ao leitor o bom entendimento dos objetivos e resultados. A monografia está bem escrita, porém com erros de formatação, ao contrário, raras são os erros de digitação ou ortografia.</p> <p>Considerando o exposto, Parabéns a autora e aos orientadores pela qualidade técnica-científica do trabalho.</p> <p style="text-align: right;">Dr. Anderson J. Maraschin</p>
---------------------	---

### GEO-03015 - PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

<b>Título da Monografia: Análise faciológica e perfilagem de raios-gama na porção emersa da Formação Barra de Itiúba, Bacia de Sergipe-Alagoas</b>	
<b>Autor: Milena Caumo Carniel</b>	
<b>Orientador(es): Juliano Kuchle. Karin Goldberg</b>	
<b>Nota Final (1 até 10): 9,5</b>	
<b>Examinador: Ana Karina Scomazzon</b>	<b>Data: 09/12/2016</b>

1. O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia? *Sim (x). Não ( ). Em parte ( ).*
2. O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia ?  
*Sim (x). Não ( ). Em parte ( )*
3. As ilustrações são úteis e adequadas? *Sim (x). Não ( ). Em parte ( )*
4. O manuscrito apresenta estrutura organizada? *Sim (x). Não ( ). Em parte ( )*
5. A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia?  
*Sim (x). Não ( ). Em parte ( )*
6. Os materiais e métodos são descritos adequadamente? *Sim (x). Não ( ). Em parte ( )*
7. Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente? *Sim (x). Não ( ). Em parte ( )*
8. As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos?  
*Sim (x). Não ( ). Em parte ( )*
9. As referências são convenientes e usadas adequadamente? *Sim (x). Não ( ). Em parte ( )*
10. O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)?  
*Sim (x). Não ( ). Em parte ( ).*

<b>Comentários:</b>