

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS E ESTRATIGRÁFICOS
DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES QUATERNÁRIOS DO
ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS, MUNICÍPIO DE NOVO
AIRÃO (AMAZÔNIA CENTRAL)

ROGÉRIO OLIVEIRA BARBOSA

MANAUS
2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

ROGÉRIO OLIVEIRA BARBOSA

**ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS E ESTRATIGRÁFICOS
DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES QUATERNÁRIOS DO
ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS MUNICÍPIO DE NOVO
AIRÃO (AMAZÔNIA CENTRAL)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geociências. Na área de Petrologia Sedimentar.

Orientador: Prof. Dr. Emílio Alberto Amaral Soares

MANAUS
2015

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

B238e Barbosa, Rogério Olivera
Estudos sedimentológicos e estratigráficos dos depósitos sedimentares quaternários do Arquipélago de Anavilhanas município de Novo Airão (Amazônia Central) / Rogério Olivera Barbosa. 2015
113 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Emílio Alberto Amaral Soares
Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Arquipélago de Anavilhanas. 2. Terraços Fluviais Quaternários. 3. Paleossolos. 4. Sedimentação fluvial. I. Soares, Emílio Alberto Amaral II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

ROGÉRIO OLIVEIRA BARBOSA

**ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS E ESTRATIGRÁFICOS
DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES QUATERNÁRIOS DO
ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS MUNICÍPIO DE NOVO
AIRÃO (AMAZÔNIA CENTRAL)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geociências. Na área de Petrologia Sedimentar.

Aprovado em 25 de Fevereiro de 2015

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Emílio Alberto Amaral Soares

Universidade Federal do Amazonas

Prof^a Dr^a. Elena Franzinelli

Universidade Federal do Amazonas

Prof^a Dr^a. Neliane de Sousa Alves

Universidade do Estado do Amazonas

À minha mãe Elizabeth, meu pai Pedro Marçal, minha esposa Carmem
e aos meus filhos Pedro Rogério e Carlos Eduardo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por permitir, aos meus pais Pedro Marçal Hagge Barbosa e Elizabeth Michely Oliveira Barbosa pelo exemplo de vida e educação. A Carmem minha esposa e amiga pela sua paciência e confiança. Aos meus filhos e amigos Pedro Rogério e Carlos Eduardo pela motivação e cobranças. Ao meu orientador Prof. Dr. Emílio Alberto Amaral Soares por seu apoio, sua paciência e educação durante essa jornada. Aos camaradas da Universidade Federal do Amazonas, em especial a todos os companheiros de campo, discussões, viagens, música e bebida, que fazem parte do curso de Geologia.

Quero também prestar meus sinceros agradecimentos às pessoas e instituições que colaboraram de alguma maneira para a realização deste trabalho e em especial:

Aos professores do DEGEO apoio e motivação.

Aos professores Alejandro Salazar e Elena Franzinelli que colaboraram nas atividades de campo e com sugestões e comentários sobre alguns capítulos dessa dissertação.

À professora Sônia Tatumi pelas análises de luminescência custeadas pelo Projeto “Implantação e desenvolvimento da metodologia de datação de grão-único, por luminescência opticamente estimulada”.

Ao professor Casimiro Munita pelas análises geoquímicas.

Aos técnicos do laboratório de sedimentometria da Superintendência da CPRM em Manaus, pelos ensaios granulométricos.

"Provavelmente o único projeto do qual meu pai desistiu foi eu. Ele tentou me dar conselhos, mas logo descobriu que eu era cabeça-dura demais e que ele estava apenas perdendo tempo."

Um dos conselhos do pai foi para que ele desistisse de estudar os fenômenos de transporte sólido nos rios e se dedicasse a física quântica, "pois este era assunto menos complicado do que a sedimentologia dos rios".

(Hans Albert Einstein)

RESUMO

O Arquipélago de Anavilhanas, localizado no baixo curso do Rio Negro, se desenvolveu sobre rochas siliciclásticas das formações Nhamundá (Paleozóico), Alter do Chão (Cretáceo) e Novo Remanso (Neógeno), sendo constituído por 2 unidades de terraços fluviais, o superior (TFS) e o inferior (TFI). Os terraços foram individualizados principalmente por meio de datações (LOE e C-14), que revelaram idades de 211.394 +/- 29.300 anos AP a 69.988 +/- 8.860 anos AP para o TFS e de 2.558 +/- 87 anos AP a 368 +/- 145 anos AP para o TFI. O TFS está localizado na margem esquerda do Rio Negro, posicionado em cotas entre 25 m a 40, sendo constituído por intercalações de camadas de areia e lama (silte e argila), que definem pares de estratificação heterolítica inclinada relacionadas a migração de barras laterais em um rio retilíneo. A deposição deste terraço está relacionada ao grande aporte de sedimento mais grosseiro liberado por erosão durante o período de rebaixamento do nível do mar. O TFI é representado pelas 400 ilhas do arquipélago, distribuídas regularmente ao longo de toda a extensão do rio neste trecho, exibindo cotas entre 27 m a 41 m. É constituído principalmente de lama (silte e argila) com delgadas intercalações centimétricas de areia (muito fina a fina), cuja deposição esta associada ao desenvolvimento de um sistema de deltas retilíneos durante o afogamento do Rio Negro no Holoceno, devido a subida do nível do mar acerca de 6.000 anos AP. Níveis de paleossolos (com fragmentos de carvão) intercalados no TFI, com idades de 2.250 anos AP, 1.650 anos AP, 870 anos AP e 490 anos AP, representam períodos secos (com queimadas) na Amazônia, indicando paradas recorrentes na sedimentação. Além disso, o elevado grau de estabilidade das ilhas e canal, obtidas pela análise bitemporal de imagens Landsat-5/TM (entre 1991 e 2009), pode ser associado a maior coesão dos sedimentos finos e vegetação desenvolvidas nas ilhas, característicos do estilo fluvial *anabranching* definido para este trecho do Rio Negro..

Palavras-chaves: Rio Negro; Terraços Fluviais Quaternários; Arquipélago de Anavilhanas.

ABSTRACT

In Anavilhanas Archipelago located in the lower course of the Rio Negro outside the m individual basis formed by rocks of Nhamundá, Alter do Chão / Novo Remanso and Quaternary sedimentary units consisting of the Upper Terraces (TFS) and the Lower River Terrace (TFI). The fluvial terraces levels TFS and TFI terraces were individualized by datings LOE that showed ages 211,394 +/- 29,300 years BP. the 69,988 +/- 8860 years BP. for TFS (Pleistoceno) and ages ranging from 2558 +/- 87 a.AP. 368 +/- 145 years AP for TFI (Holocene). TFS is located on the left bank of the Rio Negro, with dimensions between 25 m to 40 and features interbedded layers of sand and mud (silt and clay), which define inclined heterolytic stratification. The coarse sediments show a predominant composition of sand, ranging from (99.99% to 75.15%) and subordinate silt (24.85%. To 0.01398%). TFI is represent by the 400 islands of the archipelago is located in the central area of the Rio Negro being made mainly of mud (silt and clay) with thin very fine sand centimeter interbedded fine with dimensions between 27 m to 41 m. In general, the mud is constituted on average by 65% silt and 30% clay and 5% sand. The C-14 dating performed on four levels of charcoal fragments representing paleosoils in the archipelago of islands showed ages of 490 years AP, AP 870 years, 1650 years BP to 2250 years BP and coincide with possible ranges of relatively drier periods and presenting possible fires in the Central Amazon Region. The preliminary result of bitemporal image analysis (Landsat-5 / TM) for a period of 18 years (between 1991 and 2009) associated with the results of grain size analyzes of the River Terrace revealed a pattern of high stability and cohesion to the Archipelago of Anavilhanas addition to characterize the pattern anabranche for this stretch of the Rio Negro.

Keywords: Black River, Fluvial terraces Quaternary, Anavilhanas Archipelago.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO. MODIFICADO DE CPRM (2010).	2
FIGURA 2 - ATIVIDADES DE CAMPO. (A) DESLOCAMENTO FLUVIAL NO ARQUIPÉLAGO. (B) VISÃO GERAL DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DE UMA ILHA DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS (C E D) COLETA E CATALOGAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	6
FIGURA 3 - DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DA DISTRIBUIÇÃO DE C-14 NA SUPERFÍCIE TERRESTRE. MODIFICADO DE SANTOS <i>ET.AL.</i> (1999).	9
FIGURA 4 - DIAGRAMA COM A DESCRIÇÃO DAS ETAPAS ENVOLVIDAS NA ANÁLISE DE RADIOCARBONO POR ESPECTROMETRIA DE MASSAS COM ACELERAÇÃO DE PARTÍCULAS (MODIFICADO DE SANTOS ET AL. 1999). 1) COLETA DO MATERIAL. 2) INSERÇÃO DO MATERIAL NO BANCO DE DADOS. 3) ATAQUE POR ÁCIDOS E BASES PARA A RETIRADA DE MATERIAL INDESEJADO. 4) FASE DE COMBUSTÃO DO MATERIAL PARA OBTENÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO E POSTERIOR GRAFITIZAÇÃO POR REDUÇÃO QUÍMICA PARA OBTENÇÃO DE MOLÉCULA DE CARBONO-C. AS ETAPAS 5) E 6) CONSISTEM NA MEDIDA DA RAZÃO ISOTÓPICA 14C/12C E CÁLCULO DA IDADE, RESPECTIVAMENTE. 7) INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS. .	10
FIGURA 5 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA A LASER DO LABORATÓRIO DE SEDIMENTOMETRIA DA CPRM. A) QUARTEADOR DE AMOSTRA. B) BALANÇA DE PRECISÃO. C) AMOSTRAS PREPARADAS COM DESCOAGULANTE. D) GRANULÔMETRO A LASER MALVERN INSTRUMENTS, MODELO MASTERSIZER 2000 COM ACESSÓRIO HYDRO 2000MU.	11
FIGURA 6 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BACIA SEDIMENTAR DO AMAZONAS. MODIFICADO CPRM (2010).	13
FIGURA 7 - CARTA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO AMAZONAS (FONTE: CUNHA ET AL. 2007).	14
FIGURA 8 - MAPA GEOLÓGICO ILUSTRANDO A DISPOSIÇÃO GEOGRÁFICA DAS PRINCIPAIS UNIDADES SEDIMENTARES DA REGIÃO DO BAIXO RIO NEGRO. MODIFICADO DE CPRM (2010).....	15
FIGURA 9 - MAPA GEOLÓGICO PROPOSTO POR SOARES <i>AT.AL</i> 2010 ILUSTRANDO OS DEPÓSITOS SEDIMENTARES PLEISTOCENO ASSOCIADOS AS DEPRESSÕES TECTÔNICAS (GPA, GCC E GCP) DA REGIÃO DE CONFLUÊNCIA DOS RIOS NEGRO E SOLIMÕES.	20
FIGURA 10 - MAPA COM AS GEOMORFOLÓGICAS PROPOSTO POR LATRUBESSE & FRANZINELLI (2005).	22
FIGURA 11 - FOTOGRAFIA AÉREA E PARTE DO MAPA PROPOSTO POR ALVES (2013), DESTACANDO AS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DA PORÇÃO SUL DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS (MODIFICADO DE ALVES 2013).	23
FIGURA 12 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS E SUAS RESPECTIVAS COMPOSIÇÕES GRANULOMÉTRICAS DE ACORDO ALVES (2013).	24
FIGURA 13 – IMAGEM RESSALTAM O CONTROLE ESTRUTURAL DAS CALHAS DOS RIOS DOS RIOS NEGRO, PRETO DA EVA, URUBU, UATUMÃ OBSERVADO POR STERNBERG (1950). FONTE FRANZINELLI & IGREJA 1990. ...	25
FIGURA 14 - MODELO NEOTECTÔNICO DO TRECHO DO BAIXO RIO NEGRO. FONTE: FRANZINELLI & IGREJA (2002).	27
FIGURA 15 - IMAGEM ILUSTRANDO O MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO DO TERRENO E O PERFIL TRANSVERSAL TOPOGRÁFICO DA ÁREA DO POSSÍVEL PALEOCURSO DO RIO NEGRO. A) IMAGEM SRTM APRESENTADO TONS DE CINZA CLARO PARA AS PORÇÕES MAIS ELEVADAS E TONS DE CINZA MAIS ESCUROS PARA ÁREAS MAIS REBAIXADAS, DESTACADO PELAS SETAS O PALEOSISTEMA DE DRENAGEM. B) PERFIL TOPOGRÁFICO EXIBINDO VALES COM COTAS 20 METROS MAIS BAIXAS QUE SEUS INTERFLÚVIOS. FONTE: ALMEIDA (2005).	29
FIGURA 16 - IMAGEM DESTACANDO OS LOCAIS DE ESTUDO DE ABSY (1979). 1) LAGO GALHEIRO; 2) LAGO CUMINÃ; 3) COSTA DA TERRA NOVA; 4) LAGO DO CAJÚ; 5) LAGO SURARA; M) LAGO SANTA NINHA, LOCAL DE ESTUDO DE MOREIRA ET AL. (2009); S) LOCAL DE ESTUDO DE SANTOS ET AL. (1999, 2000); SA) LOCAL DE ESTUDO DE SÁ (2010).	32

FIGURA 17 - MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS, DESTACANDO AS UNIDADES SEDIMENTARES PALEOZÓICAS, CRETÁCEAS-NEÓGENAS E QUATERNÁRIAS.	35
FIGURA 18 - A) AFLORAMENTO DA FORMAÇÃO NHAMUNDÁ NA MARGEM ESQUERDA DO RIO NEGRO (PONTO ER-061). O DETALHE B MOSTRA BLOCOS MÉTRICOS DE QUARTZO-ARENITOS. O DETALHE C EXIBE MARCAS ONDULADAS E FEIÇÕES DE BIOTURBAÇÃO SUBHORIZONTAL NO TOPO DAS CAMADAS (SETA).	36
FIGURA 19 - IMAGEM DO <i>SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION</i> (SRTM) DESTACANDO O RELEVO DAS UNIDADES QUE COMPÕEM A ÁREA DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS. AS UNIDADES PALEOZÓICA E CRETÁCEA-NEÓGENA DO EMBASAMENTO EXIBEM RELEVO DISSECADO E COTAS MÁXIMAS INFERIORES A 150 M (FONTE: WWW.RELEVOBR.CNPM.EMBRAPA.BR).	38
FIGURA 20 - AFLORAMENTO NA MARGEM ESQUERDA DO RIO NEGRO (PONTO ER-094), EXIBINDO O CONTATO GEOLÓGICO ENTRE AS UNIDADES SEDIMENTARES CRETÁCEA (BASE) E MIOCENA (TOPO). OS DETALHES B E C ILUSTRAM O CONTATO BRUSCO E IRREGULAR ENTRE AS UNIDADES E OS LOCAIS DE COLETA DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS.	39
FIGURA 21 - AFLORAMENTO NO PONTO ER-092 MOSTRANDO O CONTATO BRUSCO ENTRE AS FORMAÇÕES ALTER DO CHÃO (BASE) E FORMAÇÃO NOVO REMANSO (TOPO). OS DETALHES B E C MOSTRAM O LOCAL DE COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.	40
FIGURA 22 - AFLORAMENTO DA FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO (PONTO ER-010). O DETALHE A MOSTRA ARENITO INTENSAMENTE OXIDADO. O DETALHE B EXIBE ARENITO COM ESTRATIFICAÇÃO PLANO-PARALELA. O DETALHE C EXIBE A PORÇÃO CONGLOMERÁTICA DESTA FORMAÇÃO.	41
FIGURA 23 - ARENITOS COM APRESENTANDO ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA DA FORMAÇÃO ALTER CHÃO (A E B) (PONTO ER-046).	41
FIGURA 24 - RELEVO DE CRISTAS E DEPRESSÕES DO TERRAÇO SUPERIOR NA MARGEM DIREITA DO IGARAPÉ ARIUAUÁ (PONTO ER-087). O DETALHE B ILUSTRA A CAMADA ARENOSA (BASE) ENCOBERTA POR LAMA E O LOCAL DE COLETA DE AMOSTRA PARA DATAÇÃO POR LOE.	44
FIGURA 25 - VISÃO GERAL DO AFLORAMENTO E SEÇÃO COLUNAR DO TFS DO PONTO ER-077. O DETALHE B ILUSTRA A CAMADA ARENOSA LIMITADA POR LAMA E O LOCAL DE COLETA DE AMOSTRA PARA DATAÇÃO POR LOE. O DETALHE C MOSTRA ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA NA CAMADA ARENOSA.	45
FIGURA 26 - A) VISÃO GERAL DO AFLORAMENTO E SEÇÃO COLUNAR DO TFS (PONTO ER-088). B) LOCAL DA COLETA PARA DATAÇÃO POR LOE.	46
FIGURA 27 – VISÃO GERAL DO AFLORAMENTO E A SEÇÃO COLUNAR DO TFS (PONTO ER-089) ILUSTRANDO AS CAMADAS ARENOSA (BASE) E ARGILOSA (TOPO). OS DETALHES B E C DESTACAM A GRANULOMETRIA DA CAMADA ARENOSA COM GRÂNULOS E SEIXOS DE QUARTZO.	47
FIGURA 28 - GRÁFICO DE FREQUÊNCIAS ACUMULADAS OBTIDO ATRAVÉS DO SOFTWARE SYSGRAN 3.0 PARA AS AMOSTRAS DO TFS ILUSTRANDO A DISTRIBUIÇÃO BIMODAL DAS AREIAS.	48
FIGURA 29 - HISTOGRAMAS DAS AMOSTRAS DO TFS ILUSTRANDO A BIMODALIDADE DOS SEDIMENTOS.	48
FIGURA 30 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO, ILUSTRANDO OS LOCAIS DATADOS POR LOE.	50
FIGURA 31 - IMAGENS LANDSAT MOSTRANDO O ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS. EM A, O ASPECTO INTRICADO DAS ILHAS E CANAIS. EM B AS FEIÇÕES DE CORDÕES DE ACRESÇÃO LATERAL. O DETALHE C ILUSTRA OS DELTAS, ESTREITOS E ALONGADOS, RETILÍNEOS, COM DIQUES MARGINAIS VEGETADOS COM ALGUMAS RAMIFICAÇÕES SECUNDÁRIAS, FORMADAS PELO ROMPIMENTO DE DIQUES MARGINAIS.	52
FIGURA 32 - SEÇÃO PANORÂMICA NO PONTO ER-110 ILUSTRANDO O LIMITE ENTRE O DIQUE MARGINAL, ENCOBERTO POR VEGETAÇÃO DE MÉDIO A GRANDE PORTE E A ÁREA DE PLANÍCIE DA ILHA ENCOBERTA POR GRAMÍNEAS.	52
FIGURA 33 - ESTRATIFICAÇÃO INCLINADA DEFINIDA POR INTERCALAÇÕES DE LAMA (CINZA CLARO) E AREIA FINA A MUITO FINA (BRANCA) NAS ILHAS DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS (PONTO ER -23). O DETALHE B ILUSTRA O LOCAL DE COLETA PARA DATAÇÃO POR LOE. O DETALHE C DESTACA A LAMINAÇÃO INCLINADA.	53

FIGURA 34 - SEÇÃO PANORÂMICA E COLUNAR DO PONTO ER-52, ILUSTRANDO A ESTRATIFICAÇÃO HETEROLÍTICA INCLINADA INTERNA MARCADA POR INTERCALAÇÕES DE AREIA E LAMA (PONTO ER – 52). OS DETALHES B E C INDICAM OS LOCAIS DE COLETA DE AMOSTRAS PARA LOE E GRANULOMETRIA.	54
FIGURA 35 – A) VISÃO GERAL DO AFLORAMENTO ER-062 E NO DETALHE B O LOCAL DE COLETA PARA DATAÇÃO POR LOE.	55
FIGURA 36 - SEÇÃO COLUNAR ILUSTRANDO A VISÃO GERAL DO AFLORAMENTO DO PONTO ER-015 EXIBIDO 3 NÍVEIS (S1, S2, S3) DE PALEOSSOLOS COM CARVÃO. OS DETALHE B, C, D E ILUSTRAM OS LOCAIS DE COLETA DE FRAGMENTOS DE CARVÃO PARA DATAÇÃO POR RADIO CARBONO 14-C.	56
FIGURA 37 - A - SEÇÃO PANORÂMICA ILUSTRANDO A VISÃO GERAL DO AFLORAMENTO DO PONTO ER-032. OS DETALHES B E C EXIBEM 2 NÍVEIS DELGADOS DE PALEOSSOLOS (S1, S2 - LINHA TRACEJADA) E O LOCAL DE COLETA PARA DATAÇÃO POR C-14.	57
FIGURA 38 - SEÇÃO PANORÂMICA ILUSTRANDO O ASPECTO GERAL DO AFLORAMENTO DO PONTO ER-085. A LINHAS PONTILHADAS RESSALTAM OS DOIS NÍVEIS DE PALEOSSOLOS COM FRAGMENTOS DE CARVÃO. O DETALHE B APRESENTA O LOCAL DE COLETA PARA DATAÇÃO POR C14.	58
FIGURA 39 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO COM AS IDADES RESULTANTE DE DATAÇÕES POR C-14 E LOE.	59
FIGURA 40 - GRÁFICO DE FREQUÊNCIAS ACUMULADAS OBTIDO ATRAVÉS DO SOFTWARE SYSGRAN 3.0 PARA AS AMOSTRAS DO TFI.	60
FIGURA 41 - HISTOGRAMAS OBTIDOS ATRAVÉS DO SOFTWARE SYSGRAN 3.0 PARA AS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DAS AMOSTRAS DO TFI.	61
FIGURA 42 - HISTOGRAMAS OBTIDOS ATRAVÉS DO SOFTWARE SYSGRAN 3.0 PARA AS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DAS AMOSTRAS DO TFI.	62
FIGURA 43 - HISTOGRAMAS OBTIDOS ATRAVÉS DO SOFTWARE SYSGRAN 3.0 PARA AS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DAS AMOSTRAS DO TFI.	63
FIGURA 44 – MAPAS ILUSTRANDO A TENDÊNCIA GRANULOMÉTRICA AO LONGO DAS ILHAS DO ARQUIPÉLAGO. A) MAPA APRESENTANDO HISTOGRAMAS COM DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES GRANULOMÉTRICAS AREIA, SILTE E ARGILA. B) MAPA DE ISÓPACAS ILUSTRANDO A CONCENTRAÇÕES DAS FRAÇÕES ARENOSAS.	66
FIGURA 45 - A) IMAGEM LANDSAT 5 TM DE 29/11/2009, ILUSTRANDO A DISPOSIÇÃO GERAL NA TONALIDADE AVERMELHADA DAS BARRAS ARENOSAS AO LONGO DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS. O DETALHE B EXIBE AS BARRAS ARENOSAS NA PARTE NORTE DO ARQUIPÉLAGO, DISPOSTAS LATERALMENTE EM ZONAS DE SOMBRA HIDRODINÂMICA E OU OBSTRUINDO FUIROS E PARANÁS (FONTE: WWW.DGI.INPE.BR).	68
FIGURA 46 - BARRAS ARENOSAS COM CENTENAS DE METROS DE EXTENSÃO NO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS ILUSTRADAS NAS SEÇÕES PANORÂMICAS A, B (PONTO ER-008) E C (PONTO ER-046). NOS DETALHES D (PONTO ER-046) ILUSTRANDO BARRA ARENOSA ASSOCIADA A UM FUIRO.	69
FIGURA 47 - A) SEÇÃO PANORÂMICA ILUSTRANDO MORFOLOGIA DA BARRA ARENOSA DO PONTO ER-042. OS DETALHES B E C MOSTRAM O LOCAL DE COLETA PARA DATAÇÃO POR LOE.	70
FIGURA 48 - GRÁFICO DE FREQUÊNCIAS ACUMULADAS OBTIDO ATRAVÉS DO SOFTWARE SYSGRAN 3.0 PARA AS AMOSTRAS DAS BARRAS ARENOSAS.	70
FIGURA 49 - HISTOGRAMAS OBTIDOS ATRAVÉS DO SOFTWARE SYSGRAN 3.0 PARA AS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS DAS BARRAS ARENOSAS.	71
FIGURA 50 - A) MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS USADAS NA ANÁLISE QUÍMICA. B) ANÁLISE DISCRIMINANTE MOSTRANDO 3 GRUPOS QUIMICAMENTE DISTINTOS.	74
FIGURA 51 - RELAÇÃO ENTRE AS IDADES DOS NÍVEIS DE PALEOSSOLOS ENCONTRADOS NAS ILHAS DE ANAVILHANAS E OS PERÍODOS SECOS (ABSY 1979, SÁ 2010, MOREIRA <i>ET AL.</i> 1999) E PALEOQUEIMADAS (SANTOS <i>ET AL.</i> , 1999) DESCRITAS NA AMAZÔNIA. OS DETALHES A E B MOSTRAM OS LOCAIS ER085 E ER015, RESPECTIVAMENTE.	76

FIGURA 52 -IMAGENS LANDSAT 5/TM APRESENTANDO UM PADRÃO DE DESENVOLVIMENTO LENTO COM SUTIS DIFERENÇAS NAS ÁREAS DE DEPOSIÇÃO PARA O INTERVALO ENTRE 12/11/1991 A 29/11/2009. A) IMAGENS LANDSAT 5/TM DE 12/11/1991. B) IMAGENS LANDSAT 5/TM DE 29/2009. FONTE: WWW.DGI.INPE.BR	77
FIGURA 53 - IMAGEM LANDSAT 5/TM DE 29/11/2009 DESTACANDO AS ILHAS DA PARTE NORTE DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS. AS LINHAS BRANCAS MOSTRAM OS CONTORNOS DAS ILHAS EM IMAGEM DE 12/11/1991. FONTE: WWW.DGI.INPE.BR	77
FIGURA 54 – BLOCOS DIAGRAMA ESQUEMÁTICO MOSTRANDO OS ESTÁGIOS (1 A 6) DE DESENVOLVIMENTO TECTONO-SEDIMENTAR DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS. ESTÁGIO 1 - REATIVAÇÃO DE FALHAS E A IMPLANTAÇÃO INICIAL DOS RIOS NEGRO E SOLIMÕES. ESTÁGIO 2 - ABERTURA DA BACIA DE ANAVILHANAS E DEPOSIÇÃO DO TFS DO RIO NEGRO DURANTE A FASE DE REBAIXAMENTO DO NÍVEL DO MAR. ESTÁGIO 3 – EROSIÃO DE PARTE DO TFS. ESTÁGIO 4 – MUDANÇA CLIMÁTICA E SUBIDA DO NÍVEL DO MAR, DIMINUÍDO O APORTE SEDIMENTAR MAIS GROSSEIRO (ARENOSO) E PREDOMINANDO A SEDIMENTAÇÃO DE FINOS POR SUSPENSÃO, DANDO INICIO DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DELTAICO DO ARQUIPÉLAGO. ESTÁGIO 5 – EXPANSÃO DO SISTEMA DELTAICO NO ARQUIPÉLAGO E DESENVOLVIMENTO DO TFI . ESTÁGIO 6 – FITOESTABILIZAÇÃO DAS ILHAS QUE DIVIDEM O FLUXO DO CANAL DEFININDO O PADRÃO ANABRANCHING.....	80

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - QUADRO MORFOESTRATIGRÁFICO CENOZÓICO DO MÉDIO E BAIXO RIO NEGRO. FONTE: BEZERRA (2003).....	20
TABELA 2 - IDADES DE POSSÍVEIS PALEOQUEIMADAS NA AMAZÔNIA. MODIFICADO DE SANTOS <i>ET AL.</i> (1999, 2000).....	32
TABELA 3 - VALORES DOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS OBTIDOS ATRAVÉS DO SOFTWARE SYSGRAN 3.0 PARA AS AMOSTRAS DO TFS.	49
TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO SIMPLIFICADA DE FOLK & WARD (1957) BASEADA NOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS AMOSTRAS DO TFS OBTIDA ATRAVÉS DO SOFTWARE SYSGRAN 3.0.....	49
TABELA 5 – VALORES DOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS OBTIDOS ATRAVÉS DO SOFTWARE SYSGRAN 3.0 PARA AS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS SILTICOS-ARGILOSOS DO TFI.....	64
TABELA 6 – CLASSIFICAÇÃO SIMPLIFICADA DE FOLK & WARD (1957) BASEADA NOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS SILTICOS-ARGILOSOS DO TFI OBTIDA ATRAVÉS DO SOFTWARE SYSGRAN 3.0.....	65
TABELA 7 – CLASSIFICAÇÃO SIMPLIFICADA DE FOLK & WARD (1957) BASEADA NOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS AMOSTRAS DAS BARRAS ARENOSAS, OBTIDAS ATRAVÉS DO SOFTWARE SYSGRAN 3.0.....	71
TABELA 8 – SÍNTESE DAS LITOFÁCIES DAS UNIDADES SEDIMENTARES ESTUDADAS	72
TABELA 9 – TABELA COM RESULTADO DA ANÁLISE POR ATIVAÇÃO DE NÊUTRONS.	73

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
2.1 ANÁLISES CARTOGRÁFICAS E BITEMPORAL DE PRODUTOS DE SENSORES REMOTOS.....	4
2.1.1 ANÁLISE CARTOGRÁFICA.....	4
2.1.2 ANÁLISE DE PRODUTOS DE SENSORES REMOTOS.....	4
2.2 LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO	5
2.3 ANÁLISE DE FÁCIES.....	6
2.4 ANÁLISE GEOCRONOLÓGICA.....	7
2.4.1 DATAÇÃO POR LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA (LOE)	7
2.4.2 DATAÇÕES POR RADIOCARBONO (C-14)	8
2.5 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	10
2.6 ANÁLISE QUÍMICA	12
3 GEOLOGIA REGIONAL	13
3.1 GENERALIDADES.....	13
3.2 CONTEXTO GEOLÓGICO DA REGIÃO DO BAIXO RIO NEGRO	15
3.3 GRUPO TROMBETAS (FORMAÇÃO NHAMUNDÁ).....	15
3.4 FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO	16
3.5 FORMAÇÃO NOVO REMANSO	17
3.6 DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS DO RIO NEGRO.....	18
3.7 CONTEXTO TECTÔNICO DA REGIÃO DO BAIXO RIO NEGRO.....	25
3.8 GÊNESE DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS	28
3.9 OS GRANDES SISTEMAS FLUVIAIS E O RIO NEGRO	30
3.10 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PALEOQUEIMADAS NA AMAZÔNIA CENTRAL NO PLEISTOCENO E HOLOCENO.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1 EMBASAMENTO PALEOZOICO E CENOZÓICO.....	34
4.1.1 FORMAÇÃO NHAMUNDÁ	34
4.1.2 FORMAÇÕES ALTER DO CHÃO E NOVO REMANSO.....	37
4.2 TERRAÇOS FLUVIAIS QUATERNÁRIOS	42
4.2.1 TERRAÇO FLUVIAL SUPERIOR (TFS)	42
4.2.2 TERRAÇO FLUVIAL INFERIOR (TFI)	51
4.2.3 BARRAS ARENOSAS.....	67
4.3 ANÁLISE DE FÁCIES SEDIMENTARES	72
4.4 GEOQUÍMICA DO TERRAÇO FLUVIAL INFERIOR DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS	73
4.5 TAXA DE SEDIMENTAÇÃO NO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS.....	75
4.6 ANÁLISES BITEMPORAL DO SISTEMA DELTAICO DA PORÇÃO NORTE DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS.....	76
4.7 EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DO TRECHO INFERIOR DO RIO NEGRO	78

5. CONCLUSÕES.....	81
6. REFERÊNCIAS.....	84

ANEXOS

1. INTRODUÇÃO

Ao longo de sua extensão, o Rio Negro apresenta variações significativas no seu estilo fluvial e padrão de sedimentação, em grande parte, influenciadas pela neotectônica (Bezerra 2003, Latrubesse & Franzinelli 2005). Em parte do seu curso inferior, o canal apresenta cerca de 20 km de largura com aproximadamente 100 km de comprimento, e um estilo fluvial *anabranched* constituído por cerca de 400 ilhas que compõem o Arquipélago de Anavilhanas.

De acordo com Latrubesse & Franzinelli (2005), a expansão do vale do Rio Negro foi controlada por falhas E-W (transcorrentes dextrais) e NE-SW (inversas) que durante o Quaternário, geraram o espaço de acomodação e um ambiente de baixa energia permitindo a deposição de sedimentos finos. Almeida (2005) sugere que o traçado atual do Rio Negro em seu baixo curso resulta de uma mega captura fluvial relacionada à neotectônica atuante.

Existem controvérsias quanto ao ambiente e processos de sedimentação do Arquipélago de Anavilhanas. Tricart (1977) sugere um modelo de delta para seu desenvolvimento, em função da transgressão *Flandriana* do nível do mar no Holoceno Médio. Leenheer & Santos (1980), sugerem que a sedimentação na Bacia de Anavilhanas está relacionada com a floculação de partículas de argila transportadas pelo Rio Branco. Entretanto, Filoso e Williams (2000) por meio de dados hidrogeoquímico e observações em campo reportam que não há evidências de floculação neste rio, sendo que os processos sedimentares foram atuantes no desenvolvimento das ilhas. Sioli (1991) sugeriu que as ilhas foram formadas em função do aporte de sedimentos do Rio Branco na Bacia do Rio Negro. Franzinelli (2003) reporta idades inferiores a 3.500 anos AP para a formação das ilhas dos arquipélagos de Mariauá e Anavilhanas, no Rio Negro. Neste contexto, o Rio Negro apresentava elevada carga de sedimentos finos em suspensão e suficientes para construir o Arquipélago de Anavilhanas.

Portanto, visando corroborar acerca do ambiente e processos de sedimentação das unidades sedimentares que constituem o Arquipélago de Anavilhanas, este estudo realizou trabalho de mapeamento geológico, associado à análises sedimentológicas, estratigráficas e geocronológicas visando a reconstituição paleoambiental do arquipélago, desde sua formação (acerca de 200.000 anos AP.) até o presente.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Esta dissertação de mestrado teve como meta principal a caracterização morfológica, sedimentológica e estratigráfica dos depósitos sedimentares quaternários do Arquipélago de Anavilhanas, na região do Baixo Rio Negro, a noroeste de Manaus.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para obtenção desta meta, foram executados os seguintes objetivos específicos:

- a) Caracterização sedimentológica dos depósitos sedimentares quaternários a partir de descrições de afloramentos, confecção de fotomosaicos e seções colunares, análises granulométricas e análises de fácies;
- b) Análise textural e química dos depósitos sedimentares quaternários e níveis de paleossolos encontrados;
- c) Estabelecimento de correlação espaço-temporal dos depósitos sedimentares quaternários estudados, com base em dados de datação por luminescência de cristais e radiocarbono;
- d) A proposição de um modelo deposicional atual para o Arquipélago de Anavilhanas por meio da integração de dados morfológicos, sedimentológicos, estratigráficos, faciológicos e geocronológicos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos neste estudo foram realizadas as seguintes etapas:

2.1 ANÁLISES CARTOGRÁFICAS E BITEMPORAL DE PRODUTOS DE SENSORES REMOTOS

2.1.1 ANÁLISE CARTOGRÁFICA

Nesta etapa foram levantadas bases cartográficas, topográficas e mapas geológicos da região que serviram de referência para construção do mapa geológico deste trabalho. As informações obtidas foram integradas digitalmente através dos *softwares* ArcGis 9.3, Global Mapper 12 e CorelDRAW 5 que permitiram a compilação e manipulação dos dados gerais para confecção do *layout* final dos mapas e figuras.

2.1.2 ANÁLISE DE PRODUTOS DE SENSORES REMOTOS

A análise de Produtos de Sensores Remotos é uma ferramenta extremamente importante em estudos geológicos na região amazônica, pois possibilita uma visão geral de grandes áreas, e fornece informações fundamentais para inferir lineamentos estruturais e limite de terraços fluviais, além de auxiliar na caracterização geomorfológica de planícies aluviais (Tricart 1977, Latrubesse & Franzinelli 2002, Roso 2005 e Soares *et al.* 2010, Passos *et al.* 2013, Mertes *et al.* 1996). Além disso, a análise multitemporal de produtos de sensores remotos vem sendo utilizadas na Amazônia para definir o padrão de estabilidade de sistemas fluviais (Mertes *et al.* 1996, Rozo *et al.* 2005, Passos *et al.* 2013).

Este estudo utilizou imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e Landsat 5/TM, associadas a fotografias aéreas. As imagens SRTM foram acessadas por meio do website www.relevobr.cnpm.embrapa.br e consistem de um Modelo Digital de Elevação-DEM com resolução espacial de aproximadamente 90 metros obtidos através

de um programa de mapeamento do relevo terrestre promovido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) no ano 2000. Os dados obtidos das imagens foram associados às análises estereoscópicas de fotografias aéreas correspondente aos meses de (outubro a novembro de 1978), cedidas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) na elaboração do arcabouço geomorfológico das unidades sedimentares da área de estudo.

As Imagens utilizadas foram Landsat 5 - Sensor TM, do intervalo de 12/11/1991 a 29/11/2009, georreferenciadas, com resolução espacial de 30 metros, e adquiridas no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, www.dgi.inpe.br). Estas imagens auxiliaram no planejamento das atividades de campo, extração de rede de drenagem e, principalmente, na análise bitemporal das ilhas do arquipélago. Neste tipo de análise é relevante que as cotas das águas da região de estudo sejam semelhantes durante os períodos estudados, visando uma resposta mais precisa acerca do padrão de estabilidade dos depósitos sedimentares estudados, conforme sugerido por Passos *et al.* (2013).

2.2 LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO

Foram realizados dois trabalhos de campo no Arquipélago de Anavilhanas nos anos de 2010 e 2012, durante o período de nível baixo dos rios (novembro/dezembro). O primeiro trabalho abrangeu a porção noroeste do arquipélago e, o segundo, a porção sudeste. Os trabalhos de campo visaram o mapeamento geológico e a caracterização sedimentológica e estratigráfica das unidades sedimentares aflorantes na área de estudo.

Durante as atividades em campo foram visitados e descritos 121 pontos, com coleta sistemática de amostras para Datação (LOE e C14), análises granulométricas e químicas (Figura 2, Anexos 1 e 2) . O posicionamento dos pontos estudados e das amostragens em campo foi realizado com o GPS (*Global Positioning System*) modelo Mapcsx 70 Garmim, cujos dados de localização geográfica foram transferidos e integrados ao mapa base da área através do *software* ArcGis 9.3.



Figura 2 - Atividades de campo. (A) Deslocamento fluvial no arquipélago. (B) Visão geral da planície de inundação de uma ilha do arquipélago de Anavilhanas (C e D) Coleta e catalogação das amostras.

2.3 ANÁLISE DE FÁCIES

O conceito de fácies sedimentar refere-se a um corpo sedimentar com características físicas específicas que o distingue de outras unidades sedimentares adjacentes. A análise de fácies tem como objetivo principal a caracterização e individualização das unidades sedimentares procurando estabelecer a forma pela qual as fácies se associam e relacionam-se a um determinado ambiente sedimentar, afim que se possa propor um modelo deposicional (Walker 1992, Reading & Levell 1996). Neste trabalho de pesquisa os alvos selecionados com auxílio de produtos de sensores remotos foram estudados em campo, tendo como base a análise faciológica e de sistemas deposicionais (Walker 1992, Reading & Levell 1996). As fácies foram representadas seguindo o código proposto por Miall (1977), onde a primeira letra maiúscula indica a litologia principal e a segunda letra minúscula, representa a principal estrutura.

A descrição de fácies foi auxiliada por seções panorâmicas e colunares oriundas da descrição dos afloramentos. As seções panorâmicas consistem no registro do afloramento por meio da composição e superposição parcial de fotografias (Wisevic 1991) e as colunares são representações gráficas de uma seqüência e das relações estratigráficas de unidades rochosas, onde as litologias são representadas por símbolos padronizados e a espessura das unidades é representada em escala (Sugiuo 1998).

2.4 ANÁLISE GEOCRONOLÓGICA

Os métodos de datação absoluta por radiocarbono (C-14) e luminescência de cristais (LOE) usam conceitos físicos para obter idade, e têm sido utilizados com sucesso em depósitos quaternários da Amazônia (Latrubesse *et al.* 2002 e 2005, Rossetti *et al.* 2005, Tatumi *et al.* 2008, Soares *et al.* 2010, Ferreira 2013, Gonçalves Junior 2013). Nas últimas décadas o método do C-14 vem sendo usado em pesquisas paleoambientais relacionadas às mudanças dos paleoníveis do mar e paleoclima no Quaternário tardio. A datação por radiocarbono necessita que a amostra contenha restos orgânicos e pode ter o alcance temporal de até 30/50 mil anos Antes do Presente (AP), enquanto que na datação por LOE, a amostra deve ser arenosa (quartzosa), e o método pode atingir cerca de 1 Ma anos AP. Estes métodos têm sido utilizados no estudo de diversos, ambientes sedimentares, como cordões litorâneos, depósitos aluvionares e colúvios (Salun *et al.* 2007, Soares *et al.* 2010).

2.4.1 DATAÇÃO POR LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA (LOE)

Neste estudo, oito amostras arenosas foram datadas por LOE no Laboratório de Vidros e Datação da Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP), sob os cuidados da Dra. Sonia Hatsue Tatumi. Este método de datação baseia-se na interação da radiação ionizante (radiação- γ , partícula- β e partícula- α), com cristal natural que emite luz em resposta a um estímulo óptico com intensidade proporcional à dose de radiação acumulada durante o soterramento (Sallun *et al.* 2007; Tatumi *et al.* 2008; Duller, 2008a).

A Idade (I) da amostra irá depender da dose acumulada (DA) no cristal devida à exposição do mesmo à radiação ionizante, e da taxa (T) de radiação incidente no cristal por ano.

Desta forma a equação da idade pode ser expressa como:

$$I = \frac{DA(Gy)}{T_{\gamma} + T_{\beta} + T_{\alpha} + T_{\text{raiosc\u00f3smi cos}}(Gy / ano)}$$

Onde, a idade (I) da amostra depende da Dose de Radiação Acumula (DA) no cristal, em função da exposição do mesmo a raios ionizantes e a taxa (T) de radiação incidente no cristal por ano (Tatumi *et al.* 2008).

2.4.2 DATAÇÕES POR RADIOCARBONO (C-14)

Foram datadas 5 amostras de lama (argila-siltosa) cinza por radiocarbono (Carbono 14) no Laboratório *Beta Analytic* (Miami, USA). Esta datação é muito utilizada nas áreas de geologia, arqueologia, paleobotânica e paleoclimatologia desde 1960. O método é usado para determinação cronológica de episódios originados até aproximadamente 40.000 a 50.000 anos. Segundo Willard (1960) este método de datação determina a idade de uma amostra utilizando a concentração residual de C14 contida na mesma e transformando este valor em idade.

De acordo com Santos *et al.*(1999) a atmosfera é bombardeada por radiação cósmica, na qual o nitrogênio atmosférico ou nitrogênio 14 (N-14) é quebrado, por reação com nêutrons e convertido em isótopo instável de carbono. Os autores consideram que o processo gerador de C14 na atmosfera através do bombardeio cósmico foi constante no passado e que os organismos vivos assimilam e apresentam a mesma proporção da atmosfera (Figura 3). Segundo Suguio *et al.* (2007) o carbono C14 contido na atmosfera é transferido para a biosfera e quando essa transferência cessa, por exemplo, pela morte de ser vivo (animal ou vegetal) a concentração do radiocarbono na matéria orgânica residual começa a declinar, possibilitando a datação de restos orgânicos, tais como madeira, concha e ossos.

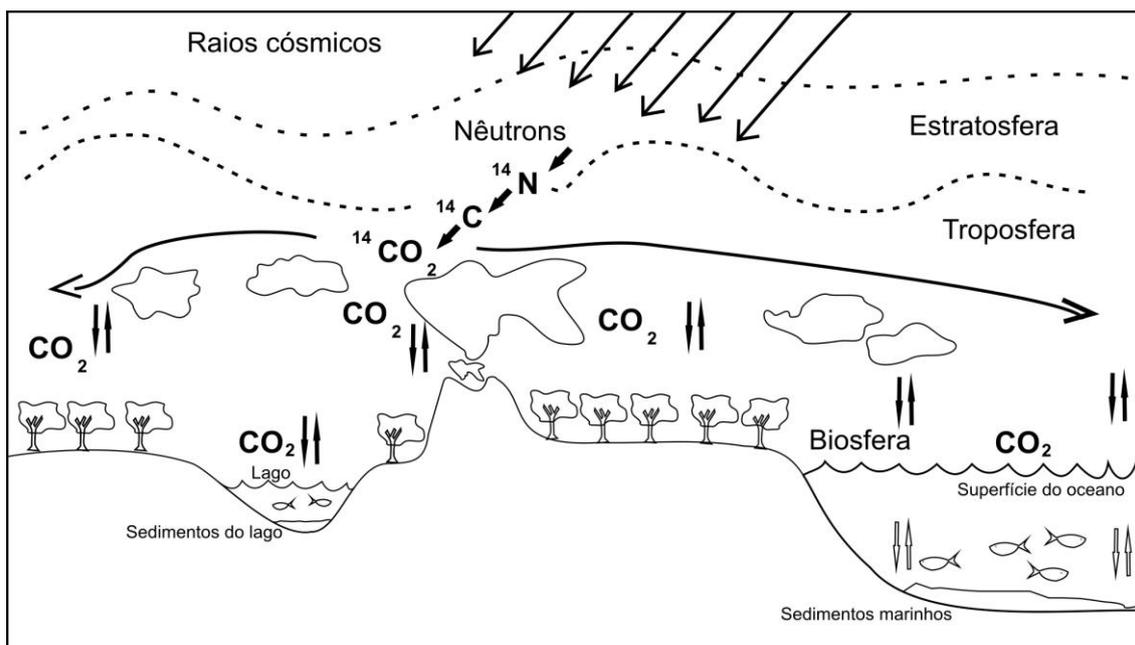


Figura 3 - Diagrama esquemático da distribuição de C-14 na superfície terrestre. Modificado de Santos *et.al.* (1999).

Segundo Santos *et al.* (1999), este método exige um pré tratamento das amostras em laboratório, que consiste no ataque da amostra por uma solução de ácido clorídrico (HCL) ou ácido nítrico (HNO₃) em concentração de 10%, visando á remoção de carbonatos e a quebra de compostos orgânicos, para que posteriormente adicione-se ao processo o tratamento por hidróxido de sódio (NaOH) para separação dos ácidos húmicos e fúlvicos da amostra. Na etapa seguinte, segue o procedimento por combustão de aproximadamente 0,5 mg da amostra , selada em um tubo de sílica em forno de alta temperatura (850° C) para obtenção do dióxido de carbono (CO₂). Na fase final, a preparação da amostra exige um processo de grafitização através de duas reações químicas de redução do CO₂, obtido anteriormente, para monóxido de carbono (CO) e carbono (C) propriamente dito, com auxílio de um catalisador de Fe (Figura 4).

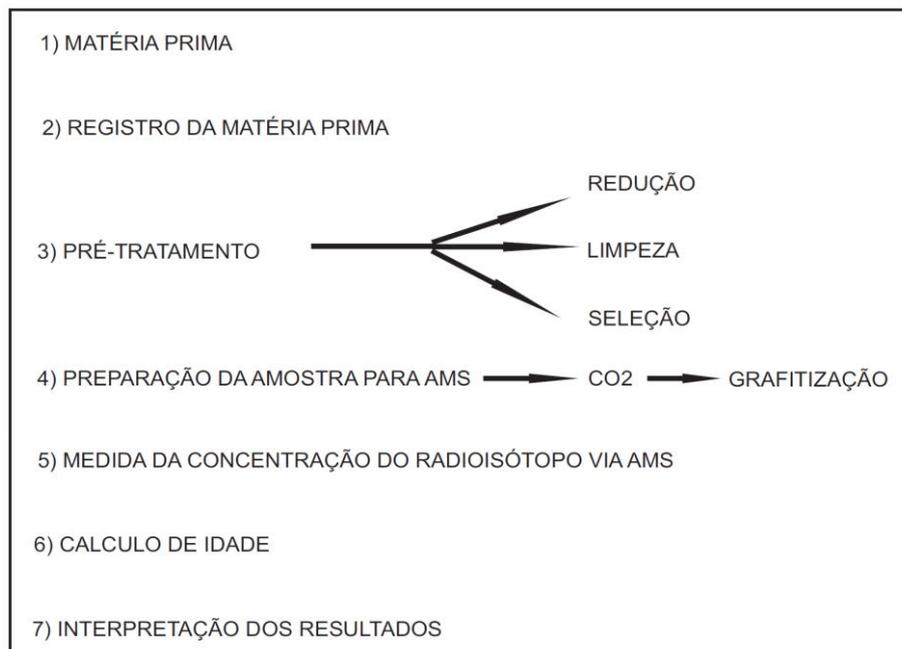


Figura 4 - Diagrama com a descrição das etapas envolvidas na análise de radiocarbono por espectrometria de massas com aceleração de partículas (Modificado de Santos et al. 1999). 1) Coleta do material. 2) Inserção do material no banco de dados. 3) Ataque por ácidos e bases para a retirada de material indesejado. 4) Fase de combustão do material para obtenção de dióxido de carbono e posterior grafitação por redução química para obtenção de molécula de carbono-C. As etapas 5) e 6) consistem na medida da razão isotópica $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ e cálculo da idade, respectivamente. 7) Interpretação dos resultados.

2.5 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Para realização das análises granulométricas foram coletadas 40 amostras arenosas dos depósitos aluviais do Arquipélago de Anavilhanas. A análise granulométrica consiste na determinação do tamanho das partículas. Segundo Suguio (2003) existem pelo menos quatro razões importantes para o emprego dos estudos granulométricos em depósitos sedimentares: a) A granulometria fornece as bases para identificar dos sedimentos; b) a distribuição granulométrica pode ser característica de sedimentos de determinados ambientes deposicionais; c) o estudo detalhado da granulometria pode fornecer informações acerca dos processos hidrodinâmicos atuantes durante a deposição; d) a relação existente entre distribuição granulométrica e propriedades como porosidade e permeabilidade.

Para a obtenção das características texturais das amostras coletadas neste estudo foram utilizados dois métodos de análises granulométricas para as areias e lamas (silte e argila). Para os sedimentos arenosos utilizou-se o método descrito por Suguio (1973), obtendo a distribuição granulométrica das partículas na escala Wentworth (1929) utilizando peneiras (0,062 mm a 2,00 mm) e agitador mecânico do laboratório de sedimentologia do DEGEO-UFAM. Os sedimentos finos (constituídos predominantemente por silte e argila) foram analisados no granulômetro a *laser Malvern Instruments*, modelo *Mastersizer 2000* com acessório *Hydro 2000MU* do Laboratório de Sedimentometria do Serviço geológico do Brasil (CPRM). A análise granulométrica por difração de *laser* utiliza o método de dispersão de partículas em fase líquida associado com um processo de medida óptica através de difração de laser. Neste método, 200 g de amostras foram secas ao ar, desagregadas mecanicamente, quarteadas, homogeneizadas e separadas 20 g. Essa amostras (20 g) foram desagregadas quimicamente em solução NaOH + H₂O, homogeneizadas e peneiradas para retenção dos sedimentos grosseiros (frações maiores que 0,63 mm) e obtenção das frações silte e argila. O material retido nas peneiras foi seco na estufa e pesado em balança de precisão para a determinação das diferentes proporções de cascalho e areia contido nas amostras. A porção fina foi colocada em becker para que fossem efetuadas as leituras no granulômetro a laser (Figura 5).

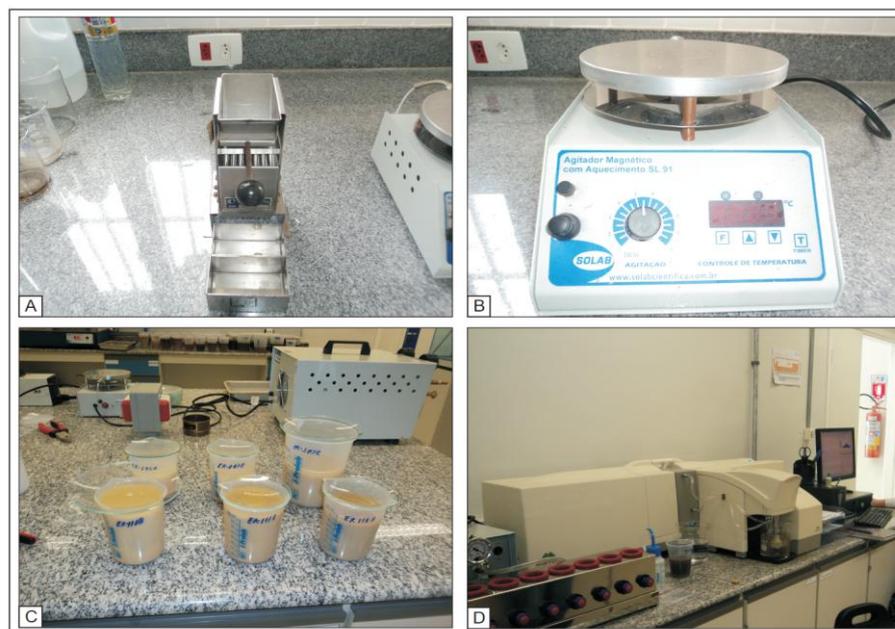


Figura 5 - Análise granulométrica a Laser do Laboratório de Sedimentometria da CPRM. A) Quarteador de amostra. B) Balança de precisão. C) Amostras preparadas com descoagulante. D) Granulômetro a *laser Malvern Instruments*, modelo *Mastersizer 2000* com acessório *Hydro 2000MU*.

Para a interpretação dos dados granulométricos e estatísticos, utilizou-se o *Software Sysgran 3.0*, que representou a distribuição das classes texturais dos sedimentos em histogramas, curvas de frequências acumuladas e em tabelas seguindo a metodologia de Camargo (2006).

2.6 ANÁLISE QUÍMICA

A Análise por Ativação de Nêutrons (AAN) foi efetuada em 25 amostras lamosas. Segundo Greenberg *et. al* (1984) esta análise consiste de técnica analítica para determinação de composição química com boa precisão e exatidão para determinação multielementar qualitativa e quantitativa dos elementos principais, menores e traços. Esta técnica baseia-se nas propriedades dos núcleos atômicos, no qual a irradiação de nêutrons incidente induz a radioatividade artificial do núcleo que interage com o núcleo do elemento alvo, onde uma pequena fração do núcleo de cada um dos elementos constituintes da amostra será transformada em isótopos radioativos instáveis, que decaem com uma meia vida característica. Durante o decaimento, esses isótopos emitem raios gama com uma energia que é característica para cada elemento. A medida desses raios gama permite a determinação qualitativa e quantitativa dos elementos principais, menores e traços na amostra.

As análises foram realizadas no Laboratório de IPEN-CNEN-SP (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Comissão Nacional de Energia Nuclear da Universidade de São Paulo) em cooperação com o Dr. Casimiro Munita. Este tipo de análise foi usado para auxiliar na determinação da área fonte de sedimentos fluviais na Amazônia Central de acordo com a referência Soares (2008) e Gonçalves Junior (2013).

3 GEOLOGIA REGIONAL

3.1 GENERALIDADES

A Bacia Sedimentar do Amazonas localizada ao norte do Brasil constitui uma unidade sedimentar intracratônica com área aproximada de 500.000 km² (Cunha *et al.* 2007), forma alongada no sentido WSW-ENE com eixo deposicional em forma de *dog leg* marcado pelo curso atual do Rio Amazonas (Caputo 2009). É delimitada ao norte pelo Escudo das Guianas e ao sul pelo Escudo Brasil Central. A leste a bacia é limitada pelo Arco do Gurupá, que a separa a Bacia Sedimentar do Marajó, e a oeste pelo Arco de Purus separando-a da Bacia Sedimentar do Solimões (CPRM 2006) (Figura 6).

Segundo Cunha *et al.* (2007) a Bacia do Amazonas iniciou sua evolução no proterozóico a partir da implantação de um *rift* que evoluiu para uma sinéclise intracontinental sob o regime de subsidência térmica de escala regional. De acordo com o autor o arcabouço estratigráfico da bacia apresenta duas megassequências de primeira ordem, que totalizam cerca de 5.000 metros de espessura, sendo uma paleozóica e outra mesozoico-cenozoica (Figura 7).

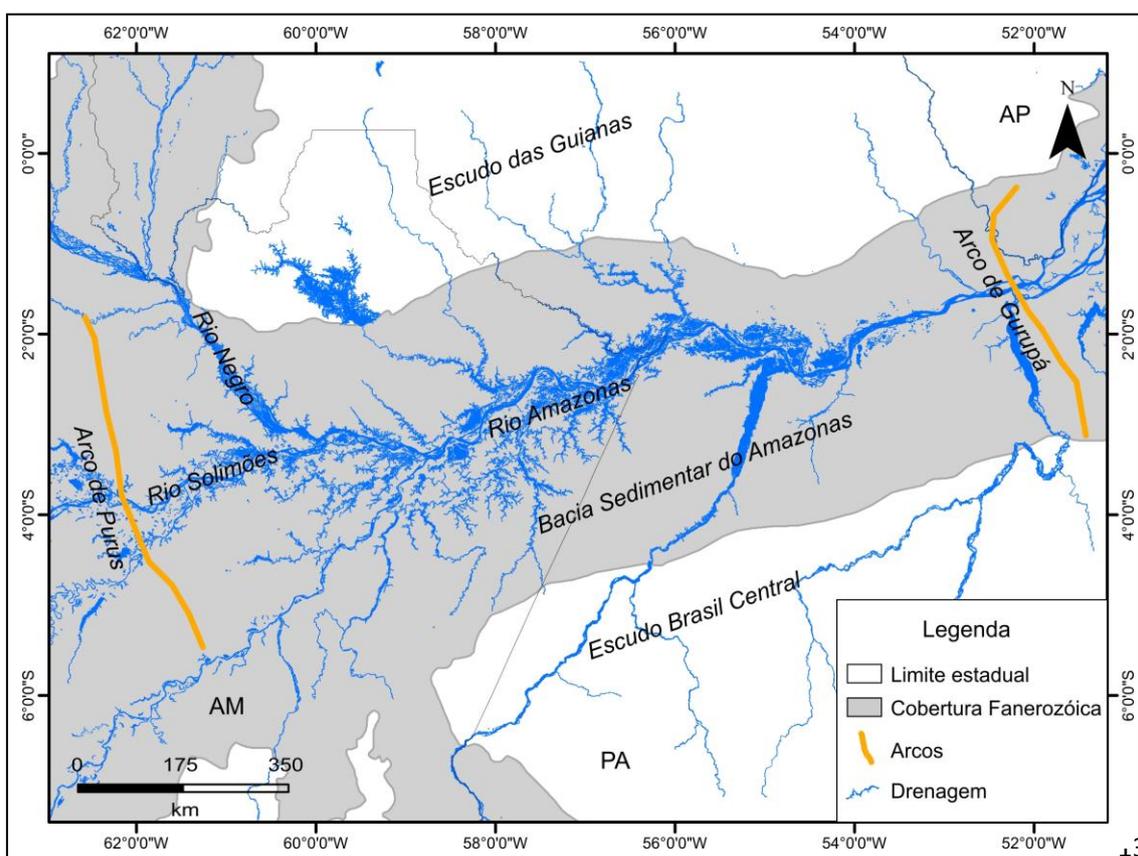


Figura 6 - Mapa de localização da Bacia Sedimentar do Amazonas. Modificado CPRM (2010).

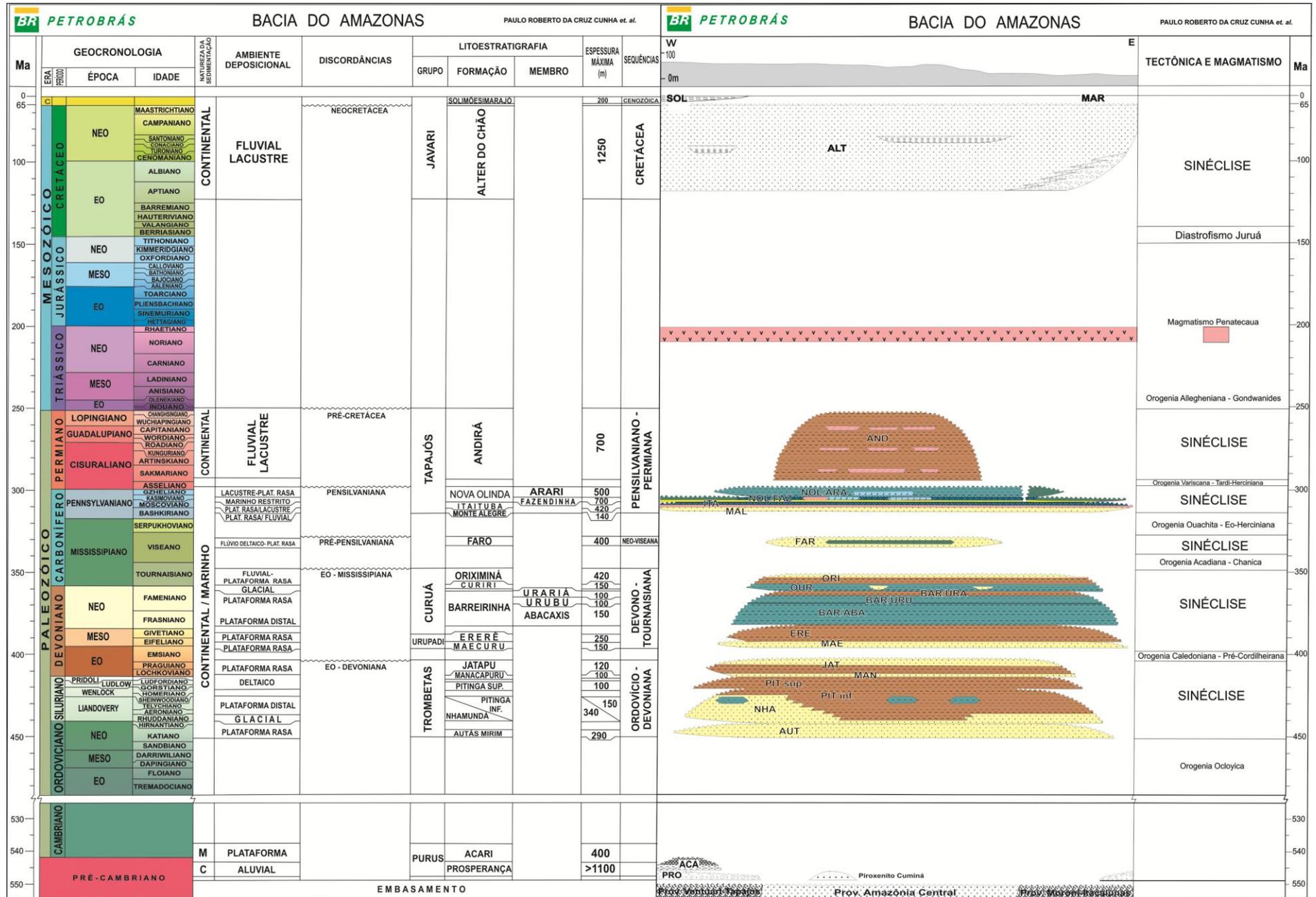


Figura 7 - Carta estratigráfica da Bacia do Amazonas (Fonte: Cunha et al. 2007).

3.2 CONTEXTO GEOLÓGICO DA REGIÃO DO BAIXO RIO NEGRO

Mapeamentos geológicos realizados na Amazônia Central (RADAMBRASIL 1978, Silva 2005, CPRM 2006 e 2010, Soares *et al.* 2010a, Barbosa & Nogueira 2011) indicam que na região do Baixo Rio Negro, incluindo o Arquipélago de Anavilhanas, ocorre ao norte, faixa sedimentar paleozóica representada pelo Grupo Trombetas (Formação Nhamundá) e ao sul, rochas das formações Alter do Chão (Cretáceo) e/ou Novo Remanso (Neógeno), além de depósitos aluvionares quaternários ao longo das calhas e áreas marginais dos rios da região (Figura 8).

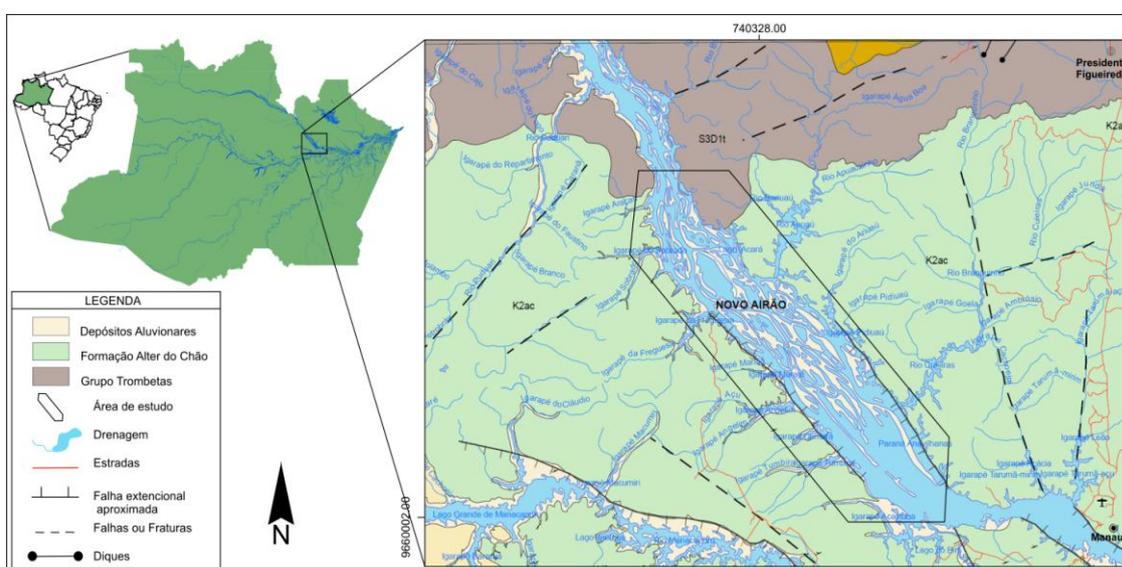


Figura 8 - Mapa Geológico ilustrando a disposição geográfica das principais unidades sedimentares da região do Baixo Rio Negro. Modificado de CPRM (2010).

3.3 GRUPO TROMBETAS (FORMAÇÃO NHAMUNDÁ)

O Grupo Trombetas corresponde a sequência Ordovício-Devoniana da Bacia do Amazonas, sendo constituído por rochas sedimentares de origem marinhas e glaciais, representadas pelas formações Autás Mirim (arenitos e folhelhos neríticos), Nhamundá (arenitos neríticos e depósitos glaciogênicos), Pitinga (folhelhos marinhos), Manacapuru (arenitos e pelitos neríticos e litorâneos) e Jatapu (arenitos e siltitos marinhos parálicos) (Cunha *et al.* 2007). Entretanto, o estudo de Soares *et al.* (2005) na região e Presidente Figueiredo, a leste do Arquipélago de Anavilhanas, consideram que

a faixa paleozóica do Grupo Trombetas é representada principalmente pela Formação Nhamundá, a qual será encontrada na porção norte do arquipélago.

A Formação Nhamundá (Lange 1967) ocorre como faixa alongada na direção NE-SW ao norte do Arquipélago de Anavilhanas e se estende em grande parte da borda norte da Bacia do Amazonas (Figura – 8). Sua seção tipo foi descrita no Rio Nhamundá, limite entre os estados do Amazonas e Pará. Esta unidade sedimentar pertence ao Grupo Trombetas e representa a parte inferior da sequência transgressiva-regressiva neo-orдовiciana a eo-devoniana da Bacia do Amazonas (Soares *et al.* 2005). Na região de Presidente Figueiredo, a leste de Anavilhanas, esses autores descreveram nesta formação dois conjuntos de fácies distintas: não deformadas e deformadas. As primeiras, características de ambientes de *Foreshore* e *Shoreface* são constituídas de: a) arenitos médios a grossos com estratificação plano paralela, b) arenitos finos a médios, com estratificação cruzada tabular, estratificação plano paralela e acamamento maciço com feições de bioturbação (*Skolithos* e *Artrophyucus alleghaniensis*), c) Arenito fino com estratificação *hummocky* e laminação plano paralela, intercalado com pelitos laminados. As fácies deformadas são constituídas de arenitos e diamictitos, com planos de foliação, cavalgamento e deslocamento, característicos de ambientes subglacial e proglacial.

3.4 FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO

A Formação Alter do Chão foi definida por Kistle (1954) e pertence ao Grupo Javari (Cunha *et al.* 2007). Esta formação é constituída principalmente por arenitos feldspáticos/cauliníticos, quartzo-arenitos e conglomerados com estratificações cruzadas, acanaladas e tabulares, que foram interpretadas como depósitos de canais fluviais com fácies subordinadas de siltitos, folhelhos e argilitos relacionados a ambiente lacustre (Caputo 1984, Vieira 1999, Nogueira *et al.* 1999, Cunha *et al.* 2007, Paz & Cunha 2009). Na BR-174, entre Manaus e Presidente Figueiredo, Souza (1974) descreve em afloramentos desta formação, espessas camadas de material areno-argiloso com estratificação cruzada, as quais foram associadas a um paleoambiente deposicional fluvial. Nesta formação ocorrem fácies de arenito silicificado, denominado de “Arenito Manaus” por Albuquerque (1922). Em estudo recente, Rossetti & Netto (2006),

embasados em análises faciológicas e principalmente icnológicas de afloramentos da região do Careiro da Várzea ao sul de Manaus, descreveram fácies marinhas (*shoreface* e *foreshore*) para os depósitos desta formação.

Daemon & Contreiras (1971), por meio de dados palinológicos, atribuíram idades que variam do Meso-Albiano ao Cenomaniano Inferior para a porção basal da unidade e do Cenomaniano Superior ao Turoniano para a porção superior. Entretanto Dino *et al.* (2000) reconheceram duas sequências distintas para Formação Alter do Chão: a sequência 1 (inferior), caracterizada por influxo de terrígenos associados a ciclos de um paleossistema fluvial meandrante que evoluem para anastomosados com retrabalhamento eólico, onde foram atribuída as idades palinológicas correspondentes ao Alagoas (Aptiano) Superior - Albiano. Enquanto, para a sequência 2 (superior), composta de ciclos progradacionais flúvio-deltáicos-lacustre, corresponde ao Cenomaniano Superior. Entretanto, Caputo (2009) por meio de interpretações de seções sísmicas, dados litológicos de poços realizados pela Petrobrás, além de dados palinológico obtidos por Daemon & Contreiras (1971), Daemon (1975) e Dino *et al.* (1999, 2000) propõe uma nova unidade geológica denominada (Formação Jazida da Fazendinha), relacionada à porção basal da Formação Alter do Chão, enquanto à sequência siliciclásticas superior, pobremente fóssilífera e de idade paleocena-miocena permaneceria como Formação Alter do Chão.

3.5 FORMAÇÃO NOVO REMANSO

Estudos recentes (Rozo 2004, Rozo *et al.* 2005, Nogueira *et al.* 2006, Soares 2007, Abinader 2008, Andrade & Soares 2009, Dino *et al.* 2006, 2012) nas proximidades de Manaus propõem o termo “Formação Novo Remanso” aos depósitos siliciclásticos sobrepostos discordantemente de forma irregular às rochas cretáceas da Formação Alter do Chão, abrindo uma nova perspectiva para interpretações paleogeográficas e paleoambientais para a Bacia do Amazonas.

De acordo com Rozo *et al.* (2005) esta unidade possui espessura na ordem de 10m, sendo constituída principalmente por camadas de arenitos ferruginosos grossos e

arenitos finos a médios, moderadamente selecionados, com estratificação cruzada tabular, organizada em ciclos granodecrescentes ascendentes capeados por argilitos maciços, laminados e mosqueados. Esta sucessão é interpretada como depósitos arenosos de canal e sedimentos de planície de inundação ou de canal abandonado, relacionados a sistema fluvial meandrante (Rozo *et al.* 2005).

Estudos palinoestratigráficos e análises de fácies em depósitos sedimentares a sudoeste de Manaus realizados por Dino *et al.* (2012), identificaram e subdividiram a Formação Novo Remanso em duas porções (inferior e superior), limitadas no topo e na base por superfícies de discontinuidades (crostas lateríticas). Estes autores descrevem a predominância de fácies arenosas, com fácies pelítica e conglomeráticas subordinadas, constituindo barras em pontal e planície aluvial relacionadas a um paleossistema fluvial meandrante. A presença na palinoflora da espécie *Grimsdalea Magnaclavata* é indicativa de idade Mioceno Médio a Superior para esta unidade. De forma complementar na definição desta unidade na Amazônia Central, dados litológicos e geofísicos de furos de sondagens nas regiões de Manaus e Itacoatiara realizados por Andrade & Soares (2009), definem extensa cobertura sedimentar miocena (Formação Novo Remanso) nesta região, sobreposta discordantemente a unidade cretácea.

3.6 DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS DO RIO NEGRO

Estudos geológicos e/ou geomorfológicos relacionados a sedimentação quaternária do Rio Negro ainda são escassos e os trabalhos disponíveis mostram diferenças na nomenclatura litoestratigráfica atribuída as unidades, bem como nos limites propostos. O detalhamento geológico e/ou geomorfológico iniciou com a implantação do Projeto RADAMBRASIL (1978), sendo posteriormente complementado com os trabalhos de Bezerra (2003), Latrubesse & Franzinelli (2005), Soares *et al.* (2010) e Alves (2013), entre outros.

Na região do médio e baixo curso do Rio Negro o projeto RADAMBRASIL (1978) descreve áreas anastomosadas constituídas de centenas de ilhas emaranhadas que dividem o fluxo do rio em vários canais e se unem em outro ponto configurando os

Arquipélagos de Mariuá e Anavilhanas. De acordo com o Projeto RADAMBRASIL (1978) a sedimentação dos arquipélagos ocorreu nos vales retilíneos e afogados do médio e baixo curso do Rio Negro como depósitos lineares fluviais. A colmatagem iniciou-se num ponto comum e abriu-se em dois diques marginais que se juntaram a jusante, deixando em seu interior um lago onde ocorre a colmatagem por decantação. Desta forma os diques passam a funcionar como ilhas. Durante implantação dos arquipélagos predominava um clima seco com drenagem arreica seguida de uma fase de clima úmido que, aliada a cobertura vegetal rarefeita, provocou sua dissecação da área fonte e através da instalação da drenagem os sedimentos removidos pelos processos erosivos foram transportados e depositados durante o holoceno médio efetivando-se assim, a construção das ilhas (RADAMBRASIL 1978).

Bezerra (2003) estudou com mais detalhe os terraços fluviais pleistocênicos e Holocênicos do trecho médio deste rio, os quais ocorrem sobrepostos aos depósitos sedimentares das formações Solimões e Içá. O autor destaca os depósitos quaternários da região do Arquipélago de Mariuá, que abrangem praticamente médio Rio Negro. Estes depósitos formam um complexo sistema de sedimentação aluvial incluindo depósitos sedimentares quaternários compostos por areias, siltes e argilas inconsolidadas, correspondente a aluviões fluviais de planície de inundação e barras longitudinais (Qha), depósitos de barras em pontal (QHbp), depósitos de transbordamentos (QHat), depósitos fluvio-lacustre (QHfl) e aluviões fluviais relacionados a depósitos de transbordamento (QHat), os quais foram posicionados no Holoceno (Tabela 1).

Na região de confluência dos Rios Negros e Solimões, Soares *et al.* (2010) individualizam por meio de análises litoestratigráficas, morfológicas, de fácies sedimentares e dados de datação (luminescência de cristais e radiocarbono) unidades de terraços fluviais associados a esses rios e também três depressões tectônicas que ocorrem nesta região, denominadas informalmente de GPA, GCP e GCC (Figura 9). Essas depressões estão localizadas no trecho do baixo curso do Rio Negro e são preenchidas principalmente por lamas (siltes e argilas) com pouca areia, com idades entre 9.000 e 65.000 anos AP. Os registros sedimentares das depressões marcam as fases de desenvolvimento do Rio Negro no Pleistoceno e Holoceno.

Tabela 1 - Quadro Morfoestratigráfico cenozóico do médio e baixo Rio Negro. Fonte: Bezerra (2003)

PERÍODO	ÉPOCA	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	LITOLOGIA
TERCIÁRIO - QUATERNÁRIO	HOLOCENO	Aluviões Fluviais Depósitos de Planície de Inundação e Barras Longitudinais QHa Depósitos de Barras em Pontal QHbp QHAt Depósitos de Transbordamento Depósitos fluviolacustres QHfl	QHa - areias, siltes e argilas inconsolidadas QHbp - areias, siltes e argilas. QHAt - siltes e argilas QHfl - argilas cinzentas por vezes amareladas devido à oxidação
		Coberturas Arenosas Interfluviais	QHai - Areias quartzosas essencialmente brancas, localmente amareladas, inconsolidadas, granulometria fina a grossa, mal arredondadas.
		Aluviões em Terraços Holocênicos	QHt - Areias, siltes, argilas e cascalhos, geralmente inconsolidados, esbranquiçados, amarelados ou acinzentados, às vezes com impregnações ferruginosas.
	NEO-PLEISTOCENO	Terraços Pleistocênicos	QPt - Argilas, siltes e areias de coloração avermelhada, depositados em terraços fluviais antigos. Intercalações lenticulares de argilitos e conglomerados.
PLIOCENO-PLEISTOCENO	Formação Içá	TQi - Arenitos com intercalações de siltitos e argilitos, avermelhados, amarelados, rosados e creme-esbranquiçados a cinzentos, com granulometria muito fina a grosseira, com níveis conglomeráticos, por vezes mostrando grandecrescência ascendente, e estratificação planar e sigmoidal. Inclui-se a Cobertura Sedimentar do Rio Branco-Rio Negro (TQtrn) com uma sucessão inferior e não basal, com predomínio de rochas areníticas oxidadas, sobrepostas por espesso pacote argiloso e siltico-argiloso.	
TERCIÁRIO	PLIOCENO-MIOCENO	Formação Solimões	Unidade não aflorante, recoberta pela Formação Içá.

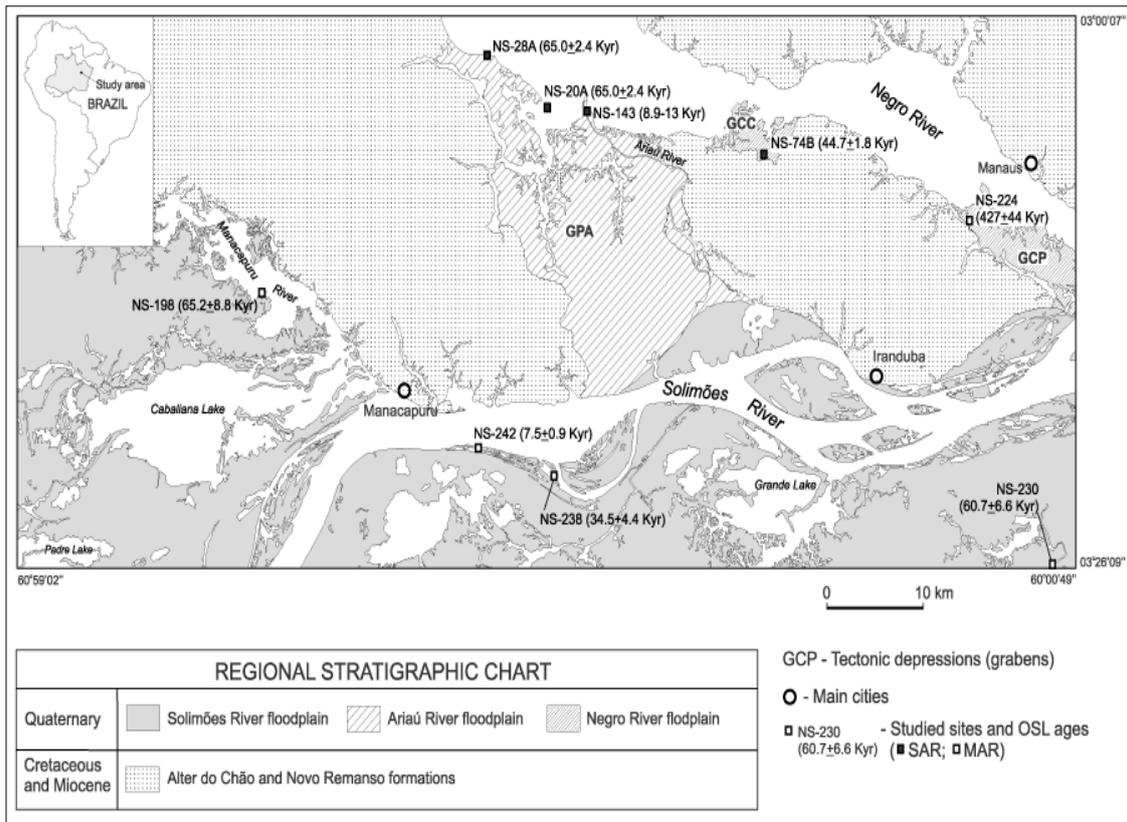


Figura 9 - Mapa geológico proposto por Soares *et al* 2010 ilustrando os depósitos sedimentares pleistoceno associados as depressões tectônicas (GPA, GCC e GCP) da região de confluência dos Rios Negro e Solimões.

Latrubesse & Franzinelli (2005) subdividiram o rio Negro em seis unidades Geomorfológicas (trechos de I a VI), de acordo com critérios estruturais e geomorfológicos (Figura 10). O Arquipélago de Anavilhanas localiza-se no trecho V constituído por centenas de ilhas que são completamente inundadas durante a época de cheia do rio, sendo que durante a estação de seca algumas ilhas exibem margens íngremes com até 7 m de altura. A área total do arquipélago foi dividida em três partes, na qual 40,6% é representada por ilhas, 33,5% por canais e lagos, e 25,9% é denominada de “águas mortas”. Os autores denominaram informalmente a morfologia singular das ilhas de “fantasmagórica” formadas por estreitos diques marginais semi-circulares que se estendem rio abaixo. As ilhas foram subdivididas em dois grupos: a montante do arquipélago ocorrem as ilhas menores e compactas com grandes lagos arredondados e, a jusante, as ilhas largas, “fantasmagórica” com caudas longas, frequentemente abertas, onde se alojam as áreas de “águas mortas”. As ilhas são constituídas de lama (siltes e argilas) que definem o acamamento maciço ou finas estratificações horizontais com feições de bioturbação.

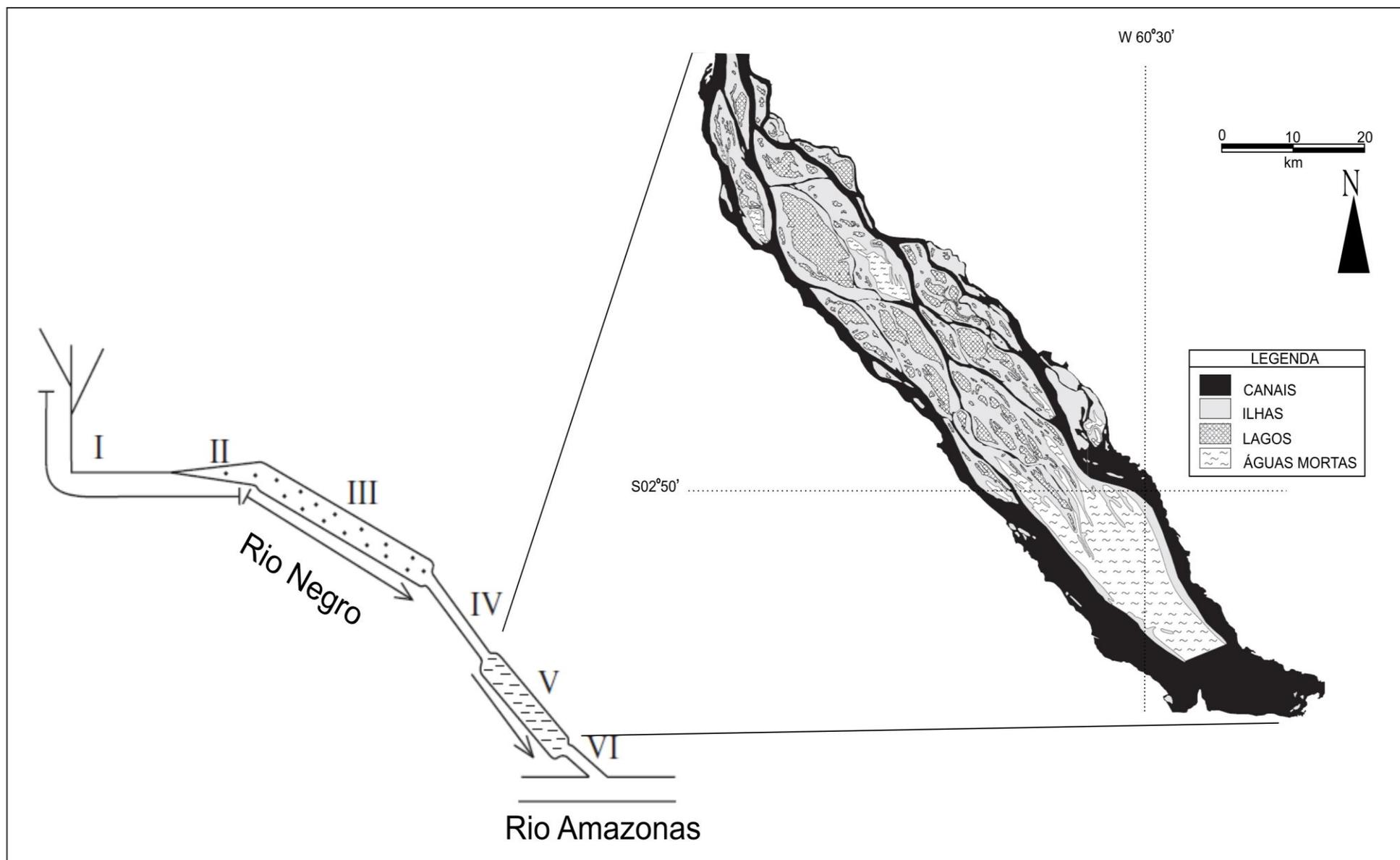


Figura 10 - Mapa com as geomorfológicas proposto por Latrubesse & Franzinelli (2005).

Alves (2013) individualiza seis unidades geomorfológicas (diques longitudinais, lagos em zonas marginais, lagos em zonas centrais, canal principal, paranás e furos), na área do arquipélago conforme ilustrado na Figura 11. A autora destaca no Baixo curso do Rio Negro seu canal principal encaixado em lineamento de direção geral NW-SE e seu padrão anastomosado subdividindo o canal principal em dois canais principais laterais, paranás e furos que contornam as 400 Ilhas fluviais que constituem Arquipélago de Anavilhanas. A autora descreve uma planície de inundação caracterizada por processos de acreção vertical com alta estabilidade das ilhas e balanço erosivo pouco efetivo. De acordo com Alves (2013) ilhas são constituídas predominantemente por lama arenosa com pequenas variações na proporção de seus constituintes (areia, silte e argila) (Figura 12 A e B).

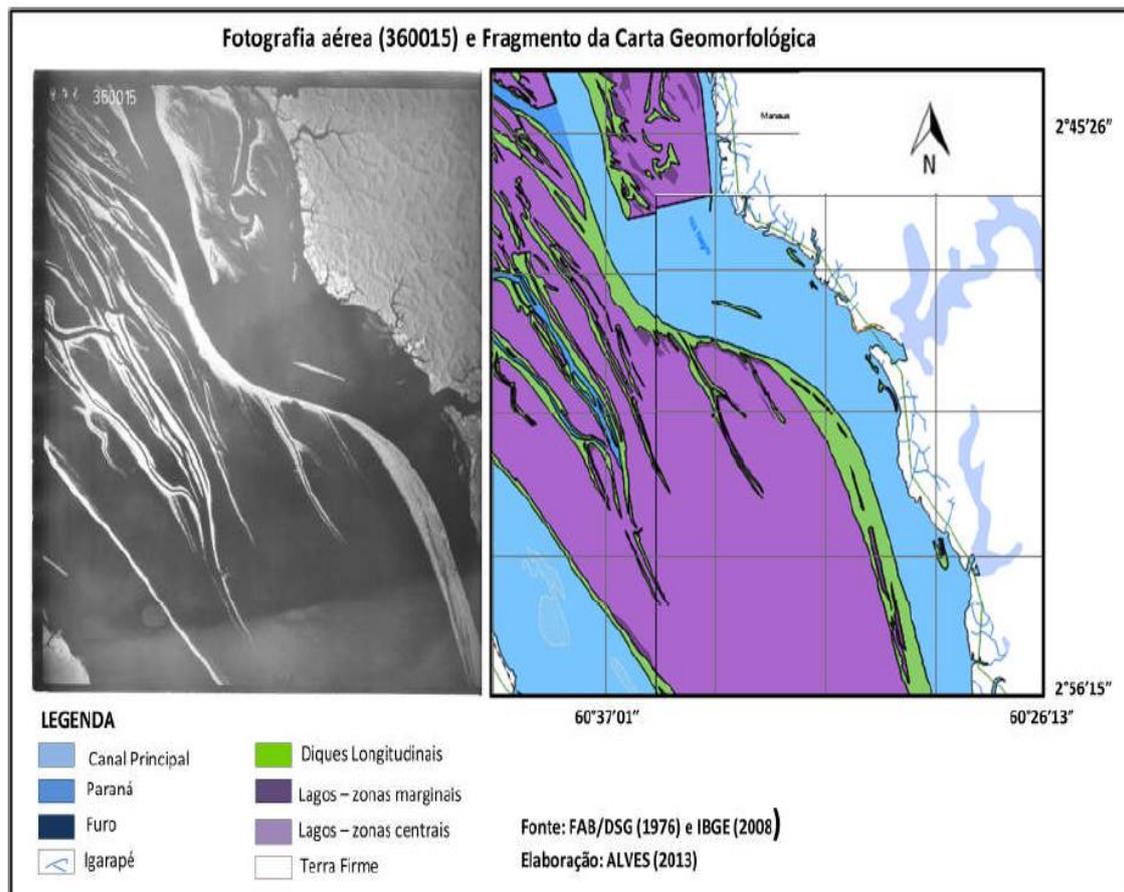


Figura 11 - Fotografia aérea e parte do mapa proposto por Alves (2013), destacando as unidades geomorfológicas da porção sul do Arquipélago de Anavilhanas (Modificado de Alves 2013).

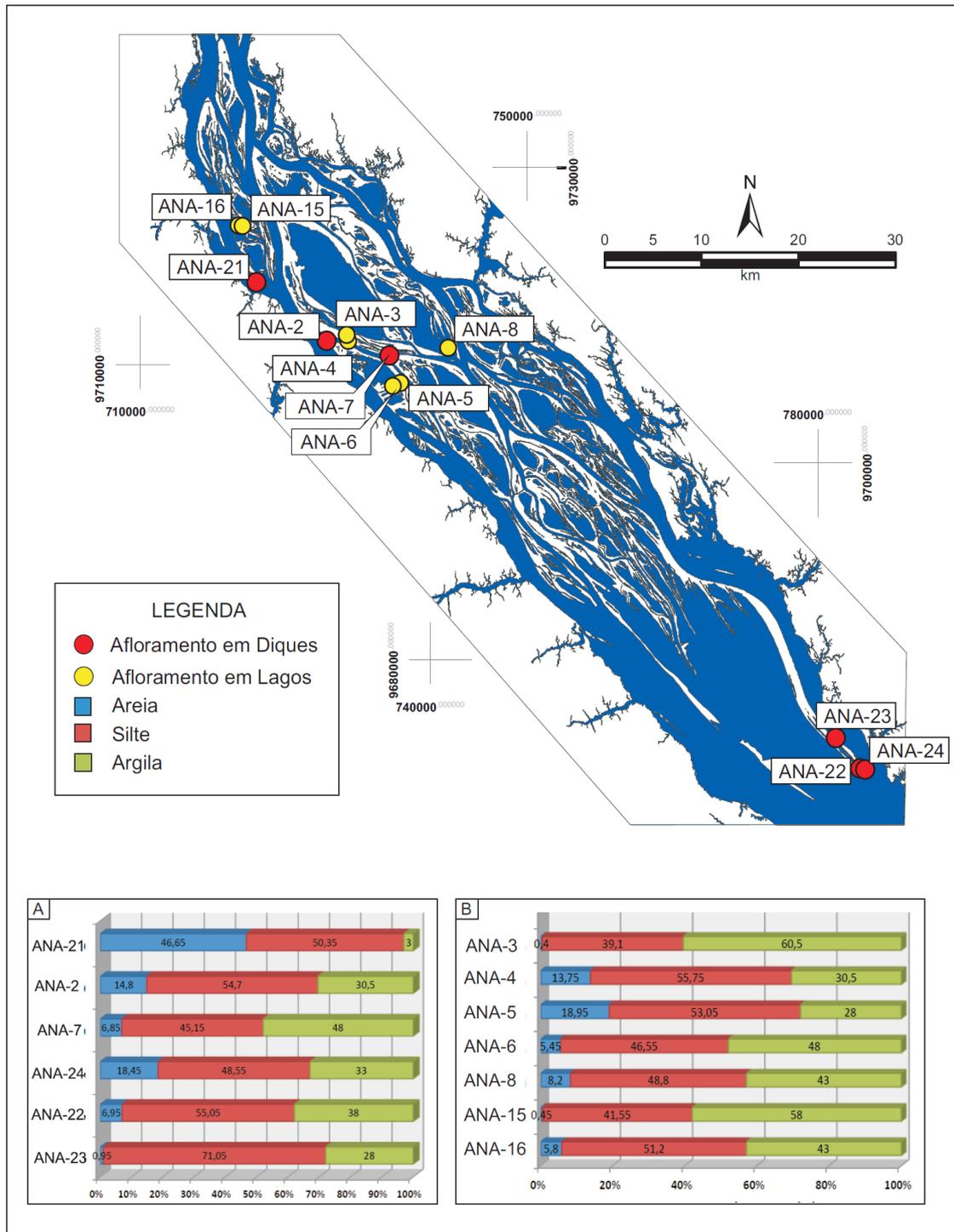


Figura 12 – Mapa de localização das amostras de sedimentos e suas respectivas composições granulométricas de acordo Alves (2013).

3.7 CONTEXTO TECTÔNICO DA REGIÃO DO BAIXO RIO NEGRO

O Cráton Amazônico é um segmento crustal constituído por inúmeras discontinuidades de naturezas diversas que por meio de importantes reativações geradas pela interação das placas Sul-Americana, Nazca e Caribenha vem sendo remodelado (Costa *et.al* 2008). Dois pulsos de movimentações do Sistema Transcorrente Amazônico são reconhecidos, no Mioceno/Plioceno e no Pleistoceno Superior/Recente que são relacionados a deslocamentos ao longo de feixes de falhas, geração de depósitos sedimentares e controle de padrão de drenagem e sistemas de relevos (Fernandes Filho *et al.* 1995, Bezerra 2003).

Estudos diversos (Sternberg 1950, Tricart 1977, Costa *et al.* 1978 RADAMBRASIL 1978, Silva 2005, Silva *et al.* 2007, Soares 2008, Almeida 2005, Franzinelli e Igreja 1990 e 2002, Bezerra, 2003) ressaltam o controle estrutural das calhas dos rios amazônicos. Este controle estrutural é nítido no paralelismo dos rio Negro, Preto da Eva, Urubu, Uatumã por falha de direção geral NW-SE e características como as margens escarpadas. retilineidade por cerca de 100 km observados no Baixo Curso do Rio Negro (Sternberg 1950, Franzinelli & Igreja 1990, Soares 2008) (Figura 13).

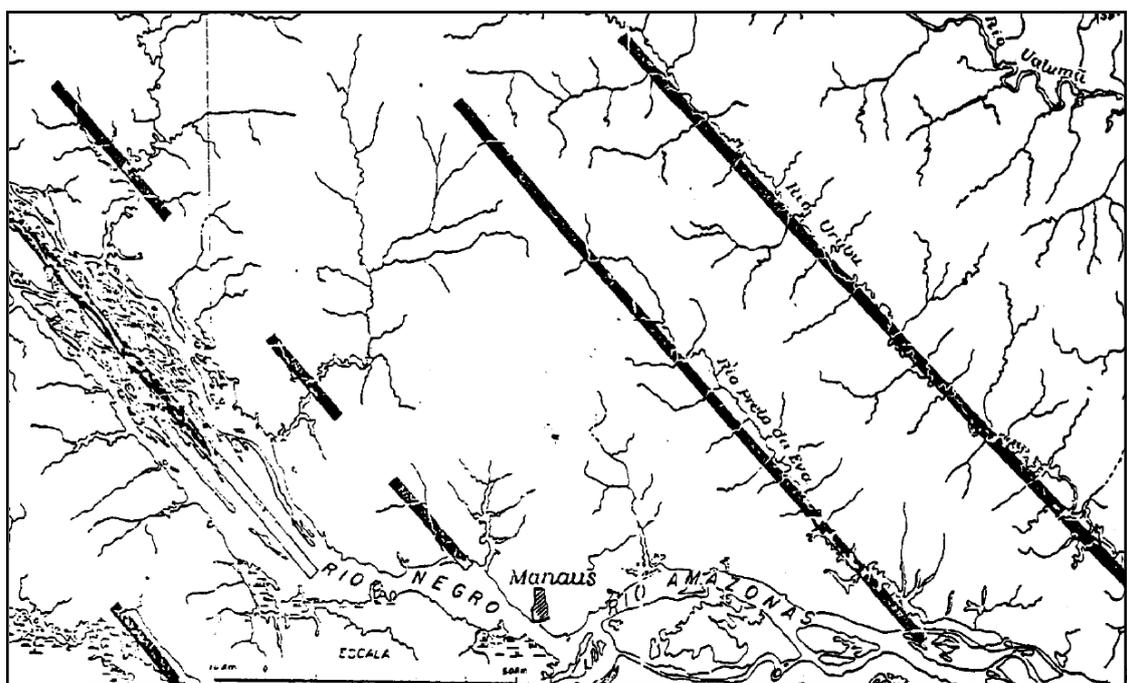


Figura 13 – Imagem ressaltam o controle estrutural das calhas dos rios dos rios Negro, Preto da Eva, Urubu, Uatumã observado por Sternberg (1950). Fonte Franzinelli & Igreja 1990.

lagos, formas de escarpas, assimetria de tributários, capturas de drenagens, barramentos de drenagens, rios com foz afogada, processos de avulsão por basculamento, formação de terraços assimétricos, encurvamento anômalos e subsidência localizada. Os autores destacam na região de confluência dos rios Negros e Solimões duas bacias de afastamento (*pull-apart*) associadas as falhas E-W conectadas através de falhas normais orientadas na direção NW-SE. As falhas E-W formam um romboedro transtensivo, onde ocorrem depósitos do Quaternário (Costa *et al.* 1978, Soares, 2008) que controla o traçado do Rio Negro em seu baixo curso.

De acordo com Costa *et al.* (1996) o baixo curso dos rios Negro e Solimões, É definido por um padrão de drenagem retangular angulado e controlado principalmente por lineamentos de direções E-W e NE-SW. Esses lineamentos E-W são interpretados como falhas transcorrentes dextrais e os NE-SW, como falhas inversas, cujas articulações demarcam extensas estruturas romboédricas transpressivas.

Na zona de confluência dos rios Negro e Solimões, Fernandes Filho *et al.* (1995) descrevem feixes de falhas normais de direção NW-SE que interagem com dois feixes transcorrentes dextrais de direções E-W e NE-SW. Os autores descrevem na margem esquerda do Rio Negro falhas subverticais, ao longo das quais são comuns duplex desenvolvidos em segmentos curvos ou em áreas de terminações de falha. As falhas normais controlam a orientação do Rio Negro.

Estudos realizados por Franzinelli & Igreja (1990; 2002) na região do baixo Rio Negro mostram a ocorrência de várias bacias romboédricas transtensivas resultantes da interação entre as falhas normais de direção NW-SE, associadas a falhas maiores E-W, transcorrentes dextrais (Figura 14). Os autores ressaltam que esta região é controlada por dois domínios neotectônicos distintos, que controlam a fisiografia do baixo curso do Rio Negro: (1) domínio de falhas normais e (2) domínio de falhas dextrais. O domínio 1, localizado no lado esquerdo do rio, sustenta e dirige o fluxo do grande tributários (NE-SW) do leste para o oeste, e os afluentes menores com orientação NW-SE. O domínio 2 consiste em falhas transcorrentes dextrais de direção N45W e falhas secundárias dispostas em escalão na direção N70E, que promove o fluxo fluvial predominantemente de oeste para leste. Os autores sugerem que a configuração tectônica da região apresenta um modelo de meio-gráben com estiramento máximo na direção N50-55E que converge

para um sistema direcional dextral divergente com direção geral de transcorrência para S80-90E, e o eixo de compressão máxima aproximadamente na direção S30E. Neste contexto estrutural, o baixo curso do Rio Negro apresenta uma enorme expansão lacustre com cerca de 100 km de comprimento e 20 km de largura. Essa depressão tectônica permitiu que o Rio Negro edificasse um delta afogado com forma alongada e *deficit* aluvial no quaternário (Tricart 1977 e 1979).

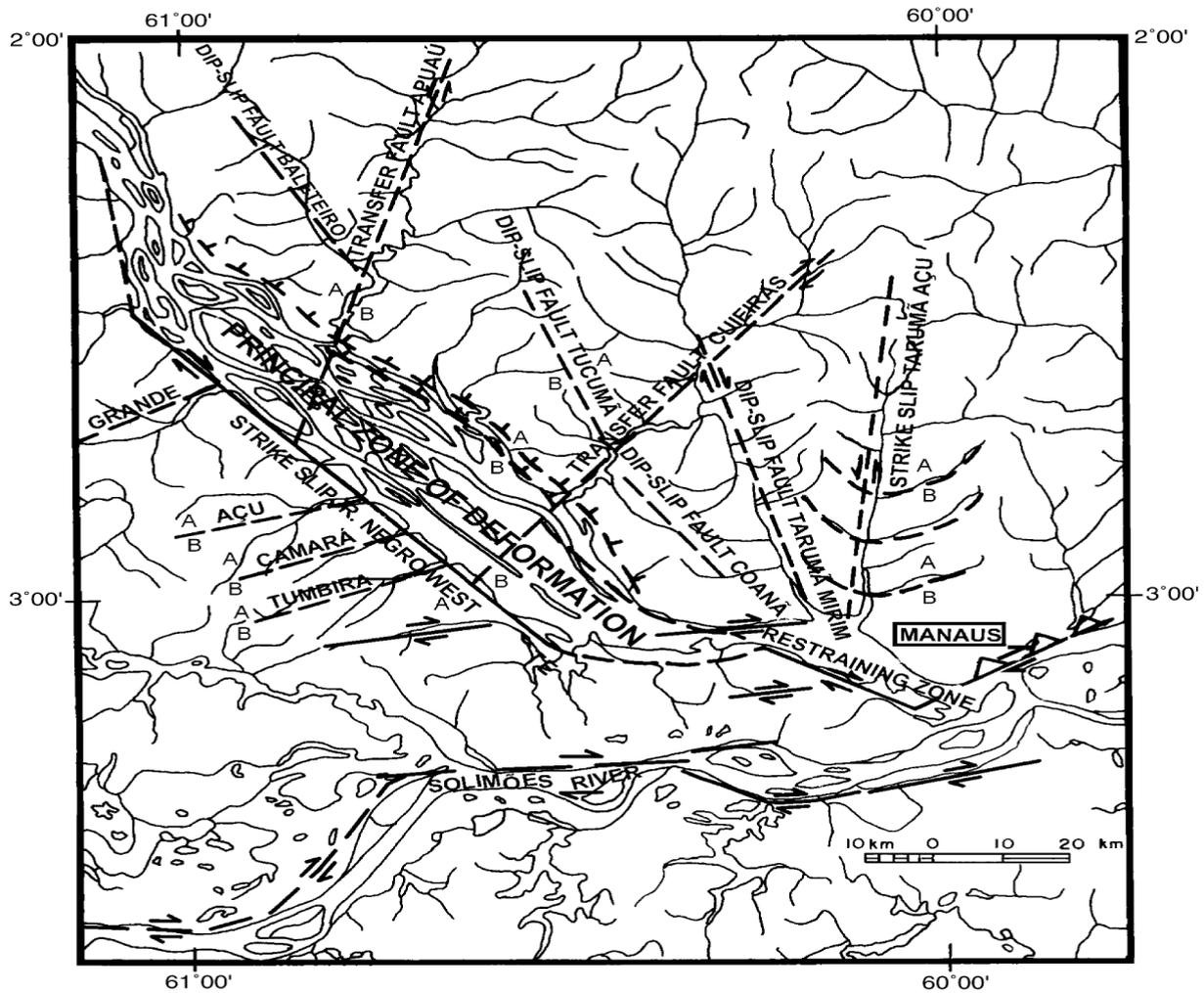


Figura 14 - Modelo neotectônico do trecho do Baixo Rio Negro. Fonte: Franzinelli & Igreja (2002).

3.8 GÊNESE DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS

Os estudos geológicos e/ou geomorfológicos sobre o Arquipélago de Anavilhanas ainda são escassos e mostram individualizações generalizadas sobre as unidades sedimentares constituintes, sem, entretanto, mostrar dados sedimentológicos, estratigráficos e de datação detalhados, dificultando a definição da gênese e evolução do arquipélago no Pleistoceno e Holoceno.

O Projeto RADAMBRASIL (1978) sugere que uma adaptação do Rio Negro, no holoceno inferior, na configuração de uma fossa tectônica alongada (tipo *rift-valley*), gerou as condições iniciais para formação de um delta (à montante) e, conseqüentemente, o surgimento dos diques marginais associados, que se juntaram (à jusante) formando as ilhas alongadas com lagos internos, onde predominou a sedimentação por suspensão.

Leenheer & Santos (1980), sugerem que a sedimentação na Bacia de Anavilhanas está relacionada com a floculação de partículas de argila transportadas pelo Rio Branco. A floculação é atribuída a diminuição do pH na área de confluência dos rios Negro e Branco, formando complexos de caolinita-húmicos que geram depósitos maciços que compõem as ilhas do arquipélago. Entretanto Filoso & Williams (2000) por meio dados hidrogeoquímico e observações de campo reportam que não há evidências de floculação, e sim de processos sedimentares atuantes no desenvolvimento das ilhas.

O modelo deposicional proposto por Sioli (1985) sugere que as ilhas do arquipélago se formaram em função do aporte de sedimentos finos em suspensão do Rio Negro, os quais se depositaram primeiro no trecho inicial (à montante) da bacia formando uma serie de ilhas estreitas e alongadas.

Segundo Latrubesse & Franzinelli (2005), o Arquipélago de Anavilhanas é uma resposta sedimentar a expansão do vale do Rio Negro causados pela neotectônica e que as formas de algumas ilhas têm relação direta com falhas no substrato do rio. Os autores propõem quatro componentes essenciais ao desenvolvimento deste arquipélago: **a)** suficiente espaço linear de acomodação na bacia de Anavilhanas, **b)** baixa energia do ambiente, **c)** suficiente quantidade de sedimentos em suspensão e **d)** ascensão do nível

de base do sistema fluvial Solimões-Amazonas. Franzinelli & Latrubesser (2003) reporta idades inferiores a 3.500 anos AP para a formação das ilhas de Mariuá e Anavilhanas. Neste período, o Rio Negro apresentava carga de sedimentos em suspensão suficiente para construir o Arquipélago de Anavilhanas e a mudança para rio de água preta ocorreu nos últimos 1.000 anos.

Almeida (2005) por meio de análises de imagens SRTM da região de Anavilhanas reporta um possível paleocurso do Rio Negro entre os rios Paduari e Carabini (Figura 15). De acordo com o autor, o traçado atual do Rio Negro na região do arquipélago resulta de uma mega captura fluvial relacionada à neotectônica atuante.

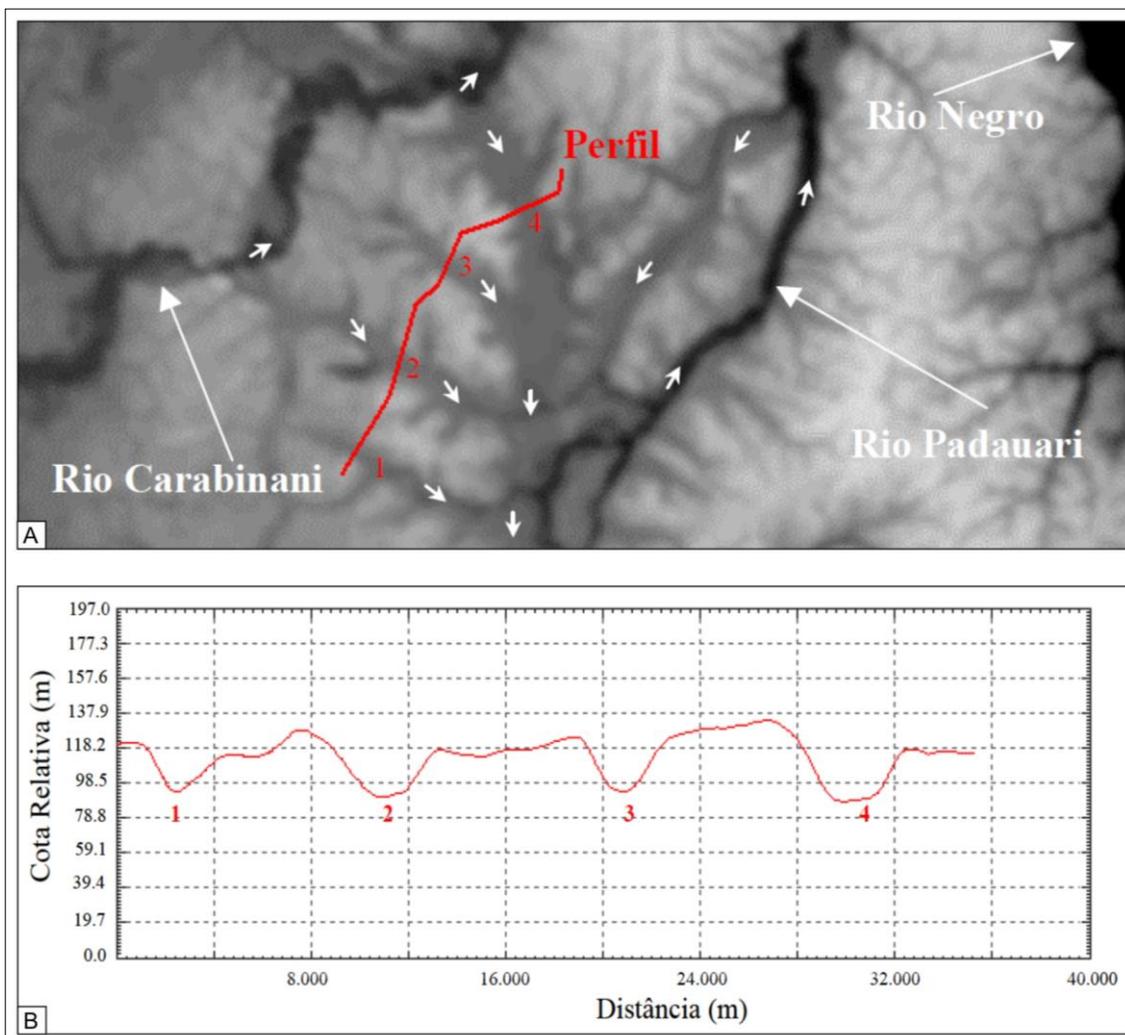


Figura 15 - Imagem ilustrando o modelo digital de elevação do terreno e o perfil transversal topográfico da área do possível paleocurso do Rio Negro. A) Imagem SRTM apresentado tons de cinza claro para as porções mais elevadas e tons de cinza mais escuros para áreas mais rebaixadas, destacado pelas setas o paleosistema de drenagem. B) Perfil topográfico exibindo vales com cotas 20 metros mais baixas que seus interflúvios. Fonte: Almeida (2005).

3.9 OS GRANDES SISTEMAS FLUVIAIS E O RIO NEGRO

Latrubesse *et al.* (2005) retratam de forma geral os grandes sistemas fluviais do mundo, com áreas da bacia entre 104 a 106 km² e precipitações superiores a 700 mm/ano. De forma geral, relataram que os rios analisados exibem um pico de descarga definidos e variados durante a estação chuvosa e um período de baixa vazão na estação seca. Os autores enfatizaram que os rios de grandes bacias apresentam todas as formas de canal, inviabilizando o uso da classificação tradicional de canal e sugerem a aplicação da terminologia de sistemas uni-canal, multi-canal ou complexo anastomosado. Latrubesse & Franzinelli 2005 sugere que os maiores rios são dominados por padrão *anabanching*. Este estilo fluvial se caracteriza por múltiplos canais, com ilhas estabilizadas por vegetação com mesma cota da planície de inundação, que dividem fluxos e descargas (Nanson & Knighton 1996). De acordo com os autores os canais individuais do sistema *anabanching* podem ser retilíneos, meandantes ou entrelaçados.

De acordo com Alves (2013), o complexo anastomosado de Anavilhanas é constituído por dois canais principais retos e canais secundários (Paraná retos ou de baixa sinuosidade e sinuosidades meandrante e furos retos). Este complexo apresenta aspectos morfológicos e morfométricos que permitem classificar este trecho do Rio Negro como padrão *anabanching* com leito de sedimentos coesos, corroborando com diversos autores (Latrubesse 2005, Stevaux 2005 e Latrubesse & Franzinelli 2005) e com a classificação geral de *anabanching* Tipo 1 proposta por Nanson e Knighton (1996).

O Rio Negro com suas águas negras (Sioli 1954) é o segundo maior afluente do Rio Amazona, drenando uma área aproximada de 600.000 km², abrangendo os territórios da Colômbia e Venezuela e desaguando no Rio Solimões, próximo a cidade de Manaus, Brasil (Franzinelli e Igreja 2002). Este mega rio Tropical (Latrubesse *et al.* 2005) flui em região de floresta de clima tropical úmido, com temperaturas médias de 24°-32° C. Apresenta precipitações médias de 3500 mm/ano em sua bacia superior e 2137 mm/ano em sua bacia inferior. De acordo com Filizola (1999) este rio apresenta descarga média aproximada de 29.000 m³/ano e transporta carga média de oito milhões de toneladas / ano de sedimentos em suspensão.

3.10 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PALEOQUEIMADAS NA AMAZÔNIA CENTRAL NO PLEISTOCENO E HOLOCENO.

Na região Amazônica estudos multidisciplinares recentes apoiados em dados palinológicos e datações por C-14 sugerem variações climáticas durante o quaternário. Os 10.000 anos referentes ao holoceno é alvo de diversas discussões acerca das oscilações climáticas com períodos úmidos e secos com possíveis queimadas (Absy 1982, Absy *et al.* 1993, Sá 2010, Moreira *et al.* 2009, Santos *et al.* 1999, Santos *et al.* 2000, Turc *et al.* 2007).

Estudos palinológicos em sedimentos holocenos de 5 localidades diferentes na região Amazônica (Costa da Terra Nova, Lago do Cajú, Lago Surara, Lago Cuminã e Lago Galheiro) (Figura 16) indicam períodos relativamente "secos", possivelmente com menos precipitação efetiva acerca de 4000, 2100, 1500 a 1200, 700 e 400 anos AP (Absy 1979).

Sá (2010) reporta em seu trabalho realizado em delta no Lago do Cabaliana (planície do Rio Solimões), mudanças climáticas ocorridas no holoceno. Embasada em dados palinológicos, sedimentológicos e geocronológicos a autora descreve dois períodos mais secos, representados pela efetiva diminuição da precipitação acerca de 2700 a 2500 anos AP e 1200 - 700 anos AP, coincidindo com a diminuição da cota das cheias e queimadas na área de terra firme. As variações climáticas do holoceno podem ser reflexos de mudanças nos padrões de precipitação na bacia.

Santos *et al.* (1999) dataram fragmentos de carvão em solos da região de Manaus (coordenadas 2°30'S e 60°W) com idades entre 130 a 2.400 anos AP, interpretados como incêndios importantes nesta região relacionados a eventos de clima secos no holoceno. Os autores reportam maior ocorrência de incêndios mais severos nos pontos altos da bacia em relação ao baixio (Tabela 2).

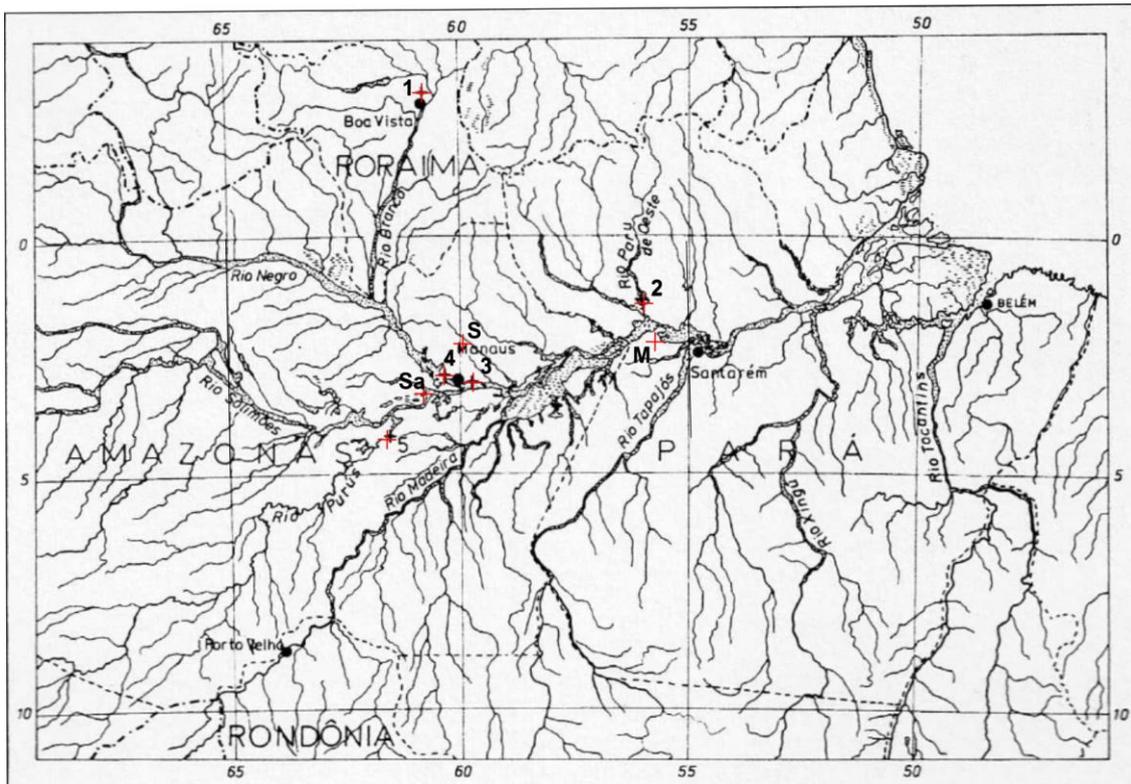


Figura 16 - Imagem destacando os locais de estudo de Absy (1979). 1) Lago Galheiro; 2) Lago Cuminã; 3) Costa da Terra Nova; 4) Lago do Cajú; 5) Lago Surara; M) Lago Santa Ninha, local de estudo de Moreira et al. (2009); S) Local de estudo de Santos et al. (1999, 2000); Sa) Local de estudo de Sá (2010).

Tabela 2 - Idades de possíveis paleoqueimadas na Amazônia. Modificado de Santos *et al.* (1999, 2000)

Altitude	Profundidade	Idade (a.A.P.)	Erro (anos)
Q ₆ = 245 m	20-30	1170	100
	20-30	1310	100
	40-50	1480	240
Q ₉ = 210 m	00-20	130	140
	20-30	1270	80
	30-40	1270	90
Q ₁₁ = 240 m	40-50	970	140
	40-50	1530	100
	40-50	1530	100
Q ₁₃ = 200 m	20-30	340	80
	30-40	680	220
	40-50	520	80
	50-60	580	90
	60-70	890	170
	70-80	470	130
Q ₁₉ =195 m	80-90	1050	220
	50-60	1400	80
Q ₂₁ =215 m	20-30	1280	80
	30-40	1430	140
	40-50	1170	280
	55-65	1750	230
	70-80	2410	110

Turc *et al.* (2007) reportam dados paleoclimáticos relacionados ao Holoceno da Amazônia. De acordo com os autores, os lagos ligados à heterodinâmica de grandes rios no início do Holoceno apresentavam uma sedimentação arenosa, relacionada ao nível do mar mais baixo que o atual e a um clima mais contrastado na parte do Alto Rio Negro e talvez do Solimões. O Holoceno Médio é caracterizado por um regime de vazão variável, com quantidade de sedimentos carregados pelos rios mais alta que a atual. As vazões médias podem ser interpretadas como superiores ou inferiores as atuais dependendo das regiões. De acordo com Turc *et al.* (2007) as vazões estabilizaram-se de 5.500 anos AP (Rio Tapajós e Solimões) a cerca de 900 anos AP (Rio Negro).

Moreira *et al.* (2009), analisando sedimentos do Lago Santa Nina, situado na Várzea do Lago Grande de Curuai (coordenadas aproximadas 2°15.64"S e 55°29'57.12"W), sugere mudanças no ciclo hidrológico causados por possíveis mudanças climáticas no Holoceno. Os autores analisaram 2,7 m de testemunho de sondagem que revelou nos últimos 5.700 anos AP, cinco fases de sedimentação e possíveis mudanças paleohidrológicas e paleoambientais nesta região: **1)** de 5.600 a 5.100 anos AP fase de clima mais úmido, com variações do ciclo hidrológico menos intensificadas, o que permitia o desenvolvimento de uma floresta inundável; **2)** entre 5.100 a 5.000 anos AP não foram registradas mudanças significativas no tipo de vegetação, porém existem indícios de maior ocorrência de enchentes; **3)** entre 5.000 a 4.000 anos AP foram observadas alterações na composição biótica, de florestas inundáveis para gramíneas, que são indicativos de um clima mais variável; **4)** entre 4.000 a 2.300 anos AP ocorreram repetidas secas; **5)** entre 2.300 a 600 anos AP ocorre um hiato (sem registros) e após 600 anos AP, os níveis de cheias foram se estabilizando até atingir as condições atuais do lago.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos no mapeamento geológico aliados a dados sedimentológicos, estratigráficos, de fácies sedimentares e de datação (LOE e C-14) forneceram subsídio para a elaboração de mapa geológico da região do Arquipélago de Anavilhanas (Figura 17). Na porção norte do arquipélago, o Rio Negro apresenta-se encaixado em rochas paleozóicas da Formação Nhamundá, e a sul, em rochas cretáceas e neógenas das formações Alter do Chão e Novo Remanso, respectivamente, que compõem o embasamento geológico da região. No arquipélago foram individualizadas 3 unidades sedimentares distintas, denominadas informalmente de terraço fluvial superior (TFS), terraço fluvial inferior (TFI) e barras arenosas atuais (Figura 17).

4.1 EMBASAMENTO PALEOZOICO E CENOZÓICO

4.1.1 FORMAÇÃO NHAMUNDÁ

A Formação Nhamundá ocorre como uma faixa estreita e alongada na porção norte do Arquipélago de Anavilhanas, de direção geral W-E, sendo constituída de quartzo-arenitos finos a médios, de coloração esbranquiçada (com tonalidades cinza), apresentando porções com acamamento maciço e com estratificações plano-paralela e cruzada tabular, com feições de bioturbação (icnofácies *Skolitos*) característicos de ambientes de foreshore e shoreface (Figura 17 e 18).

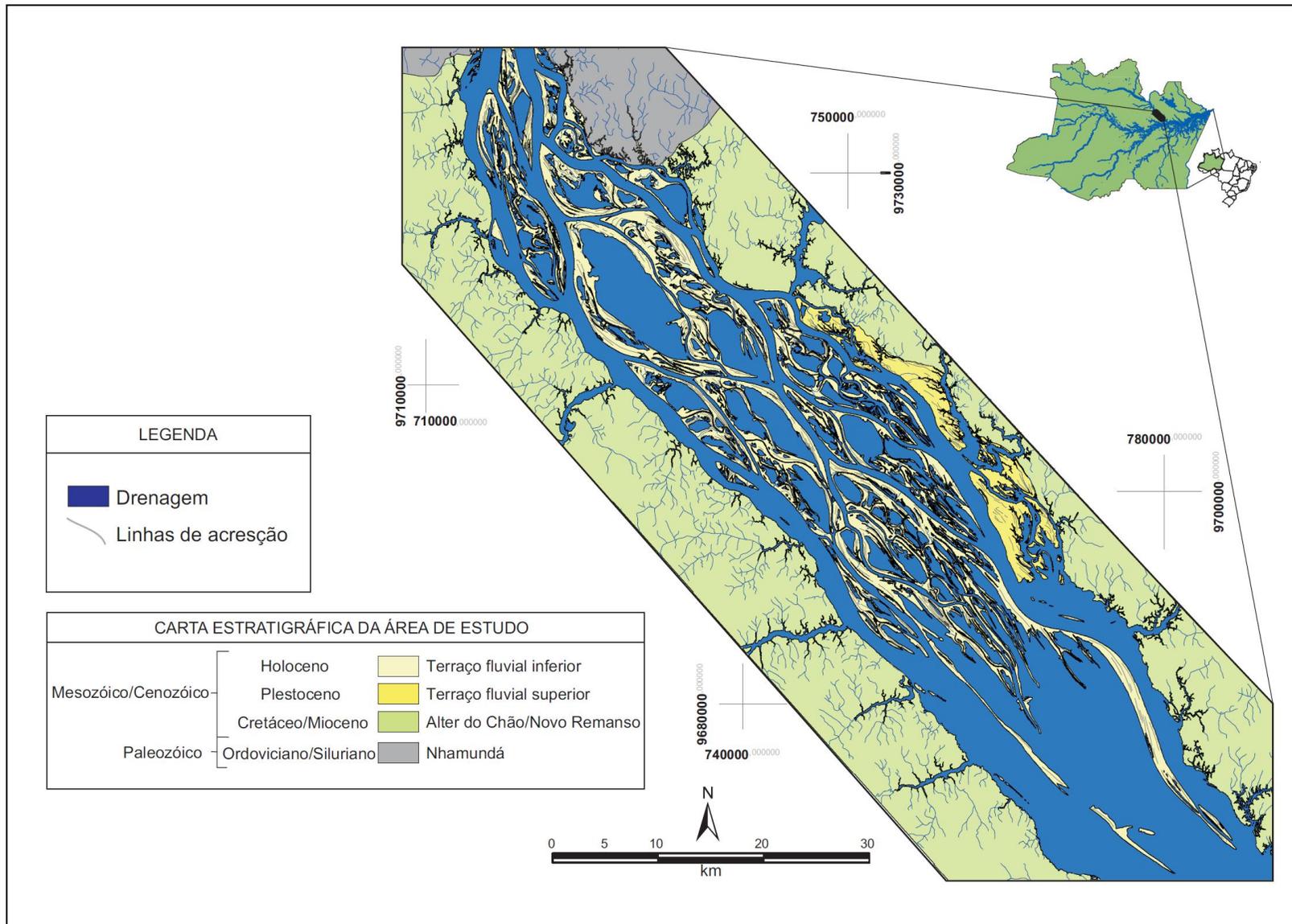
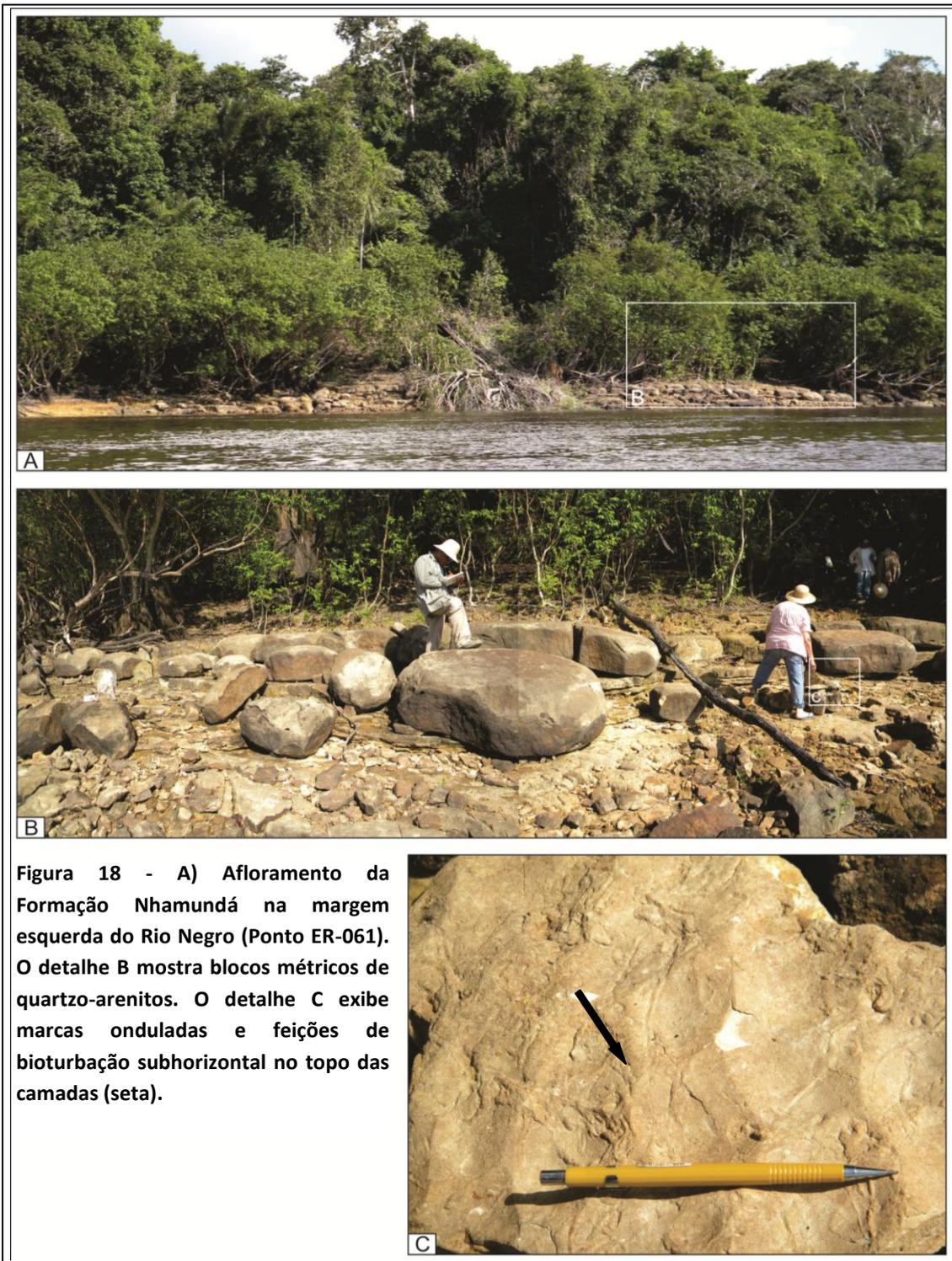


Figura 17 - Mapa geológico da região do Arquipélago de Anavilhanas, destacando as unidades sedimentares paleozóicas, cretáceas-neógenas e quaternárias.



4.1.2 FORMAÇÕES ALTER DO CHÃO E NOVO REMANSO

As unidades sedimentares cretácea (Formação Alter do Chão) e miocena (Formação Novo Remanso) ocupam a porção central e sul da área, definindo um relevo dissecado de morros e colinas, com até 100 m de altitude (Figuras 17, 19, 20 e 21), encobertas por densa cobertura de vegetação e solo e, bem expostas, em barrancos do rio. Nas margens do Rio Negro, as formações Alter do Chão (base) e Novo Remanso (topo) afloram em barrancos com até 30 metros de altura, separadas por contato brusco e irregular (Figuras 19, 20).

A Formação Alter do Chão exhibe fácies de arenosas, intensamente oxidados, com coloração vermelha e amarela-esbranquiçada. A facies arenosa apresenta granulometria média a grossa, por vezes, endurecidos (silicificados) e friáveis. Em geral, exibem *sets* de até 1 m de espessura, com acamamento maciço e estratificações cruzadas acanaladas e plano-paralel. Níveis conglomeráticos ocorrem subordinadamente, e marcam a parte inferior de ciclos granodecrescentes ascendentes (Figuras 22 e 23).

A Formação Novo Remanso apresenta espessura aflorante de 5,0 a 10,0 metros, sendo constituída de camadas de aspecto maciço, constituída por arenitos friáveis exibindo coloração laranja avermelhada, de granulometria variando de média a grossa, com pouca argila (Figuras 20 e 21).

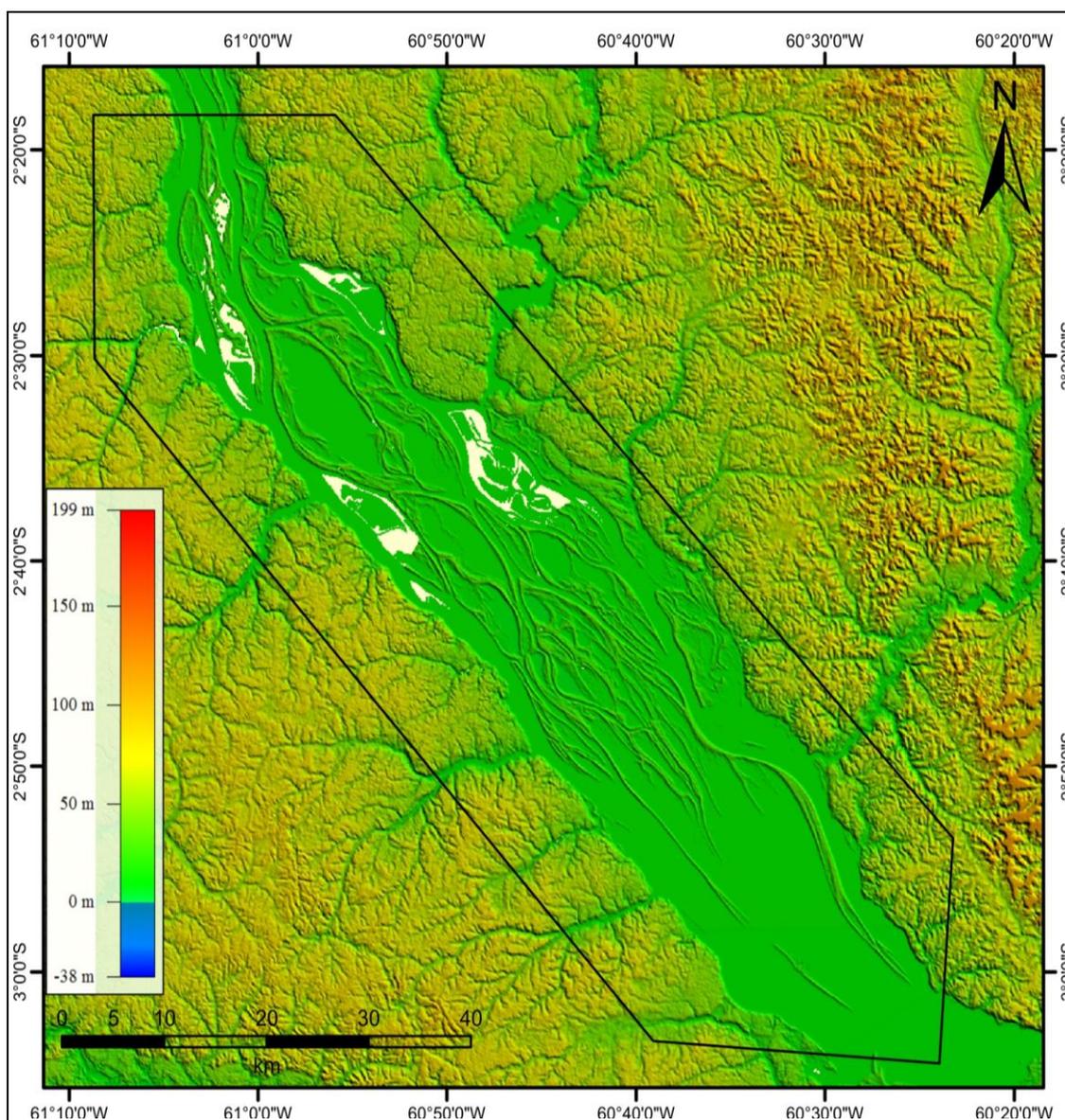


Figura 19 - Imagem do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) destacando o relevo das unidades que compõem a área do Arquipélago de Anavilhanas. As unidades paleozóica e cretácea-neógena do embasamento exibem relevo dissecado e cotas máximas inferiores a 150 m (Fonte: www.relevobr.cnpm.embrapa.br).

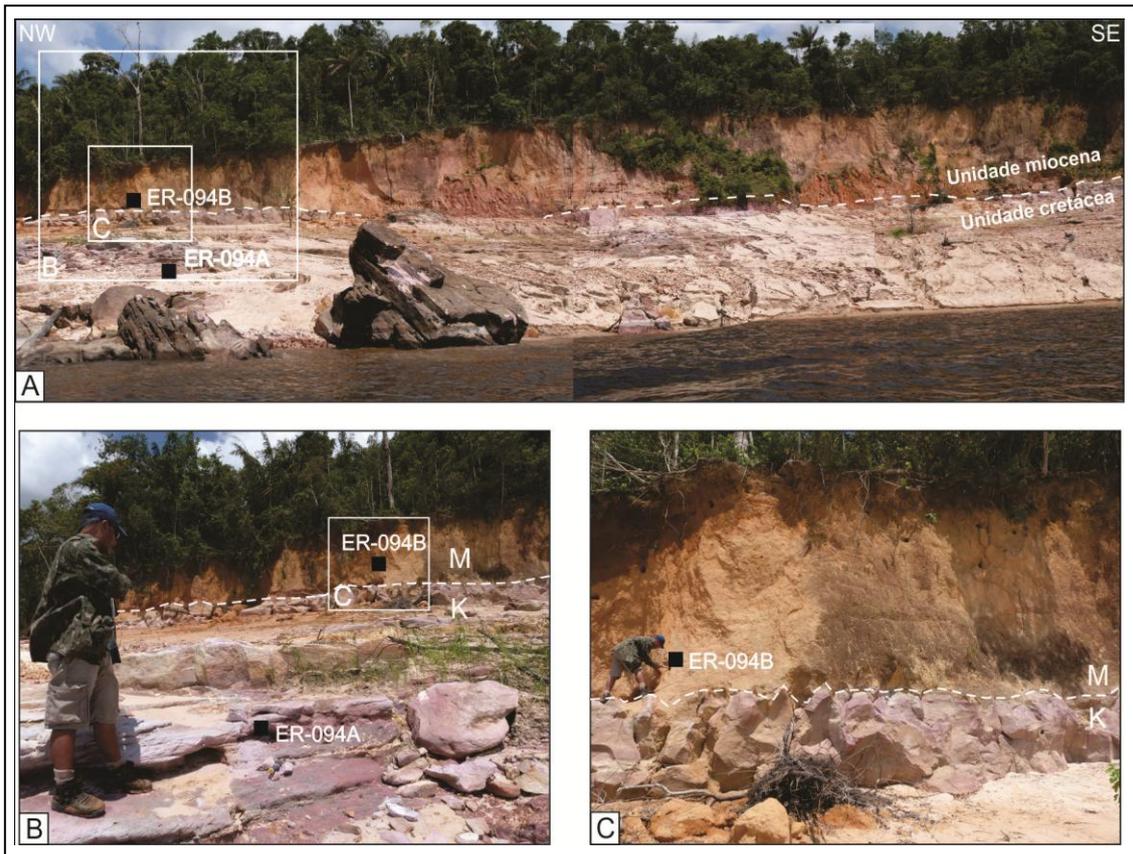


Figura 20 - Afloramento na margem esquerda do Rio Negro (ponto ER-094), exibindo o contato geológico entre as unidades sedimentares cretácea (base) e miocena (topo). Os detalhes B e C ilustram o contato brusco e irregular entre as unidades e os locais de coleta das amostras para análises granulométricas.

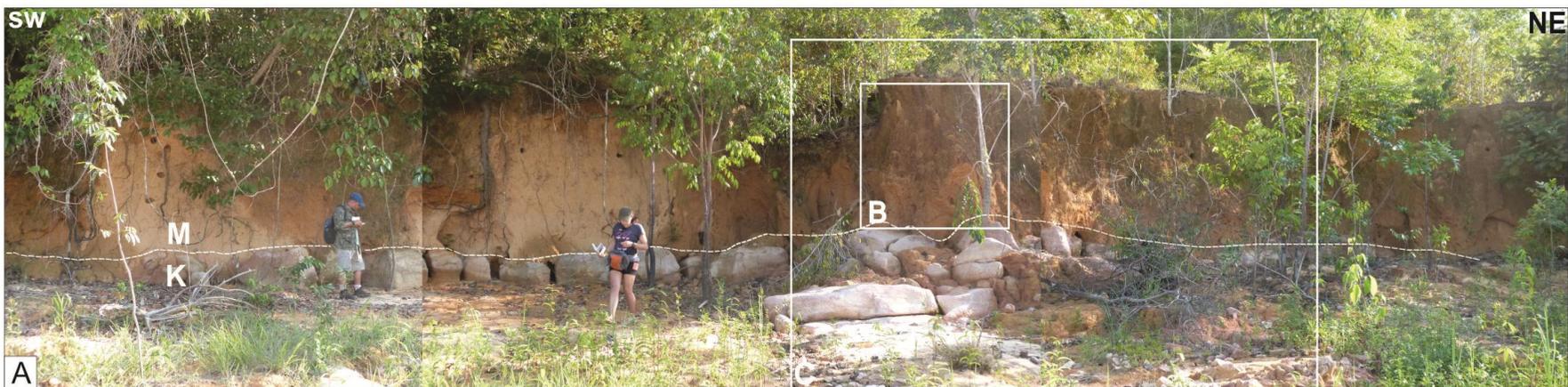


Figura 21 - Afloramento no ponto ER-092 mostrando o contato brusco entre as formações Alter do Chão (base) e Formação Novo Remanso (topo). Os detalhes B e C mostram o local de coleta de amostras para análise granulométrica.

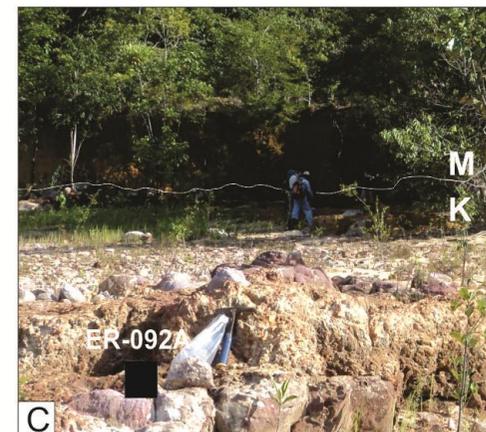




Figura 22 - Afloramento da Formação Alter do Chão (ponto ER-010). O detalhe A mostra arenito intensamente oxidado. O detalhe B exibe arenito com estratificação plano-paralela. O detalhe C exibe a porção conglomerática desta formação.

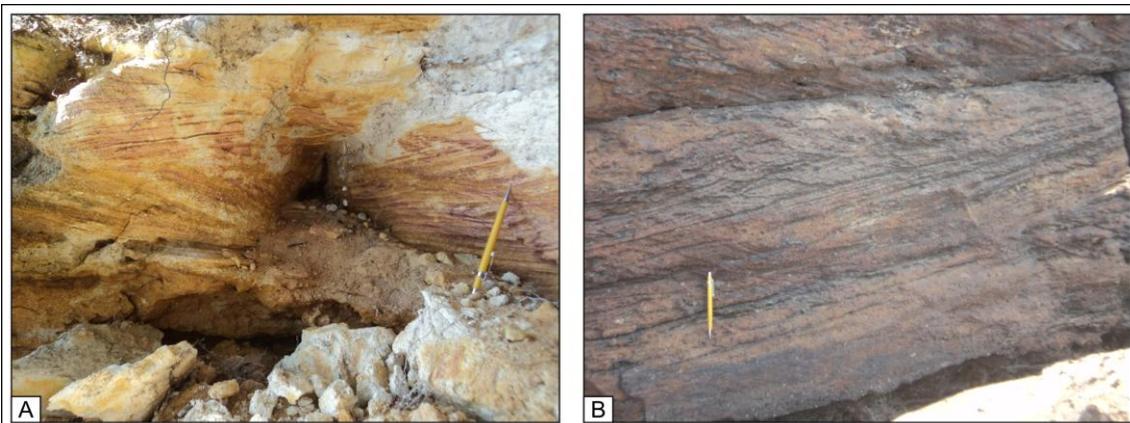


Figura 23 - Arenitos com apresentando estratificação cruzada da Formação Alter Chão (A e B) (ponto ER-046).

4.2 TERRAÇOS FLUVIAIS QUATERNÁRIOS

Na área do Arquipélago de Anavilhanas foram individualizados dois níveis de terraços fluviais quaternários, denominados informalmente de Terraço Fluvial Superior (TFS) e Terraço Fluvial Inferior (TFI) (Figura 17).

4.2.1 TERRAÇO FLUVIAL SUPERIOR (TFS)

O TFS localiza-se em um trecho restrito da margem esquerda do Rio Negro, formando um dique marginal entre a foz dos igarapés Ariauaú e Pidiuaú (Figura 17). Essa unidade se dispõe em cotas entre 25 m a 40 m, apresenta forma estreita e alongada na direção geral NW-SE, com cerca de 35 km de comprimento e até 5,4 km de largura. Este terraço exhibe morfologia deposicional definida por linhas de acreção lateral semi-paralelas e encurvadas, de extensão quilométrica. Apresenta relevo ondulado, caracterizado por suaves cristas e depressões, onde se instalaram lagos estreitos (Figura 24). Os barrancos desta unidade apresentam espessura aflorante de aproximadamente 8 metros (no período de vazante) (Figuras 25).

Esta unidade é constituída por intercalações de camadas de areia e lama (silte e argila), que definem pares de estratificação heterolítica inclinada e, por vezes, apresentam desenvolvimento de solo no topo (Figuras 25, 26, 27). As areias apresentam granulometria fina a média, com raros grânulos e seixos dispersos, e geralmente, ocorrem na base dos afloramentos, dispostas em camadas de até 2,0 m de espessura (Figuras 27). Possuem coloração laranja a avermelhada e, internamente, apresentam estratificação cruzada (Figura 25). Em geral, as camadas de lama (silte e argila) apresentam acamamento maciço e exibem coloração marrom-amarelada a cinza-rosada com mesclas avermelhadas além de intensamente bioturbadas.

Os dados granulométricos de 5 amostras arenosas do TFS mostram-se de forma bimodal com uma composição predominante de areia, variando de (99,99% a 75,15%) e subordinadamente de silte (24,85% a 0,01398%). As curvas de frequência acumuladas exibem dois grupos distintos, com seleção variando de moderadamente selecionada a pobremente selecionada. Os histogramas destacam as médias correspondentes a ϕ_2 (areia média) e ϕ_4 (areia muito fina), com curva

predominantemente mesocúrtica e aproximadamente simétrica (podendo apresentar tendência negativa). Os dados indicam que o fluxo do Rio Negro apresentava pequenas oscilações e que o aporte era de sedimentos principalmente arenosos (Tabelas 3 e 4, Figuras 28 e 29).

Datações por LOE revelaram que o TFS apresenta idade variando de 69.988 +/- 8.860 anos AP a 211.394 +/- 29.300 anos AP (Figuras 24, 26, 27 e 30).



Figura 24 - Relevo de cristas e depressões do terraço Superior na margem direita do Igarapé Ariaiauú (Ponto ER-087). O detalhe B ilustra a camada arenosa (base) encoberta por lama e o local de coleta de amostra para datação por LOE.



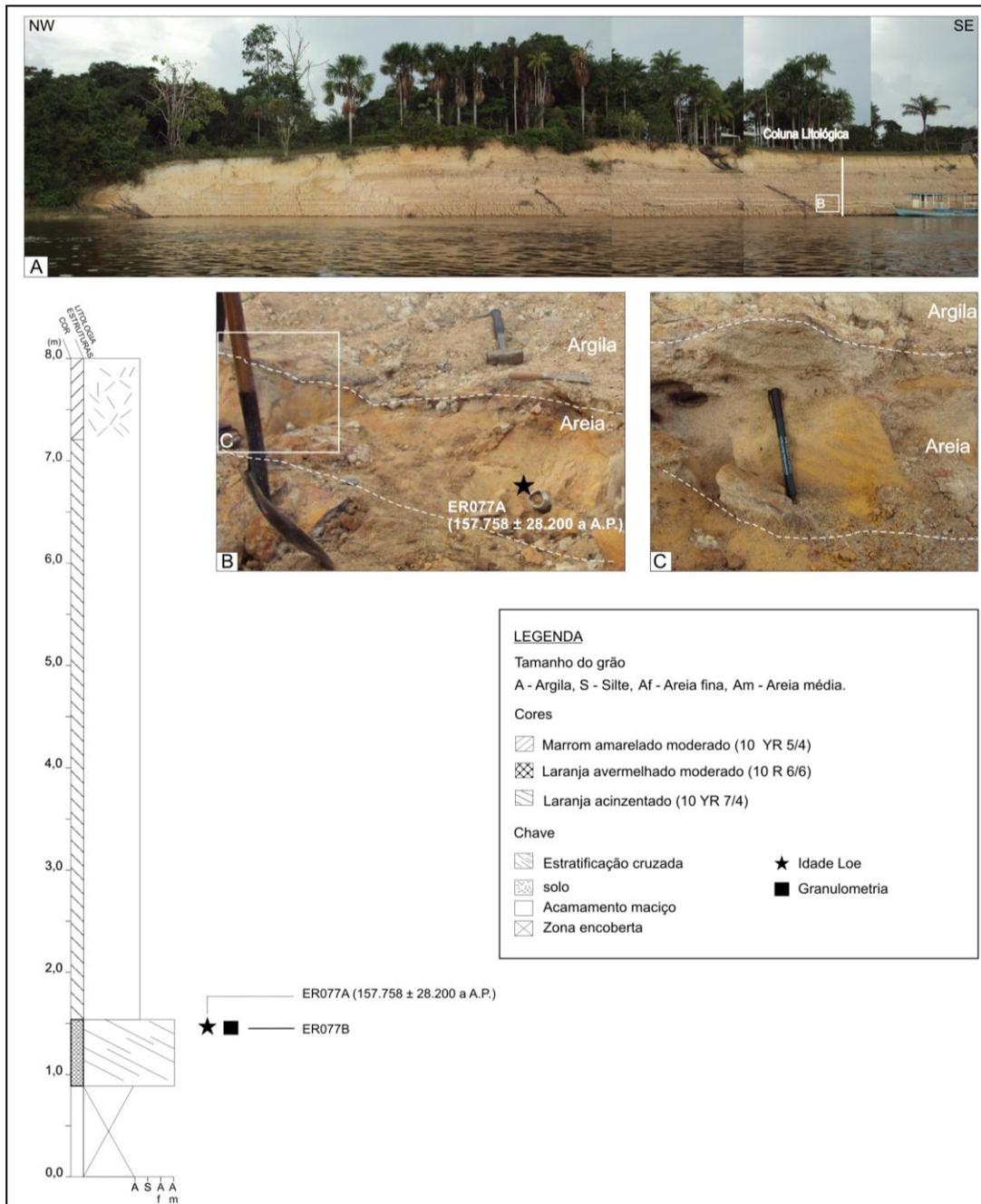


Figura 25 - Visão geral do afloramento e seção colunar do TFS do ponto ER-077. O detalhe B ilustra a camada arenosa limitada por lama e o local de coleta de amostra para datação por LOE. O detalhe C mostra estratificação cruzada na camada arenosa.

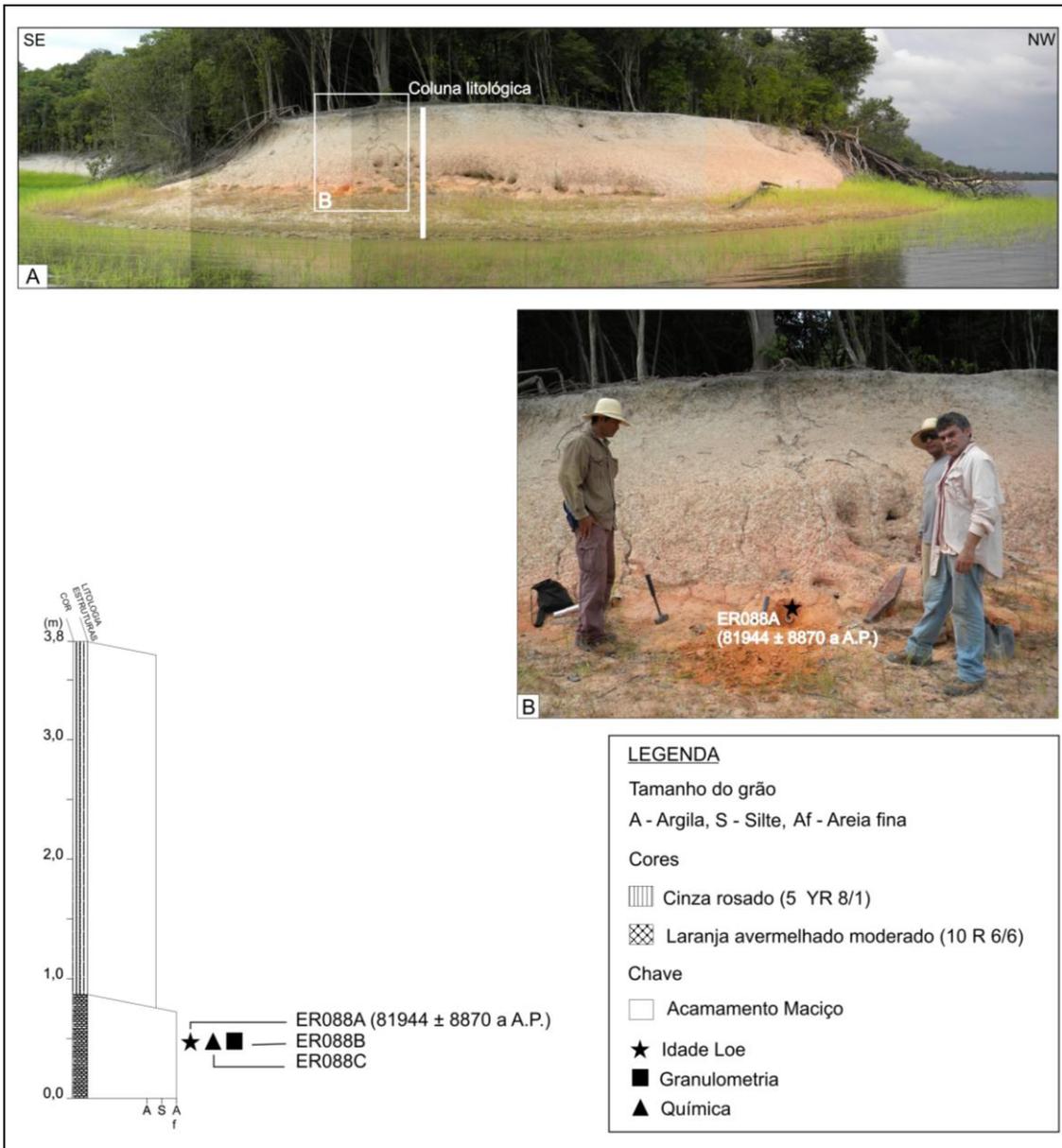


Figura 26 - A) Visão geral do afloramento e seção colunar do TFS (ponto ER-088). B) Local da coleta para datação por LOE.



Figura 27 – Visão geral do afloramento e a seção colunar do TFS (ponto ER-089) ilustrando as camadas arenosa (base) e argilosa (topo). Os detalhes B e C destacam a granulometria da camada arenosa com grânulos e seixos de quartzo.

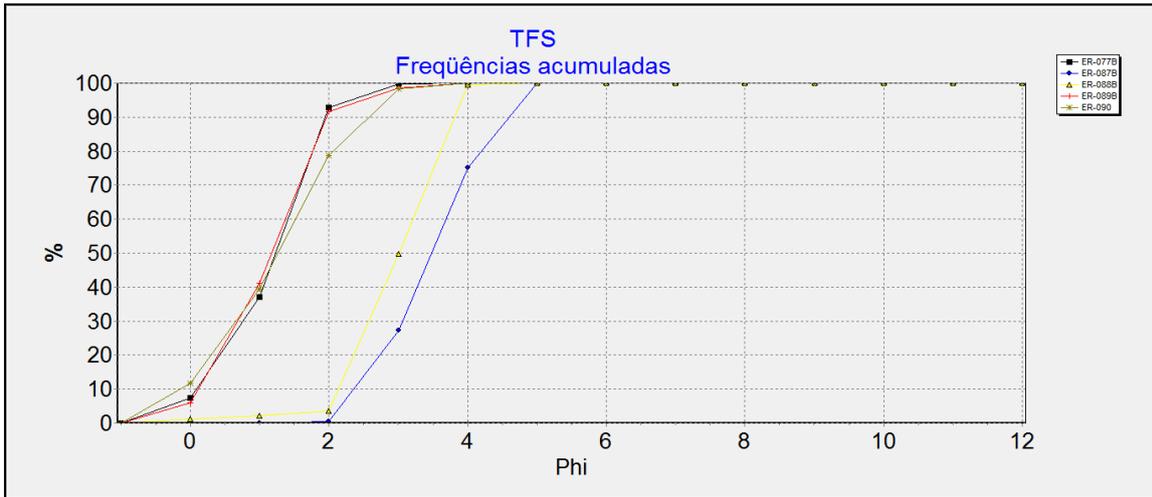


Figura 28 - Gráfico de frequências acumuladas obtido através do software Sysgran 3.0 para as amostras do TFS ilustrando a distribuição bimodal das areias.

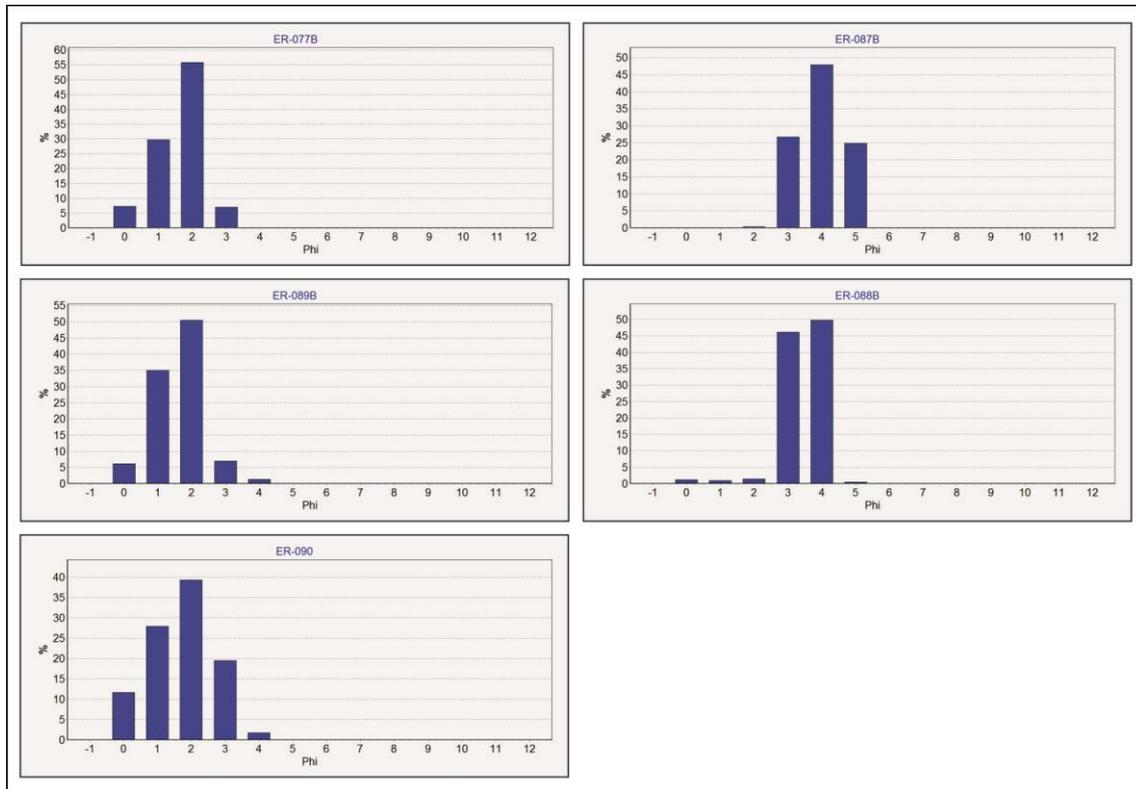


Figura 29 - Histogramas das amostras do TFS ilustrando a bimodalidade dos sedimentos.

Tabela 3 - Valores dos parâmetros estatísticos obtidos através do software Sysgran 3.0 para as amostras do TFS.

<i>Amostras</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Seleção</i>	<i>Assimetria</i>	<i>Curtose</i>	<i>% Areia</i>	<i>% Silte</i>	<i>% Argila</i>
ER-077B	1,122	1,232	0,7842	-0,1977	0,9899	99,96	0,03733	0
ER-087B	3,471	3,476	0,8419	-0,0007	0,9997	75,15	24,85	0
ER-088B	2,986	3,003	0,6396	-0,037	0,7378	99,57	0,431	0
ER-089B	1,103	1,176	0,7941	-0,0803	0,9633	99,98	0,02366	0
ER-090	1,23	1,267	1,043	-0,0655	0,9794	99,99	0,01398	0

Tabela 4 - Classificação simplificada de Folk & Ward (1957) baseada nos parâmetros estatísticos das amostras do TFS obtida através do software Sysgran 3.0

<i>Amostras</i>	<i>Classificação</i>	<i>Seleção</i>	<i>Assimetria</i>	<i>Curtose</i>
ER-077B	Areia média	Moderadamente selecionado	Negativa	Mesocúrtica
ER-087B	Areia muito fina	Moderadamente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-088B	Areia fina	Moderadamente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
ER-089B	Areia média	Moderadamente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-090	Areia média	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica

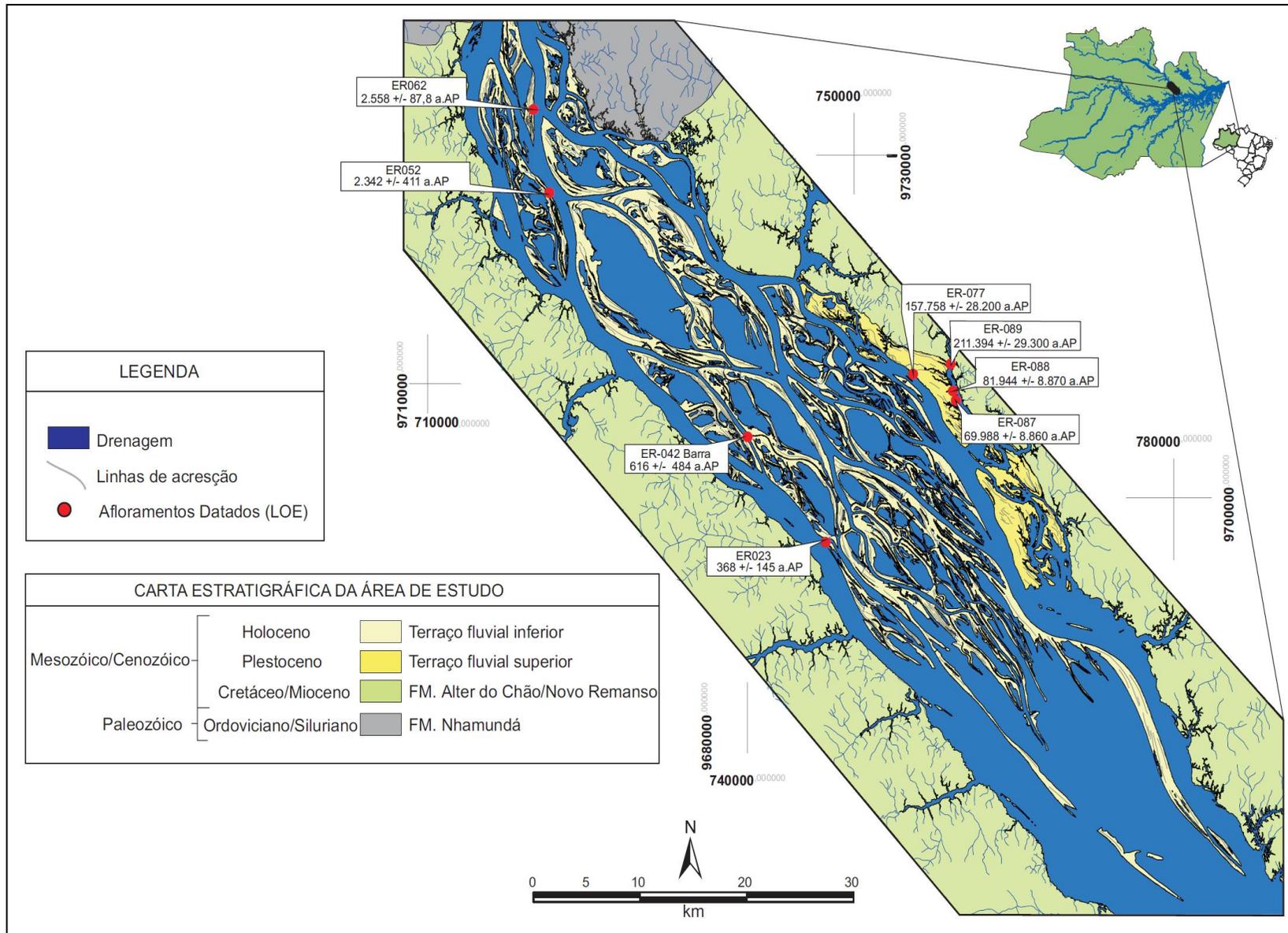


Figura 30 - Mapa geológico da área de estudo, ilustrando os locais datados por LOE.

4.2.2 TERRAÇO FLUVIAL INFERIOR (TFI)

O Terraço inferior é constituído de 400 ilhas individualizadas por múltiplos depósitos canal entrelaçado (Figuras 16). As ilhas exibem dimensões diversas, variando de 150 m a 7 km de largura, apresentando extensão entre 7 km e 50 km, dispostas em cotas entre 27 m a 41 m. Nos períodos secos exibem espessura aflorante de 3 m a 8 m. Em geral, as ilhas são fixas e, neste estudo, foram individualizadas em 2 subunidades distintas: diques marginais e planícies de inundação.

Os diques exibem formas alongadas e retilíneas, por vezes, com suaves encurvamentos em várias direções, que se ramificam, formando um padrão complexo entrelaçado. Geralmente, são recobertos por vegetação de médio e grande porte, com lados íngremes e estabilidade morfodinâmica, onde ocasionalmente ocorrem processos erosivos que envolvem pequenos deslizamentos. Os diques apresentam elevação em torno de 8 m próximo aos canais e ficam completamente submersos durante as enchentes, deixando emersa apenas a copa das árvores. Estes diques são coesos, sendo constituídos principalmente de lama (silte e argila) com delgadas intercalações centimétricas de areia muito fina a fina. Feições de bioturbação são observadas, principalmente, nas porções mais superiores dos diques.

O extravasamento e rompimento dos diques geram ramificações diversas associadas ao desenvolvimento de canais secundários (denominados de furos), os quais são contornados por novos diques marginais. Entre os diques formam-se inúmeros lagos, com formas e tamanhos variados (semiarredondados, estreitos e alongados), os quais se conectam ao Rio Negro por “furos” na época das enchentes, ficando isolados durante as vazantes. No interior dos lagos, na área de desembocadura de “furos” são desenvolvidos deltas lacustres por meio do material sedimentar transportado. Da mesma forma, inúmeros rompimentos de diques marginais levam ao desenvolvimento de novos deltas menores que desenvolvem a forma típica de “pé de pássaro” (Figuras 31 A e 31 B, C), assoreando o lago. À jusante do arquipélago, lagos compridos e abertos comunicam-se permanentemente com o rio.

Áreas de planícies deltaicas se desenvolvem adjacentes aos diques marginais (na parte externa), são inundadas periodicamente durante as enchentes sazonais, durante as

vazantes ficam expostas e são recobertas por gramíneas. O limite entre os depósitos de diques marginais e de planície é definido pela quebra negativa (Figura 32).

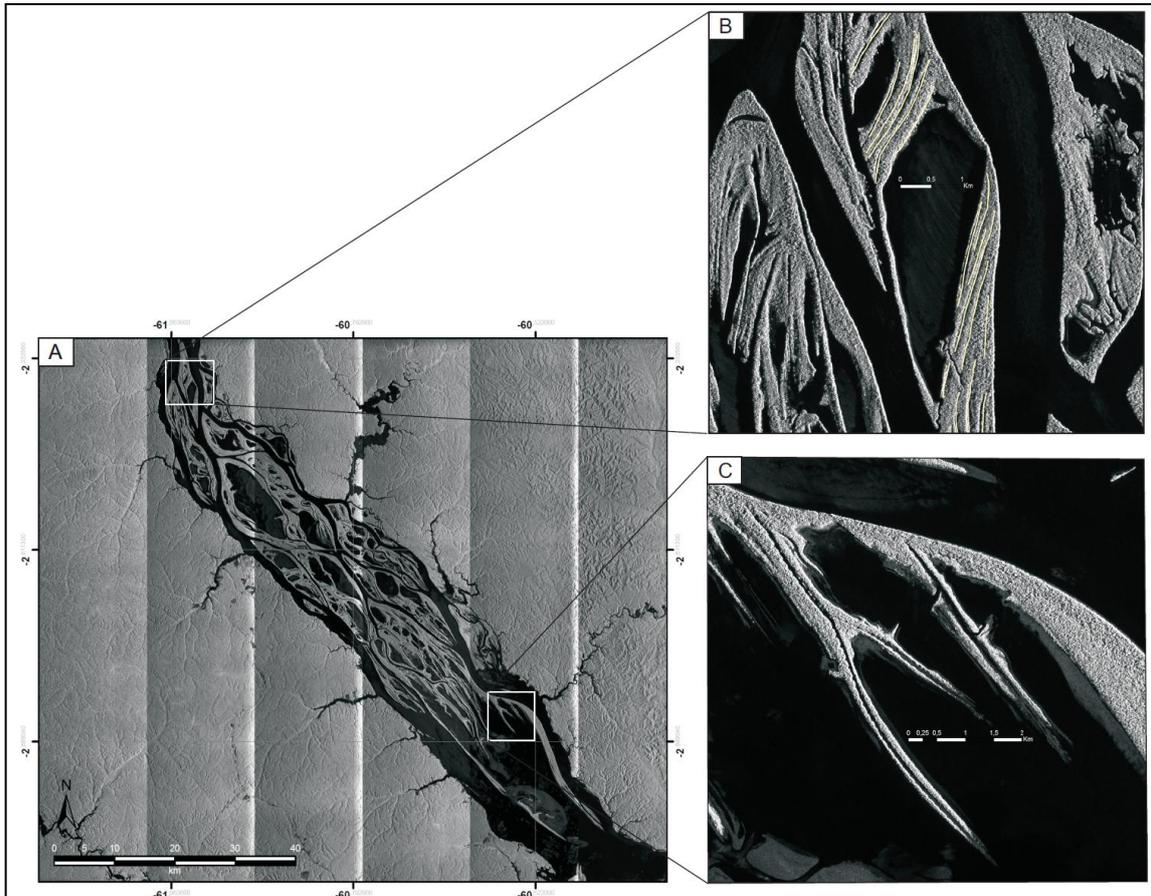


Figura 31 - Imagens Landsat mostrando o Arquipélago de Anavilhanas. Em A, o aspecto intrincado das ilhas e canais. Em B as feições de cordões de acreção lateral. O detalhe C ilustra os deltas, estreitos e alongados, retilíneos, com diques marginais vegetados com algumas ramificações secundárias, formadas pelo rompimento de diques marginais.



Figura 32 - Seção panorâmica no Ponto ER-110 ilustrando o limite entre o dique marginal, encoberto por vegetação de médio a grande porte e a área de planície da ilha encoberta por gramíneas.

Os depósitos da unidade TFI apresentam coloração cinza claro a marrom amarelado, com pequenas mesclas avermelhadas de óxidos e/ou hidróxidos de ferro dispersas. Internamente a unidade é constituída principalmente de lama (silte e argila), com porções que exibem acamamento maciço ou com delgadas estratificações inclinadas (5° e 15° e mergulho para SW) onde as espessuras variam entre 0,5 cm a 13 cm, definidas por intercalações de areia (fina a muito fina) e lama (Figuras 32, 33, 34, 35, 36 e 37).

Datação por LOE realizadas nas intercalações de areia do TFI indicaram idades variando de 368 ± 145 a $2558 \pm 87,8$ anos AP (Figuras 33, 34 e 35).

No TFI foram identificados quatro níveis distintos de paleossolos com até 2,0 cm de espessura S1, S2, S3 e S4, os quais ocorrem intercalados e dispostos paralelamente ao acamamento e se estendem por dezenas de quilômetros. Estes níveis são constituídos principalmente por pequenos fragmentos irregulares de carvão (com 1 a 2 cm de diâmetro) (Figura 36, 37 e 38). Dados de datação por C-14 revelaram idades de 2000 a 2250 ± 40 anos AP para o nível S1, 1.650 ± 40 anos AP para o nível S2 e 870 ± 40 anos AP para o nível S3 e 490 ± 40 anos AP para o nível S4 (Figuras 36, 37, 38 e 39).



Figura 33 - Estratificação inclinada definida por intercalações de lama (cinza claro) e areia fina a muito fina (branca) nas ilhas do Arquipélago de Anavilhanas (Ponto ER -23). O detalhe B ilustra o local de coleta para datação por LOE. O detalhe C destaca a laminação inclinada.

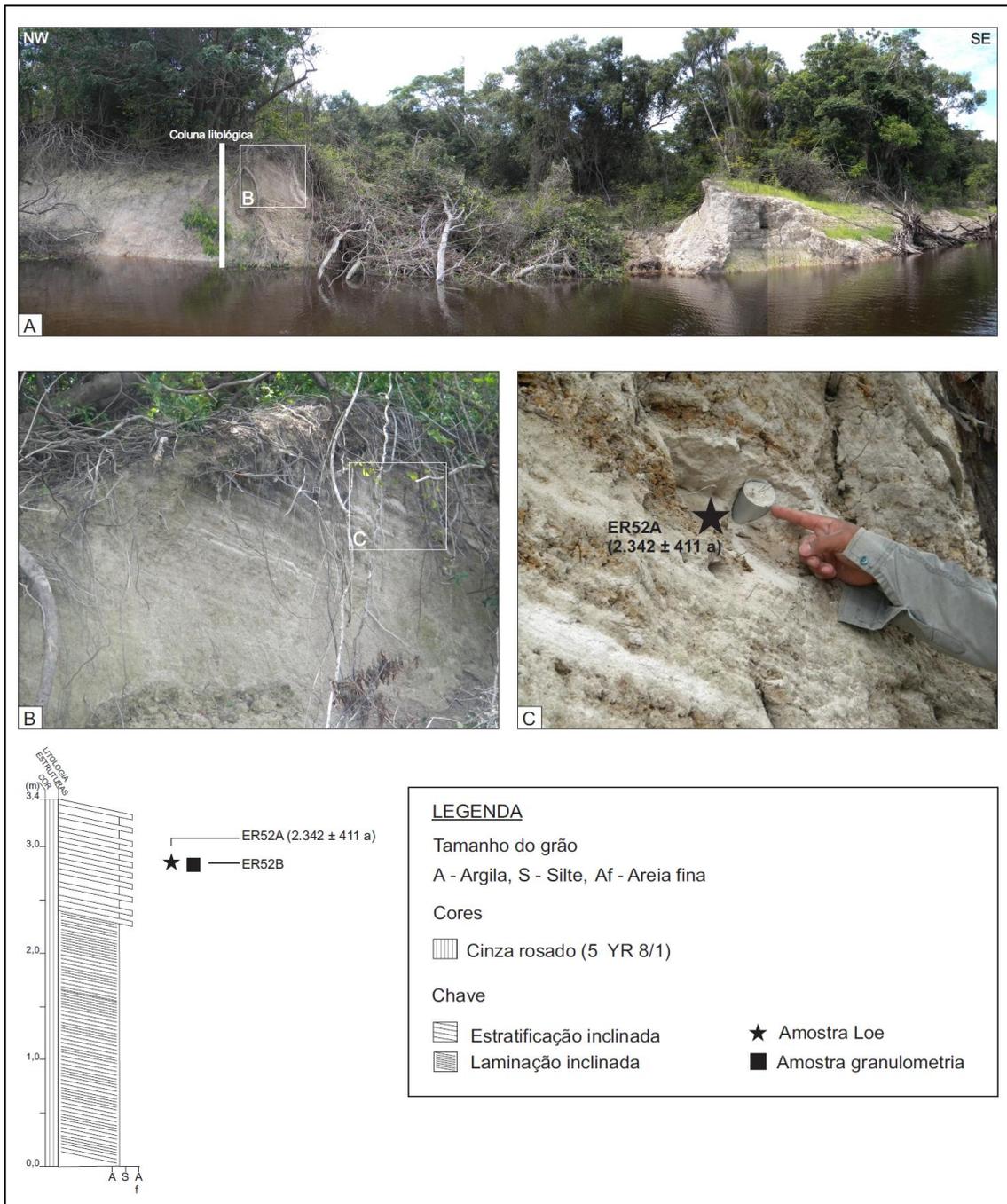


Figura 34 - Seção panorâmica e colunar do ponto ER-52, ilustrando a estratificação heterolítica inclinada interna marcada por intercalações de areia e lama (Ponto ER – 52). Os detalhes B e C indicam os locais de coleta de amostras para LOE e granulometria.

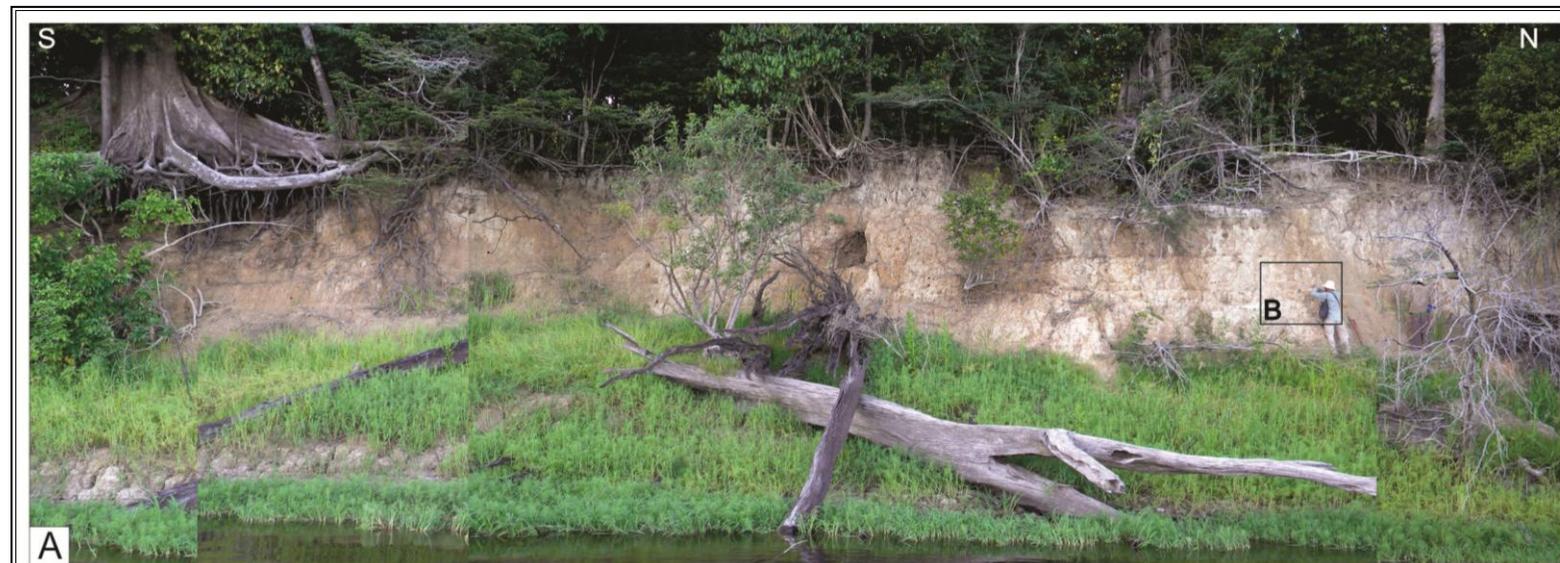


Figura 35 – A) Visão geral do Afloramento ER-062 e no detalhe B o local de coleta para datação por LOE.





Figura 36 - Seção colunar ilustrando a visão geral do afloramento do ponto ER-015 exibido 3 níveis (S1, S2, S3) de paleossolos com carvão. Os detalhe B, C, D e E ilustram os locais de coleta de fragmentos de carvão para datação por radio carbono 14-C.

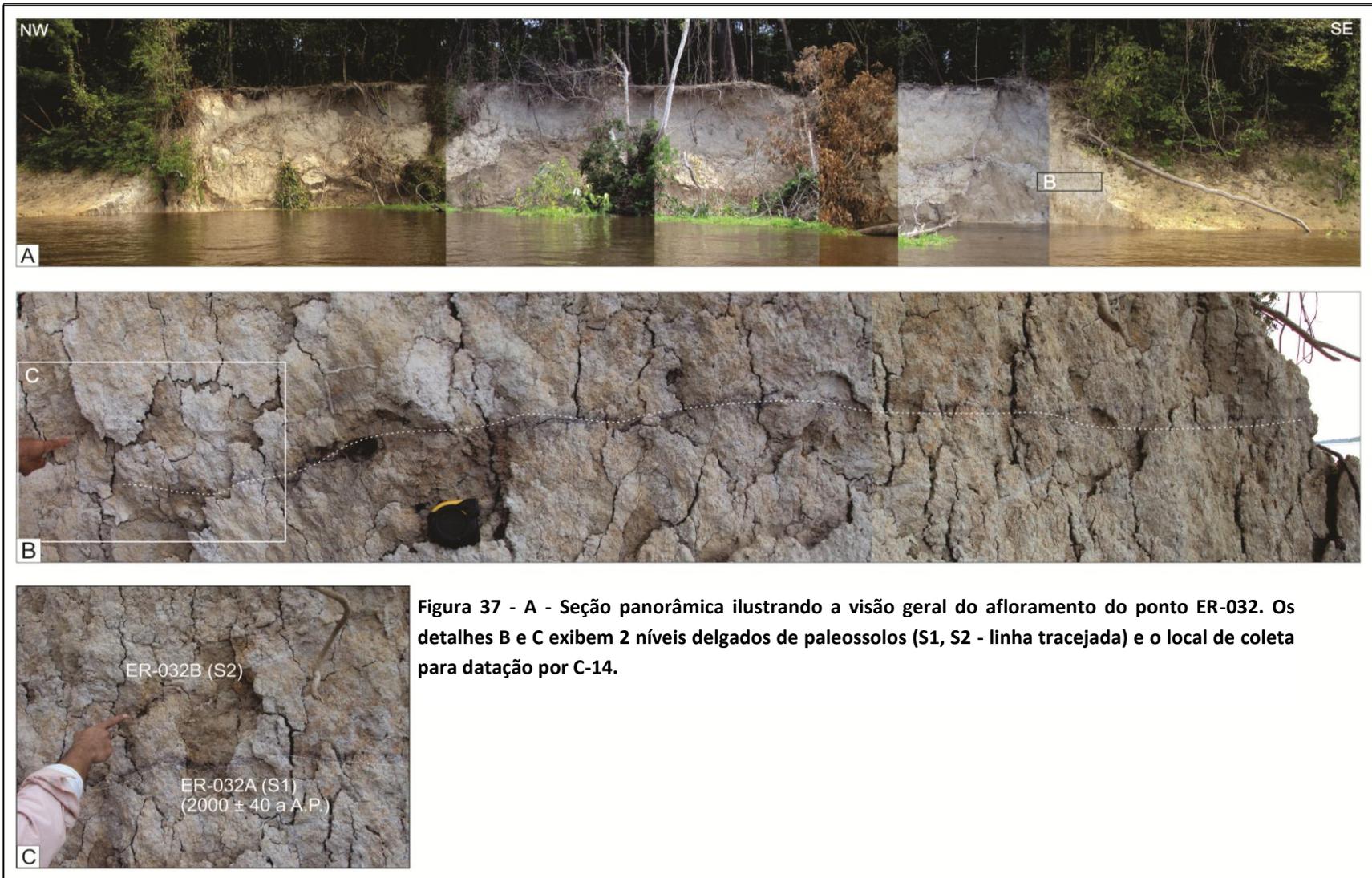
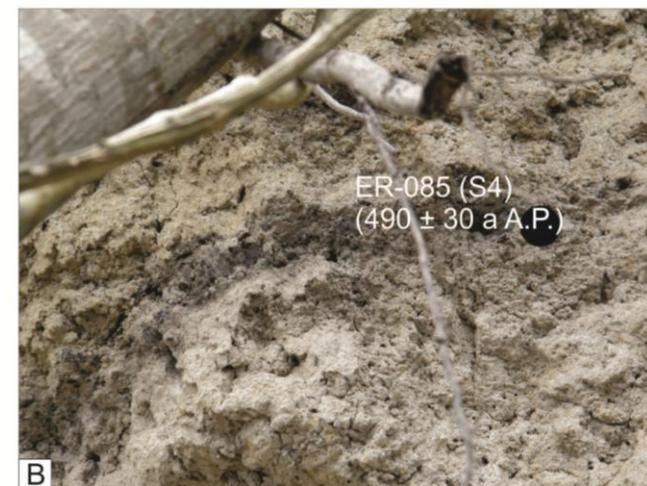




Figura 38 - Seção panorâmica ilustrando o aspecto geral do afloramento do ponto ER-085. A linhas pontilhadas ressaltam os dois níveis de paleossolos com fragmentos de carvão. O detalhe B apresenta o local de coleta para datação por C14.



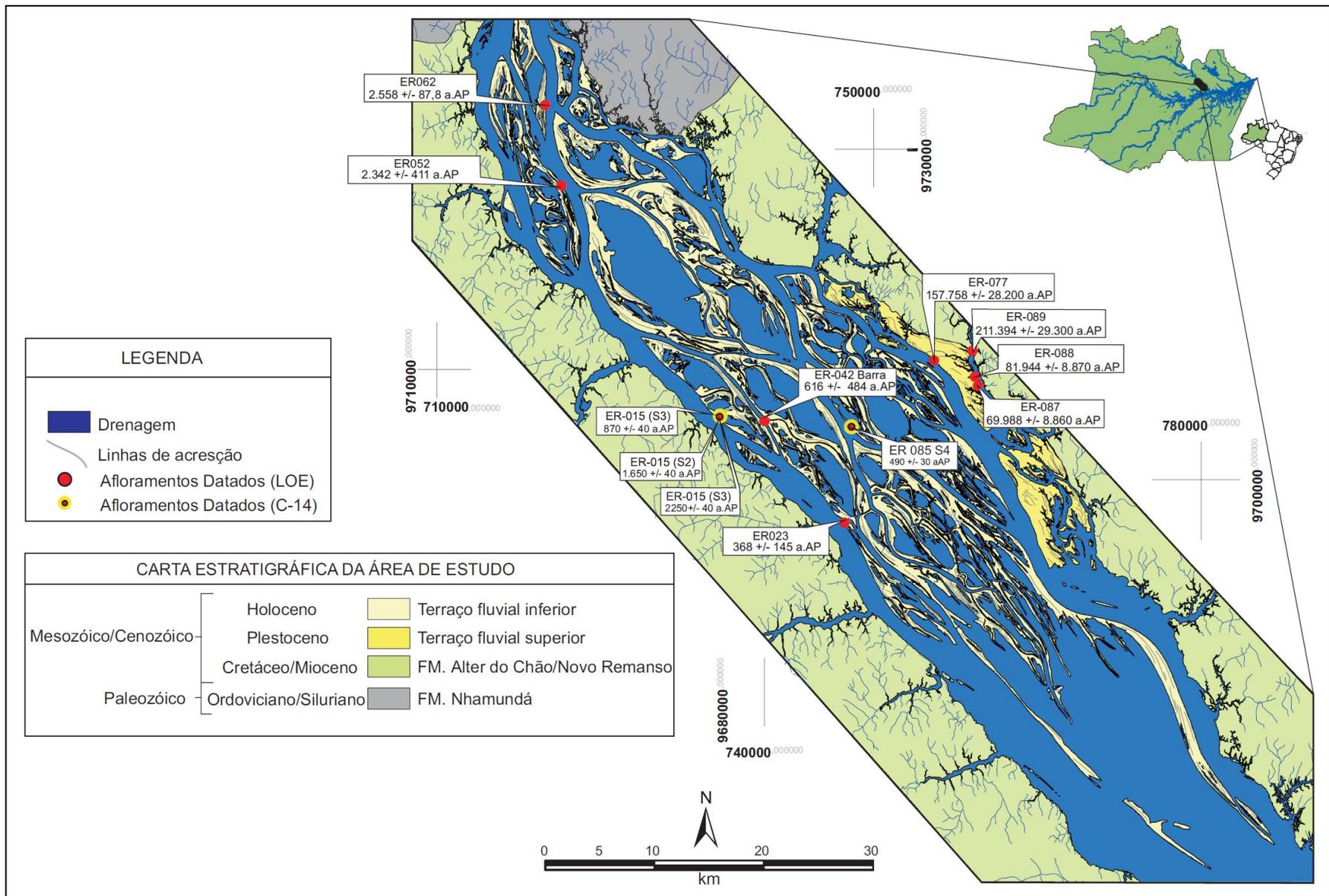


Figura 39 - Mapa Geológico da área de estudo com as idades resultante de datações por C-14 e LOE.

Os resultados das 29 análises granulométricas realizadas no TFI de sedimentos clásticos seguem a escala de classificação proposta de Wentworth (1929), representados por curvas de frequência acumulada e histogramas. Estes resultados exibem a ocorrência de duas populações estatisticamente distintas, relacionadas às frações de camadas arenosas e de lama que compõe as estratificações inclinadas (Figuras 40, 41, 42 e 43). Em geral, a lama é constituída em média por 65% de silte e 30% de argilas e 5 % de areia (Tabela 5 e 6) segundo os parâmetros sugeridos por Folk & Ward (1957) os pelitos foram classificados como silte muito fino a silte fino, variando de pobremente selecionado a muito pobremente selecionado. Sua distribuição granulométrica é predominantemente simétrica com tendências positivas e curtose variando de mesocúrtica a platicúrtica (Tabela 5 e 6). As areias são quartzosas, exibem granulometria fina a média, variam de moderadamente selecionadas a bem selecionadas, com distribuição granulométrica aproximadamente simetria, com curva de distribuição variando de mesocúrtica a platicúrtica. Os dados sugerem que durante a deposição das ilhas que compõem o TFI do Rio Negro, este apresentava baixa velocidade de fluxo que propiciou a deposição por suspensão, principalmente de silte e argila. Entretanto, oscilações irregulares no fluxo, propiciaram a entrada de silte mais grosso e areia muito fina, formando delgadas intercalações (Tabelas 5 e 6, Figuras 40, 41, 42 e 43).

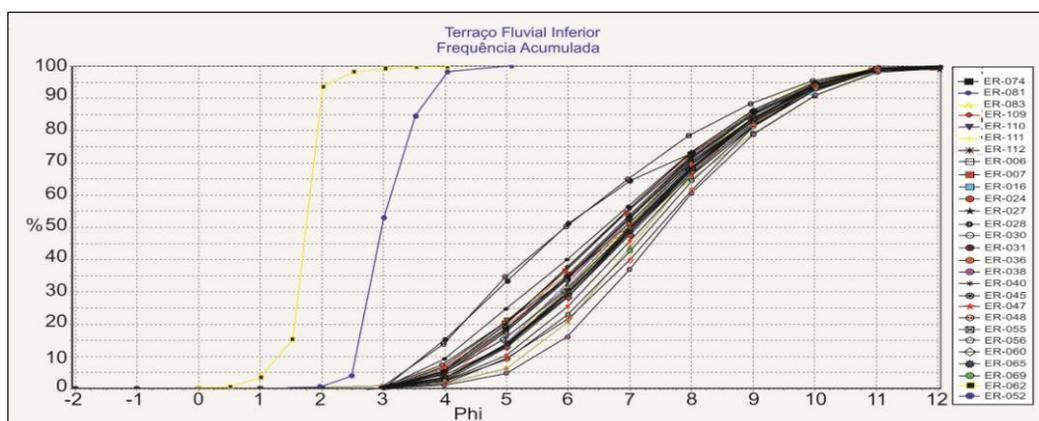


Figura 40 - Gráfico de frequências acumuladas obtido através do software Sysgran 3.0 para as amostras do TFI.

Em geral, os sedimentos lamosos do TFI apresentam ao longo do arquipélago uma distribuição granulométrica homogênea com pequena variação na proporção de areia, silte e argila. Entretanto, variações na concentração de areia foram observadas ao longo do arquipélago, entre seus limites NW e SE. As ilhas na porção NW do

arquipélago possuem concentração maior de areia, enquanto que na porção sul, as amostras apresentam valores proporcionalmente menores, conforme ilustrados nos mapas de tendência granulométrica ao longo do arquipélago representando em planta a distribuição granulométrica, segundo método de interpolação dos dados por krigagem (Figura 44).

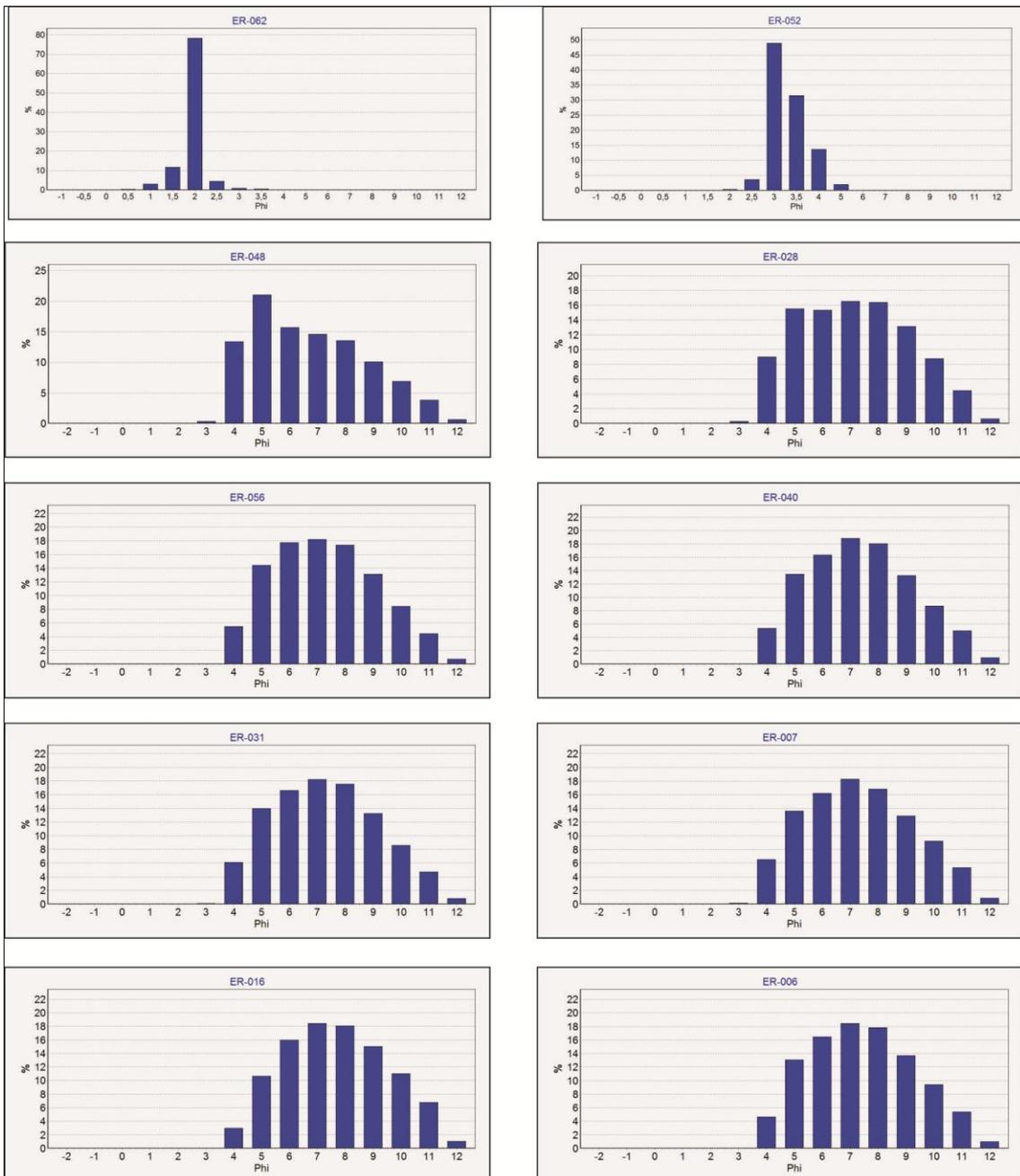


Figura 41 - Histogramas obtidos através do software Sysgran 3.0 para as análises granulométricas das amostras do TFI.

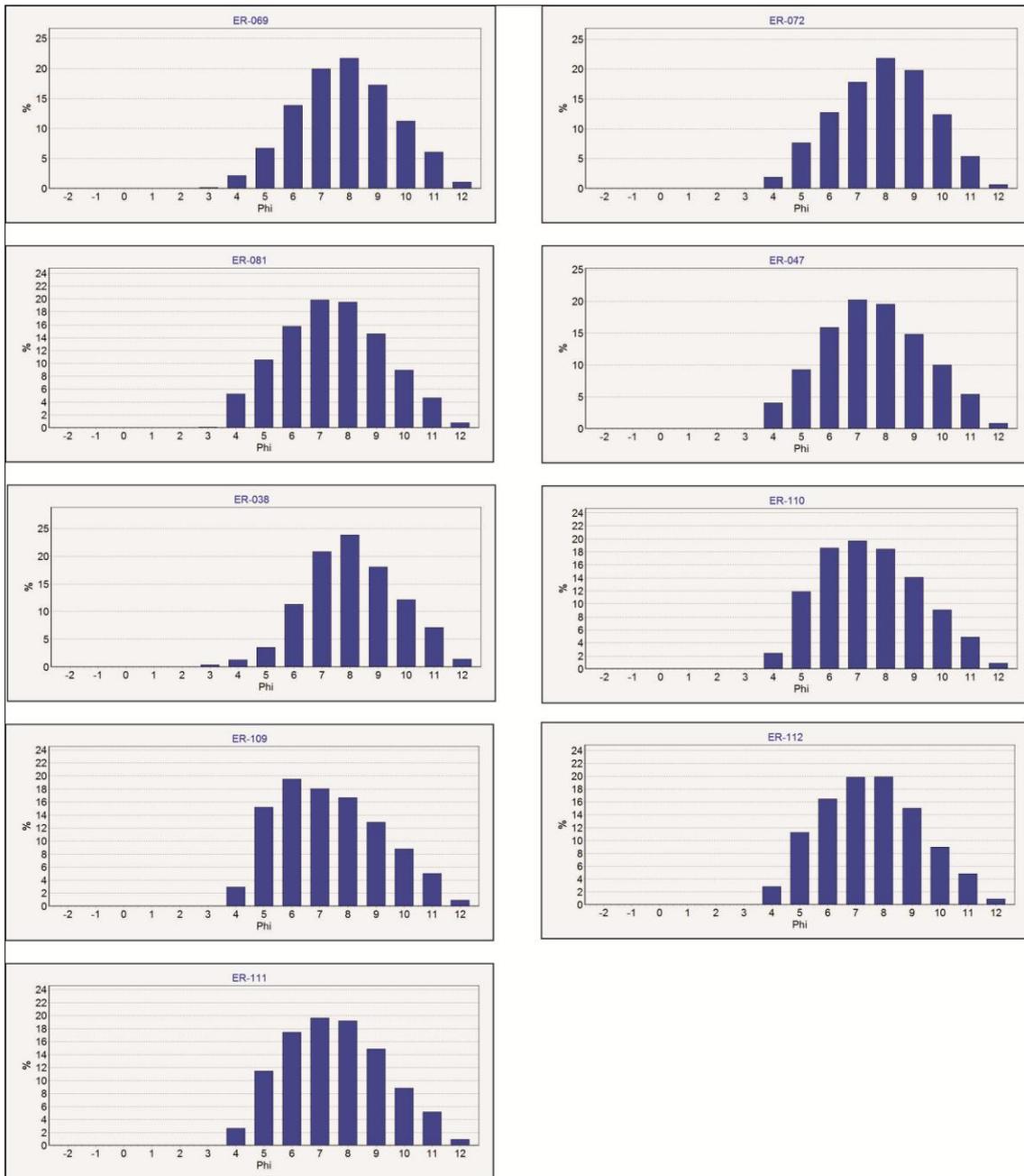


Figura 42 - Histogramas obtidos através do software Sysgran 3.0 para as análises granulométricas das amostras do TFI.

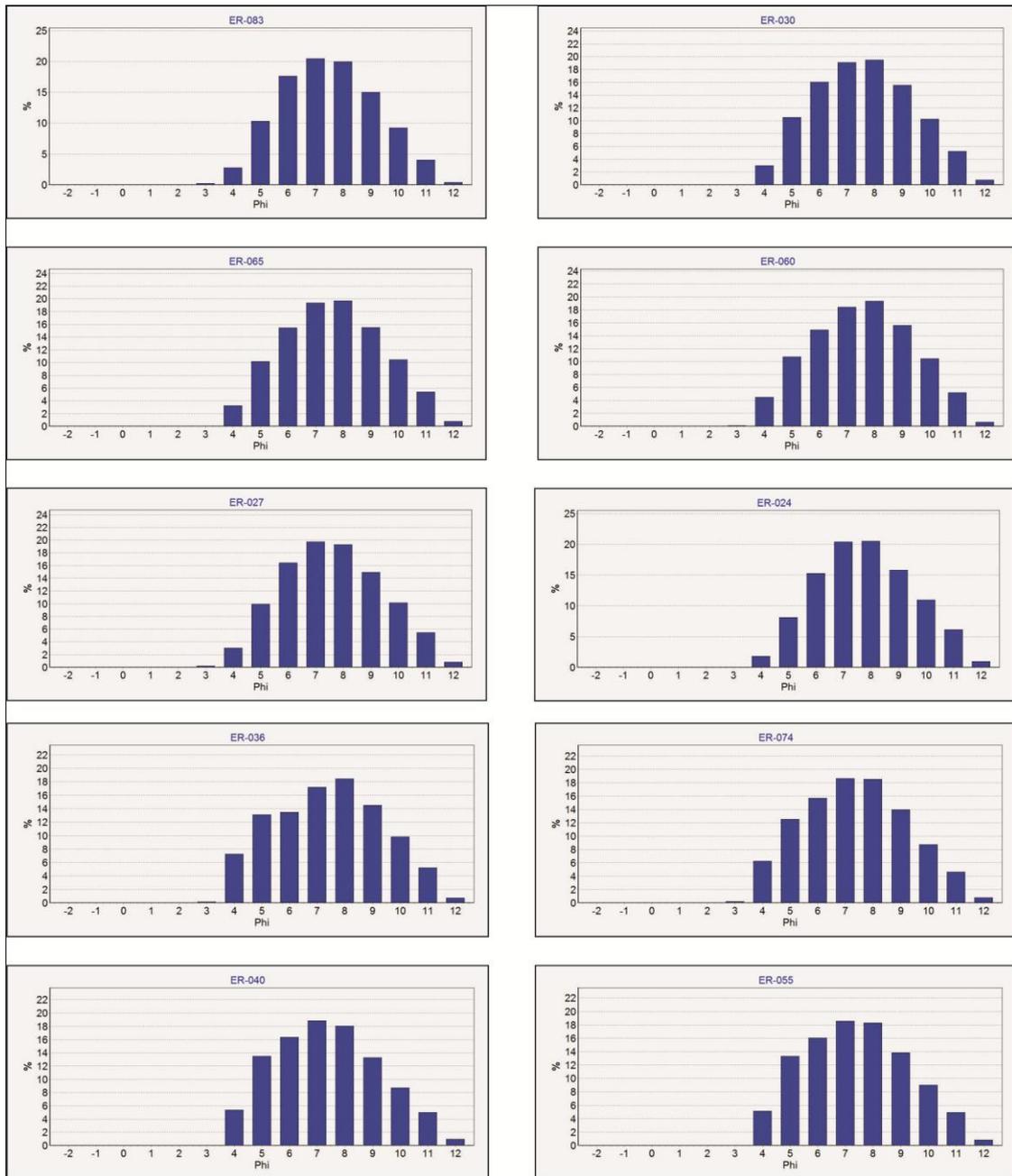


Figura 43 - Histogramas obtidos através do software Sysgran 3.0 para as análises granulométricas das amostras do TFI.

Tabela 5 – Valores dos parâmetros estatísticos obtidos através do software Sysgran 3.0 para as amostras de sedimentos siltyco-argilosos do TFI.

<i>Amostras</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Seleção</i>	<i>Assimetria</i>	<i>Curtose</i>	<i>% Areia</i>	<i>% Silte</i>	<i>% Argila</i>
ER-006	6,904	6,856	1,973	0,06326	0,8842	4,632	65,85	29,52
ER-007	6,794	6,739	2,051	0,05785	0,8952	6,665	64,97	28,36
ER-016	7,17	7,107	1,97	0,05408	0,8863	2,988	63,16	33,86
ER-024	7,265	7,212	1,85	0,04651	0,9464	1,84	64,3	33,86
ER-027	7,081	7,033	1,884	0,04684	0,9175	3,269	65,4	31,33
ER-028	6,622	6,597	2,086	0,03593	0,8491	9,279	63,75	26,97
ER-030	7,084	7,069	1,878	0,02655	0,9035	3,002	65,16	31,84
ER-031	6,762	6,723	1,996	0,05142	0,8951	6,202	66,4	27,4
ER-036	6,857	6,93	2,072	-0,02532	0,8805	7,429	62,24	30,33
ER-038	7,623	7,529	1,699	0,07504	0,9668	1,666	59,56	38,77
ER-040	6,825	6,787	1,976	0,05779	0,9025	5,372	66,7	27,93
ER-045	6,272	5,933	2,226	0,2191	0,7696	15,28	57,93	26,79
ER-047	7,07	7,027	1,89	0,03899	0,9391	4,064	64,96	30,98
ER-048	6,205	5,972	2,103	0,1795	0,8416	13,75	64,83	21,42
ER-055	6,851	6,832	1,962	0,04402	0,8886	5,181	66,23	28,59
ER-056	6,741	6,677	1,949	0,07188	0,8809	5,468	67,78	26,75
ER-060	7,048	7,067	1,926	-0,001987	0,8972	4,609	63,42	31,97
ER-065	7,105	7,091	1,888	0,02213	0,9148	3,257	64,64	32,1
ER-069	7,351	7,336	1,828	0,01293	0,973	2,311	62,08	35,6
ER-072	7,386	7,457	1,798	-0,05634	0,9445	1,905	59,94	38,15
ER-074	6,818	6,822	1,986	0,01524	0,9123	6,476	65,37	28,16
ER-081	6,94	6,925	1,903	0,02003	0,9359	5,339	65,69	28,98
ER-083	6,977	6,932	1,794	0,04147	0,9115	3,002	68,31	28,69
ER-109	6,815	6,684	1,928	0,1274	0,8695	2,974	69,4	27,63
ER-110	6,958	6,867	1,856	0,08976	0,8996	2,4	68,67	28,93
ER-111	6,993	6,944	1,862	0,06311	0,9137	2,622	67,66	29,72
ER-112	7,003	6,98	1,85	0,04043	0,9204	2,84	67,45	29,71

Tabela 6 – Classificação simplificada de Folk & Ward (1957) baseada nos parâmetros estatísticos das amostras de sedimentos silty-argilosos do TFI obtida através do software Sysgran 3.0

<i>Amostras</i>	<i>Classificação</i>	<i>Seleção</i>	<i>Assimetria</i>	<i>Curtose</i>
ER-006	Silte fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
ER-007	Silte fino	Muito pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
ER-016	Silte muito fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
ER-024	Silte muito fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-027	Silte muito fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-028	Silte fino	Muito pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
ER-030	Silte muito fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-031	Silte fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
ER-036	Silte fino	Muito pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
ER-038	Silte muito fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-040	Silte fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-045	Silte fino	Muito pobrememente selecionado	Positiva	Platicúrtica
ER-047	Silte muito fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-048	Silte fino	Muito pobrememente selecionado	Positiva	Platicúrtica
ER-055	Silte fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
ER-056	Silte fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
ER-060	Silte muito fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
ER-065	Silte muito fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-069	Silte muito fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-072	Silte muito fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-074	Silte fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-081	Silte fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-083	Silte fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-109	Silte fino	Pobrememente selecionado	Positiva	Platicúrtica
ER-110	Silte fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
ER-111	Silte fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-112	Silte muito fino	Pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica

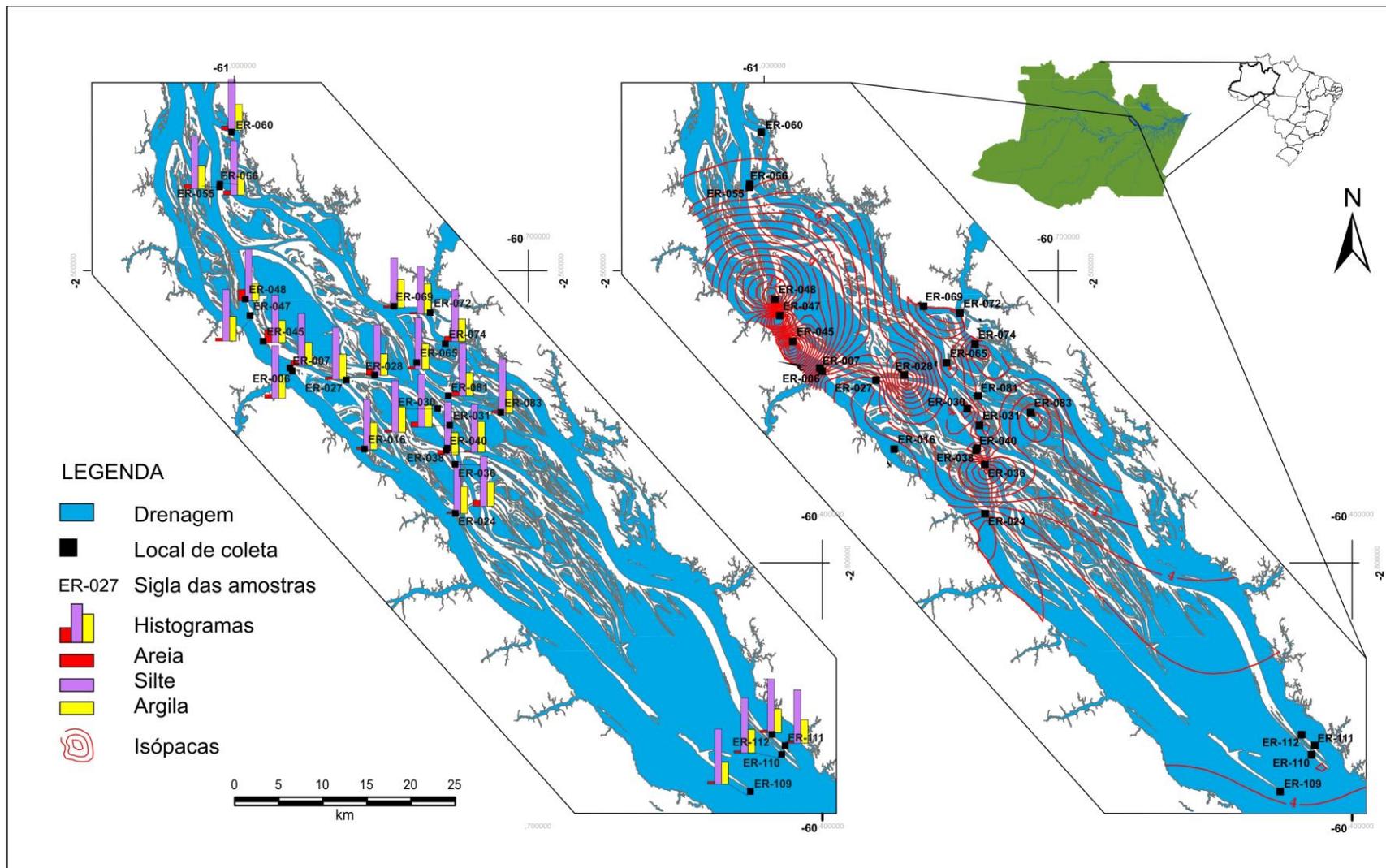


Figura 44 – Mapas ilustrando a tendência granulométrica ao longo das ilhas do arquipélago. A) Mapa apresentando histogramas com distribuição das classes granulométricas areia, silte e argila. B) Mapa de isópacas ilustrando a concentrações das frações arenosas.

4.2.3 BARRAS ARENOSAS

As Barras arenosas ou bancos de areia ocorrem dispersos em todo o arquipélago, com maior frequência na porção norte do mesmo (Figura 45). Em geral as barras estão depositadas lateralmente próximas às ilhas, em áreas de sobra hidrodinâmica na entrada de paranás ou furos, por vezes, obstruindo-os (Figuras 45, 46 e 47). Os bancos de areia apresentam forma alongada, arqueada e paralela às ilhas, com até 1000 m de comprimento e 100 m de largura e exibem espessura aflorante de até 2,0 m, emergindo durante o período de vazante do Rio Negro. Essas barras fluviais exibem dunas com cristas e depressões apresentando comprimento de onda de dezenas de metros. Internamente, as barras são constituídas de sedimentos arenosos inconsolidados, quartzosos, com camadas exibindo estratificação cruzada tabular.

De acordo os parâmetros sugeridos por Folk & Ward (1957), as areias das barras arenosas exibem granulometria variando de fina a grossa (Figuras 48 e 49), com seleção moderada a muito bem selecionada, assimetria negativa e positiva e curtose variando de leptocúrticas, mesocúrticas e plasticásticas. Esses parâmetros indicam um aumento no fluxo do Rio Negro, que induziu o transporte de sedimentos arenosos grossos e finos, gerando uma mistura das populações observadas. (Tabela 7).

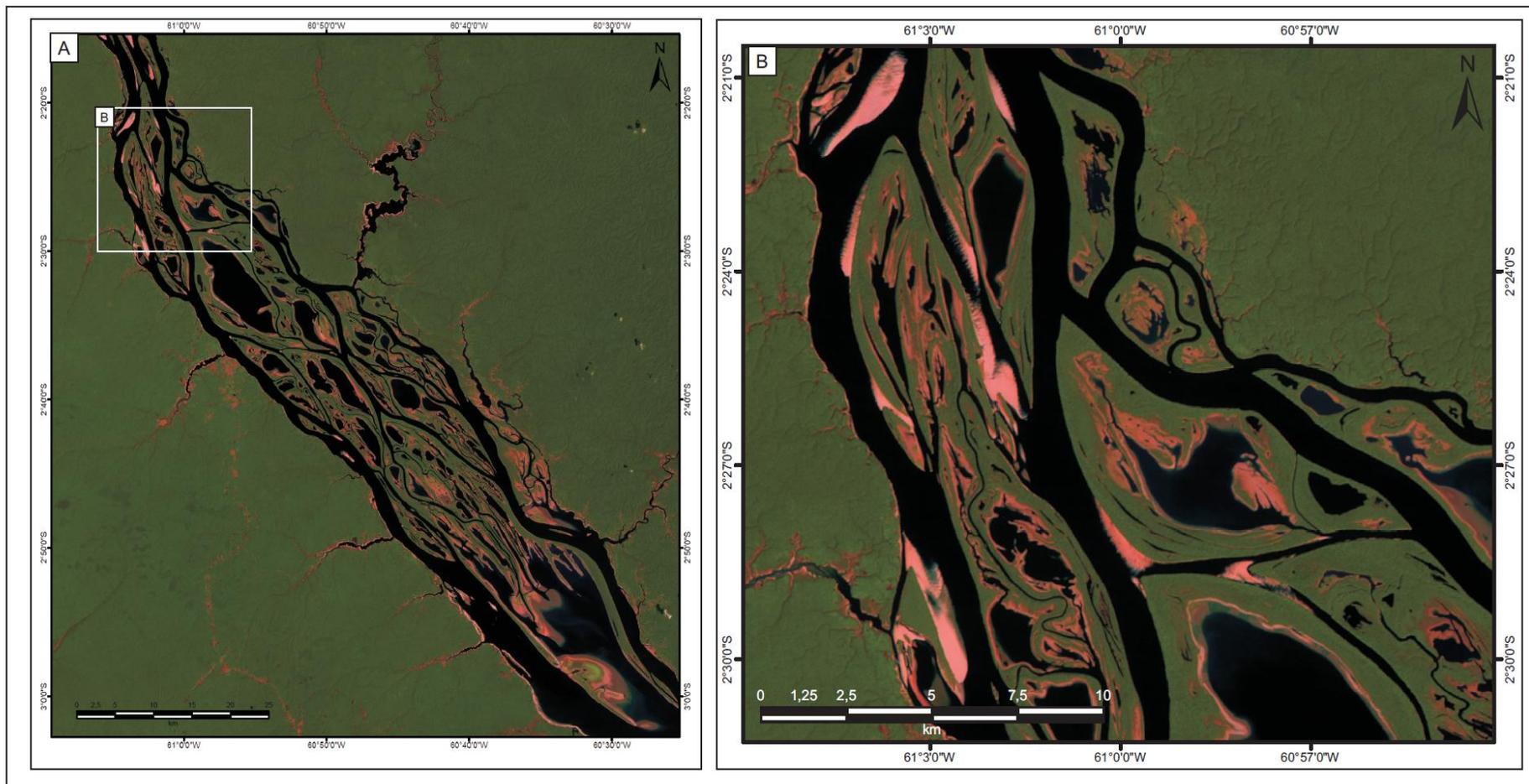


Figura 45 - A) Imagem Landsat 5 TM de 29/11/2009, ilustrando a disposição geral na tonalidade avermelhada das barras arenosas ao longo do Arquipélago de Anavilhanas. O detalhe B exibe as barras arenosas na parte norte do arquipélago, dispostas lateralmente em zonas de sombra hidrodinâmica e ou obstruindo furos e paranás (Fonte: WWW.dgi.inpe.br).

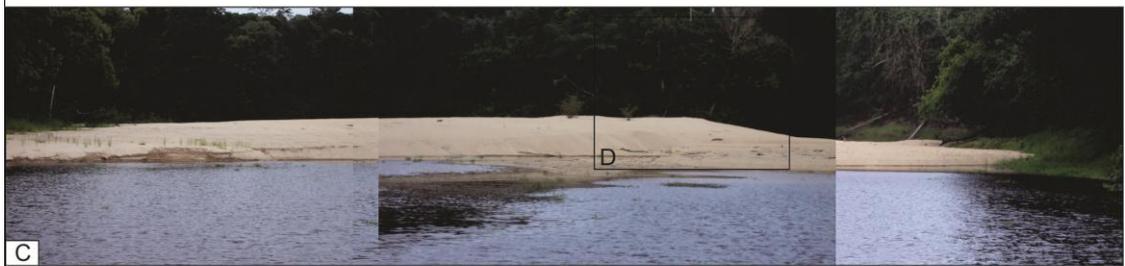


Figura 46 - Barras arenosas com centenas de metros de extensão no Arquipélago de Anavilhanas ilustradas nas seções panorâmicas A, B (Ponto ER-008) e C (ponto ER-046). Nos detalhes D (Ponto ER-046) ilustrando barra arenosa associada a um furo.



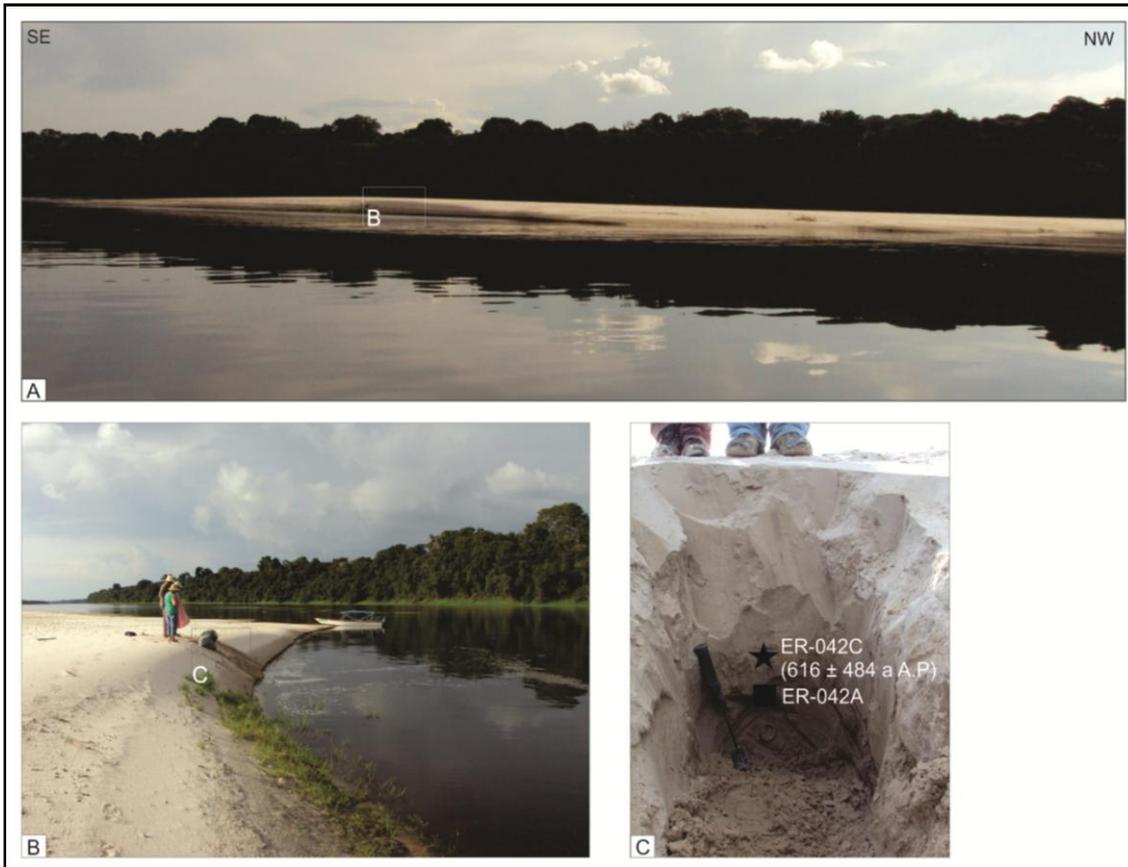


Figura 47 - A) Seção panorâmica ilustrando morfologia da barra arenosa do Ponto ER-042. Os detalhes B e C mostram o local de coleta para datação por LOE.

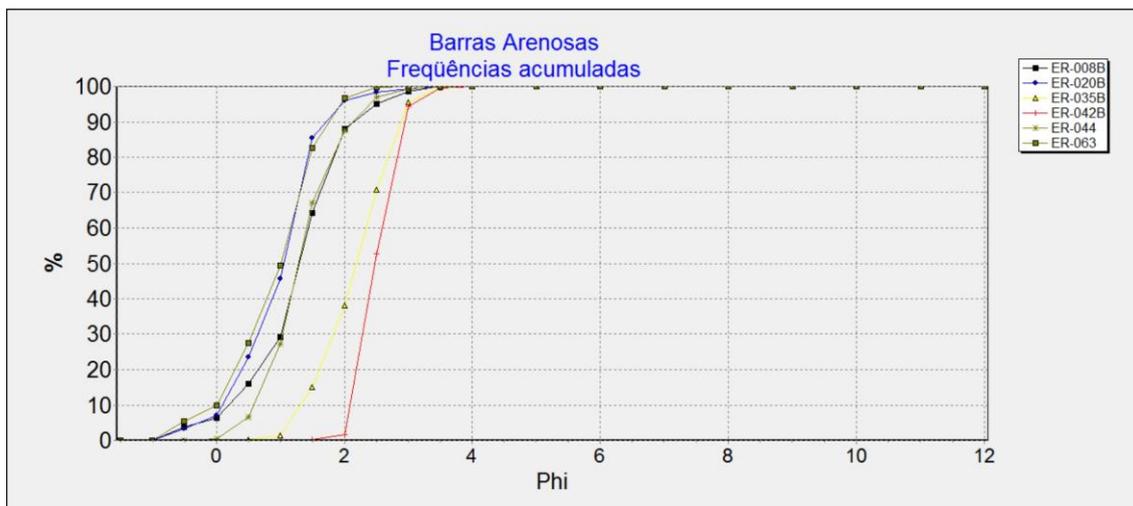


Figura 48 - Gráfico de frequências acumuladas obtido através do software Sysgran 3.0 para as amostras das barras arenosas.

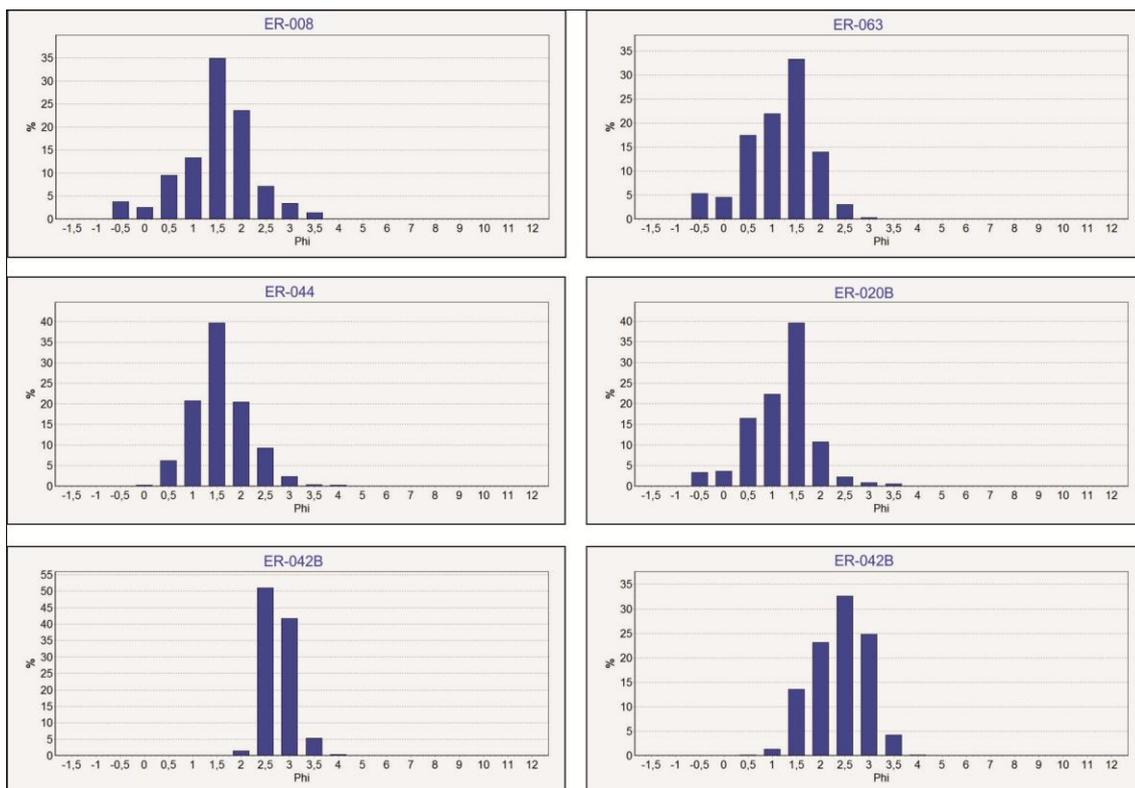


Figura 49 - Histogramas obtidos através do software Sysgran 3.0 para as análises granulométricas de amostras das barras arenosas.

Tabela 7 – Classificação simplificada de Folk & Ward (1957) baseada nos parâmetros estatísticos das amostras das barras arenosas, obtidas através do software Sysgran 3.0

<i>Amostras</i>	<i>Classificação</i>	<i>Seleção</i>	<i>Assimetria</i>	<i>Curtose</i>
ER-008B	Areia média	Moderadamente selecionado	Negativa	Leptocúrtica
ER-020B	Areia grossa	Moderadamente selecionado	Negativa	Mesocúrtica
ER-035B	Areia fina	Moderadamente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
ER-042B	Areia fina	Muito bem selecionado	Positiva	Platicúrtica
ER-044	Areia média	Moderadamente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
ER-063	Areia grossa	Moderadamente selecionado	Negativa	Mesocúrtica

4.3 ANÁLISE DE FÁCIES SEDIMENTARES

Os afloramentos analisados permitiram individualizar duas fácies sedimentares no TFS e duas fácies no TFI. A síntese das litofácies, processos de formação e interpretação está representada de forma sistemática na tabela 8.

Tabela 8 – Síntese das litofácies das unidades sedimentares estudadas

UNIDADE	FÁCIES	SIGLA	ESTRUTURAS	FORMA DO CORPO	LITOLOGIA	PROCESSOS	INTERPRETAÇÃO
Terraço Fluvial Superior	Silte Argiloso maciço	SAM	Acamamento maciço	Camada métrica, com formas de cordões encurvados	Silte Argiloso	Deposição por decantação das partículas em suspensão em ambiente de baixa energia	Planície de inundação e canais abandonados
	Areia com estratificação cruzada	AFMec	estratificação cruzada acanalada	Camada métrica, com formas de cordões encurvados	Areia fina a média com granulos e pequenos seixos dispersos	transporte por tração e saltação	Ambiente fluvial de baixo fluxo com migração de canal.
Terraço Fluvial inferior	Silte Argiloso maciço, com estratificação ou laminação e níveis de palossolos com fragmentos de carvão	SAMel	Acamamento maciço, laminações ou estratificações inclinadas	Cordões sinuosos ou retilíneos com barranco abrupto na margem	Silte argiloso com intercalações de camadas de até 13 cm de areia fina a muito fina	Deposição por decantação das partículas em suspensão em ambiente de baixa energia. Paradas na sedimentação e paleoqueimadas são marcadas pelo desenvolvimento dos paleossolos.	Diques marginais e planícies com exposições subaéreas.

A análise e associações de fácies sugerem que as intercalações de areia e lama do TFS podem ser associadas à alternância de processos trativos e de suspensão formando os componentes grossos e finos da estratificação heterolítica inclinada, associados ao desenvolvimento de barras em pontal. Em planta, as barras exibem morfologia deposicional de cristas e depressões, definida por linhas de acreção lateral.

As lamas (com pouca areia associada) maciças e/ou com laminação inclinada do TFI são depositadas no estágio de máxima inundação, onde as águas ficam estagnadas ocorrendo à desaceleração do fluxo, permitindo a deposição dos sedimentos finos de suspensão associadas ao desenvolvimento de diques marginais e planícies aluviais de um sistema de deltas retilíneos. A suave inclinação das camadas reflete a declividade em direção a parte mais profunda dos canais e lagos.

4.4 GEOQUÍMICA DO TERRAÇO FLUVIAL INFERIOR DO ARQUIPÉLAGO DE ANVILHANAS

As análises químicas por reativação de nêutrons foram usadas na detecção das concentrações dos elementos traços As, Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, K, La, Lu, Na, Nd, Rb, SB, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, U, Yb e Zn, (Tabela 9) realizadas em 24 amostras coletadas do TFI (Tabela 9). Os dados foram tratados inicialmente por meio da amostragem estatística por *clusters* em um dendograma. Os resultados das análises discriminantes permitiram discriminar três grupos distintos nesta unidade, destacados pelas cores azul (ER027, ER047, ER055, ER056, ER060, ER065, ER069, ER081, ER083, ER119), vermelho (ER027, ER047, ER055, ER056, ER060, ER065, ER069, ER08, ER083, ER119) e verde (ER016, ER024, ER036, ER030, ER038, ER040, ER072) (Tabela 9, Figura 50). Entretanto, as análises ainda são insuficientes para elucidar as diferenças observadas entre os grupos, as quais podem estar relacionadas à coleta em níveis estratigráficos diferentes e variação do aporte sedimentar durante a deposição do TFI.

Tabela 9 – Tabela com resultado da análise por ativação de nêutrons.

Análise Química																								
Amostras	As	Ba	Ce	Co	Cr	Cs	Eu	Fe, %	Hf	K, %	La	Lu	Na, %	Nd	Rb	Sb	Sc	Sm	Ta	Tb	Th	U	Yb	Zn
ER-060 A (TFI)			93,17	7,76	56,86	5,77	1,12	1,99	17,2	1,07	53,74	0,55	0,053	36,09	82,45		13,82	8,14	1,91	0,53	17,07	4,44	2,95	79,95
ER-027 A (TFI)			122,35	6,57	64,42	6,12	1,47	2,41	11,64		66,8	0,62	0,034	53,13	69,57		14,99	8,95	2,37	1,06	19,66	4,17	3,93	70,38
ER-055 (TFI)			103,8	8,94	73,95	5,82	1,29	2,47	15,12		56,34	0,56	0,091	32,7	82,24		15,98	7,95	2,18	0,79	20,57	4,16	3,7	90
ER-069 (TFI)			98,41	9,12	71,66	6,65	1,26	2	10,57		58,95	0,46	0,07	47,76	75,67		16,96	3,42	2,21	0,99	21	4,79	3,18	86,45
ER-047 B (TFI)			142,97	8	71,6	5,96	1,66	1,93	12,07	1,2	74,39	0,77	0,042	63,82	92,87		15,9	9,35	2,32	1,7	18,63	4,18	4,34	77,43
ER-065 B (TFI)			112,99	8,68	76,62	5,64	1,46	2,62	13,86	1,3	65,77	0,69	0,05	35,45	91,08		16,35	8,71	2,23	0,81	19,89	5,11	3,72	96,11
ER-081 B (TFI)			99,86	10,03	69,84	5,72	1,23	3,34	13,25	1,34	57,18	0,56	0,12	29,23	91,53		15,83	9	2,38	0,72	18,97	4,05	3,61	86,81
ER-083 B (TFI)			92,83	9,38	101,81	5,72	1,25	3,81	12,41	1,27	57,2	0,66	0,06	64,69	92,89		17,53	7,85	2,4	1,31	20,05	4,52	3,71	80,27
ER-119 (TFI)	284,9		87,6	6,7	68	5,5	1	1,8	13,2	1,3	55,3	0,5	0,06	53,9	80,7		13,4	6,4	2,5	0,8	18,3	5,2	3,3	61,7
ER-120 (TFI)	280,4		115,2	8,2	75,7	6,2	1,5	2,4	7,8	1,3	69,4	0,5	0,04	32,7	82,8		16,3	8,4	2,2	1,2	19,3	5,3	3,6	79,9
ER121 (TFI)	216,6		86,8	5,8	59,2	4,8	1,2	1,6	21,3	1,6	51,8	0,7	0,13	37,7	72,5		12,7	6,7	2,2	0,9	19,6	5,6	4,2	49,2
ER-007 (TFI)			80,5	7,31	44,4	4,36	1,23	1,37	17,13	1,18	56,21	0,68	0,084	37,9	55,95		12,4	16,68	1,81	1	19,34	4,38	4,04	68,29
ER-031 (TFI)			83,82	7,36	54,82	3,99	1,22	1,84	17,99	0,96	49,61	0,56	0,11	44,23	71,49		13,16	4,3	1,64	1,02	17,25	5,06	3,34	79,42
ER-028 A (TFI)			65,68	5,96	57,27	3,59	0,86	2,18	19,34		37,23	0,56	0,094	26,93	55,1		10,95	5,35	1,64	0,74	14,45	4,23	3,39	57,31
ER-045 B (TFI)			80,83	14,92	59,76	4,54	1,08	1,41	12,66		49,98	0,52	0,13	30,92	60,35		13,13	6,87	1,92	0,85	16,87	3,53	3,05	
ER-074 B (TFI)			97,33	8,59	67,4	5,23	1,2	2,34	18,82	1,5	52,57	0,71	0,13	46,23	80,64		14,72	6,97	1,5	1,59	19,21	4,1	3,81	80,9
ER-030 A (TFI)			59,45	8,89	64,71	5,9	1,05	2,56	5,42	0,19	61,5	0,68	0,054	36,59	38,7		15,69	13,98	1,91	0,28	18,46	5,06	3,51	69,51
ER-036 A (TFI)			74,49	3,95	43,11	4,92	0,81	1,55	17,3	0,93	46,86	0,51	0,048	29,74	44,58		9,41	5,16	1,65	0,5	12,27	4,5	2,96	43,28
ER-024 B (TFI)			87,92	6,53	58,74	6,71	1,37	1,38	11,95	1,14	64,21	0,63	0,058	56,17	50,84		13,53	9	2,36	0,24	16,54	6,08	3,44	67,67
ER-038 (TFI)			79,14	5,56	62,05	5,44	0,92	1,48	6,97		63,35	0,38	0,036	25,67	45,67		14,24	5,62	2,77		21,14	5,8	2,29	66,78
ER-040 (TFI)			111,55	5,4	63,5	5,92	1,27	0,47	17,6		61,74	0,67	0,041	47,2	59,93		13,77	5,22	2,28	1,06	18,39	5,24	3,91	72,27
ER-072 (TFI)			111,65	8,33	93,78	4,7	0,97	3,76	15,33		50,9	0,48	0,013	19,08	45,13		18,11	4,19	2,41	0,36	19,26	4,82	2,82	80,73
ER-016 (TFI)			78,33	4,44	52,8	5,09	1,26	1,24	14,34	0,58	60,58	0,56	0,058	52,41	38,24		11,44	9,49	2,57	0,87	15,47	5,29	3,49	44,39

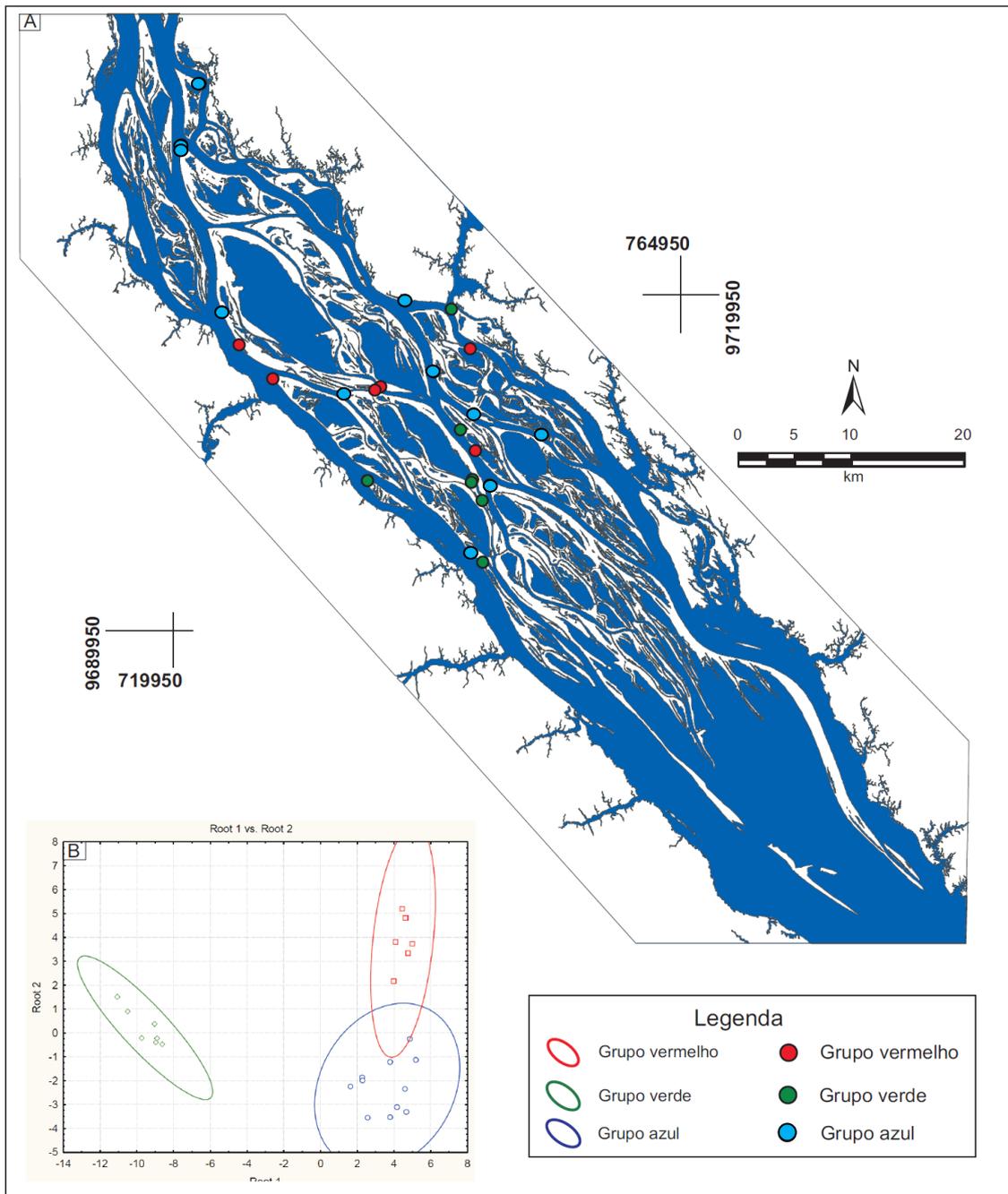


Figura 50 - A) Mapa com a localização das amostras usadas na análise química. B) Análise discriminante mostrando 3 grupos quimicamente distintos.

4.5 TAXA DE SEDIMENTAÇÃO NO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS

Atualmente, não existem estudos sobre a taxa de sedimentação das ilhas de Anavilhanas. Este parâmetro é difícil de ser determinado pois o processo de sedimentação pode variar, entre deposição rápida e lenta, não deposição ou erosão ao longo do tempo (Suguio 2003). De acordo com este autor, a taxa de deposição é a relação entre a espessura depositada de sedimentos em um determinado intervalo de tempo. Como exemplo de aplicação, cita-se o estudo de Lima *et al.* (2011) que determinaram dois valores de taxa de sedimentação (3,7 e 6,0 mm/ano) nos últimos 70 anos para o estuário Jacuípe (Bahia), prevendo ainda seu total preenchimento em 300 anos.

As taxas de sedimentação obtidas nas ilhas indicam que a deposição não foi contínua e apresentou interrupções, evidenciadas pelo registro de 4 níveis de paleossolos com fragmentos de carvão (**S1** - 2.250 a 2.000 anos AP, **S2** - 1650 anos AP, **S3** - 870 anos AP e **S4** - 490 anos AP), os quais foram associados à paleoquemadas holocênicas que ocorreram na Amazônia (conforme discutido no item 3.10). Portanto, usando a razão entre a espessura dos 3 intervalos (S1-S2, S2-S3 e S3-S4) e as idades dos níveis de paleossolos limitantes, obteve-se 3 valores distintos de taxa de sedimentação, indicando que a deposição não foi contínua e uniforme ao longo do perfil estudado da Figura 51 (pontos ER015 e ER085). As taxas de sedimentação obtidas para os intervalos S1-S2, S2-S3 e S3-S4 foram de 1,3 a 2,3 mm/ano, 3,1 mm/ano e 5,5 mm/ano, respectivamente. Em geral, esses valores de taxa foram mais baixos que os definidos para a foz do Rio Amazonas (entre 4,2 a 17,6 mm/ano) por Nery (2009) e para a Baía de Antonia, no Paraná (taxa de 26 mm/ano) por Odriski *et al.* (2003).

Considerando que a água preta do Rio Negro transporta uma quantidade insignificante de material em suspensão (Forsberg *et al.* 1988) e comparando com os valores de taxa de sedimentação obtidos para a deposição do TFI, pode-se considerar que no início da deposição das ilhas do arquipélago, este rio transportava uma quantidade maior de material em suspensão, conforme já enfatizado por Franzinelli & Latrubesse (2003). Entretanto, a sedimentação das ilhas foi interrompida algumas vezes em função rebaixamento do nível do rio durante os períodos mais secos, onde ocorreram queimadas no arquipélago, que originaram os paleossolos descritos. As idades dos

paleossolos estudados são correlatas com os períodos secos descritos para a região Amazônica (Absy 1979, Absy *et al.* 1993, Sá 2010, Moreira *et al.* 2009 e Turc *et al.* 2007) , bem como com as paleoqueimadas relacionadas (Santos *et al.* 1999), conforme correlação definida na figura 51.

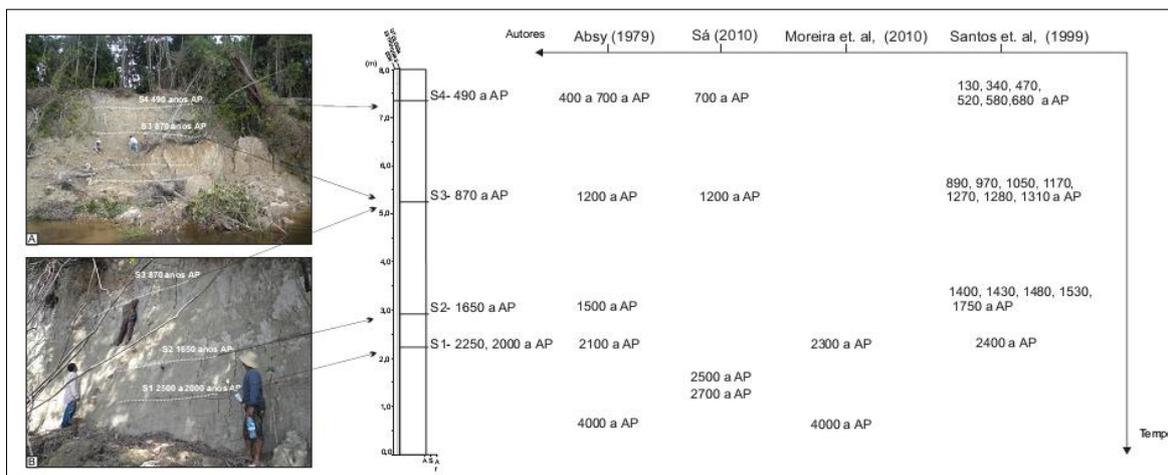


Figura 51 - Relação entre as idades dos níveis de paleossolos encontrados nas Ilhas de Anavilhanas e os períodos secos (Absy 1979, Sá 2010, Moreira *et al.* 1999) e paleoqueimadas (Santos *et al.*, 1999) descritas na Amazônia. Os detalhes A e B mostram os locais ER085 e ER015, respectivamente.

4.6 ANÁLISES BITEMPORAL DO SISTEMA DELTAICO DA PORÇÃO NORTE DO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS

Esta análise se baseou na superposição das imagens Landsat-5/TM do intervalo de 12/11/1991 a 29/11/2009 nas ilhas do TFI, porção norte do arquipélago (Figura 4.35). Os dados não mostraram feições de acreção lateral e/ou erosão significativas das ilhas analisadas. Os processos erosivos nas ilhas são imperceptíveis no intervalo de tempo analisado (18 anos), entretanto, desmoronamentos de barrancos foram observados no trabalho de campo, os quais podem ser associados a erosão na base do barranco, que causa a ruptura e perda de sustentação basal, por colapso gravitacional, conforme ilustrado nas figuras 37 e 38. Na Amazônia, este processo é conhecido como “terras caídas”, conforme as descrições de Labadessa (2011) e Carvalho (2006), para rios de água branca e preta.

A análise bitemporal ilustrada nas figura 52 e 53, mostra o padrão de elevada estabilidade das ilhas e corrobora com as interpretações de Alves (2013) no arquipélago.

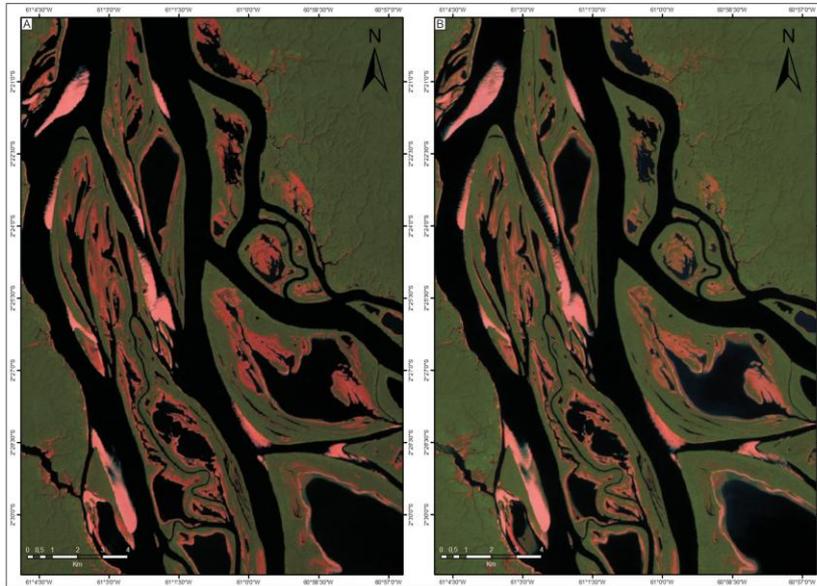


Figura 52 -Imagens Landsat 5/TM apresentando um padrão de desenvolvimento lento com sutis diferenças nas áreas de deposição para o intervalo entre 12/11/1991 a 29/11/2009. A) Imagens Landsat 5/TM de 12/11/1991. B) Imagens Landsat 5/TM de 29/2009. Fonte:

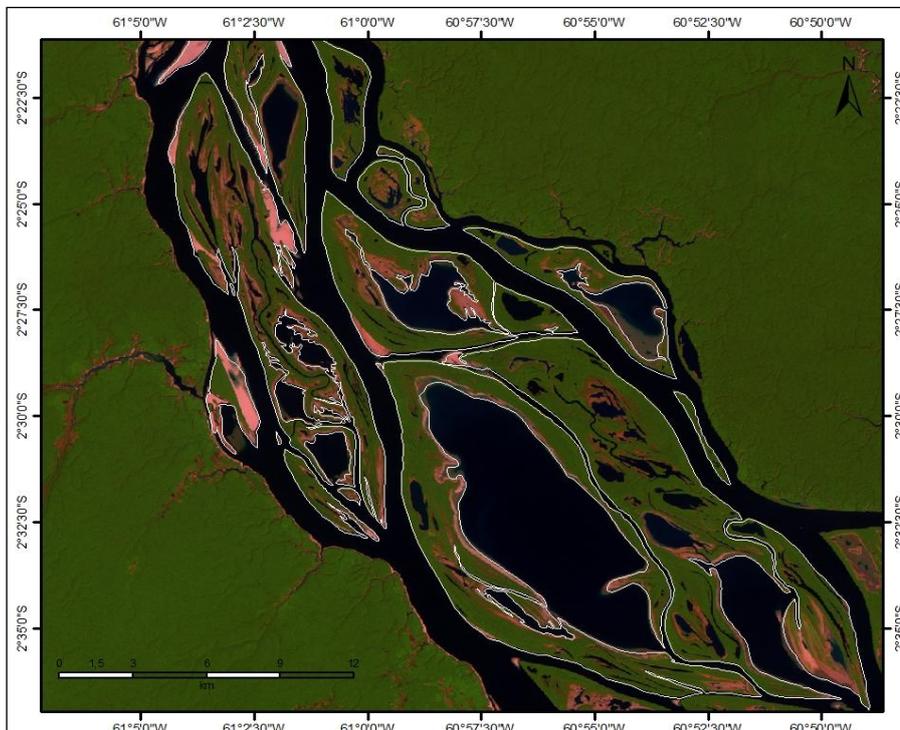


Figura 53 - Imagem Landsat 5/TM de 29/11/2009 destacando as ilhas da parte norte do Arquipélago de Anavilhanas. As linhas brancas mostram os contornos das ilhas em imagem de 12/11/1991. Fonte: WWW.dgi.inpe.br.

4.7 EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DO TRECHO INFERIOR DO RIO NEGRO

A história geológica pleistocena-holocena da região do baixo curso do Rio Negro não está completamente definida. Seu desenvolvimento está diretamente vinculado à evolução tectônica da Cadeia Andina dentro da Placa Sul-Americana, que tem influenciado nas taxas de soerguimento e subsidência tectônica das bacias amazônicas (Bezerra 2003, Soares 2007). Neste estudo, é proposto um modelo de evolução geológica para os últimos 400.000 anos AP, conforme os estágios (1 a 6) ilustrados na Figura 54, dando enfoque a sedimentação quaternária do Arquipélago de Anavilhanas.

No **estágio 1** deste modelo, acerca de 400.000 anos AP (Pleistoceno Médio a Inferior), a implantação de uma regime distensional na Amazônia Central reativou falhas pré-existentes no substrato cretáceo e mioceno, de direções E-W, NW-SE e NE-SW. Estas falhas, associadas ao sistema transtensional da zona de confluência dos rios Negro e Solimões, permitiram o desenvolvimento de bacias transtensivas (incluindo a de Anavilhanas e os *grabens* GPA e GCP definidos por Soares 2007) e reorganizaram a rede de drenagem nesta região, permitindo a implantação inicial do Rio Negro em zona de falha de direção geral NW-SE (Estágio 2). Após a abertura completa da Bacia de Anavilhanas (ainda no **Estágio 2**), acerca de 210.000 anos AP, ocorreu a deposição inicial das barras em pontal do TFS do Rio Negro, em ambas as margens, concomitantemente ao desenvolvimento do terraço superior do Rio Solimões. Neste período o nível do mar estava mais baixo, favorecendo os processos de erosão e liberação de sedimentos arenosos para o desenvolvimento das barras. No **estágio 3**, parte do TFS foi erodido, permanecendo apenas as barras arenosas da margem esquerda deste rio. Neste período, se desenvolveu o terraço fluvial intermediário do Rio Solimões (segundo dados geocronológicos de Soares 2008 e Soares *et al.* 2010). O **estágio 4** é marcado pela mudança de clima mais seco para úmido (fitoestabilização das unidades aflorantes) acerca de 6.000 anos AP e pela subida holocênica do nível do mar que provocou o bloqueio dos rios da região (formando as “rias fluviais” na Amazônia), fatores que contribuíram para a diminuição da taxa de erosão e do aporte de sedimentos mais grosseiros (arenosos). Em particular, o Rio Negro ficou estagnado na zona de confluência com o Solimões, passando a receber carga sedimentar fina (predominando a

sedimentação por suspensão), iniciando o desenvolvimento dos diques marginais e planícies do sistema deltaico na porção noroeste do arquipélago. No **estágio 5** ocorreu o desenvolvimento e expansão do sistema deltaico no arquipélago, de noroeste para sudeste, cuja ramificação individual dos deltas levou ao desenvolvimento de ilhas alongadas em forma de calda de cometa e lagos pertencentes ao TFI. Entretanto, a sedimentação não foi contínua, houveram paradas de curta duração e queimadas (entre 2.250 e 490 anos AP), registradas nos 4 níveis de paleossolos descritos nesta unidade. Estes períodos secos coincidem com os intervalos relativamente mais secos e ocorrências de paleoqueimadas na Amazônia Central, conforme registros da literatura (Absy, 1979, Sá, 2010, Moreira *et al.* 2009, Santos *et al.* 1999, 2000). A idade do TFI pode ser relacionada ao terraço fluvial inferior do Rio Solimões, conforme dados de Soares (2007) e Soares *et al.* (2010). O estágio 6 mostra as centenas de ilhas argilosas fitoestabilizadas e coesas que dividem o fluxo do canal do Rio Negro (multicanais), juntamente com as barras arenosas atuais, definindo o atual estilo fluvial *anabranching* deste rio.

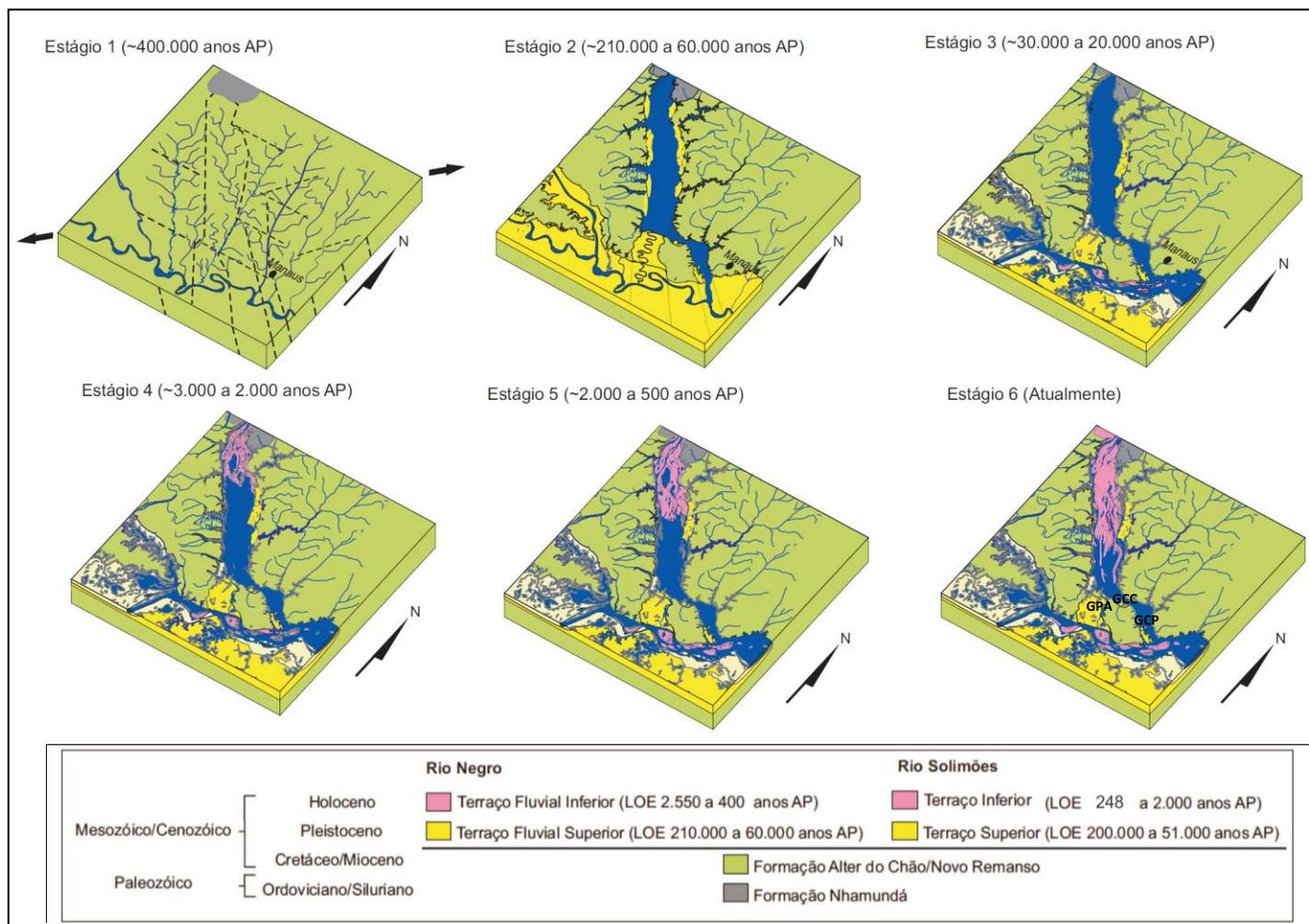


Figura 54 – Blocos diagrama esquemático mostrando os estágios (1 a 6) de desenvolvimento tectono-sedimentar do Arquipélago de Anavilhanas. **Estágio 1** - reativação de falhas e a implantação inicial dos rios Negro e Solimões. **Estágio 2** - abertura da Bacia de Anavilhanas e deposição do TFS do Rio Negro durante a fase de rebaixamento do nível do mar. **Estágio 3** – Erosão de parte do TFS. **Estágio 4** – Mudança climática e subida do nível do mar, diminuído o aporte sedimentar mais grosseiro (arenoso) e predominando a sedimentação de finos por suspensão, dando início de desenvolvimento do sistema deltaico do arquipélago. **Estágio 5** – Expansão do sistema deltaico no arquipélago e desenvolvimento do TFI . **Estágio 6** – Fitoestabilização das ilhas que dividem o fluxo do canal definindo o padrão *anabranching*

5. CONCLUSÕES

Este trabalho foi desenvolvido no trecho inferior do Rio Negro e fundamentado em mapeamento geológico em campo auxiliado por dados de produtos de sensores remotos, análises sedimentológicas, estratigráficas e geocronológicas (LOE e C-14) que permitiram as seguintes conclusões:

a) A Bacia de Anavilhanas é do tipo transtensiva, de direção geral NW-SE, cuja abertura pode ser associada ao desenvolvimento do *graben* GCP (definido por Soares 2007), na zona de confluência do Rio Negro e Solimões, acerca de 400.000 anos AP. Nesta bacia, que se implantou sobre rochas paleozóicas-neógenas, desenvolveram-se dois níveis de terraços fluviais: o superior (TFS) com idades entre 211.394 +/-29.300 e 69.988 +/- 8.860 anos AP (Pleistoceno) e o inferior (TFI) com idades variando de 2.558 +/- 87 a 368 +/- 145 anos AP (Holoceno), além de barras arenosas atuais. A direção de desenvolvimento dos terraços TFS e TFI, de NE para SW na margem esquerda do Rio Negro, pode estar relacionado ao escalonamento de falhas.

b) O intervalo de idade obtido entre a deposição do TFS e TFI, é compatível com o intervalo de 248 a 204.000 anos AP proposto para os terraços superior e inferior dos rios Solimões e Amazonas, segundo dados geocronológicos de Latrubesse & Franzinelli (2002), CPRM (2008), Soares *et al.*, (2010), Rozo *et al.*, (2012), Ferreira (2013), Gonçalves Jr. (2013), Fiori *et al.*, (2014). Além disso, o intervalo de idade das ilhas do Arquipélago de Mariua (Rio Negro), entre 1060 a 3650 anos AP, proposto por Latrubesse & Franzinelli (2005) é equivalente a faixa de idade estabelecida para o TFI de Anavilhanas (proposto neste estudo). Internamente, as idades no TFS exibem um decréscimo de idade, de norte (211.394 anos AP) para sul (69.980 anos AP), bem evidenciado pela disposição das linhas de acreção lateral, que marcam as diversas fases de sedimentação do TFS.

c) O desenvolvimento do TFS está relacionado ao período de nível do mar mais baixo (acerca de 200.000 anos AP), que propiciou maior erosão e aporte sedimentar mais grosseiro (arenoso) para o desenvolvimento das barras laterais.

Por outro lado, o desenvolvimento do TFI está relacionado à elevação do nível acerca de 6.000 anos AP, que promoveu o desenvolvimento das “rias fluviais” no sistema Solimões-Amazonas e promoveu o bloqueio parcial do Rio Negro, na zona de confluência com o Solimões. Esta subida, juntamente com a mudança de clima mais quente para úmido levou a fitoestabilização das unidades aflorantes e diminuição da taxa de erosão, propiciando um aporte sedimentar mais fino (deposição por suspensão) durante o desenvolvimento do sistema de delta alongado do TFI. Este sistema se expandiu nos últimos 2.200 anos AP formando o Arquipélago de Anavilhanas. Por último, barras arenosas atuais contornam as ilhas.

d) Os valores da taxa de sedimentação obtidos para a deposição das ilhas do TFI (entre 1,3 a 5,5 mm/ano), indicam que neste período o Rio Negro apresentava maior carga em suspensão do que hoje, e depositou principalmente finos por suspensão (silte e argila). Esta sedimentação não foi contínua, conforme demonstrado pelos 4 níveis de paleossolos: S1 de 2.250 a 2.000, S2 de 1.650, S3 de 870 e S4 de 490 anos AP. Os fragmentos de carvão são fortes evidências de clima seco com queimadas na região e são correlacionáveis com intervalos de períodos relativamente mais secos e com os registros de paleoqueimadas na Amazônia Central, propostos por Absy (1979), Sá (2010), Moreira *et al.* (2009), Santos *et al.* (1999).

e) A análise bitemporal definida no período de 18 anos (entre 1991 e 2009) nas ilhas do TFI, na porção noroeste do arquipélago, revelou que os processos de erosão e de acreção lateral foram praticamente imperceptíveis e caracterizam o elevado padrão de estabilidade das ilhas. Esta estabilidade está relacionada a forte coesão dos sedimentos finos do TFI e a densa cobertura vegetal. Considerando a classificação proposta por Nanson & Knighton (1996) para rios multicanais e as características sedimentares e morfológicas expostas neste estudo é possível classificar o estilo fluvial do Rio Negro, em seu o baixo curso, como *anabranching* do Tipo 1, que se caracteriza por baixo gradiente, baixa potência de fluxo e bancos coesos, com formação de canais laterais estáveis e baixa relação largura-profundidade.

f) Apesar dos dados químicos mostrarem 3 grupos distintos nos sedimentos do TFI, não foi possível determinar sua proveniência e nem verificar os fatores que induziram a diferenciação, entretanto, tais diferenças podem estar relacionadas à coleta em níveis estratigráficos distintos e variação do aporte sedimentar durante a deposição.

6. REFERÊNCIAS

- Abinader H.D. 2008. Depósitos cenozóicos da porção Oeste da Bacia do Amazonas. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Exatas - Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 83 p.
- Absy, M.L. 1979. A palynological study of Holocene sediments in the Amazon basin. 1979.100.f Thesis (Ph.D.) University of Amsterdam, Amsterdam.
- Absy, M. L. (1982). Quaternary palynological studies in the Amazon Basin. In "Biological Diversification in the Tropics" (G. T. Prance, Ed.), pp.67 – 73. Columbia Univ. Press, New York
- Absy, M.L; Servant, M; Absy, M.L. 1993. A história do clima e da vegetação pelo estudo do pólen. Ciências Hoje, v.16, n.93, p.26-30.
- Albuquerque, O.R. 1922. Reconhecimentos Geológicos No Vale Do Amazonas. Rio De Janeiro: Dnpm (Divisão De Geologia E Mineralogia, Boletim 3), Boletim Do Serviço Geológico E Mineralógico Do Brasil 19:15-56.
- Almeida Filho, R.; Miranda, F.P.; Beisl, C.H. 2005. Evidência De Uma Mega Captura Fluvial No Rio Negro (Amazônia) Revelada em Modelo de Elevação Digital da Srtm. Anais Xii Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 Abril 2005. Inpe, p. 1701-1707.
- Alves, N. S. ; Rodrigues, C. 2013 . Hydromorphodynamic Of Anavilhanas Fluvial Archipelago - Amazon- Brazil. In: 8th Iag International Conference o Geomorphology, 2013, Paris. Anais do 8th Iag International Conference o Geomorphology.
- Alves, N.S. 2013. Mapeamento Hidromorfodinâmico do Complexo Fluvial de Anavilhanas. Contribuição aos estudos de Geomorfologia Fluvial de rios Amazônicos, Tese de Doutorado, Departamento de Geografia. FFLCH/USP. São Paulo.
- Andrade, L.S. & Soares, E.A.A. 2009. Estratigrafia de Subsuperfície da Sequência sedimentar Cretácea e Neógena na Cidade de Manaus. In: Sbg, Simpósio De Geologia da Amazônia, 11, Manaus, Resumos Expandidos, (Cd-Rom).
- Barbosa, C.M; Nogueira, C.R. 2011. Paleoambiente da Formação Prosperança, embasamento Neoproterozoico da Bacia do Amazonas 41(1): 01:17, Revista Brasileira de Geociências.

Bezerra, P.E.L. 2003. Compartimentação Morfotectônica Do Interflúvio Solimões – Negro. Tese De Doutorado. Curso De Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro De Ciências, Ufpa. 2003.

Camargo, M. G., 2006. Sysgran: Um Sistema de Código Aberto Para Análises Granulométricas do Sedimento. Ver. Bras. Geoc., 36(2):371-378.

Carneiro, D.S; Souza, J.C.R; Vicens, R.S;Carvalho, J.A.L.2009. Morfodinâmica do rio Solimões e implicações sociais: Uma proposta de Educação Ambiental com o suporte da geotecnologia e do conhecimento tradicional. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-35,INPE,P.2381-2387.

Carvalho,J.A.L; Cunha, S.B,2011. Terras Caídas e Consequências sociais na costa do Miracauera, Municipio de Itacoatiara, Amazonas, Brasil.Revista Geográfica da América Central- EGAL, Costa Rica, pp.1-16.

Caputo, M.V. 1984. Stratigraphy, Tectonics, Paleoclimatology And Paleogeography Of Northern Basins Of Brazil. Tese de Doutorado. Universidade da Califórnia, Santa Bárbara, Ca. 583 P.

Caputo, M.V. 2009. Discussão Sobre a Formação Alter do Chão e o Alto de Monte Alegre. In: Contribuições à Geologia da Amazônia, Vol. 7, Sociedade Brasileira De Geologia – Núcleo Norte, 2011 Belém, Pará, P. 7-23.

Costa, J.A.V. & Costa, J.B.S. 1996. O Quadro Neotectônico Da Região Nordeste Do Estado De Roraima, Norte De Roraima. In: Simpósio De Geologia Da Amazônia, 5., Belém, 1996. Boletim De Resumos Expandidos E Guia De Excursões. Belém, Sociedade Brasileira De Geologia-Núcleo Norte, P. 284-286.

Costa, J.B.S.;Bemerguy, R.L; Hasui,Y.; Borges, M.S.; Ferreira Junior,C.R.P.;P.E.L;Costa,M.L;Fernandes.J.M.G, 2008. Neotectônica Da Região Amazônica Aspectos Tecntônicos, Geomorfologicos E Deposicionais Geonomos, 4 (2), P.23-44,.

Cunha, P. R. C.; Melo, J. H. G.; Silva, O.B., 2007. Bacia Do Amazonas. In: Boletim De Geociências Da Petrobrás. Rio De Janeiro, V.15, N. 2, P. 227-251

CPRM. Carta Geológica Do Brasil Ao Milionésimo. 2006. Geologia E Recursos Minerais Do Estado Do Amazonas, Programa Geologia Do Brasil. Brasília: Ministério De Minas E Energia/Cprm/Serviço Geológico Do Brasil.

Daemon, R. F. & Contreiras, J. A., 1971. Zoneamento Palinológico Da Bacia Do Amazonas. In: Sbg, Congresso Brasileiro De Geologia, 25, São Paulo, Anais, 3:79-88.

Daemon, R. F. 1975. Contribuição à datação da Formação Alter do Chão, bacia do Amazonas. *Rev. Brasil. Geoci.* 5: 58-84. Nogueira, A.C.R.; Vieira Lucieth Cruz & Suguio, K. 1999. Paleossolos da Formação Alter do Chão, Cretáceo-Terciário da Bacia do Amazonas, Regiões de Presidente Figueiredo e Manaus. *Simpósio sobre o Cretáceo no Brasil.* 5, 261-266.

Dino, R.; Silva, O.B.; Abrahão, D. 1999. Caracterização Palinológica E Estratigráfica De Estratos Cretáceos Da Formação Alter Do Chão, Bacia Do Amazonas. In: *Simpósio Sobre O Cretáceo Do Brasil*, 5. 1999, Rio Claro. *Boletim De Resumos Expandido...Rio Claro: Sbg*, P. 557 – 565

Dino, R., Silva, O. B, Abrahão. 2000. Palynostratigraphic Characterization Of The Cretaceous Strata From The Alter Do Chão Formation, Amazonas Basin. In: *Sbg, International Geological Congress, 31, Rio De Janeiro, Tectonic Evolution Of South America.* Rio De Janeiro, (Cd Rom).

Dino R., Soares E.A.A., Ricomini C., Antonioli L, Nogueira A.C.R. 2006. Caracterização Palinoestratigráfica De Depósitos Miocênos Da Bacia Do Amazonas, Região De Manacapuru, Am. In: *Simpósio Do Cretáceo Do Brasil, 7.; Simpósio Do Terciário Do Brasil, 1. Serra Negra.* *Boletim De Resumos.* Serra Negra: Igce/Unesp. 43 P.

Dino, R.; Soares, E. A.; Antonioli, L.; Ricomini, C.; Nogueira, A. C. Palynostratigraphy And Sedimentary Facies Of Miocene Fluvial Deposits Of The Amazonas Basin, Brazil. 2012. *Journal Of South American Earth Sciences.* Vol. 34 (2012), P. 61-80. 92

Duller, G.A.T. 2008a. *Luminescence dating: Guidelines on using luminescence dating in archaeology.* Swindon: English Heritage. 43p.

Fernandes Filho, L.A.; Costa, J.B.S.; Costa, M. L. 1995. Bacia De Manaus: Uma Estrutura Pull-Apart Do Quaternário. In: *Simpósio Nacional De Estudos Tectônicos*, 5. 5. Gramado, *Boletim De Resumos Expandidos...* Porto Alegre: Sbg/Rs E Cpgq/ Ufrgs, P. 419-420

Ferreira, M.P. 2013. *Geocronologia e Proveniência do Sedimentos Holocênicos da Confluência dos rios Negro e Solimões*, Am/Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências (ICG/USP).

Filoso, S.; Williams, M.R.; Melack, J.M. 1999. Composition And Deposition Of Throughfall In A Flooded Forest Archipelago (Negro River, Brazil). *Biogeochemistry*, V. 45, P. 169-195.

Filoso, S.; Williams, M.R.; Melack, J.M. 1999. Composition and deposition of throughfall in a flooded forest archipelago (Negro River, Brazil). *Biogeochemistry*, v. 45, p. 169-195.

Folk R.L., Ward W.C. 1957. Brazos River Bar: A Study Of Significant Of Grain Size Parameters. *J. Sediment. Petrol.* 27 : 3-26

Forsberg B.R., Martinelli L.A., Meade R., Richey J.E. 1988. Sediments delivery rates for the Amazon River and its principle Brazilian tributaries. Chapman Conference, AGU, Charleston S.C.

Franzinelli, E. Piuci, J.1988. Evidências De Neotectonismo Na Bacia Amazônica. In: Congresso Latino-Americano De Geologia, 7°. 1988, Belém. Boletim De Resumos Expandidos .São Paulo: Sbg, P. 80-90.

Franzinelli, E. & Igreja, H.L.S. 1990. Utilização De Sensoriamento Remoto Na Investigação Da Área Do Baixo Rio Negro E Grande Manaus. In: Vi Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 1990, Manaus. Anais. 1990. V. 3, P. 641-648.

Franzinelli E. Latrubesse, E. 1993. The Use Of Remote Sensing In A Neotectonic Study In The Amazon Basin. *Bulletin Of The Inqua (International Union For Quaternary Research) Neotectonic Commission*, V. 16, P. 10-13.

Franzinelli, E. & Rossi, A. 1996. Contribuição Ao Estudo Petrográfico E Geoquímico Do Arenito Manaus. In: Simpósio De Geologia Da Amazônia, 5. 1996, Belém. Boletim De Resumos Expandidos... Belém: Sbg, P. 209-11.

Franzinelli, E. & Igreja, H.L.S. 2002. Modern Sedimentation In The Lower Negro River, Amazonas State, Brazil. *Geomorphology*, V. 44, N. 3, P. 259-71.

Franzinelli, E., Latrubesse E. 2003. Depositional Processes on the Negro River, Amazonas State, 3rd Latinamerican Cong.of Sedim. Abstract, 245-245 Belém do Pará.

Franzinelli, E., Latrubesse E.2003. Rio Negro: Características Gerais e da Sedimentação Quaternária, VIII Simpósio de Geologia da Amazônia, Manaus/AM.

Gonçalves Junior, E. S. 2013.Terraços Fluviais;Quaternários Das Regiões De Careiro-Da-Várzea, Manaquiri, Careiro-Castanho E Autazes, Amazonia Central - Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Geociências, UFAM.

Gonçalves Junior, E. S. & Soares, E. A. A. 2011. Depósitos Cretáceos-Cenozóicos Das Regiões Do Careiro Castanho E Autazes, Amazônia Central. *In: Simp. Geol. Da Amazônia*, 12. 2011. Boa Vista...Anais...Boa Vista: Sbg (Cd-Rom). 93

Greenberg,R.R.;Fleming,R.F.;Zeisler,R.High, 1984.Sensitivity neutron activation analysis of environmental and biological standard reference materials. *Environnu International*,n.10,p.129-136.

Kistler, P.1954. Historical Resume Of The Amazon Basin.

Labadessa, A.S. 2011 “Terras Caídas” As Causas Naturais e Antrópicas: Uma ocorrência na comunidade de São Carlos- Médio Madeira/RO, Goingá : *Revista do Programa de Pós Graduação dem Geografia, Maringá*, v.3,n.1,p.45-61.

Lange, F.W.1967. Subdivisão Biostratigráfica E revisão da coluna siluro-devoniana da Bacia do baixo Amazonas. *Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica (Geociências)*,1:215-326.

Latrubesse, E. M. & Franzinelli, E. 2002. The Holocene Alluvial Plain Of The Middle Amazon River, Brazil. *Geomorphology*, V44, P.241-257.

Latrubesse, E.M. & Franzinelli E. 2005. The Late Quaternary Evolution Of The Negro River, Amazon, Brazil: Implications For Island And Floodplain Formation In Large Anabranching Tropical Systems. *Geomorphology*, V. 70, P. 372-397.

Latrubesse, E.M.; Stevaux, J.C.; Sinha, R. 2005. Grandes Sistemas Fluviais Tropicais: Uma Visão Geral. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, Ano 6, N.1, 2005, P. 01-18

Leenheer, J.A. & Menezes Santos, U.De. 1980.Considerações Sobre Os Processos De Sedimentação Na Água Preta Acida Do Rio Negro (Amazonia Central). *Acta Amazônica* 10: 343-355.

Lima, G.M.P; Boas, G.S; Costa; A.B; Angollo, R.M. Taxas de Sedimentação recentes provenientes dos métodos Cs¹³⁷ e Pb²¹⁰ e estimativa de preenchimento do estuário Jacuípe, Bahia, Brasil.*Revista Brasileira de Geociências* 41(1): 44-55,2011.

Mertes, L. A. K, Dunne, T., Martinelli, L.A., 1996. Channel-Floodplain Geomorphology Along The Solimões-Amazonas River, Brazil. *Geological Society Of American Bulletin*, V. 108, P. 1089-1107.

Miall, A.D.1977. A Review Of The Braided-River Depositional Environment. *Earth Science Review*, V.13,P.1-62

Moreira, L.S.; Turcq Moreira,P.F; Cordeiro, R.C; Turcq, B.J.2009. Reconstituição Paleambiental do Lago Santa Nina, Paleambiental do Lago Grande de Curuai, Pará, Brasil. Revista Acta Amazônica, vol.39(3)

Müller, G. 1967. Methods In Sedimentary Petrology. In: Von Engelhardt, W., Füchtbauer, H., & Müller, G. Eds. Sedimentary Petrology, 1. Schweizerbart, Stuttgart, 283 P.

Nanson, G., Knighton, D., 1996. Anabranching rivers: their cause, character and classification. Earth Surface Processes and Landforms 21, 217–239

Nery, J.R.C. 2009. Determinação da Taxa de Sedimentação na Foz do Rio Amazonas, usando o Pb- 210 como Geocronômetro . Tese de Doutorado, UNESP, Campus Rio Claro.

Nogueira, A.C.R.; Vieira, L.C.; Suguio, K.1999. Paleossolos da Formação Alter do Chão, Cretáceo-Terciário da Bacia do Amazonas, regiões de Presidente Figueiredo e Manaus. In SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, Serra Negra, Resumos...Serra Negra, v. 1, p. 261-266.

Passos, M.S., Soares, E.A.A., Salazar, C.A, 2013. Análise Bitemporal Do Rio Solimões No Trecho Entre Manacapuru E Manaus (Amazônia Central) Por Meio de Imagens Landsat-5/Tm. In:43anais Xvi Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto- Sbsr, Foz Do Iguaçu, Pr, Brasil, 13 A 18 De Abril De 2013,Inpe

Paz, J.D.S;Cunha,E.F.S. 2009.Análise de fácies da formação Alter do Chão, Km 46, BR 174. Simpósio de Geologia da Amazônia,Manaus/AM.

Radambrasil. Folha SA.20-Manaus, geologia, geo-morfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da ter-ra. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, RJ, MME/DNPM 18: 165–244.

Reading, H.G. & Levell, B. 1996.Controls on The Sedimentary Rocks Record. In: Reading, H.G. Ed. Sedimentary Environments: Processes, Facies And Stratigraphy. 3. Ed., Oxford, Blackwell Scientific Publications. P.5-36.

Rozo, J.M.G., Nogueira, A.C.R, Carvalho, A. S., 2005. Análise Multitemporal do Sistema Fluvial do Amazonas entre a Ilha do Careiro e a Foz do Rio Madeira. In: Xii Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia...Anais...Inpe, P.1875-1882.

Rossetti, D.F.; Toledo, P.M.; Góes, A.M. 2005. New Geological Framework For Western Amazonia (Brazil) And Implications For Biogeography And Evolution. Quaternary Research, V. 63, N. 1, P. 78-89.]

Rossetti, D. F.; Netto, R. G, 2006. First evidence of marine influence in the Cretaceous of the Amazonas Basin, Brazil. *Cretaceous Research*. London, v. 27, n. 4, p. 513-528, Aug.

Rozo J.M.G. 2004. Evolução holocênica do Rio Amazonas entre a ilha do Careiro e a foz do Rio Madeira. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Exatas - Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 93 p.

Rozo, J.M.G., Nogueira, A.C.R, Carvalho, A. S., 2005. Análise Multitemporal Do Sistema Fluvial Do Amazonas Entre A Ilha Do Careiro E A Foz Do Rio Madeira. In: Xii Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, Goiânia...Anais...Inpe, P.1875-1882.

Sá, N.P.; Absy, M. L. ; Soares, E. A. A, 2010 . Paleoambientes da planície aluvial do Rio Solimões, Amazônia Central: registro palinológico do Lago Cabaliana. In: XIII Simpósio Brasileiro de Paleobotânica e Palinologia, Salvador. Anais do XIII Simpósio de Paleobotânica e Palinologia, v. 1. p. 1-260.

Sallun, A.E.M., Suguio, K., Tatumi, S. H., Yee, M., Santos, J., Barreto, A.M.F. 2007. Datação Absoluta De Depósitos Quaternários Brasileiros Por Luminescência. *Revista Brasileira De Geociências*. 37(2):402-413

Santos, G. M., Gomes, P. R. S., Yokoyama, Y., Tada, M. L., Creswell, R. G., Fifield, L. K., 1999. Datação Por ¹⁴C Utilizando Espectrometria De Massa Com Acelerador De Partículas. *Rev. Física Aplicada E Instrumentação*, V. 14, N° 01, P. 18-26.

Silva, C.L. 2005. Análise da tectônica cenozóica da região de Manaus e adjacências. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, Brasil.

Sioli, H. *Gewässerchemie und Vorgänge in den Buden im Amazonasgebiet*. *Naturwissenschaften* 41, 456-457 1954.

Sioli, Harold. *Amazônia: Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais*. Vozes. Rio de Janeiro, 1985.

Sioli, H. 1991. *Amazonia: Fundamentos Da Ecologia Da Maior Região Das Florestas Tropicais*. Vozes, Petrópolis.

Soares, E. A. A.; Truckenbrodt, W. ; Nogueira, A. C. R. . Fácies Litorâneas E Subglaciais Da Formação Nhamundá (Siluriano Inferior), Região De Presidente Figueiredo, Bacia Do Amazonas. *Revista Do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais*, Belém, Pará, V. 1, N.2, P. 89-116, 2005.

Soares, E. A. A. 2007. Depósitos Pleistocenos da região de confluência dos rios Negro e Solimões, Amazonas. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 205 p.

Soares, E. A. A.; Riccomini, C. O Registro Sedimentar Pleistoceno Nas Depressões Tectônicas Da Região De Confluência Dos Rios Negro E Solimões, Amazonas. In: 44 Congresso Brasileiro De Geologia, 2008, Curitiba. O Planeta Terra Em Nossas Mãos, 2008.

Soares, E.A.A., Tatumi, S.H., Riccmini, C. 2010. Osl Age Determinations Of Pleitocene Fluvial Deposits In Central Amazonia. Anais Da Academia Brasileira De Ciências, 82(3):691-699.

Soares, E. A. A., Silva, J. H. A., Teixeira, S .G, Riker, S., R. L. 2010b. Sedimentação Quaternária Nas Regiões De Caapiranga, Anamá, Anorí E Berurí, Amazônia Ocidental. In: Congresso Brasileiro De Geologia. 45. 2010. Belém/Pa. Anais (Cd-Rom). 95

Soares, E. A. A.; Riccomini, C. . O Registro Sedimentar Pleistoceno Nas Depressões Tectônicas Da Região De Confluência Dos Rios Negro E Solimões, Amazonas. In: 44 Congresso Brasileiro De Geologia, 2008, Curitiba. O Planeta Terra Em Nossas Mãos, 2008.

Sternberg, H.O. 1950. Vales tectônicos na planície Amazônica? Revista Brasileira de Geografia, v. 12: 513-533.

Suguio, K. ; Petri, S. . Stratigraphy Of The Iguape-Cananéia Lagoonal Region Sedimentary Deposits, São Paulo State, Brazil. Part I: Field Observations And Grain Size Analysis. Boletim Ig Instituto De Geociências Usp, São Paulo, Sp, V. 4, P. 1-20, 1973.

Suguio, K; Martin, L. Flexor, J.M. 1988. Quaternary Sea Levels Of The Brazilian Coast: Recent Progress Episodes, V.11, N.3, P.203-208.

Suguio, K. 1998. Dicionário De Geologia Sedimentar E Áreas Afins. Rio De Janeiro, Bertrand Brasil.

Suguio, K., 2003. Geologia Sedimentar. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 400p.

Suguio, K. 2010. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais, São Paulo, Oficina de Texto.

Tatumi H.S.; Silva L. L.; Pires E. L.; Rossetti, D. F.; Góes, A. M.; Munita, C. S. 2008. Datação De Sedimentos Pós-Barreiras No Norte Do Brasil: Implicações Paleogeográficas. Rev. Bras. Geociênc. [Online] Vol.38, N.3, Pp. 514-524. Issn 0375-7536.

Tricart, J.L.F 1977 Tipos De Planícies Aluviais E De Leitões Fluviais Na Amazônia Brasileira. Revista Brasileira De Geografia, V. 39, N.2 P.3-40

Tricart, J. Paysage et ecologie. Paris, Rev. Geomorph. Dynam, XXVIII (1):81-95, 1979.

Tricart, J. 1997. Types De Lits Fluviaux Em Amazonie Bresilienne. Annales De Géographie 437, P. 1-54.

Turcq B, Braconnot P, Cordeiro RC, Sifedinne A, Silva Dias PL, Abraão JJ, Jorgetti T, Lima Da Costa R, Simões Filho FF (2007) Mudanças paleoclimáticas da Amazônia no holoceno. Ciência e Ambiente 34:69–96

Vieira, L.C. 1999. Depósitos fluviais da Formação Alter do Chão, Cretáceo-Terciário da Bacia do Amazonas. Trabalho Final de Graduação (TFG), Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Geociências, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 62 p.

Walker, R.G. 1992. Facies, Facies Models And Modern Stratigraphic Concepts. In: R.G.

Walker & N.P. James. (Eds.) Facies Models - Response To Sea Level Change. Geological Association Of Canada, Ontario, Canada, 1-14 P.

Wanderley Filho, J. R. & Costa, J. B. S. 1991. Contribuição A Evolução Estrutural Da Bacia Do Amazonas E Sua Relação Com O Embasamento. In: Simpósio De Geologia Da Amazônia, 3. 1991. Belém, Resumos Expandidos. Sbg. P 244-259.

Wentworth, C.K., 1929, Method of computing mechanical composition types of sediments. Geol.Soc. American Bull. 40,771-790

Willard F. Libby, 1960 Radiocarbon Dating, Nobel Lecture, December 12,

UNIDADE	Amostras			UNIDADE	Amostras			UNIDADE	Amostras		
	Ponto	Coordenadas (WGS 84)			Ponto	Coordenadas (WGS 84)			Ponto	Coordenadas (WGS 84)	
		X	Y			X	Y			X	Y
FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO/NOVO REMANSO	ER004	728626	9685987	TERRAÇO FLUVIAL SUPERIOR (TFS)	ER087	759475	9708409	TERRAÇO FLUVIAL INFERIOR (TFI)	ER047	724313	9718366
	ER005	728626	9685990		ER088	759195	9709220		ER048	723803	9720220
	ER010	726665	9712592	ER006	729085	9712100	ER049		723765	9722688	
	ER011	728843	9710194	ER007	728825	9712427	ER051		721525	9726319	
	ER014	734034	9705097	ER009	728520	9712878	ER052		721306	9726612	
	ER046	723696	9716577	ER012	733931	9707361	ER053		720729	9727575	
	ER064	722880	9717298	ER013	734365	9706718	ER054		720606	9727637	
	ER070	741350	9719407	ER015	735538	9705454	ER055		720665	9732952	
	ER071	741694	9719380	ER016	737199	9703284	ER056		720723	9733314	
	ER080	728008	9710366	ER017	737330	9703256	ER057		721983	9733568	
	ER089	758942	9711597	ER018	738910	9702301	ER058		722841	9736417	
	ER090	758598	9712714	ER019	741440	9702339	ER060		722387	9738784	
	ER091	804372	9659019	ER021	744951	9698748	ER062		719839	9733935	
	ER092	802211	9661822	ER022	746414	9696760	ER065		743078	9713026	
	ER093	803176	9661494	ER023	747236	9695979	ER066		743009	9713686	
	ER094	802491	9661544	ER024	747430	9695994	ER067		742635	9715532	
	ER098	801513	9656903	ER025	730493	9712913	ER068		742437	9716046	
	ER099	802088	9658548	ER026	733413	9711210	ER069		740532	9719388	
	ER100	801481	9657336	ER027	735155	9711062	ER072		744628	9718647	
	ER101	798103	9658224	ER028	738365	9711682	ER073		745245	9716771	
	ER102	797241	9659754	ER029	743742	9710001	ER075		750486	9711721	
	ER103	795986	9660313	ER030	745439	9707859	ER076		753483	9710697	
	ER104	795228	9663377	ER031	746795	9705960	ER081		746639	9709268	
	ER105	794620	9663919	ER032	747227	9705296	ER082		747924	9708181	
	ER106	791779	9664791	ER033	748008	9703526	ER083		752573	9707381	
	ER107	788751	9666301	ER034	747940	9702995	ER084		753701	9706472	
	ER108	768492	9665859	ER036	747392	9701530	ER085		755927	9704510	
	NHAMUNDA	ER061	720729	9737697	ER037	747102	9702169		ER095	800474	9662084
BARRA RECENTE	ER008	728497	9712866	ER038	746539	9703406	ER097	799254	9660412		
	ER020	742767	9700148	ER040	746406	9703140	ER109	780563	9664612		
	ER035	749543	9699228	ER041	742917	9703541	ER110	784125	9668721		
	ER042	739946	9705239	ER045	725808	9715443	ER111	784478	9669812		
	ER043	737772	9708620	ER096	800749	9662115	ER112	782996	9671014		
	ER044	737693	9708427	ER113	787085	9669132	ER039	742089	9706869		
	ER050	723042	9725140	ER114	824491	9652397	ER074	746302	9715110		
	ER063	719339	9731156	ER059	722848	9736587					
TERRAÇO FLUVIAL SUPERIOR (TFS)	ER077	755424	9710714	ER115	823502	9652790					
	ER078	755642	9710493	ER116	823749	9652533					
	ER079	758149	9706696	ER117	823723	9652122					
	ER086	760495	9707719	ER118	833266	9647475					

ANEXO 1 – Relação dos pontos estudados.

