



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE GEOLOGIA**

**ESTRATIGRAFIA DO GRUPO INDEPENDÊNCIA NA ÁREA
DA FOLHA CORONEL OVIEDO, REPÚBLICA DO
PARAGUAI**

MARIA EUGÊNIA GONZÁLEZ NUÑEZ

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
Programa de Pós-graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis**

Rio de Janeiro

2000

ESTRATIGRAFIA DO GRUPO INDEPENDENCIA NA AREA DA
FOLHA CORONEL OVIEDO, REPUBLICA DO PARAGUAI

María Eugenia González Nuñez

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE
PÓS GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS

AREA DE CONCENTRAÇÃO: ANÁLISE DE BACIAS

ORIENTADOR: HERNANI AQUINI FERNANDES CHAVES

APROVADO POR:

Dr. Edison José Milani

Dr. Egberto Pereira

Dr. Sergio Bergamaschi

RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL

AGOSTO, 2.000

**A mis padres Juan Remberto y Floria y a
mis hijos Carlos Miguel y Juan Andrés**

ÍNDICE

ABSTRACT	VI
RESUMO	VII
RESUMEN	VIII
AGRADECIMENTOS	IX
ÍNDICE	X
1. INTRODUÇÃO	01
1.1 Generalidades	01
1.2 Objetivos	02
2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	02
3. GEOLOGIA DA BACIA DO PARANÁ	06
4. GEOLOGIA DA BACIA DO PARANÁ NO PARAGUAI ORIENTAL	10
4.1. Antecedentes bibliográficos	10
4.2. Estratigrafia	13
4.3. Tectónica	17
5. METODOLOGÍA	19
6. ESTRATIGRAFÍA DA FOLHA CORONEL OVIEDO	25
6.1. Formação Coronel Oviedo	27
6.2. Grupo Independencia	37
6.2.1. Formação San Miguel	38
6.2.2. Formação Tacuary	46
6.3. Formação Misiones	50
6.4. Suíte Magmática Alto Paraná	55
6.5. Sedimentos Quaternários	55
7. ESTRATIGRAFÍA DE SEQUÊNCIAS DO GRUPO INDEPENDENCIA	58
7.1. Generalidades	58
7.2. Marcos Estratigráficos	59

7.3. Seqüências Estratigráficas	60
7.3.1. Seqüências de 2º ordem	60
7.3.2. Seqüências de 3º ordem	62
8. AMBIENTES DEPOSICIONAIS	65
9. CORRELAÇÃO ESTRATIGRAFICA	79
9.1. Seções estratigráficas	81
9.2. Interpretação Ambiental das Seções Estratigráficas	93
10. MAPAS GEOLÓGICOS	107
11. RECONSTRUÇÃO PALEOGEOGRAFICA	127
12. CONCLUSÕES	134
13. BIBLIOGRAFIA	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.01 - Mapa de localização da área de trabalho	04
Fig.02 - Mapa da Região Oriental do Paragüai, localização da Folha 5670 Coronel Oviedo.	05
Fig.03 - Esquema fisiográfico da Folha Coronel Oviedo.	07
Fig.04 - Localização da área de estudo na Bacia do Paraná, destacando-se os sedimentos Permo-carboníferos.	09
Fig.05 - Mapa geológico do Paragüai.	14
Fig.06 - Coluna tectonoestratigráfica do Paragüai Oriental.	16
Fig.07 - Diagrama de roseta mostrando os principais alinhamentos estruturais da área da folha Coronel Oviedo, identificados a partir de imagens de satélite.	18
Fig.08 - Mapa aeromagnético, do centro oeste da Região Oriental do Paragüai, situando a área estudada. Pode-se notar as direções tectônicas preferenciais, associadas aos rifts da região.	18
Fig.09 - Mapa de Localização dos poços utilizados e dos Marcos Estratigráficos encontrados na Folha Coronel Oviedo.	21
Fig.10 - Perfil composto mostrando os principais registros geofísicos e os marcos estratigráficos identificados.	22
Fig.11 - Mapa de Localização dos poços utilizados e das seções estratigráficas construídas, para a folha Coronel Oviedo.	24
Fig.12 - Mapa geológico simplificado da Folha Coronel Oviedo.	29
Fig.13 - Coluna estratigráfica da folha Coronel Oviedo, indicando os marcos estratigráficos e a variação estimada do nível do mar para a área estudada	30
Fig.14 - Seção geológica W-E, a norte da área estudada, mostrando a disposição estratigráfica das unidades da Folha Coronel Oviedo	39
Fig.15 - Seção geológica W-E, ao centro da área estudada, mostrando a disposição estratigráfica das unidades da Folha Coronel Oviedo	40
Fig.16 - Seção geológica W-E, a sul da área estudada, mostrando a disposição estratigráfica das unidades da Folha Coronel Oviedo	51
Fig.17 - Seções estratigráficas mostrando a disposição espacial das seqüências de 3ª ordem até o Marco 3	63
Fig.18 - Seções estratigráficas mostrando a disposição espacial das seqüências de 3ª ordem até o Marco 4	64
Fig.19 - Seções estratigráficas mostrando a disposição espacial das seqüências de 3ª ordem até o Marco 5	66
Fig.20 - Perfil composto mostrando os marcos estratigráficos e os principais ambientes sedimentares identificados.	70
Fig.21 - Seção estratigráfica AB, tomando como datum o Marco 3	82
Fig.22 - Seção estratigráfica CD, tomando como datum o Marco 3	83
Fig.23 - Seção estratigráfica EF, tomando como datum o Marco 3	84
Fig.24 - Seção estratigráfica IJ, tomando como datum o Marco 3	85

Fig.25 - Seção estratigráfica KL, tomando como datum o Marco 3	87
Fig.26 - Seção estratigráfica EF, tomando como datum o Marco 4	88
Fig.27 - Seção estratigráfica GH, tomando como datum o Marco 4	89
Fig.28 - Seção estratigráfica IJ, tomando como datum o Marco 4	90
Fig.29 - Seção estratigráfica IJ, tomando como datum o Marco 5.	91
Fig.30 - Diagrama em cerca mostrando as relações estratigráficas entre as diversas seções	92
Fig.31 - Seções esquemáticas (AB- Marco 3): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.	94
Fig.32 - Seções esquemáticas (CD- Marco 3): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.	95
Fig.33 - Seções esquemáticas (EF- Marco 3): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.	99
Fig.34 - Seções esquemáticas (IJ- Marco 3): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.	100
Fig.35 - Seções esquemáticas (KL- Marco 3): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.	102
Fig.36 - Seções esquemáticas (EF- Marco 4): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.	103
Fig.37 - Seções esquemáticas (GH- Marco 4): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.	104
Fig.38 - Seções esquemáticas (IJ- Marco 4): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.	105
Fig.39 - Seções esquemáticas (IJ- Marco 5): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.	106
Fig.40 - Mapa estrutural do Topo do Marco 1	108
Fig.41 - Mapa estrutural do Topo do Marco 2	109
Fig.42 - Mapa estrutural do Topo do Marco 3	110
Fig.43 - Mapa estrutural do Topo do Marco 4	111
Fig.44 - Mapa estrutural do Topo do Marco 5	112
Fig.45 - Mapa de Isópacas do Intervalo Marco 1 ao Marco 2	114
Fig.46 - Mapa de Isólitas de Arenitos do Intervalo Marco 1 ao Marco 2	115
Fig.47 - Mapa de Isólitas de Siltitos do Intervalo Marco 1 ao Marco 2	116
Fig.48 - Mapa de percentagem de Arenitos do Intervalo Marco 1 ao Marco 2	117
Fig.49 - Mapa de Isópacas do Intervalo Marco 2 ao Marco 3	118
Fig.50 - Mapa de Isólitas de Arenitos do Intervalo Marco 2 ao Marco 3	120

Fig.51 - Mapa de Isólitias de Siltitos do Intervalo 2 ao Marco 3	121
Fig.52 - Mapa de percentagem de Arenitos do Intervalo Marco 2 ao Marco 3	122
Fig.53 - Mapa de Isópacas do Intervalo Marco 3 ao Marco 4	123
Fig.54 - Mapa de Isólitias de Arenitos do Intervalo Marco 3 ao Marco 4	124
Fig.55 - Mapa de Isólitias de Siltitos do Intervalo 3 ao Marco 4	125
Fig.56 - Mapa de percentagem de Arenitos do Intervalo Marco 2 ao Marco 3	126
Fig.57 - Mapa de percentagem de Arenitos do Intervalo Total	128
Fig.58 - Blocos diagramas mostrando a paleogeografia predominante nos intervalos: A- Marco 0 ao Marco 1, B- Marco 1 ao Marco 2.	129
Fig.59 - Blocos diagramas mostrando a paleogeografia predominante nos intervalos: C- Marco 2 ao Marco 3, D- Marco 3 ao Marco 4	130
Fig.60 - Blocos diagramas mostrando a paleogeografia predominante nos intervalos: E- Marco 4 ao Marco 5, F- Marco 5 ao Marco 6.	132
Fig.61 - Perfil composto mostrando os principais registros geofísicos e a reconstrução paleogeográfica correspondente ao intervalo entre as seqüências: A- intervalo abaixo do Marco 0, B- entre o Marco 1 e Marco 2, C- entre o Marco 2 e o Marco 3, D- entre o Marco 3 e o Marco 4, E- entre o Marco 4 e o Marco 5, F- entre o Marco 5 e o Marco 6.	133

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 01 - Arenitos intercalados com argilitos da Fm. Coronel Oviedo, mostrando os corpos de arenitos estrato crescentes.	31
Foto 02 - Canais preenchidos por diamictitos - Fm. Coronel Oviedo.	34
Foto 03 - Detalhe da foto 2, mostrando um clasto facetado. Fm. Coronel Oviedo.	34
Foto 04 - Contato lateral entre os diamictitos acanalados e os arenitos com seixos caídos. Fm. Coronel Oviedo.	35
Foto 05 - Arenito com seixos caídos. Observar o clasto suspenso em um grande volume de matriz. Fm. Coronel Oviedo.	35
Foto 06 - Seixo caído com 70 cm. de diâmetro em seu eixo maior e acunhada em um de seus extremos. Observar a deformação dos sedimentos circundantes. Fm. Coronel Oviedo.	36
Foto 07 - Ritmitos da Fm. Coronel Oviedo	36
Foto 08 - Tempestitos da base da Fm. San Miguel, representado por arenistos finos intercalados com argilitos. Grupo Independencia.	42
Foto 09 - Conglomerados associados a arenitos conglomeráticos, Cerro Parigini. Fm. San Miguel do Grupo Independencia	42
Foto 10 - Arenito superior do conjunto granodecrecente do Cerro Parigini. Fm. San Miguel.	43

Foto 11 - Arenitos de granulometria grossa a muito grossa com estratificação acanalada, associado a depósitos de estuário. Fm. San Miguel.	43
Foto 12 - Arenitos finos intercalados com argilitos, associados a lagunas arenosa. Fm. San Miguel.	45
Foto 13 - Detalhe da estratificação cruzada tangencial em arenitos de ambiente eólico. Fm. San Miguel, Membro Saingó..	45
Foto 14 - Camadas de arenito intercalados com lâminas de argila, com estrutura sigmoidal, Associado a depósitos deltaicos. Fm. San Miguel.	48
Foto 15 - Arenito intercalado com argila, associado a depósitos marinhos tempestíticos. Fm. Tacuary.	48
Foto 16 - Arenitos finos a muito finos	49
Foto 17 - Carbonatos intercalados a argilitos, notar a presença de concreções de silice e chert. Fm. Tacuary.	49
Foto 18 - Arenitos finos à médios, localmente cruzadas nos depósitos fluviais. Fm. Misiones.	52
Foto 19 - Vista panorâmica dos arenitos quartzosos de granulometria grossa, apresentando estratificação tangencial, associada à depósitos eólicos. Fm. Misiones.	54
Foto 20 - Detalhe da foto anterior, notar a granodecrescência nos foresets.	54
Foto 21 - Dique de Diabásio cortando as rochas permianas. Suíte Magmática Alto Paraná.	56
Foto 22 - Detalhe da estratificação cruzada acanalada nos arenitos conglomeráticos dos depósitos fluviais. Fm. San Miguel.	68
Foto 23 - Detalhe da bioturbação no topo das dunas, sistema barreiras / lagos interdunas. Fm. San Miguel, Mb. Saingó.	68
Foto 24 - Arenito eólico mostrando estratificação tabular limitadas por superfícies de reativação plana. Fm. San Miguel, Mb. Saingó..	69
Foto 25 - Detalhe da foto anterior mostrando um ângulo de 75° na estratificação cruzada. Fm. San Miguel, Mb Saingó.	69
Foto 26 - Detalhe da laminação wavy nos depósitos de lagunas arenosas. Fm. San Miguel	72
Foto 27 - Arenitos deltaicos com estruturas sigmoidais progredando sobre as argilas do prodelta. Fm Tacuary.	73
Foto 28 - Detalhe das argilas retrabalhadas e redepositadas na base dos sigmoides progredientes. Fm. Tacuary.	73
Foto 29 - Detalhe da sedimentação cíclica entre os arenitos e siltitos / argilitos dos depósitos de Prodelta. Fm. Tacuary.	74
Foto 30 - Depósito marinho de um ciclo tempestítico típico. Na base argilitos com linsen e wavy sotopostas a arenitos com HCS. Fm. San Miguel..	74
Foto 31 - Detalhe da foto anterior mostrando a estratificação HCS.	75
Foto 32 - Vista panorâmica dos depósitos marinhos tempestíticos. Fm. Tuacuary.	76
Foto 33 - Arenitos finos, quartzosos com HCS nos depósitos marinhos tempestíticos de shoreface. Fm Tuacuary.	77
Foto 34 - Detalhe da foto anterior.	77
Foto 35 - Detalhe das wavys deformadas e onduladas pelo retrabalhamento das tempestades. Fm. Tuacuary.	78

Foto 36 - Detalhe das gretas de ressecamento nos argilitos dos depósitos tempestíticos. Fm. Tuacuary.	78
Foto 37 - Estratificação linsen e wavy em calcários e argilitos dos depósitos de planície de maré. Fm. Tuacuary.	80
Foto 38 - Detalhe das estruturas wavys nos argilitos intercalados com calcários. Fm. Tuacuary.	80
Foto 39 - Depósitos lagunares de TSMA. Fm. San Miguel.	96
Foto 40 - Detalhe da estratificação cruzada tangencial nos depósitos eólicos de TSMB. Fm. San Miguel.	96
Foto 41 - Foto 41: Depósitos lagunares de TSMA. Fm. San Miguel	97
Foto 42 - Foto 42: Detalhe da estratificação cruzada tangencial nos arenitos eólicos associados as barreiras arenosas. Fm. San Miguel.	97

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 -	28
-------------	----

SUMMARY

The leaf 5670 Coronel Oviedo is located in the quadrant $56^{\circ} 00'/56^{\circ} 30'$ of longitude west and $25^{\circ} 00'/25^{\circ} 30'$ of south latitude, embracing a surface of 2765 km². Their main access roads are the routes N° 2 Mcal. José Félix Estigarribia that connects from Asunción the cities of Coronel Oviedo and Caaguazú and the route N° 3 Gral. Elizardo Aquino that connects the cities to the north of the leaf.

The morphology of the area is characterized by the contrast of hills to the east, with elevations average 300 meters and wide marshy areas to the west, of 80 to 100 meters high.

The analysis of the data has been carried out in an initial stage, consistent in the superficial geologic mapping, it characterizes mainly an unit sedimentary clastic deposited in the margin west of the basin, where the climatic conditions play an important paper in the sedimentary contribution and the installation of the different ambient depositary. This way the Coronel Oviedo Formation, base of the unit you deposited in glacial atmosphere, starting from the Upper Carboniferous to the Lower Permian, the Independence Group settles later to the last glacial vestige, i lower partially arid conditions to semi-arid, starting from the Lower Permian to the Upper one and lastly the roof of the unit or Misiones Formation is deposited under completely arid conditions, starting from the Triassic.

The analysis of sequences carried out in the registrations of gamma-ray curve of 40 wells defines 3 sequences of 2° order (A, B and C) and 14 sequences of 3° order in the sequence B, developed by relative variations of the level of the sea in basin of the type ramp.

The construction of the maps paleogeographyc reveals the disposition and the relationship sand/clay, defining the distribution of continental and marine facies, marking the sandy prevalence in the eolic facies and deltaic, with address of west deposit to this.

The correlation surface/subsurface of the sedimentary rocks of the Independencia Group allows the definition of the evolution paleogeographyc through the time geologic Permian. Of this way deposits marine tempestícos, systems lagoons/barrier and silts estuarine they lie in the HST the Sequence A. In the Sequence B the deposits of eolic dunes they are developed in the LST and they are inserted with silts of lagoons in the TST, while in the HST a system deltaic inserts deposits of delta front with prodelta, and on the whole they are laterally associated with sedimentation marine storm. As for the Sequence C the evolution paleogeographyc develops deposits marine storm, silts of plains of tides and lagoons/barrier systems in the one in route to the continentalization of the basin.

RESUMO

A folha 5670 Coronel Oviedo se localiza no quadrante $56^{\circ} 00'$ / $56^{\circ} 30'$ de longitude oeste e $25^{\circ} 00'$ / $25^{\circ} 30'$ de latitude sul, abrangendo uma superfície de 2765 km². Suas principais vias de acesso são as rotas N° 2 Mcal. José Félix Estigarribia que se estende de Assunção às cidades de Coronel Oviedo e Caaguazú e a rota N° 3 Gral. Elizardo Aquino que faz a ligação entre as cidades ao norte da folha.

A morfologia da área se caracteriza pelo contraste entre as serras a este, que apresentam elevações médias em torno de 3000 metros e amplas áreas pantanosas a oeste, que apresentam altitudes entre 80 a 100 metros.

A análise dos dados foram realizados em uma etapa inicial, consistindo de um mapeamento geológico de superfície, caracterizando principalmente uma unidade sedimentar clástica depositada na margem oeste da bacia, onde as condições climáticas apresentam um papel importante no aporte sedimentar e na implantação dos diferentes ambientes deposicionais. Desta maneira a formação Coronel Oviedo, base da unidade, se deposita em um ambiente glacial, a partir do Carbonífero superior até o Permiano Inferior, o grupo Independencia se deposita posteriormente ao último vestígio glacial, em condições parcialmente áridas a semi-áridas. Segue-se ao término desta unidade, a formação Misiones, que se deposita em condições totalmente áridas, a partir do Triássico.

A análise subsuperficial de seqüências realizado nos registros de raios gama de 40 poços, define 3 seqüências de 2° ordem (A, B e C) e 14 seqüências de 3° ordem na seqüência B, desenvolvidas pelas variações relativas do nível do mar em bacias do tipo rampa.

A construção dos mapas paleogeográficos revela a disposição e a relação areia/argila, definindo a distribuição dos fácies continentais e marinhos, marcados pelo predomínio arenoso nas fácies eólicas e deltaicas, que apresentam direção de deposição de oeste para este.

A correlação superfície / subsuperfície dos sedimentos do Grupo Independência, permite a definição da evolução paleogeográfica através do Permiano. Desta maneira, na seqüência A desenvolveu-se o TSMB (Trato de Sistemas de Mar Baixo) apresentando depósitos marinhos tempestíticos, sistema de lagunas / barreiras e sedimentos estuarinos, sobrepõe-se no TSMA, a seqüência A. Na seqüência B os depósitos de dunas eólicas se desenvolvem no TSMB e se intercalam a sedimentos de lagunas no TST, evoluindo para o TSMA, onde um sistema deltaico se intercala a depósitos de frente deltaica / prodelta, e no conjunto se encontram lateralmente associados a sedimentação marinha tempestítica. Em relação a seqüência C a evolução paleogeográfica mostra o desenvolvimento de depósitos marinhos tempestíticos, sedimentos de planície de marés e sistemas de laguna / barreiras tendendo a continentalização total da bacia.

RESUMEN

La hoja 5670 Coronel Oviedo se ubica en el cuadrante $56^{\circ} 00' / 56^{\circ} 30'$ de longitud oeste y $25^{\circ} 00' / 25^{\circ} 30'$ de latitud sur, abarcando una superficie de 2765 km². Sus principales vías de acceso son las rutas N° 2 Mcal. José Félix Estigarribia, que conecta desde Asunción las ciudades de Coronel Oviedo y Caaguazú y la ruta N° 3 Gral. Elizardo Aquino que conecta las ciudades al norte de la hoja.

La morfología del área se caracteriza por el contraste de serranías al este, con elevaciones promedio de 300 metros y amplias áreas pantanosas al oeste, de 80 a 100 metros de altura.

El análisis de los datos ha sido realizado en una etapa inicial, consistente en el mapeamiento geológico superficial, caracteriza principalmente una unidad sedimentaria clástica depositada en el margen oeste de la cuenca, donde las condiciones climáticas juegan un papel importante en el aporte sedimentario y la implantación de los diferentes ambientes deposicionales. De esta manera la Formación Coronel Oviedo, base de la unidad se depositada en ambiente glacial, a partir del Carbonífero Superior al Pérmico Inferior, el Grupo Independencia se sedimenta posterior al último vertigio glacial, bajo condiciones parcialmente áridas a semiáridas, a partir del Pérmico Inferior al Superior y por último el techo de la unidad o Formación Misiones se deposita en condiciones totalmente áridas, a partir del Triásico.

El análisis subsuperficial de secuencias realizado en los registros de rayos gamma de 40 pozos define 3 secuencias de 2° orden (A, B y C) y 14 secuencias de 3° orden en la secuencia B, desarrolladas por variaciones relativas del nivel del mar en cuenca del tipo rampa.

La construcción de los mapas paleogeográficos revela la disposición y la relación arena/arcilla, definiendo la distribución de facies continentales y marinas, marcando el predominio arenoso en las facies eólicas y deltáicas, con dirección de depositación de oeste a este.

La correlación superficie/subsuperficie de las sedimentitas del Grupo Independencia permite la definición de la evolución paleogeográfica a través del tiempo geológico pérmico. De este manera depósitos marinos tempestíticos, sistemas lagunas/barreras y sedimentos estuarinos sobreyacen en el TSMA la Secuencia A. En la Secuencia B los depósitos de dunas eólicas se desarrollan en el TSMB y se intercalan con sedimentos de lagunas en el TST, mientras que en el TSMA un sistema deltaíco intercala depósitos de frente deltaíca con prodelta, y en conjunto se hallan lateralmente asociados con sedimentación marina tempestítica. En cuanto a la Secuencia C la evolución paleogeográfica desarrolla depósitos marinos tempestíticos, sedimentos de planicies de mareas y sistemas de lagunas/barreras en el camino a la continentalización total de la Cuenca.

AGRADECIMENTOS

Fazer ciência em países do terceiro mundo é um privilégio e por esse privilégio agradeço às instituições e a todas as pessoas, colegas, amigos e parentes que no decorrer deste trabalho colaboraram de alguma maneira para que este chega-se à um final feliz.

A Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Instituto de Geociências e Recursos Naturais), Hannover, Alemanha, por financiar, sob a forma de bolsas, os primeiros anos de estudos.

Ao Dr. Rolf Muff (Chefe da Missão Técnica Alemã), pelo apoio constante.

A Agustín López Nuñez colega, amigo e diretor da Dirección de Recursos Minerales nas primeiras e cruciais etapas deste trabalho.

A todos os companheiros de trabalho da Dirección de Recursos Minerales.

Aos colegas do Departamento de Geologia da Dirección de Recursos Minerales e da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, por cobrir minhas largas ausências.

Ao meu primo Juan Angel Fernández González e a sua família que me deram hospitalidade de morar, durante o tempo que durou a jornada de campo na Cidade de Coronel Oviedo.

A Marco André Malmann Medeiros pelas intermináveis discussões, pelas sugestões tão acertadas nos momentos de dúvidas e principalmente por sua amizade tão valiosa quando se está longe da pátria e dos entes queridos.

A Ricardo Da Cunha López e Edison José Milani por me facilitarem materiais valiosíssimos, para a correlação geológica de minha área de trabalho com as unidades estratigráficas brasileiras.

Ao Dr. J.C. Della Fávera por suas certezas e indiscutíveis sugestões.

A Dra. María Antonieta por sua ajuda e apoio constante.

Um agradecimento muito especial a Hernani Aquini Fernandes Chaves por sua orientação, por sua paciência de orientar a distância e por converter-se em um grande amigo.

A meus pais e irmãos por serem pais de meus filhos nos períodos de minha ausência.

A meus filhos pelas constantes esperas, já que Mamãe estava longe e estudando.

E a un amigo muito especial por sua frase "Tu si puedes" nos momentos de desânimo.

1. INTRODUÇÃO

1.1 GENERALIDADES

Este trabalho apresenta os resultados do mapeamento geológico superficial, e das análises subsuperficiais por correlação através de seções geológicas de 49 furos, localizados em uma área da folha cartográfica “Coronel Oviedo”, com uma superfície total de aproximadamente 2.700 km². O mapeamento superficial, as análises seqüenciais e a correlação entre os dados de superfície e de subsuperfície permitiram diferenciar as unidades estratigráficas mapeáveis e a compreensão da evolução paleogeográfica através do tempo geológico.

O mapeamento geológico superficial foi executado como parte das atividades do *Departamento de Geología de la Dirección de Recursos Minerales, da Subsecretaria de Minas y Energia Del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones*. Além disto, deve ter-se em conta que toda a informação geológica processada para este trabalho é parte do arquivo desta direção.

A análise subsuperficial foi realizada como parte do convenio entre o Projeto de Cooperação Alemã e a *Dirección de Recursos Minerales*, dentro dos objetivos de capacitação de pessoal técnico desta direção, designado para este projeto.

A escolha desta área obedece à necessidade de uma análise da unidade permocarbonífera na área da Folha Coronel Oviedo, assim como sua inserção no contexto da estratigrafia do Paraguai e da Bacia do Paraná. Levou-se em conta as informações disponíveis para a área, assim como as características muito peculiares desta unidade na referida área.

1.2. OBJETIVOS

A realização deste trabalho constitui a aplicação dos conhecimentos adquiridos no curso de pós-graduação em Análise de Bacias Sedimentares à estratigrafia da Bacia do Paraná, em território paraguaio, vindo de encontro a necessidade de realizar trabalhos em detalhes em áreas específicas, que permitam o entendimento do mecanismo de deposição e comportamento da bacia através do tempo geológico. Para a execução desta tarefa, se traçou os seguintes objetivos específicos:

1. Estudar a distribuição das diferentes unidades estratigráficas na área da Folha Coronel Oviedo e posicionando-as em um mapa geológico de superfície.
2. Analisar os padrões de sedimentação e correlacionar as associações genéticas encontradas em dados de perfis de raios gamados poços da área.
3. Reconstruir a paleomorfologia dos principais eventos deposicionais, implantados na área através do Permiano.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A Folha "5670" Coronel Oviedo escala 1:100.000, abrange uma superfície de 2.765 Km² aproximadamente, inteiramente localizada no Departamento de *Caaguazu*. A área de estudo se acha localizada no centro da Região Oriental da República do Paraguai (Fig 1) e recebe seu nome da cidade de Coronel Oviedo, capital do departamento, localizada no extremo sudoeste da folha, distante 134 quilômetros de Assunção. O limite norte se dá com a folha "5671" *San Estanislao*, o limite sul com a folha "5569" *Villarica*, a este com a folha "5770" *Dr. Juan Manuel Frutos* e a oeste com a folha "5570" *Itacurubi de la Cordilheira* (Fig. 2).

O quadrante da folha se situa entre as coordenadas 56°00' – 56°30' longitude oeste e 25°00' – 25°30' latitude sul (UTM: 550.000 – 600.000 E / 7.180.000 – 7.239.000 N).

A principal via de acesso a partir de Assunção é a rota Nº 2 *Mal. José Felix Estigarribia*, que chega a cidade de *Caaguazu*, ao largo do marco sul da folha. A partir de *Coronel Oviedo* a rota Nº 3 *Gal. Elizardo Aquino* se dirige ao norte passando pelo povoado de *Carayao*, localizado no centro oeste da folha. Numerosas estradas de terra secundárias e caminhos vicinais comunicam os povoados de *Cecilio Báez e San Joaquín* e os distintos vilarejos entre si. O acesso à área se torna mais difícil nas zonas morfologicamente baixas e se torna impossível em zonas alagadas (cota < 100m), estas se acham localizadas principalmente na margem oeste da folha (Fig. 3).

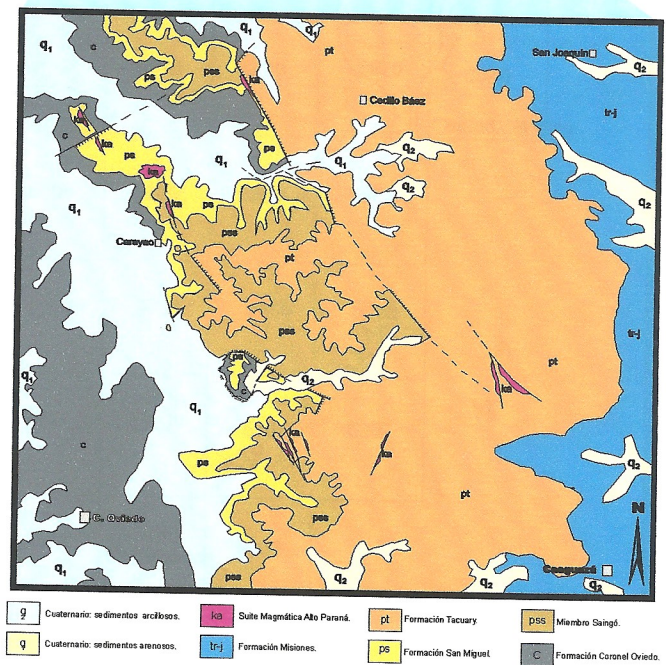
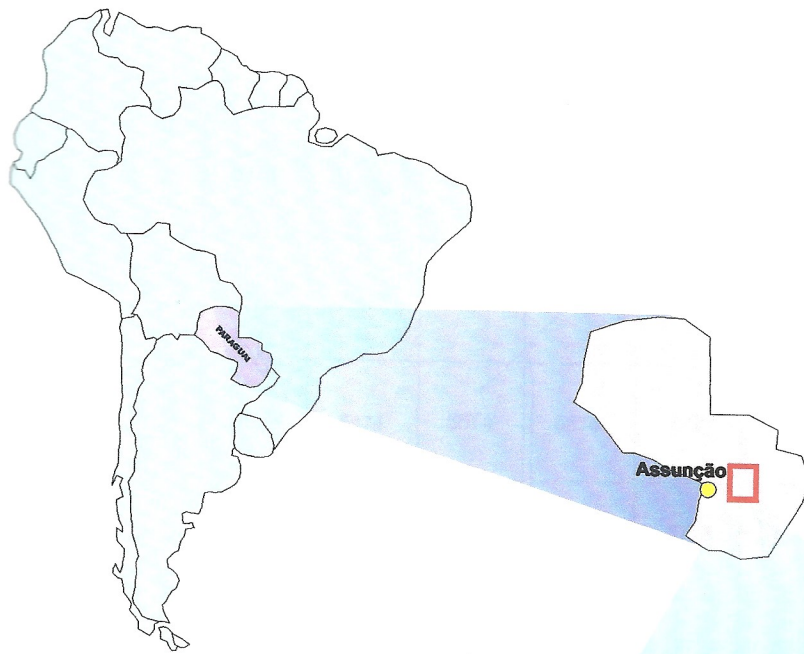
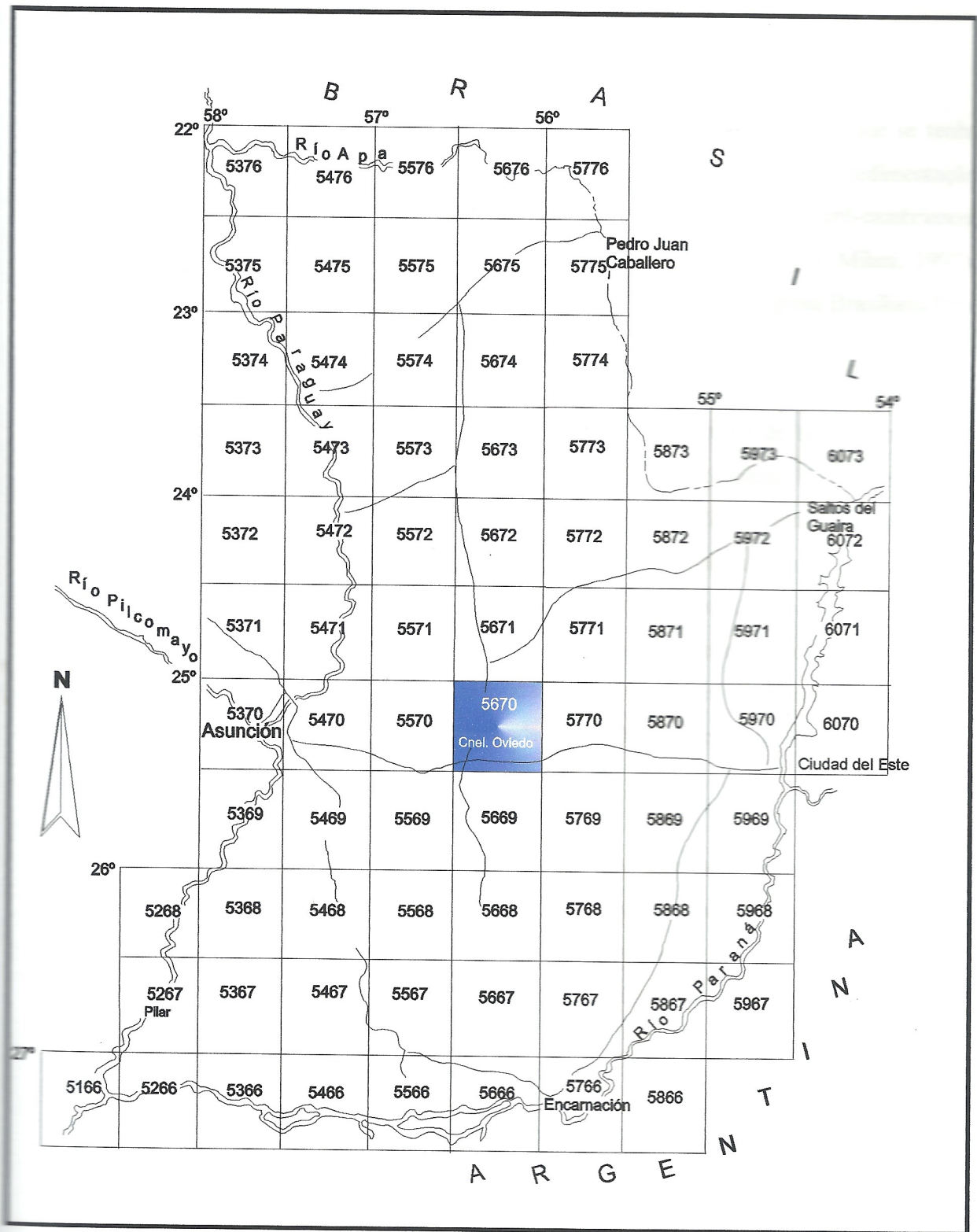


Figura 1: Mapa de localização da área de trabalho



Modificado do Mapa Índice Cartográfico, escala 1:100.000 da *Dirección del Servicio Geográfico Militar*.

Figura 2: Mapa da Região Oriental do Paraguai, localização da Folha 5670 Coronel Oviedo.

3. GEOLOGIA DA BACIA DO PARANÁ

O embasamento do paleocontinente Gondwana é um tema de discussão, ainda que se tenha estabelecido que o substrato da Bacia do Paraná, no qual se depositou a sedimentação fanerozóica, foi construído pela agregação de um mosaico de terrenos pré-cambrianos, altamente diversificados quanto à sua origem e composição (De Wit et al., In: Milani, 1997). Esta agregação se realizou entre 800 e 450 Ma estando relacionado a Orogenia Brasileira/Pan-africana (Almeida & Hasui, 1983).

Os cinturões do Ciclo Brasileiro/Pan-africano constituem um conjunto de bacias e orógenos que engloba os continentes africano e sul-americano, em uma complexa história tectônica, sedimentar e metamórfica, e acompanhada de constantes deformações no entorno dos núcleos cratônicos, permitindo inclusive o desenvolvimento de bacias associadas a este ciclo de consolidação inicial do paleocontinente (Milani, 1997). Para Ramos (1998) esta agregação de terrenos ao paleocontinente prosseguiu durante o Paleozóico, com a acreção de blocos menores ou terrenos patagônios. A acreção e colisão dos diferentes blocos no transcorrer da história geológica é atribuída a uma prolongada interação convergente de placas (Milani, 1997).

A Bacia do Paraná é constituída por um preenchimento sedimentar /magmático fanerozóico situado geograficamente em grande parte no Brasil, no Paraguai, parte na Argentina e no norte do Uruguai (Fig. 4), desenvolveu-se em uma complexa sucessão de períodos de deposição, de não deposição ou erosão de sedimentos finalmente intrudidos, metamorfizados e recobertos pelas rochas magmáticas mesozóicas.

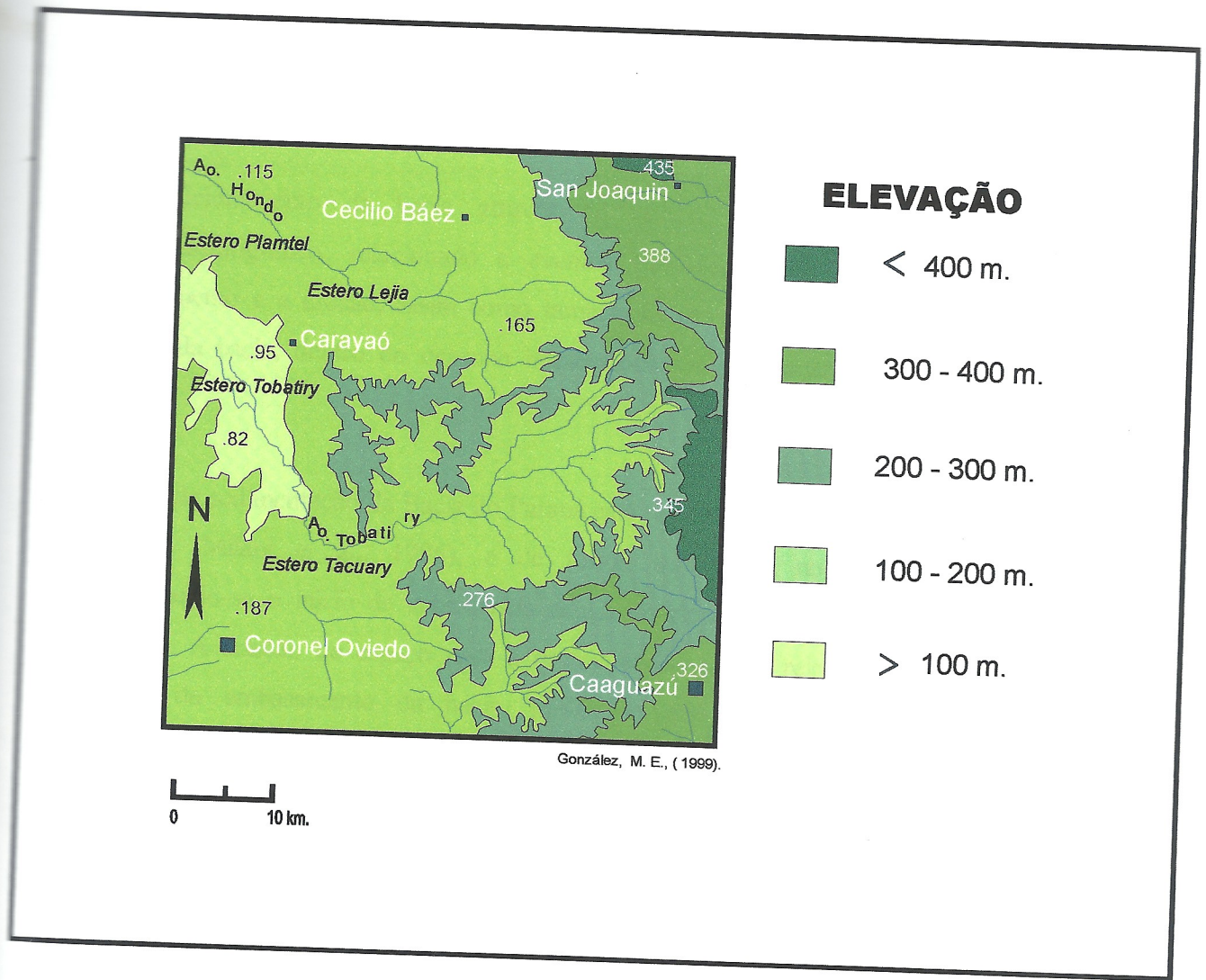


Figura 3: Esquema fisiográfico da Folha Coronel Oviedo.

A sedimentação gondwânica da bacia intraplaca consiste principalmente no desenvolvimento de sedimentação continental e marinha, em diferentes intervalos do tempo geológico. A ingressão inicial do mar no ambiente intracratônico despreza as condições continentais e os limites da bacia, e a partir daí transgressões e regressões determinam as condições ambientais implantadas nas sub-bacias interiores. A grande variedade de sub ambientes de sedimentação, é atribuída a tectônicas crustais ao longo das margens ativas do continente.

O condicionamento da bacia através do tempo geológico estabelece um contexto tectono/estratigráfico, relacionado a eventos tectônicos que controlam a subsidência, o ressurgimento e a erosão, assim como também as transgressões e regressões registradas na história da bacia, dentro do desenho intracratônico e posicionamento do ante país (Milani, 1997).

O início da sedimentação da Bacia do Paraná está registrado no Brasil, a partir do Ordoviciano Superior (Milani et al., 1996), e de forma semelhante no Paraguai (Wiens, 1995), considerando-se o início da subsidência no Ordoviciano Inferior e terminando no Cretáceo Superior. A criação de espaço para a sedimentação estaria relacionada ao comportamento flexural do embasamento da bacia, produzido por compressão da margem ativa do paleocontinente e reativada através do tempo geológico com características cíclicas, que alternam períodos de subsidência acelerada e desacelerada (Milani, *op. cit.*).

A história evolutiva tectono/sedimentar da Bacia do Paraná é caracterizada por grandes ciclos de sedimentação, com amplitudes de dezenas de milhões de anos. Estes ciclos sedimentares são considerados unidades estratigráficas de segunda ordem ou supersequências. No registro

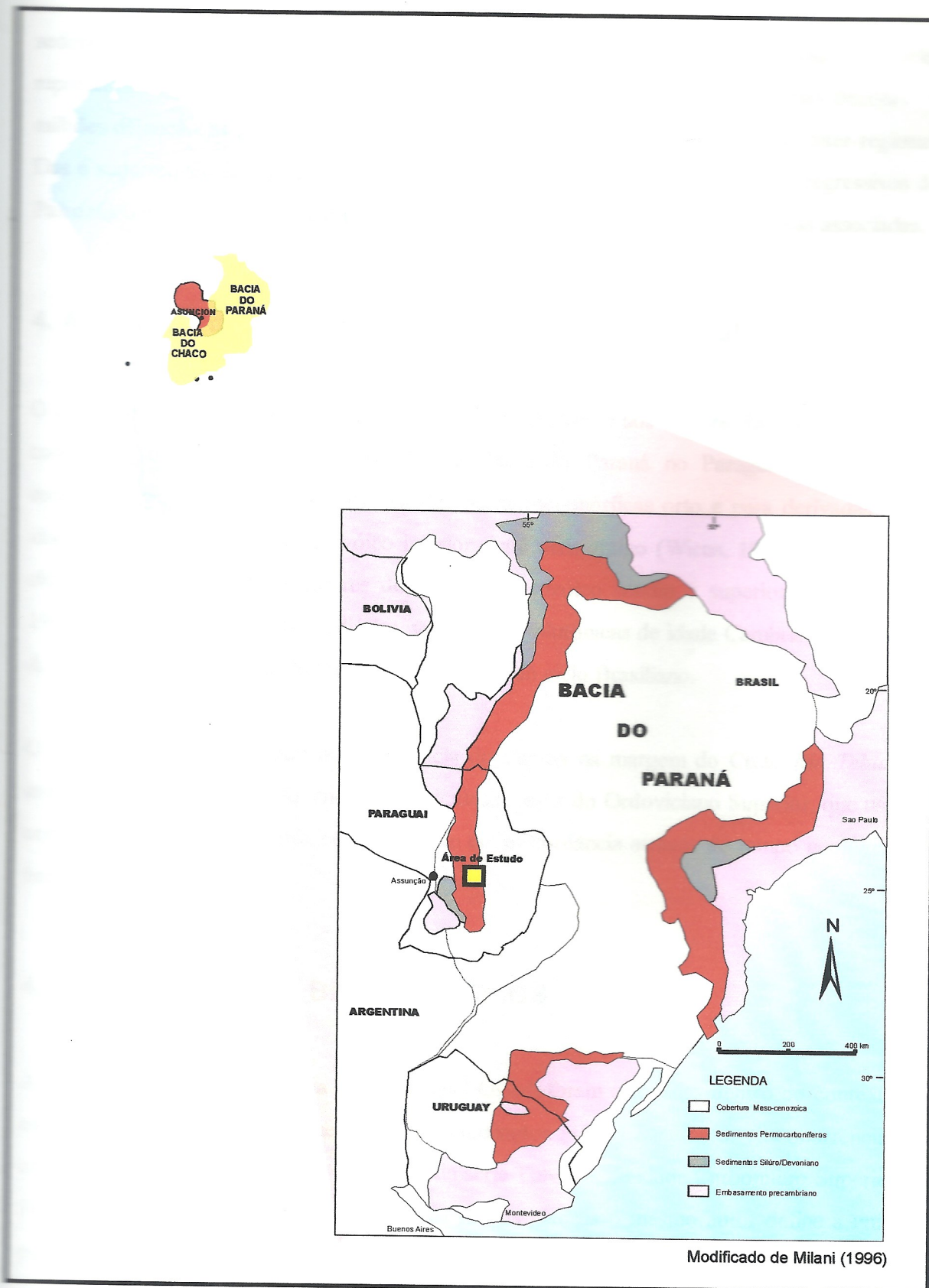


Figura 4: Localização da área de estudo na Bacia do Paraná, destacando-se os sedimentos Permo-carboníferos.

sedimentar da bacia podem ser reconhecidas 6 supersequências (Milani, 1997), cada uma delas representadas por um conjunto de rochas que se depositaram durante algumas dezenas de milhões de anos e se acham limitadas por superfícies de discordâncias de caráter inter-regional. Das 6 supersequências, as três primeiras correspondem a ciclos transgressivos e regressivos do Paleozóico e os três últimos são unidades continentais Mesozóicas e rochas ígneas associadas.

4. A geologia da Bacia do Paraná no Paraguai Oriental.

O conjunto de rochas pré-cambrianas que servem de núcleo aos cratons *Río Tebicary* e *Apa*, constituiria o embasamento estruturado da Bacia do Paraná no Paraguai Oriental. Este conjunto é caracterizado pela presença de rochas metamórficas orto e para derivadas, cujas idades são atribuídas ao Proterozóico inferior e até mais antigo (Wiens, 1984; Loshe, 1990), além de rochas metassedimentares de idade Proterozóico Médio a superior (Cubas et al., 1997), e ígneas ácidas a intermediárias, vulcânicas e plutônicas de idade Cambriana (Bitschene & Lippolt, 1986), culminando tal evolução ao final do ciclo Brasileiro.

O registro sedimentar gondwânico da Bacia do Paraná na margem do Crato *Río Tebicuary* constitui um conjunto de seqüências depositadas a partir do Ordoviciano Superior, que usando como base o complexo cratônico se dispõem em discordância através do tempo geológico da bacia.

4.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

As rochas aflorantes na área da folha Coronel Oviedo foram estudadas dentro do contexto da estratigrafia do Paraguai a primeira vez por Harrington (1950). Este autor cita ocorrências de conglomerados glaciais, arenitos e argilitos da série Tubarão, de idade Carbonífero Superior ao Permiano inferior. Em concordância com as rochas glaciais o mesmo autor define a unidade pos-glacial como Série Independência, constituída por arenitos e argilitos, com espessura aproximada de 400 m., depositada em ambiente continental e de idade permiana superior. O

mesmo autor também emprega pela primeira vez o termo Formação *Misiones*, para designar rochas clásticas dispostas em uma franja aflorante desde *Bella Vista* ao norte até *Encarnación* ao sul, atribuindo-lhes idade Triássica.

Eckel (1959) correlaciona a flora e a fauna das unidades sedimentares permocarboníferas e mesozóicas com formações brasileiras de mesma idade. Posteriormente Putzer (1962) identifica arenitos intercalados com os tilitos glaciais do Carbonífero Superior. O mesmo autor descreve vegetais fósseis nos arenitos da base da unidade concordante da Série *Independencia*, atribuindo idade permiana média à mesma. enquanto na Formação *Misiones* este autor descreve arenitos maciços de ambiente eólico e continental, dispostos discordantemente sobre as unidades anteriores, e com espessuras que variam entre 50 m. e 250 m. em diferentes localidades.

Comte (1968) menciona tilitos, siltitos argilitos e arenitos de ambiente glacial, aflorantes ao sul do Paraguai Oriental, além de arenitos e rochas calcárias como a unidade concordante a primeira.

A quadricula 41 (*Directoria de Recursos Minerales*, 1966) inclui os arenitos de cores vermelhas, de ambiente eólico e fluvial dos arredores de Assunção, como pertencentes ao mesmo evento geológico, atribuindo-lhes uma idade Jurássico Superior. Estes autores definem a base conglomerática desta unidade como de um ambiente fluvial e os arenitos superiores como eólicas.

Huchinson (1979) diferencia duas unidades no que ele denomina de rochas permocarboníferas, diferenciando-as principalmente por suas características ambientais, sendo a seqüência inferior principalmente constituída por arenitos conglomeráticos, arenitos, siltitos e argilitos de origem glacial, e para o permocarbonífero superior atribui a típica alternância areia/argila dos ambientes marinhos rasos. Ao descrever os arenitos mesozóicos o mesmo autor descreve uma unidade inferior de origem fluvial, consistindo de arenitos de granulometria grossa em parte conglomerática e uma unidade superior de ambiente tipicamente eólico, consistindo de arenitos

de granulometria média, bem arredondados em estratos de grande espessura e com estratificação cruzada.

Trabalhos de exploração e prospecção realizados por *The Anschutz Co.* (1972/1982) transcrevem os dados obtidos para um mapa geológico (1981). Neste mapa a unidade permocarbonífera é subdividida em dois grupos. O Grupo Coronel Oviedo e o Grupo *Independencia*, sendo este último constituído por arenitos, argilitos e siltitos associados a um ambiente marinho raso costeiro, com influência continental, subdividindo-se nas Formações *San Miguel*, *Tuacary*, *Tapytá* e *Cabacué*.

O projeto PAR 83/005 (1986) define dentro da unidade permocarbonífera uma seqüência sedimentar inferior como o Grupo Coronel Oviedo, incluindo litofácies glaciais, tais como diamictitos, ritmitos, argilitos e arenitos, de idade Carbonífero Superior a Permiano Inferior. Concordantemente à primeira, a unidade superior denominada grupo *Independencia* corresponde às duas formações inferiores reconhecidas por *The Anschutz Co.* Estes mesmos autores diferenciam os sedimentos ao redor de Assunção dos arenitos da Formação Misiones de idade Triássica/Jurássica. agrupando as mesmas sobre o nome de Formação *Patiño*, de idade Terciária e com depósitos característicos de uma estrutura tectônica.

Posteriormente Wiens (1991) menciona as rochas do Grupo Coronel Oviedo, como formadas em um ambiente glacio-marinho-lagunar e fluvial, constituído por argilitos, diamictitos e varvitos. Para este autor as rochas principalmente arenosas, que se encontram superpostas concordantemente ao Grupo Coronel Oviedo, pertencem à Formação *San Miguel* do Grupo *Independência*, sendo a Formação *Tacuary* a unidade composta pela alternância de siltitos e argilitos. O mesmo autor apresenta arenitos em camadas maciças e com estratificações plano paralela e cruzada com base conglomerática, em uma localidade tipo localizada na cidade de *San Juan Bautista Misiones*, como rochas da Formação *Misiones*.

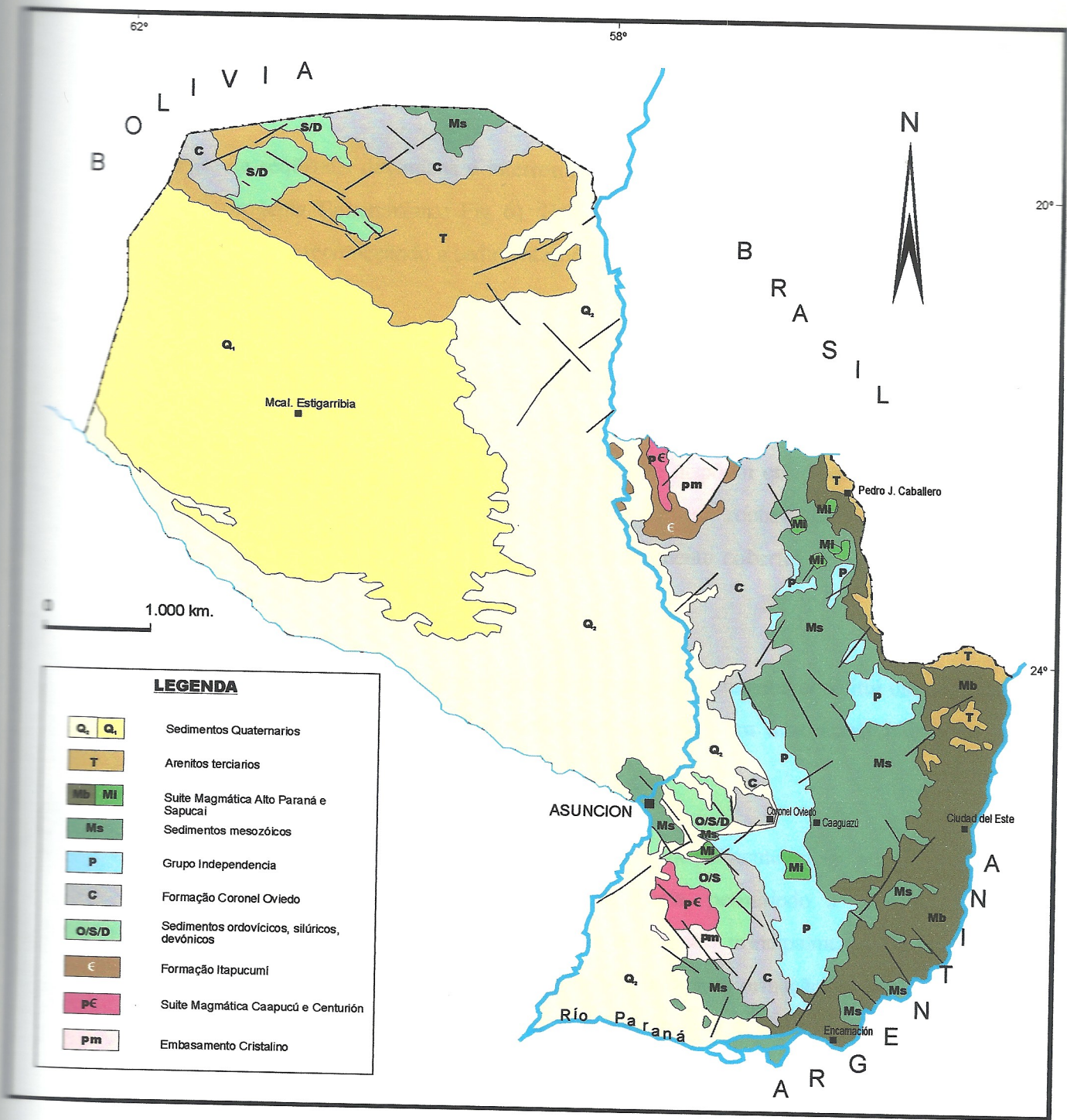
O programa de prospecção de petróleo empreendido pela empresa Texaco (1991), perfuraram poços estratigráficos nas rochas permianas, definindo as diferentes litofácies componentes da unidade.

A interpretação de alguns dos poços perfurados pela empresa *The Anschutz Co.* (1978/1982) e do poço *Mallorquin 1* (1990), realizada por Thornburg et al. (1992), teve à identificação das fácies deposicionais nos poços, concluindo em um modelo evolutivo paleoambiental para a Formação *San Miguel*.

4.2. ESTRATIGRAFIA

No Paraguai, a primeira seqüência sedimentar se inicia na margem do subcraton, em um ambiente continental morfológicamente abrupto, em contato lateral a um mar transgressivo. Esta transgressão chega a seu máximo de inundação no Siluriano Inferior e posterior regressão depositando conglomerados intercalados a arenitos conglomeráticos, que passam gradualmente a arenitos, formando o conjunto de rochas clásticas grosseiras do Grupo *Caacupé*, dispostas regionalmente em discordância sobre o embasamento (Fig. 5). Concordantes com as anteriores, as rochas clásticas do Grupo *Itacurubi* se acham principalmente constituídas por arenitos finos, folhelhos e argilitos, altamente fossilíferos, que constituem o suporte geocronológico desta seqüência, de idade Landoveriana, do Siluriano Inferior.

As rochas da seqüência devoniana se dispõem em discordância sobre a anterior, em depósitos continentais e lateralmente marinhos. As fácies marinhas, não são observadas diretamente no campo, porém se conhecem registros delas nos poços *Asunción 1* e *2* (Pecten, 1982), nos quais se descrevem ao redor de 450 m de sedimentos devonianos (Petropar, 1993). As fácies continentais clásticas grossas repousam sobre o Grupo *Itacurubi*, nos arredores do povoado de *Arroyos y Esteros* (Formação *Santa Elena*; Gonzalez et al., 1994), estas apesar de não



Modificado do Mapa Geológico do Paraguai, escala 1:1.000.000; Proyecto PAR 83/005, 1986

Figura 5: Mapa geológico do Paraguai.

conterem fósseis, são consideradas como indo do Siluriano Superior ao Devoniano (Dionisi, inf. verbal; Fig 6).

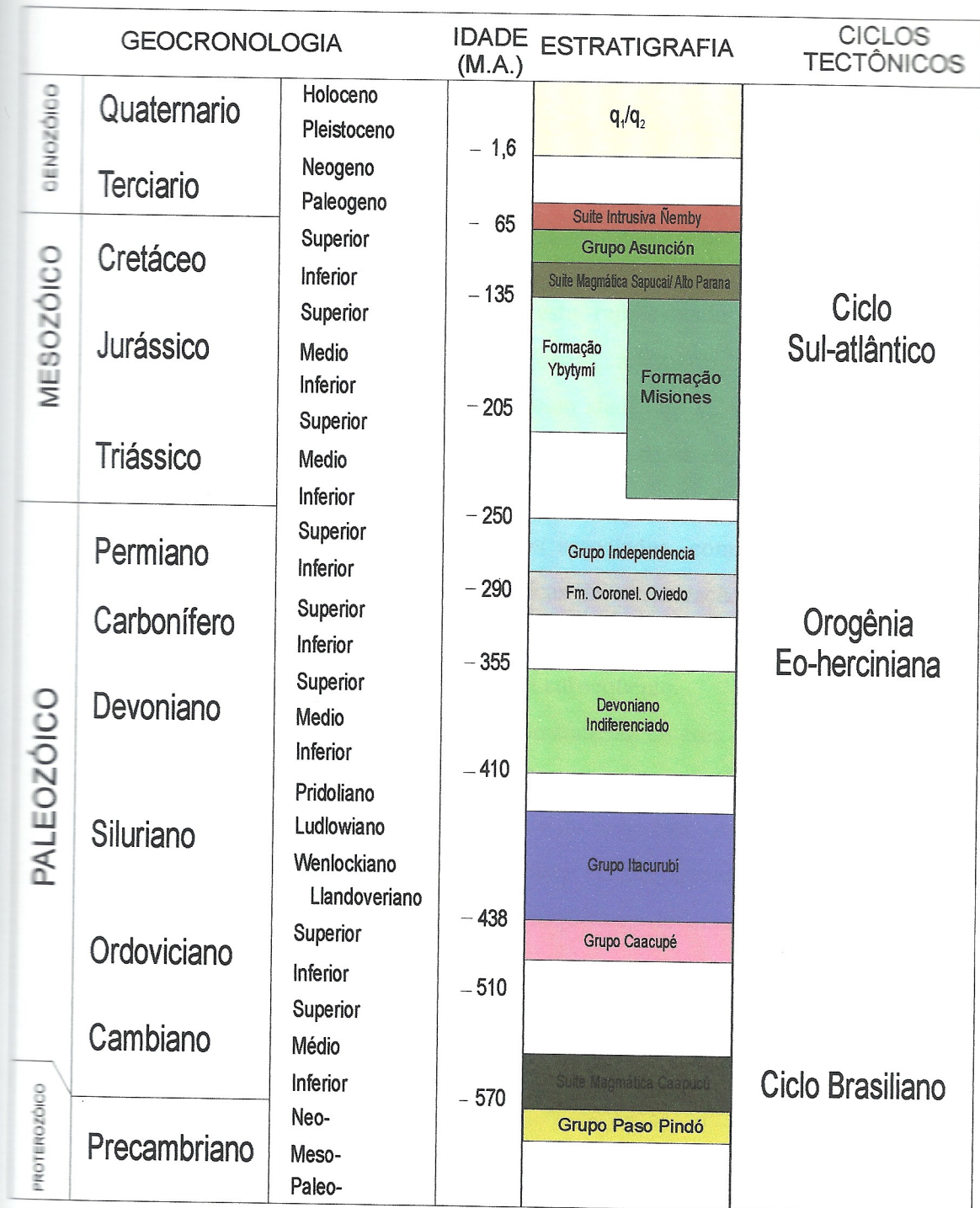
A deposição da seqüência devoniana é interrompida pelos tectonismos associados ao reajuste continental (orogenia Eoherciniana; Fig 6). Este mesmo tectonismo reestrutura a bacia no Carbonífero Inferior, recomeçando a sedimentação a partir do Carbonífero Superior.

A terceira seqüência Carbonífera/Permiana se deposita com características ambientais muito variadas inicialmente debaixo de condições glaciais e periglaciais, transgressivas e finalmente regressivas, depositando uma sucessão clástica de sedimentos em fácies ambientais continentais, transicionais e marinho raso. As mesmas se dispõem em discordância sobre as seqüências do Paleozóico inferior. Esta Seqüência contem as rochas clásticas posicionadas como a base da Formação *Coronel Oviedo*, concordantemente cobertas pelos sedimentos do Grupo Independencia.

Por fim a Formação *Misiones*, em um ambiente inteiramente continental constitui um conjunto que se distribui discordantemente sobre rochas pré-existentes em uma franja Norte-Sul, e também a Leste. (Fig 5).

O evento tectônico Sul-atlantiano a partir do Triássico e principalmente no seu auge, durante o Cretáceo, modifica as características evolutivas da bacia, permitindo a implantação de depósitos continentais locais no seio de estruturas tectônicas, principalmente no bordo da bacia, e independentemente da sedimentação geral da mesma (Formação *Ybytymí* e Grupo *Asunción*). Além disso ocorre a intrusão e extrusão das rochas magmáticas das suítes magmáticas Alto Paraná e Sapucaí (Figs. 5 e 6).

A morfologia atual da Bacia do Paraná no Paraguai Oriental, produto de tectonismos e erosões, se apresenta na forma de serras longas e arredondadas, em contraste com vales cobertos com a sedimentação recente.



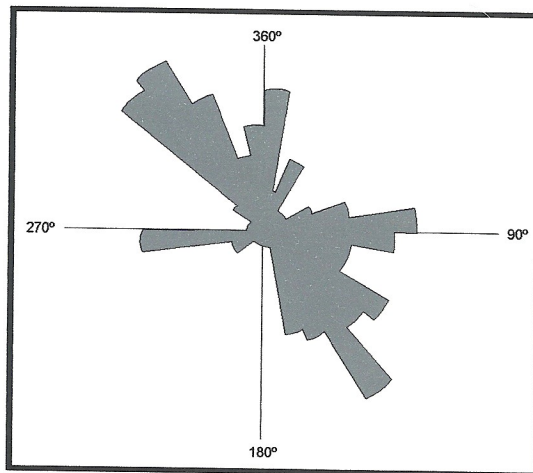
Modificado del Mapa Geológico del Paraguay, escala 1:1.000.000, Proyecto PAR 83/005; 1986.

Figura 6: Coluna tectonoestratigráfica do Paragüai Oriental.

4.3. TECTÔNICA

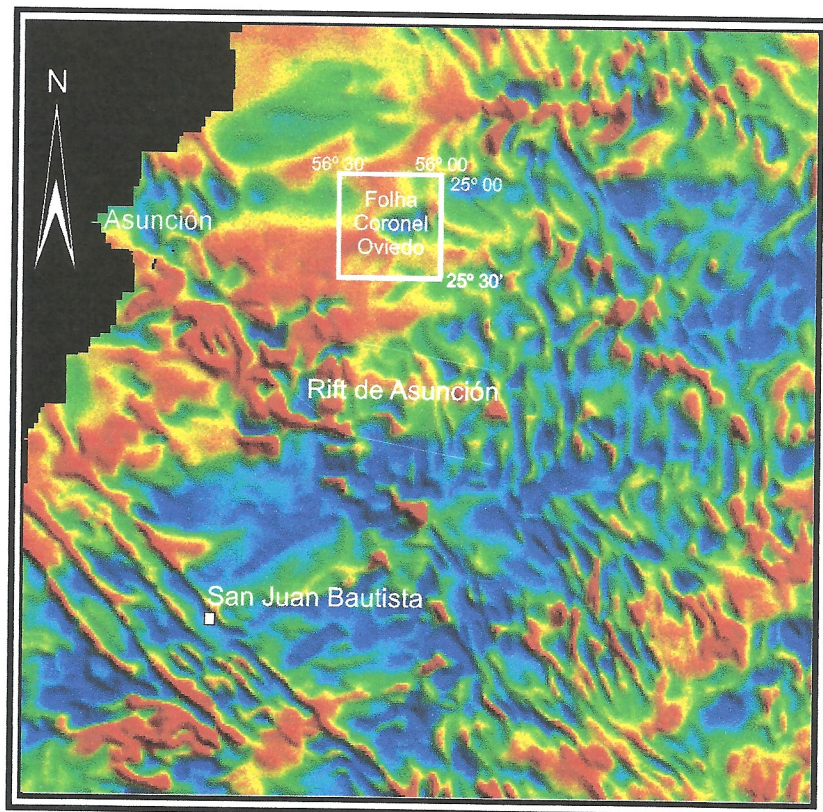
Na evolução geológica da Bacia do Paraná no Paraguai oriental, podem ser considerados cinco eventos tectônicos, de diferentes magnitudes e direções preferenciais, reativadas através do tempo geológico.

1. O ciclo Tectônico Transamazônico esta representado por rochas metamórficas e metassedimentares da Suíte *Villa Florida*, aflorantes ao sul da área desta folha. Datações em zircões de anfibólios indicam idades de 2.240 e 2.040 Ma (Lohse, 1990), situando-as como pertencentes a fase magmática deste ciclo.
2. O ciclo Tectônico Brasileiro (700/450 Ma) é o evento formador da Bacia do Paraná, a leste da zona de colisão dos terrenos associados, com características de ante pais (Ramos, 1988). Embora as características de estruturação iniciais do embasamento da bacia sejam pouco conhecida, as direções estruturais dominantes noroeste e nordeste controlariam a sedimentação paleozóica subsequente.
3. A partir do carbonífero Inferior, um domeamento da área de sedimentação da bacia por compressão, como efeito da junção dos terrenos patagônios na margem sudeste do gondwana (Ramos, 1988), sendo a causa do largo hiato na sedimentação da bacia. Este hiato é atribuído a Orogênese Eoherciniana (Lopez Gamundi & Rosello, 1993; Fig. 6), é evidenciado pela discordância entre a seqüências devoniana e a permocarbonífera.
4. O ciclo Tectônico Sul-atlantiano reestrutura novamente a bacia a partir do Triássico (Putzer, 1962). Esta estruturação é conseqüência da abertura do Atlântico Sul, em um complexo sistema distensional, com direções gerais noroeste/sudeste. Esta estrutura é o principal elemento tectônico da área de estudo, já que as mesmas medidas observadas em campo são interpretadas em imagens de satélite. Além disso, as direções obtidas no mapa aeromagnético controlam preferencialmente o jogo de direções que basculam os blocos e controlam as intrusões de diques e sills do evento magmático do ciclo (Figs. 7 e 8).



González, 1999

Figura 7: Diagrama de roseta mostrando os principais alinhamentos estruturais da área da folha Coronel Oviedo, identificados a partir de imagens de satélite.



Mapa aeromagnético de la Región Oriental del Paraguay
 Archivo de la DRM-MOPC).

Figura 8: Mapa aeromagnético, do centro oeste da Região Oriental do Paraguai, situando a área estudada. Pode-se notar as direções tectônicas preferenciais, associadas aos rifts da região.

5. O ciclo Tectônico Andino no Paleogeno, não está diretamente evidenciado na área, podendo ter reativado estruturas anteriores, principalmente em direções noroeste/sudeste, definindo regionalmente a morfologia atual do mesmo.

5. METODOLOGIA

O trabalho se inicia com uma compilação bibliográfica de trabalhos realizados anteriormente, afim de obter um apanhado geral das unidades reconhecidas na área e suas localizações e estruturação, para determinar os procedimentos seguintes.

A avaliação bibliográfica se faz acompanhar de uma interpretação geológico/estrutural com base em imagens de satélite, na mesma escala das cartas topográficas, 1:100.000. Os resultados obtidos proporcionaram uma importante base de delimitação de áreas aflorantes e caracterização tectônica posterior da zona.

Um levantamento preliminar no reconhecimento de campo, indica a posição de cada um dos afloramentos, que em uma segunda revisão serão descritos em detalhes. Além disto, apresenta os dados necessários para a diferenciação da maioria dos litótipos a serem analisados e também um panorama geral do contexto geológico da área.

O levantamento geológico de campo em detalhe se realiza com uma minuciosa revisão, descrição, definição de estruturas sedimentares, coleta de amostras de cada um dos diferentes litótipos identificados, levantamento fotográfico de cada afloramento e um reconhecimento dos arredores destes afloramentos para a localização de novos locais de estudos. A localização desses pontos cada um destes se realiza em um mapa de campo, a partir das coordenadas obtidas de um GPS. A atividade seguinte é a definição dos componentes litológicos, descrição de cada um e coleta de amostras. A coleta de amostras se realiza após serem definidos os componentes litológicos, as mesmas são devidamente etiquetadas, e arquivadas para

posteriores análises, quer sejam para petrografia, datação absoluta ou paleontológicas ou outras mais específicas em caso de necessidade.

Como base para o mapeamento geológico, se utilizou a folha cartográfica na escala 1:100.000, denominada *Coronel Oviedo* e numerada "5670", e como apoio de campo as cartas *Coronel Oviedo*, *Carayao*, *San Joaquín* e *Caaguazú* na escala 1:50.000.

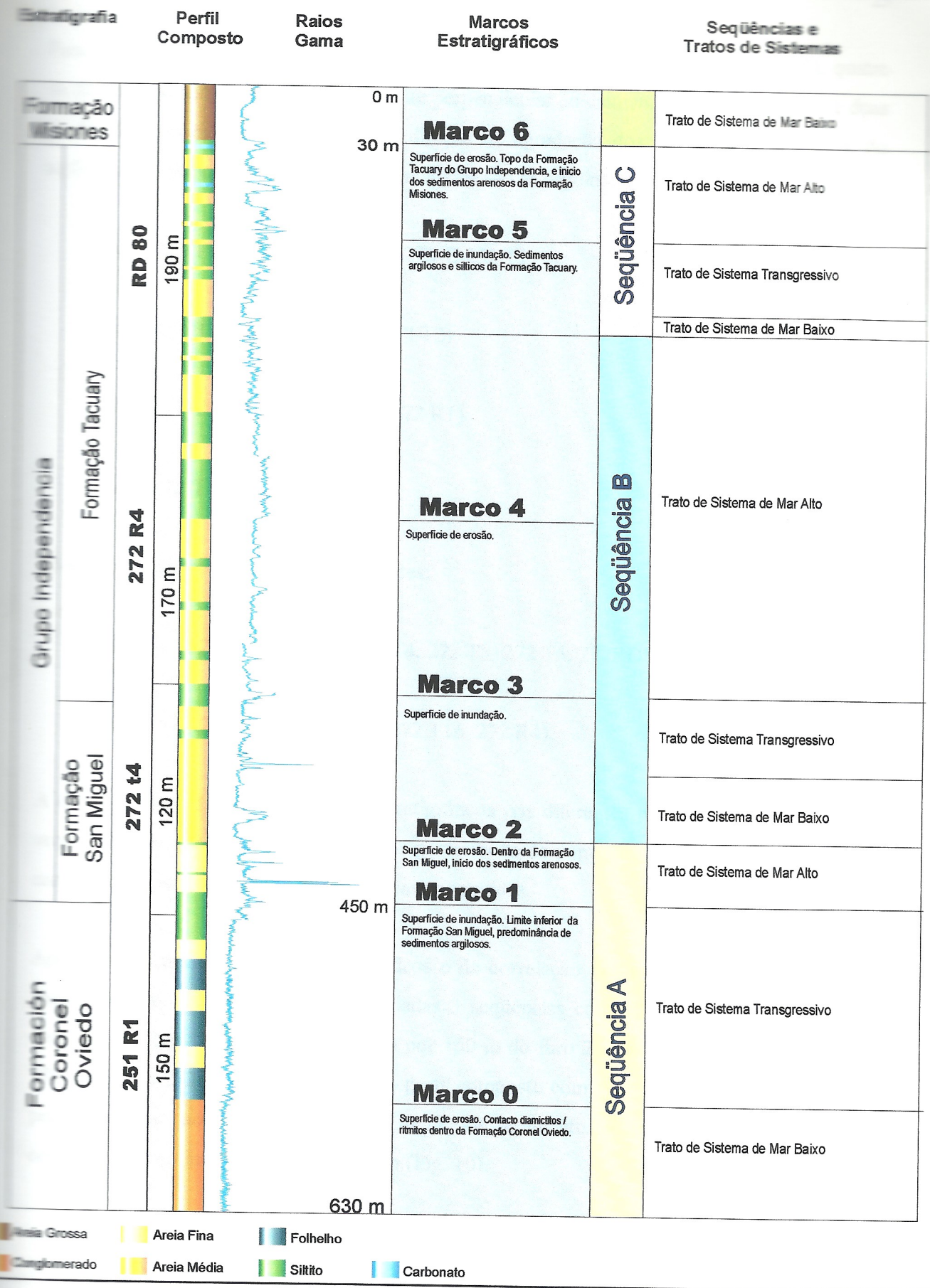
Para a transcrição de um local ou área de referência se utilizaram as coordenadas em UTM (Transversal Universal Mercator) para a região Oriental do Paraguai. Estas coordenadas são expressas de forma simplificada, tomando-se em conta somente os números grande, correspondentes no caso da Folha Coronel Oviedo, por exemplo, a: $71\overline{25}^{000m}$ N, estimando-se os valores decimais do intervalo da quadrícula entre a linha mencionada e o ponto a ser indicado, como está representado nas especificações da carta. Os valores são descritos entre barras, antepondo-se o valor da abscissa a da ordenada.

Além do minucioso trabalho de campo, aonde foram descritos 123 afloramentos, foram realizadas também análises de subsuperfície a partir do estudo dos perfis de raios gama de 40 furos, que apresentam profundidade média de 200 m, e que estão distribuídos na área da folha (Fig. 9). Estes poços foram perfurados integralmente pela empresa *The Anschutz Co.* com o objetivo de prospectar urânio na seqüência Permocarbonífera da região Oriental do Paraguai, entre os anos de 1978 e 1982. Cada um destes poços conta com os registros elétricos para Raios Gama, SP e Resistividade, descrição litológica de boca de poço, e amostras de calha.

A análise do perfil de raios gama de cada um dos poços analisados permitiu determinar a existência de 7 marcos estratigráficos de referência, que estão indicados no perfil composto (Fig. 10). A identificação dos mesmos foi realizada tomando como parâmetros principalmente as superfícies de inundação e as superfícies de erosão, sendo que nos marcos 1 e 6 são o limite inferior e superior respectivamente do intervalo estudado em detalhe.



Figura 9. Mapa de Localização dos poços utilizados e dos Marcos Estratigráficos encontrados na Folha Coronel Oviedo.



- Areia Grossa
- Areia Fina
- Folhelho
- Conglomerado
- Areia Média
- Siltito
- Carbonato

Figura 10: Perfil composto mostrando os principais registros geofísicos e os marcos estratigráficos identificados

Para a correlação dos diferentes poços se construiu seis seções estratigráficas (Fig. 11), quatro na direção sudoeste/nordeste relativamente perpendicular ao caimento geral dos estratos e duas na direção noroeste/sudeste, paralela à direção de agradação dos marcos estratigráficos. As seções sudoeste/nordeste com os poços incluídos são as seguintes:

AB (251 T8, 251 T9, 252 R1, 252T7 E 252 T1)

CD (251 R2, 251 T6, 251 T7, 252 T2)

EF (271 T2, 272 T11, 272 T3, 272 R1)

GH (272 T1, 272 R4, 272 T5)

As seções noroeste/sudeste são as seguintes:

IJ (251 T, 251 R1, 252 T3, 272 T4, 272 T8, 272 T5, 272RD80)

KL (251 R2, 271 RR1, 272 T2, 272 T16, 272 R4)

A definição de cada um dos marcos estratigráficos nos diferentes poços se realiza em escala vertical 1:200, transcrevendo-se os dados posteriormente para a escala 1:400, para facilitar a correlação através das seções estratigráficas construídas.

Após a definição dos marcos estratigráficos e da correlação dos mesmos, se delimitaram as seqüências sedimentares, sendo diferenciadas 3 seqüências completas. Para este trabalho se construiu um poço composto constituído por 150 m do furo 251 R1, 120 m do furo 272 T4, 170 m do furo 272 R4, completando-se o perfil composto com 190m do furo 272 RD 80. Este perfil composto abrange desta forma 630 m dos sedimentos analisados, dos quais 420 m correspondem ao intervalo a ser detalhado (Fig. 10).

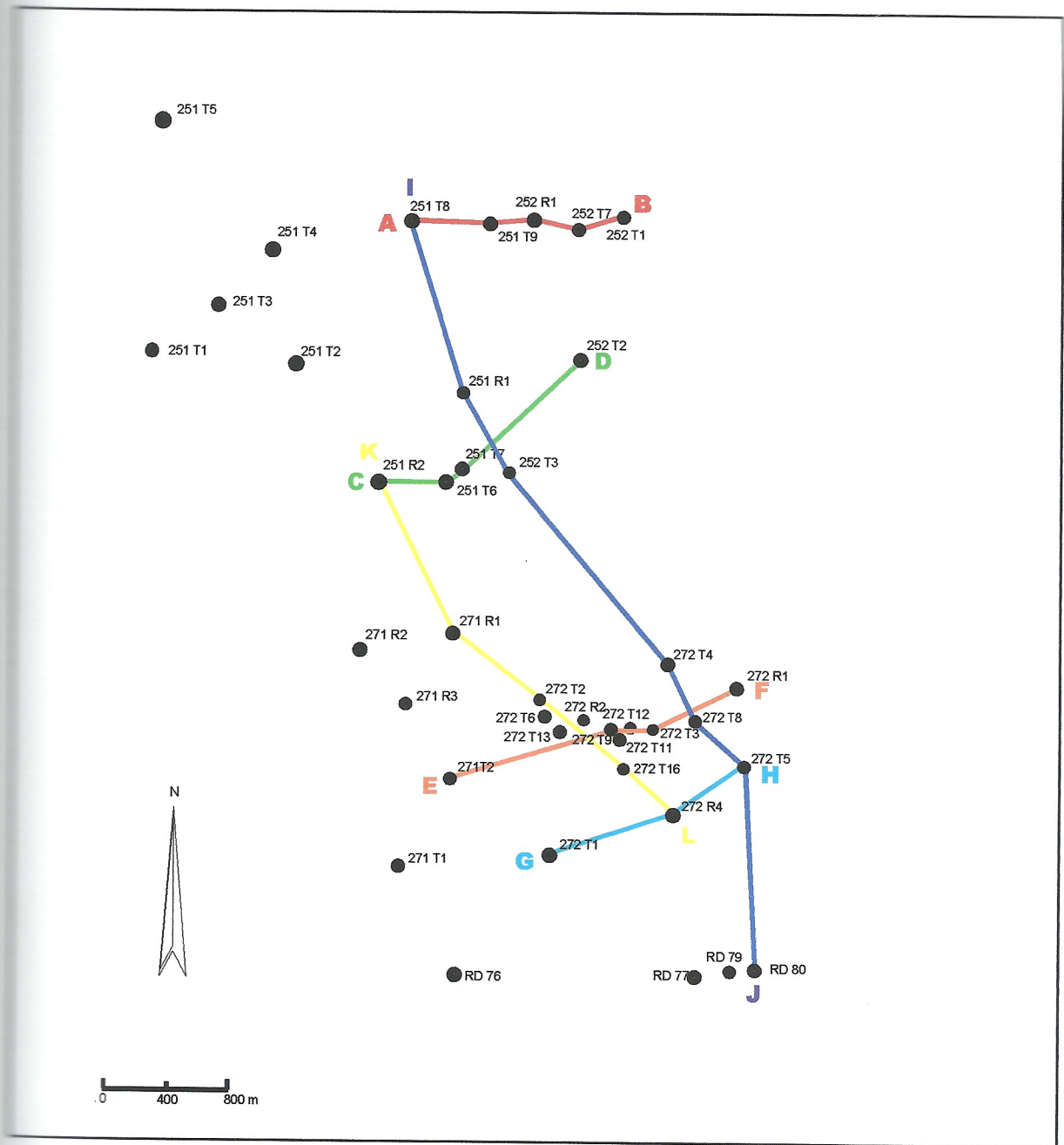


Figura 11: Mapa de Localização dos poços utilizados e das seções estratigráficas construídas, para a folha Coronel Oviedo.

Das três seqüências definidas para a análise seqüencial do intervalo de interesse, as duas seqüências superiores (B e C) são completas e da seqüência inferior (A) foi utilizada somente a porção compreendida a partir da superfície de inundação da mesma.

A delimitação das seqüências sedimentares se realiza identificando os tratos de sistemas de Mar Baixo (TSMB), Transgressivo (TST) e de Mar Alto (TSMA) sendo o limite entre os dois últimos a superfície de inundação correspondente a cada seqüência (Fig 10). A definição destes tratos de sistemas se realiza tendo como base fundamental o traçado do perfil de raios gama e o complemento geológico.

A definição e descrição de cada uma das litofácies são feitas tomando como base fundamental os afloramentos e correlacionando-se com os registros elétricos, levando-se em conta o posicionamento dos poços em relação à superfície.

Os mapas de isópacas, isólitas e percentagens construídos, tendo como base os dados de cada um dos poços, correlacionam respectivamente a espessura dos marcos, a relação de espessura arenito / siltito - argilito e a percentagem de arenitos contidos nos mesmos, para cada um dos intervalos compreendidos entre os marcos estratigráficos.

6. ESTRATIGRAFIA DA FOLHA CORONEL OVIEDO

As rochas permocarboníferas têm sido objeto de numerosos estudos na Bacia do Paraná, já que sua importância econômica está ligada a suas características geradoras nas rochas da base da seqüência e principalmente como reservatório de hidrocarbonetos. Estas propriedades são conhecidas, avaliadas e faz pouco tempo explotadas em outra parte da bacia. A Formação *San Miguel* constituída de arenitos porosos e permeáveis e devido a estes, a unidade mas favorável à prospecção.

Outra importância econômica destas rochas está ligada a presença de urânio e, em menor escala, a presença de níveis calcários na formação *Tacuary*.

A seqüência permocarbonífera da folha constitui uma deposição contínua de contatos concordantes, evolutivos em um ambiente dinâmico continental, costeiro e marinho raso, onde o nível relativo do mar e as condições climáticas apresentam um papel muito importante no aporte de sedimentos e nos diferentes ambientes de deposição.

As zonas cratônicas emergentes a norte e a sul e as rochas do Paleozóico Inferior a oeste, constituiriam durante o permocarbonífero as áreas de proveniência para os depósitos sedimentares das formações *Coronel Oviedo*, *San Miguel* e *Tacuary*. A emersão das áreas preexistentes é devido ao soerguimento por efeito da epirogenese Eoherciniana, durante o Carbonífero Inferior a Médio. As condições climáticas no início da sedimentação são devidas ao posicionamento do escudo Sul Rio-grandense, em 60° de latitude sul (Leinz, 1937), durante o carbonífero Superior e o Permiano Inferior, características que condicionam a glaciação continental na bacia.

A partir do Carbonífero Superior a Bacia do Paraná se comporta como uma bacia intracratônica do tipo rampa (Van Wagoner et al., 1990), características que adquire como efeito de um reajuste tectônico comum neste tipo de bacia. As bacias intracratônicas se caracterizam por possuir grandes dimensões, caimentos suaves, linhas de tempo horizontais e uma história evolutiva de largos períodos de lenta acumulação sedimentar, interrompidos igualmente por largos períodos de erosão ou não deposição (Della Fávera, 1996).

A seqüência paleozóica superior constitui uma sedimentação contínua, com uma grande variedade litológica e de texturas, devido à diversidade de subambientes costeiros e sua evolução, implantados através do tempo geológico, como efeitos das variações do nível relativo do mar e das condições climáticas reinantes. Diamictitos, ritmitos, argilitos e arenitos são comuns na base, caracterizando a Formação *Coronel Oviedo*; arenitos, siltitos e até

carbonatos, são encontrados na porção média a superior, constituindo o Grupo Independência com suas formações e membros, recobertos por arenitos de origem eólica da Formação Misiones.

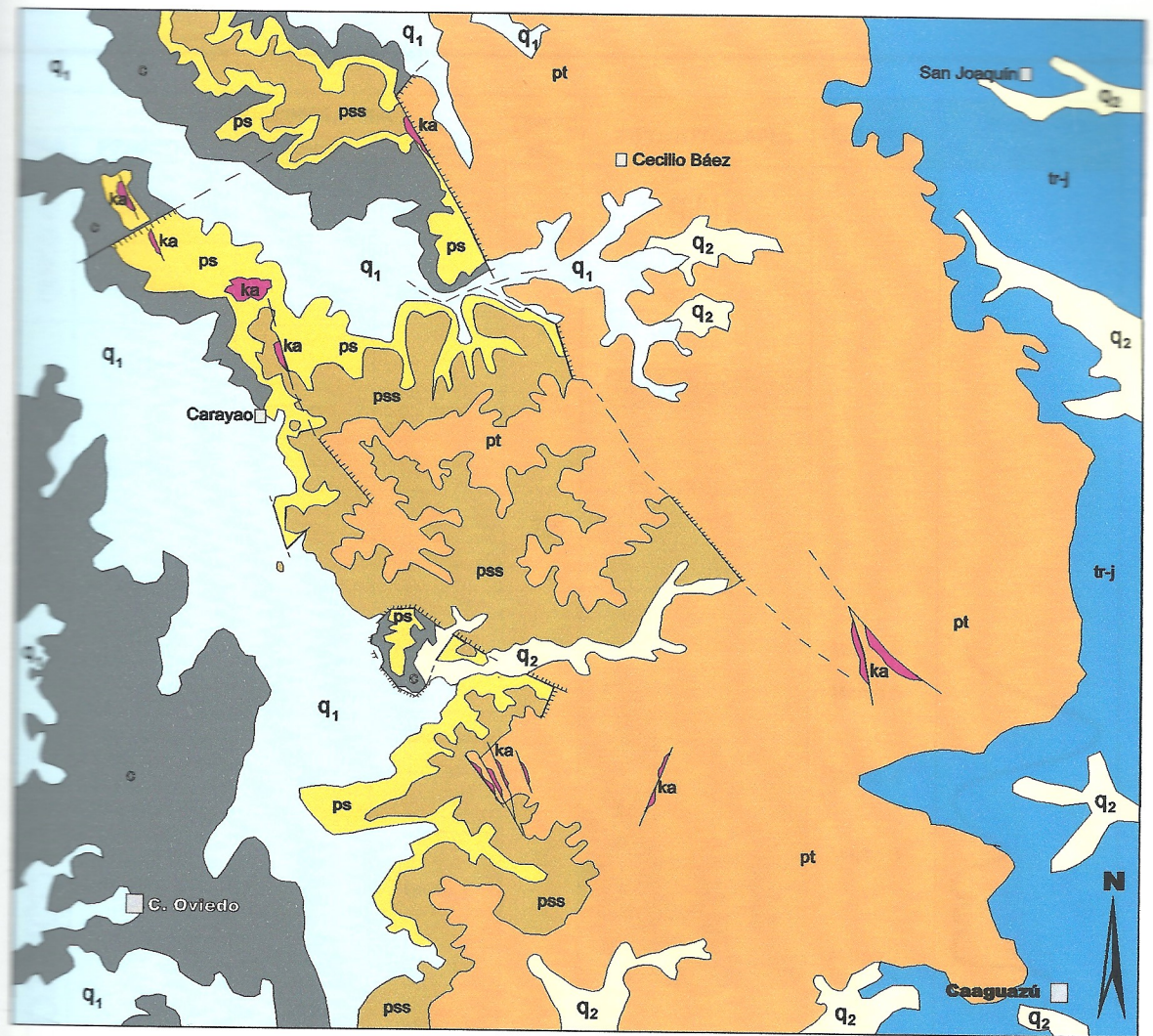
6.1. FORMAÇÃO CORONEL OVIEDO

As primeiras referências de rochas clásticas de origem glacial foram mencionadas por Harrington (1950). Este autor posiciona estratigraficamente o intervalo no Carbonífero Superior ao Permiano Inferior, e correlaciona-as a rochas similares da Bacia do Paraná no território brasileiro. Putzer (1962), descreve arenitos e tilitos da mesma idade e os denomina Formação tubarão. Hutchinson (1979), define a seqüência permocarbonífera como constituída por arenitos conglomeráticos, siltitos e argilitos. Trabalhos similares realizados pelo *Proyecto PAR 83/005* (1986), descrevem o mesmo conjunto de rochas, diferenciando-as em diamictitos, argilitos, arenitos e ritmitos, agrupados no grupo Coronel oviedo (Tabela 1). Os sedimentos desta unidade na folha 5670 se restringem ao bordo oeste da mesma, em contato discordante com as rochas mais antigas registradas na folha contígua. Pequenos e escassos afloramentos formam o conjunto das ocorrências, localizados principalmente nos arredores da cidade de Coronel Oviedo, na base do *Cerro Parigini*, no extremo noroeste da área (Fig. 12) e apresentando com aquela, continuidade subsuperficial.

O início da sedimentação da formação *Coronel Oviedo* foi datado como sendo do Carbonífero Superior (Pecten, 1982) nas rochas do poço *Asunción 1* (Fig. 13), correspondendo aos sedimentos do Grupo Itararé no Brasil (Marques Toigo, 1991). Nestes afloramentos se diferenciaram quatro litótipos:

- A. **arenitos e argilitos intercalados:** composta de arenitos claros de granulometria fina a muito fina, de grãos arredondados a subarredondados, com estratificação cruzada hummocky, dispostos em camadas de 7 a 10 cm de espessura, crescendo para cima. As

	Harrington, 1950	Wolfer, 1961; Patzer, 1961	The Anschutz Co., 1981	Projeto PAR 63/005, 1986	Presente Trabalho
Cretáceo	Areniscas de Rio Pirapó	Arenito/baurú Arenito Caiuá	Fm. Alto Paraná Arenitos Eólicos	Fms. Patinho e Acaary Fms. Alto Paraná e Sapucaí	Suíte Magmática Alto Paraná
Jurássico		Série São Bento	Alcalinas intrusivas e extrusivas	Não existente	
Triássico	Eruptivas de Serra Geral Areniscas de Misiones	Fm. Serra Geral Fm. Misiones	Fm. Misiones	Fm. Misiones	Fm. Misiones
Pérmiano	Serie de Independencia Serie de Tubarão	Série Passa Dois Fm. Rio do Rastro Fm. Estrada Nova Serra Alta Independencia	Gr. Independencia Fm. Cabacua Fm. Tapytá Fm. Tacuary Fm. S. Miguel	Gr. Independencia Fm. Tacuary Fm. San Miguel	Gr. Independencia Fm. Tacuary Fm. San Miguel Fm. Sam Miguel Saingó
Carbonífero		Série Tubarão	Fm. Coronel Oviedo	Fms Coronel Oviedo y Aquidaban	Fm. Coronel Oviedo
Devónico	Serie de Itacurubi	Não existente	Não existente	Não existente	
Siluriano	Serie de Caacupé	Arenito Cerro Peró Siltito Vargas Peña Arenito Eusebio Ayala	Gr. Itacurubi Fm. Cariy Fm. Vargas Peña Fm. E. Ayala Gr. Caacupé Fm. Tobati Fm. Cerro Jhu Fm. Paraguari	Gr. Itacurubi Fm. Cariy Fm. Vargas Peña Fm. E. Ayala Gr. Caacupé Fm. Tobati Fm. Cerro Jhu Fm. Paraguari	
Ordoviciano	Serie de Itapucumi	Arenito de Caacupé Conglomerado Basal	Fm. Itapucumi		



González et al., 1999.

- | | | | |
|--|--|--|---|
| | Quaternário: sedimentos de planície úmida, principalmente argilosos, não consolidados. | | Formação San Miguel (Permiano Inferior): argilitos, siltitos, arenitos, conglomerados, de ambiente marinho e continental. |
| | Quaternário: sedimentos heterogêneos, principalmente arenosos, aluviais, coluviais, não consolidados. | | Membro Saingó: arenitos com estratificação cruzada tangencial, de ambiente eólico. |
| | Suite Magmática Alto Paraná (Cretáceo Inferior): subfusivas básicas, sills e diques de basalto. | | Formação Coronel Oviedo (Carbonífero Superior - Permiano Inferior): diamictitos, arenitos com seixos pingados e ritmos de ambiente glacial. |
| | Formação Misiones (Triássico - Jurássico): arenitos homogêneos de grãos arredondados, de ambientes fluvial e eólico. | | Alinhamento observado. |
| | Formação Tacuary (Permiano Superior): arenitos, siltitos e argilitos, com estratificação paralela, de ambiente principalmente marinho. | | Alinhamento suposto. |
| | | | Falha observada. |
| | | | Falha suposta. |
| | | | Falha com deslocamento observado. |
| | | | Falha com deslocamento suposto. |

Figura 12: Mapa geológico simplificado da Folha Coronel Oviedo.

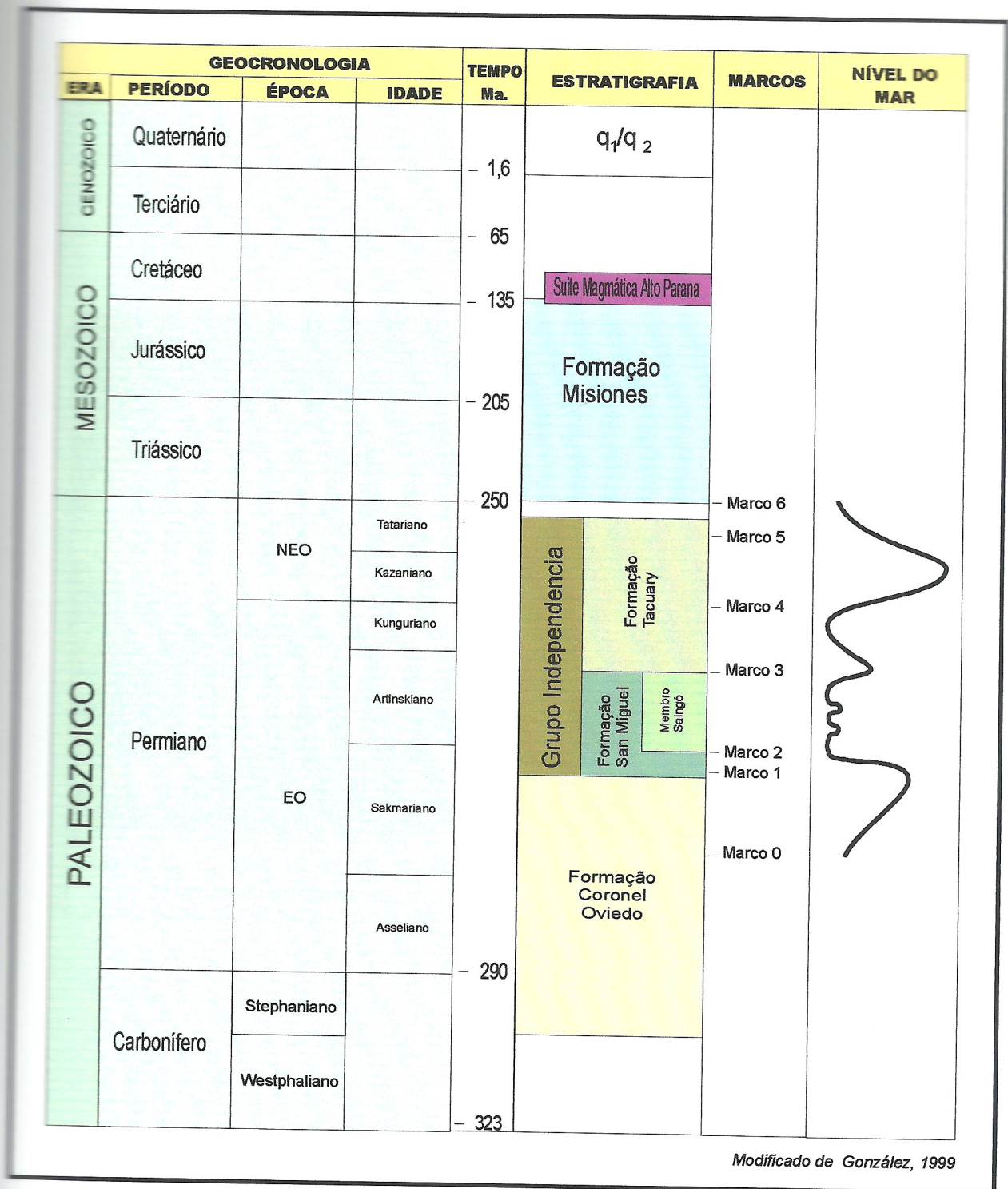


Figura 13: Coluna estratigráfica da folha Coronel Oviedo, indicando os marcos estratigráficos e a variação estimada do nível do mar para a área estudada.

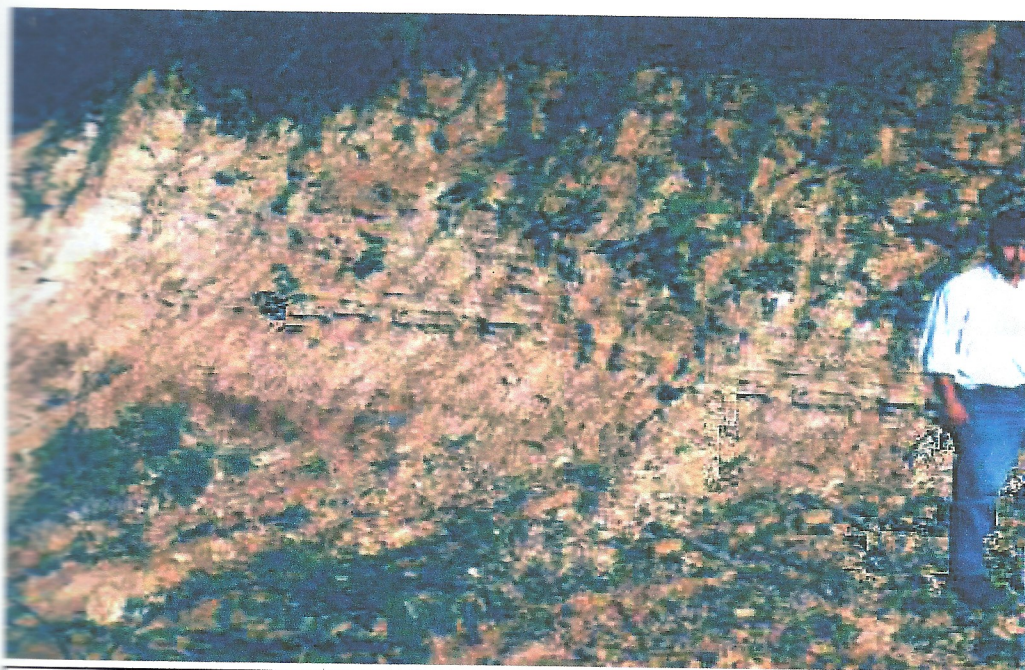


Foto 1: Arenitos intercalados com argilitos da Fm. Coronel Oviedo, mostrando os corpos de arenitos estrato crescentes.

finas camadas de arenitos se encontram intercaladas com camadas de argilitos também de cor clara, com espessuras decrescentes de 30 cm a 1 cm (Foto 1). Este conjunto se apresenta com formato plano paralelo e se acha cortado lateralmente por canais de sedimentos diamictíticos.

- B. diamictitos:** estas rochas são tipicamente mal selecionadas e com grande variedade de materiais componentes (Foto 2). Em sua maioria a matriz se acha composta de argila, siltito e arenitos de granulometria fina. Os clastos são arredondados a sub arredondados, de variados tamanhos, desde seixos, grânulos até blocos, de formas circulares, oblatos, elipsoidais e planares, com típico desgaste por transporte glacial (Foto 3). A composição dos mesmos é principalmente granítica, ainda que rochas metamórficas, arenitos silicificados, quartzitos e minerais de quartzo também se encontrem presentes. No geral as rochas diamictíticas constituem rochas pobremente selecionadas, formadas por retrabalhamento rápido e redeposição por fluxo de lodo subaquoso, em forma de deslizamento de detritos, nos quais grande quantidade de detritos é rapidamente descarregado por glaciares, rios e riachos periglaciais até dentro do mar ou em grandes lagunas. Este fenômeno é observado em contatos laterais entre estas rochas e arenitos plano paralelos e depósitos de arenitos com seixos pingados (Foto4).
- C. arenitos e siltitos com clastos pingados:** estas rochas que são características desta unidade sedimentar, apresentam clastos imersos em uma grande quantidade de matriz (Foto 5). A forma e composição dos clastos são idênticas às contidas nos diamictitos, enquanto o tamanho é diretamente proporcional a granulometria da rocha aonde se encontram alojadas. Desta maneira os blocos e os clastos maiores se acham alojados em arenitos e os grânulos em siltitos. No extremo noroeste da folha (64,99 E / 28,01 N) se observam grandes blocos depositados como seixos pingados, alojados em arenitos de granulometria média. Estes apresentam entre 60 e 70 cm de diâmetro em seus eixos maiores, tendo formas elipsoidais, aplanadas em um de seus extremos (Foto6). Observa-se deformação na estratificação das areias circundantes ao bloco, e devido ao impacto produzido quando da queda do mesmo e da posterior acomodação do sedimento cobrindo o clasto hospede. Petrograficamente este clasto pingado

caracterizado como uma rocha calcária do tipo marga, o que indica uma provável proveniência de sedimentos de idade Eo-cambriaca, como parte do embasamento da bacia. A presença de clastos pingados em arenitos e siltitos indica uma deposição por decantação (*ice-rafted pebbel*), produzidos por derretimento de *icebergs* em mares e lagos.

D. Ritmitos: no extremo noroeste do mapa, na localidade denominada Simón Bolívar (64,99 E / 28,01 N) na base dos barrancos de um riacho, aparece um pequeno afloramento de rochas laminadas, que mostram alternância de capas de coloração claro e escura. Ao microscópio as mesmas rochas apresentam textura clásticas, intercalações de camadas claras e escuras, estratificação paralela ondulada, em partes descontínua, apresentando uma aparência de estratificação tipo *flaser* (Foto 7). Nas camadas claras se distingue a granulometria correspondente a fração silte grosso, com matriz argilosa. As camadas escuras se caracterizam principalmente por uma fração silte mais fina, com maior índice de matriz de cor marrom escura, devido a oxidação e alteração dos componentes e maior quantidade de minerais micáceos e opacos. O contato entre as camadas é bastante abrupto, não se observando gradação. A mineralogia em geral compreende quartzo, mica (biotita, muscovita e clorita), feldspato (plagioclásio), minerais opacos e abundantes sericitas.

Os ritmitos típicos apresentam alternância de delgadas camadas, com poucas diferenças em sua composição, textura e coloração, com espessuras de 3 a 4 mm. A alternância é geralmente produzida por repetição regular de mudanças nas condições de sedimentação. As características texturais e estruturas de sedimentação nestas rochas indicam que a alternância de camadas claras e escuras é produzida principalmente por mudanças de marés.

Todas as evidências anteriormente mencionadas indicam que ao final do Carbonífero e início do Permiano, a plataforma Pré cambriana/Paleozóica inferior, ao norte e oeste da área Coronel Oviedo, se comportou como um alto topográfico, em um regime climático glacial. Lavina e Lopes (1987), situam a Bacia do Paraná neste período entre as latitudes 45° e 55° sul, no limite próximo ao máximo avanço glacial.



Foto 2: Canais preenchidos por diamictitos – Fm. Coronel Oviedo.



Foto 3: Detalhe da foto 2, mostrando um clasto facetado. Fm. Coronel Oviedo.



Foto 4: Contato lateral entre os diamictitos acanalados e os arenitos con seixos caídos.
Fm. Coronel Oviedo.



Foto 5: Arenito com seixos caídos. Observar o clasto suspenso em um grande volume de matriz. Fm. Coronel Oviedo.



Foto 6: Seixo caído com 70 cm. de diâmetro em seu eixo maior e acunhada em um de seus extremos. Observar a deformação dos sedimentos circundantes. Fm. Coronel Oviedo.

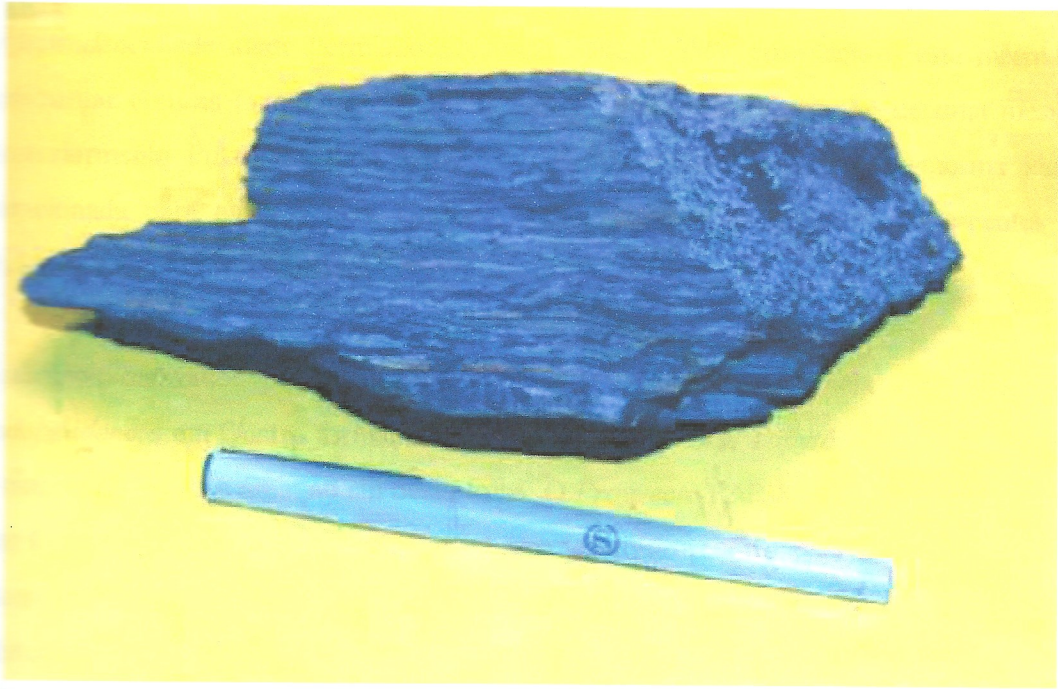


Foto 7: Ritmitos da Fm. Coronel Oviedo.

A grande diversidade litológica na Formação Coronel Oviedo sugere uma ampla diferenciação faciológica lateral e vertical na área. A presença de arenitos e argilitos com estratificação plano paralela, arenitos com clastos pingados, diamictitos e ritmitos, indicam claramente um ambiente glacial a periglacial continental, transicional e marinho raso.

6.2. GRUPO INDEPENDENCIA

As primeiras menções de rochas de idade Permiana no Paraguai oriental foram feitas por Beder (1923), ao definir fósseis na cidade de Villarrica. Posteriormente Harrington (1950), descreveu, nas imediações da mesma cidade, uma alternância de arenitos e argilitos, denominando-a Suíte *Independencia*, de idade Permiano Superior. Eckel (1959), correlaciona esta mesma unidade sedimentar com as formações brasileiras, como sendo a sedimentação de uma mesma bacia. Posteriormente Putzer (1962), menciona vegetais fósseis, sugerindo a mesma idade antes mencionada para estas rochas. Herbst (1972), descreve *lycopsidae* arborescentes na Série *Independencia* de Harrington.

Trabalhos realizados por *The Anschutz Co.* (1981), concluem pela subdivisão do Grupo *Independencia* em Quatro formações (*San Miguel*, *Tacuary*, *Tapytá* e *Cabacué*), identificados e mapeados em uma área, ao sul desta folha. O *Proyecto* PAR 83/ 005 adota as denominações das formações inferiores, como únicos integrantes do grupo (Tabela 1).

Como parte do programa de exploração de urânio realizado pela empresa *The Anschutz Co.*, Hutchinson em 1979, caracteriza as rochas da área Coronel Oviedo como uma seqüência permocarbonífera, diferenciando-a em duas unidades, uma inferior e outra superior, baseado principalmente em suas características ambientais de deposição.

Thornburg et al., 1992, analisa paleoambientalmente a formação *San Miguel*, correlacionando poços da área centro oeste da região oriental com o poço *Mallorquín 1* localizado a leste daqueles.

No mapa geológico da carta Coronel Oviedo (Gonzalez et al., 1998) o Grupo *Independencia* é subdividido em duas formações: formação *San Miguel* e formação *Tacuary*, sendo na primeira identificado um membro denominado de *Saingo* (Fig. 13).

6.2.1. FORMAÇÃO SAN MIGUEL

A Formação *San Miguel* é uma unidade de arenitos e siltitos, aflorando no bordo oeste da folha. Seus contatos inferiores com a Formação *Coronel Oviedo*, são concordantes ou tectônicos e seu contato superior com a Formação *Tacuary* apresenta continuidade subsuperficial a leste (Figs. 14 e 15). O contato inferior é definido tomando-se como base a falta significativa de clastos pingados na formação *San Miguel*, com relação ao conteúdo dos mesmos na Formação *Coronel Oviedo*. O contato com a Formação *Tacuary* é definido por sua vez, na transição entre o intervalo dominado pelos arenitos e o intervalo dominado pelos argilitos e siltitos.

Tendo-se em conta as características consideradas para a definição do contato inferior com a formação subjacente, é importante ressaltar que a Formação *San Miguel* se depositou sobre condições pós-glaciais.

Litológicamente os sedimentos de Formação *San Miguel*, em sua maior parte são texturalmente maduros a supermaduros, podendo diferenciar-se desde arenitos conglomeráticos até argilitos.

- A. **arenitos finos intercalados com argilitos:** os primeiros metros de sedimentos encontrados em contato com as rochas caracteristicamente glaciais, consistem de

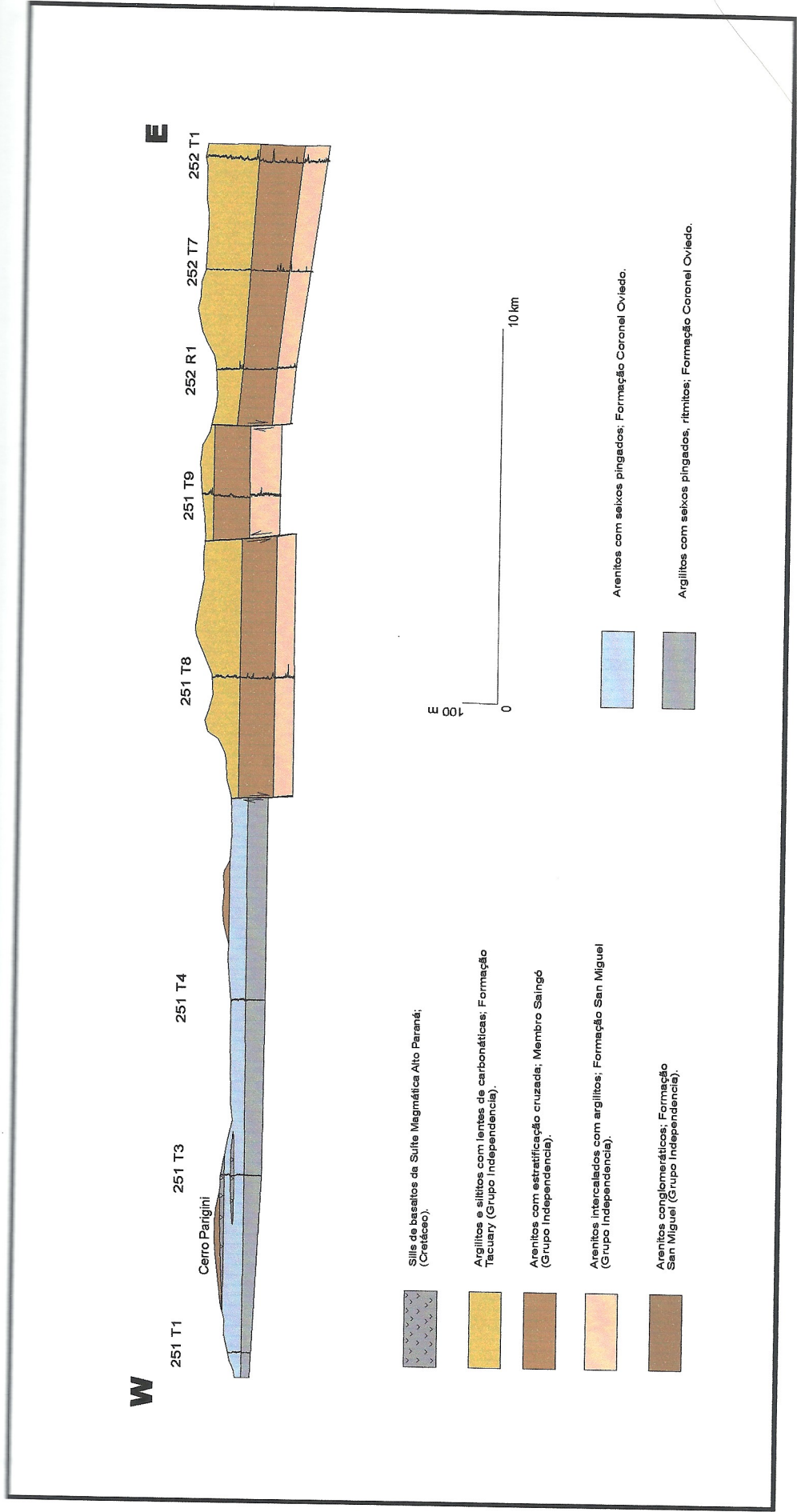


Figura 14: Seção geológica W-E, a norte da área estudada, mostrando a disposição estratigráfica das unidades da Folha Coronel Oviedo.

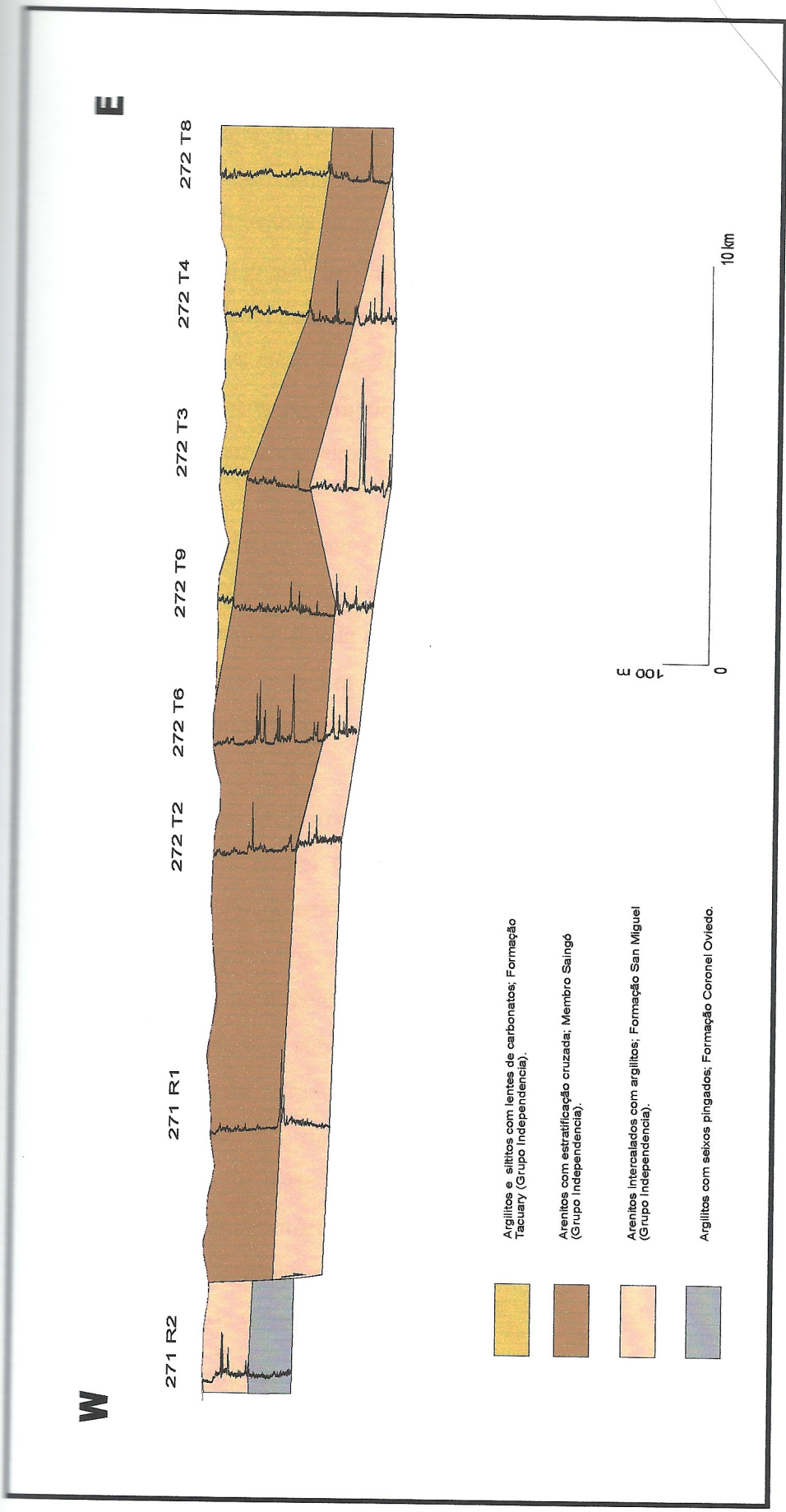


Figura 15: Seção geológica W-E, ao centro da área estudada, mostrando a disposição estratigráfica das unidades da Folha Coronel Oviedo.

arenitos intercalados com argilitos. Esta alternância em um perfil vertical mostra um notável aumento para cima:

- de arenitos com respeito a argilitos;
- de espessura das camadas arenosas com relação as argilosas;
- da granulometria, de muito fina a fina em arenitos.

Nas partes mais baixas deste conjunto de rochas, as camadas arenosas apresentam espessuras entre 10 e 20 cm (Foto8), em contraste com as espessuras entre 1 e 2 cm das camadas argilosas. Em afloramentos dos pacotes superiores, as camadas apresentam espessuras que superam os 1,5 metros.

As camadas arenosas superiores apresentam estratificação cruzada truncada (*swaly cross stratification*) de pequena escala, onde a estratificação dominante e plana suavemente ondulada e os truncamentos cortam esta laminação (Walker & James, 1992). Esta estrutura de sedimentação indica um ambiente de costa dominado por tempestades, onde as mesmas retrabalham a sedimentação exposta.

B. Conglomerados, arenitos conglomeráticos e arenitos: localmente a passagem da formação Coronel Oviedo a Formação *San Miguel* apresenta conglomerados, arenitos conglomeráticos e arenitos. Os conglomerados apresentam clastos de variados tamanhos, desde poucos milímetros até 30 cm. (Foto 9), provenientes das rochas metamórficas (gnaisses e quartzitos) e ígneas (granitos), e em geral são arredondados a subarredondados, matriz suportados, sendo esta matriz grossa a muito grossa. Gradualmente os conglomerados passam a arenitos conglomeráticos com clastos que diminuem em quantidade e tamanho para cima, sendo a matriz grossa e em parte arcoseana na base, passando a média nas partes superiores, apresentando notória estratificação acanalada. As porções superiores desta unidade clástica mostram grandes camadas lenticulares de arenitos médios com total ausência de clastos (Foto 10).



Foto 8: Tempestitos da base da Fm. San Miguel, representado por arenistos finos intercalados com argilitos. Grupo Independencia.



Foto 9: Conglomerados associados a arenitos conglomeráticos, Cerro Parigini. Fm. San Miguel do Grupo Independencia.



Foto 10: Arenito superior do conjunto granodecrecente do Cerro Parigini. Fm. San Miguel.

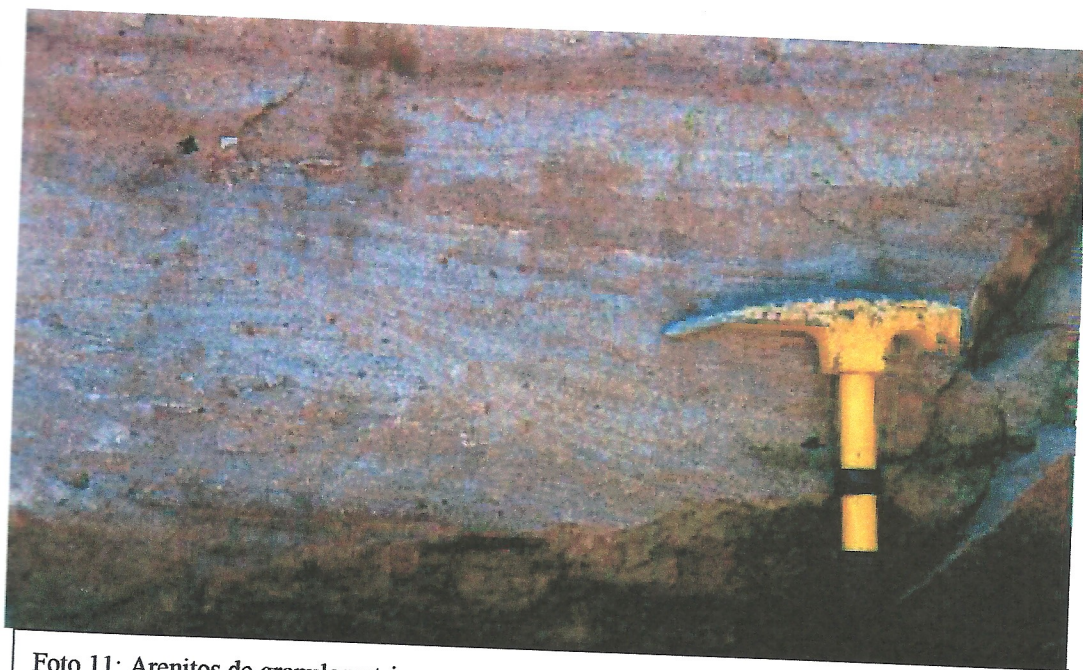


Foto 11: Arenitos de granulometria grossa a muito grossa com estratificação acanalada, associado a depósitos de estuário. Fm. San Miguel.

- C. Arenitos com estratificação acanalada:** esta fácies é composta de arenitos de granulometria grossa, subordinadamente média, com partes muito grossas. Apresentando-se com estratificação acanalada de pequeno, médio a grande porte, com estruturas de sedimentação do tipo *drapes* de argilitos claros, que intercalam as camadas ou se encontram nos *forsets* das estratificações cruzadas. Em geral as camadas se apresentam como corpos arenosos com geometria sigmoidal (Foto 11).
- D. Arenitos quartzosos finos:** consistem de aproximadamente 90 % de arenitos quartzosos, finos e eventualmente muito finos, de cores claras, moderadamente selecionadas sendo que os 10% restantes se distribuem em formas de pequenas intercalações argilosas. Esta unidade se dispõe em geral com formato plano paralelo, localmente lenticulares (Foto 12). As camadas arenosas apresentam espessuras de 1 a 10 cm, espessando-se para cima. A estruturação sedimentar interna na base da unidade mostra abundância de *wavy*, ondulações no topo das camadas e estratificação cruzada nas camadas superiores.
- E. Membro Saingó: arenitos de dunas eólicas:** consiste totalmente de arenitos eólicos acumulados em campos de dunas de costa (Thornburg et al., 1992). Estes arenitos podem ser observados mediante a intercalação dos mesmos com os depósitos lagunares. Em geral os arenitos são de granulometria fina a média, muito bem selecionados e de grãos arredondados, com típica estratificação cruzada tangencial de grande ângulo, que oscila entre 20° e 30° (Foto 13). Além disso apresentam gradação inversa na base da estratificação, formada devido ao deslizamento dos grãos através do plano inclinado da duna. A presença de argilitos bioturbados no topo das dunas e no *forset* da estratificação cruzada indicam dunas de costa e até subaquosas. As camadas cruzadas apresentam eventualmente espessuras de 1 a 4 metros, sendo os dois primeiros metros os comumente encontrados nos afloramentos.



Foto 12: Arenitos finos intercalados com argilitos, associados a lagunas arenosa.
Fm. San Miguel..



Foto 13: Detalle da estratificação cruzada tangencial em arenitos de ambiente eólico.
Fm. San Miguel, Membro Saingó..

Os poços localizados principalmente no centro e a oeste da folha apresentam espessuras de 100 metros e até mais da unidade arenosa intercalada com os depósitos lagunares, resultantes de pulsos transgressivos. Esta intercalação produzida por oscilação e migração lateral do sistema é observada claramente também na intercalação das fácies deposicionais nos afloramentos (62,17 E / 15,60 N e 75,22 E / 17,16 N). Outra característica que vale a pena destacar e a notável diminuição de espessura que apresenta este pacote arenoso nos poços localizados a leste, o que além de corroborar sua deposição continental, confirma a migração do sistema em épocas de regressão (Fig. 15).

6.2.2. FORMAÇÃO TACUARY

A Formação *Tuacuary* se caracteriza fundamentalmente por seu conteúdo predominante de sedimentos de granulometria fina a muito fina, considerando-se como contato inferior com a Formação *San Miguel* a transição entre as litofácies com domínio arenoso a litofácies com domínio argiloso, e a presença de camadas de carbonato oolítico (Thornburg et al, 1992) e troncos de árvore petrificados do tipo *Osmundites brasiliensis* (Andrews, 1948; Herbst, 1974 e 1984). Esta flora é características da Formação *Tacuary* e da Formação Estrada Nova no Brasil.

A unidade sedimentar da Formação *Tacuary* é caracterizada por uma seqüência alternada de arenitos, siltitos e argilitos de cores variadas. As camadas arenosas são tipicamente de cores amarelo claro a marrom avermelhado, com espessuras que comumente variam de 10 cm a 1 metro, sendo que em alguns locais chegam a alcançar até 5 metros (87,84 E / 27,47 N). As camadas argilosas apresentam espessuras de 1 cm a 1 metro e se encontram intercaladas as camadas arenosas. O conjunto das camadas apresenta formato plano paralelo e sigmoidal.

No contexto geral dos afloramentos as camadas arenosas são estrato decrescentes. Nas suas porções inferiores, no contato com as rochas da unidade subjacente, apresentam-se subordinadas as espessas camadas argilosas, na etapa de máxima inundação do trato transgressivo. Ao contrario, no trato regressivo as camadas arenosas têm espessuras crescentes e se apresentam intercaladas com camadas argilosas de pequenas espessuras que podem também encontrar-se ausente no topo desta unidade.

- a- **Arenitos intercalados com argilitos:** Arenitos quartzosos de granulometria média, fina e em partes muito fina, grãos arredondados a subarredondados, de cores variadas, desde amarelo claro a marrom avermelhado, em geral intercalados aos argilitos. As estruturas de sedimentação são principalmente o formato sigmoidal das camadas, que se apresentam espessos, e mostrando claramente a progradação das mesmas (Foto 16). Outra estrutura presente é a estratificação ondulada truncada *hummocky*, desenvolvidas principalmente na parte distal da costa o *shoreface*, entre o nível de ação de ondas normais e o das ondas produzidas por tempestades, em áreas de fraca atividade de marés. Nestas últimas os arenitos apresentam espessuras muito variadas, sendo relativamente de pequena espessura nas porções inferiores das camadas arenosas (Foto 17), ainda que nas porções superiores as camadas de arenitos com estruturas de ondas arenosas apresentem espessura de até 5 metros e com grande amplitude de ondas.
- b- **Arenitos, siltitos e argilitos:** constituem uma alternância areno-siltítica ou silto arenosa, de cores amarelas e verdes. Esta alternância, típica da Formação *Tacuary*, é amplamente encontrada nos afloramentos da unidade, que apresenta como característica estrato e grano crescencia, sendo os estratos mais espessos de arenitos e os de menor espessura os siltitos. Encontra-se, ainda, intercalações de siltitos e argilitos. Em um conjunto de camadas de poucos centímetros de espessura se observa o formato plano paralelo (Foto 18).
- c- **Calcários oolíticos intercalados com argilitos:** o topo da Formação *Tacuary* apresenta camadas de calcários de cores cinzas, brancas e rosadas, com espessura em torno de 1 metro, intercaladas com folhelhos de 30 cm à 1 metro de espessura. Os

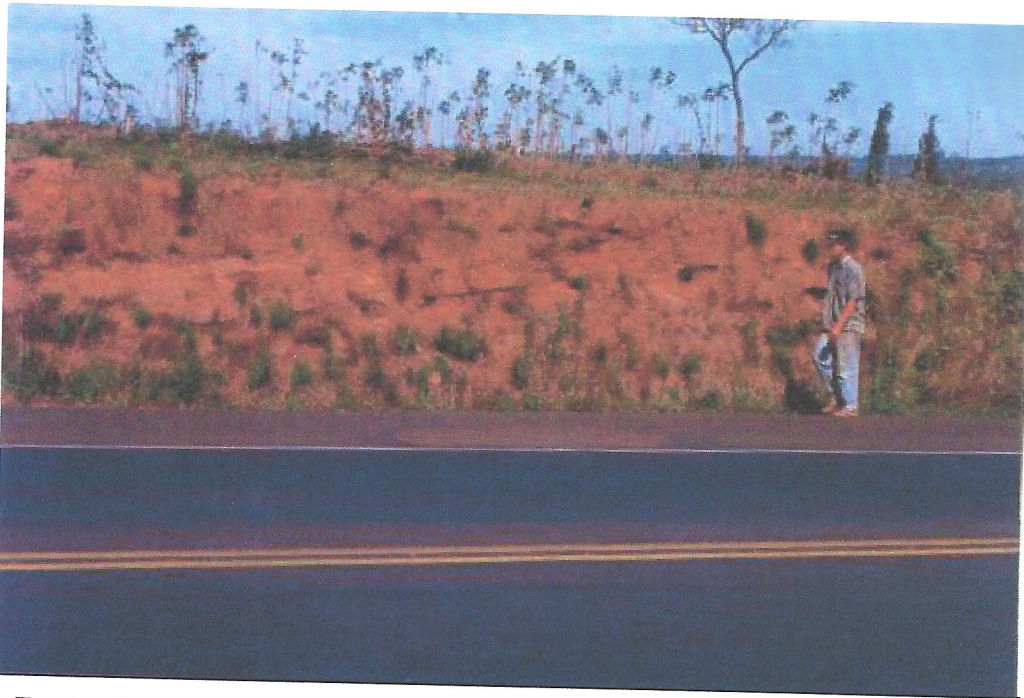


Foto 14: Camadas de arenito intercalados com lâminas de argila, com estrutura sigmoidal, Associado a depósitos deltaicos. Fm. San Miguel.

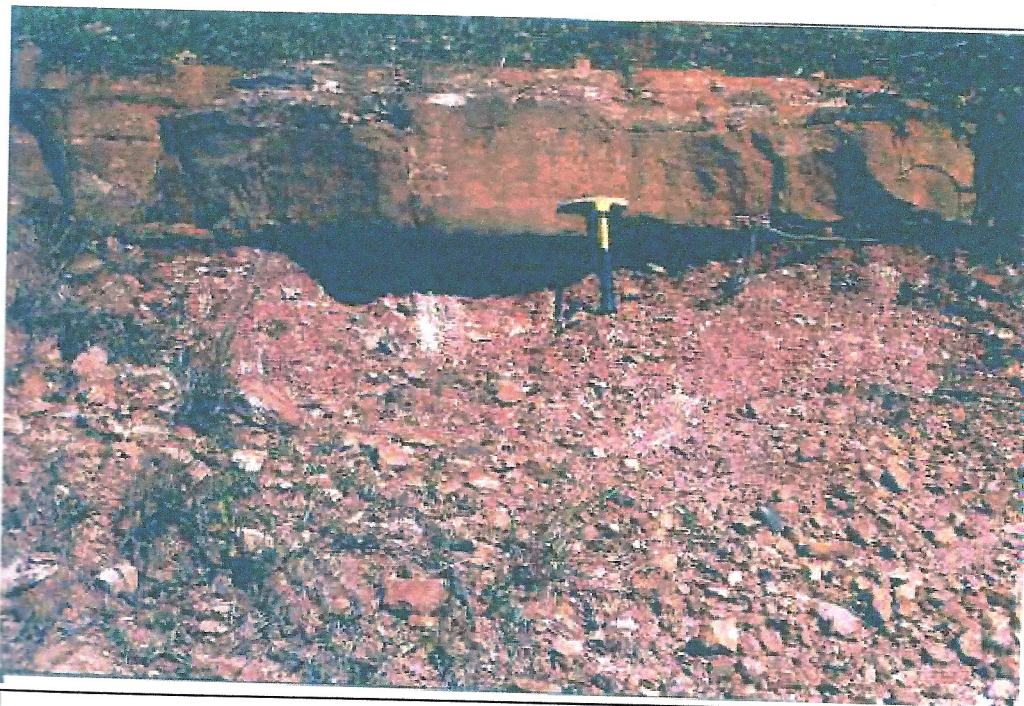


Foto 15: Arenito intercalado com argila, associado a depósitos marinhos tempestíticos.. Fm. Tacuary.



Foto 16: Arenitos finos a muito finos



Foto 17: Carbonatos intercalados a argilitos, notar a presença de concreções de sílex e chert.
Fm. Tacuary.

calcários apresentam estratificação plano paralela, estratificação cruzada, com *drapes* seguindo estes planos, sendo em parte oolíticos. Os oolitos mostram em lâminas delgadas formas predominantemente esféricas, algumas alargadas e outras curvadas, com contatos bem nítidos em parte obliterados por efeitos secundários e cimentado por minerais de calcita e micrita (Benitez & Franco, 1993).

Estruturas diagenéticas em forma de concreções de sílex e chert são características, apresentando variações de tamanhos e formas, sendo geralmente elipsoidais e apresentando-se entre 2 a 20 cm em seu eixo maior e 1 a 5 cm de diâmetro em seu eixo menor. No geral estão dispostos nos planos de estratificação, ou preenchendo fraturas (Foto 19). As estruturas intra-sedimentares aparentemente ocorrem devido a presença de diatomáceas flageladas e esponjas silicosas, pois a dissolução destas e a concentração da sílica são controladas pelas temperaturas elevadas e por um ph acima de 8.

6.3. FORMAÇÃO MISIONES

Esta unidade sedimentar foi definida pela primeira vez por Harrington (1950), com o nome de Formação *Misiones*, estando a localidade tipo localizada em San Juan Bautista sendo de idade triássica. Eckel (1959) conclui que as rochas desta unidade afloram em uma franja com direção norte - sul. Posteriormente Putzer (1962) propõe um ambiente de sedimentação eólico para estas rochas. Anônimo (1966), denomina Formação *Misiones* aos arenitos fluviais dos arredores de Assunção.

Hutchinson (1979), descreve arenitos fluviais e eólicos como constituintes da Formação *Misiones*. O Projeto PAR 83 / 003 (1986), engloba as Formações *Tapitá* e *Cabacua* definidas por Carlson (1981) do Permiano Superior, como a base dos arenitos tipicamente eólicos.

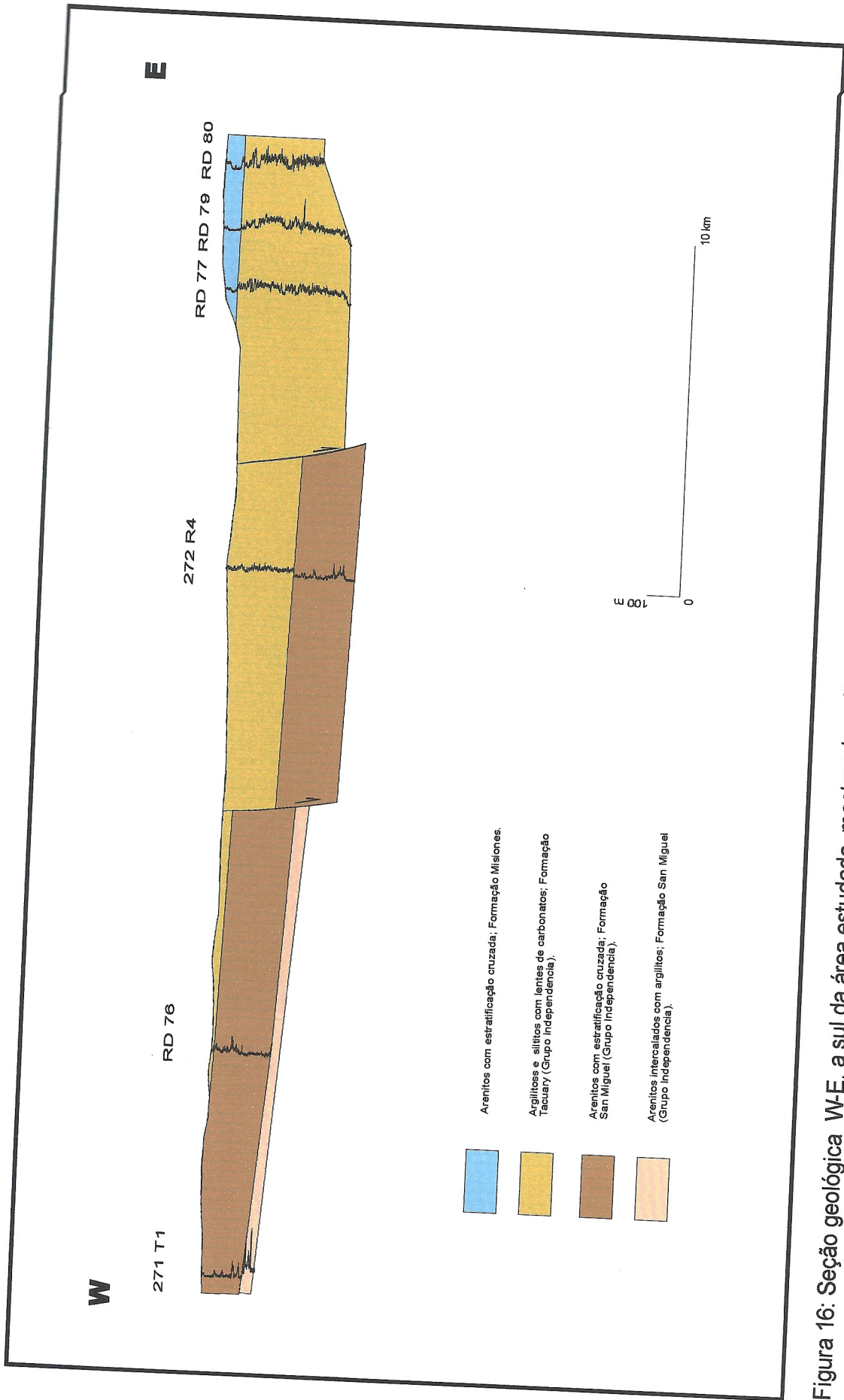


Figura 16: Seção geológica W-E, a sul da área estudada, mostrando a disposição estratigráfica das unidades da Folha Coronel Oviedo.



Foto 18: Arenitos finos à médios, localmente cruzadas nos depósitos fluviais. Fm. Misiones.

A continentalização da Bacia do Paraná, a partir do Permiano Superior, deposita, em suas últimas fases regressivas, arenitos continentais fluviais em projeção lateral e vertical a arenitos eólicos. Estes arenitos se depositam em discordância sobre a unidade anterior (Fig. 16). O caráter friável destes sedimentos, permite distingui-los na paisagem como amplos areais, observando-se somente remanescentes em áreas silicificadas por intrusões posteriores.

- a- **arenitos maciços:** consiste de ilhas remanescentes de arenitos claros, maciças ou espessamente estratificadas (Foto 20), localmente apresenta estratificação cruzada, granulometria fina a média, com grãos arredondados a sub arredondados, pobremente cimentados, comumente friáveis e sacaroidais. Em alguns casos se encontram associadas a silicificações por intrusões de diques, permitindo a permanência de remanescentes em forma de morrotes isolados, em uma paisagem amplamente arenosa. A mineralogia destas rochas é constituída por 90% de quartzo e os 10% restantes consistem de feldspatos e minerais argilosos da matriz.
- b- **Arenitos com estratificação cruzada:** constituem arenitos com estratificação cruzada de grande ângulo, planar e tangencial de 20° a 30°. passando em uma projeção lateral e vertical, aos os arenitos maciços, que se destacam-se na paisagem como exposições espetaculares (Foto 21).

Estes arenitos são de cor clara, rosados ainda vermelhos, de granulometria bimodal fina à média com os grãos arredondados e muito bem selecionados. A bimodalidade permite a granodecrescência no *forset* da estratificação (Foto 22), e a gradação invertida ou *grainflow* na base da estratificação cruzada. No geral são arenitos quartzosos, homogêneos, com pouco material argiloso como matriz, pouco cimentados, friáveis, sacaroidais e localmente silicificados.



Foto 19: Vista panorâmica dos arenitos quartzosos de granulometria grossa, apresentando estratificação tangencial, associada à depósitos eólicos. Fm. Misiones.



Foto 20: Detalhe da foto anterior, notar a granodecrescência nos *foresets*.

6.4. SUÍTE MAGMÁTICA ALTO PARANÁ

Autores como Harrington (1650) e posteriormente Putzer (1962), mencionam extensos derrames de lavas basálticas, cobrindo uma franja norte-sul ao largo do Rio Paraná e correlacionadas aos basaltos da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná no Brasil. Anônimo (1966), propõe a denominação de Formação Alto Paraná para as rochas similares no vale de *Ypacaraí*. O Projeto PAR 83 / 005 (1986), caracteriza os derrames como sendo toleíticos, com idade entre 127 e 108 Ma.

As rochas basálticas da Suíte Magmática Alto Paraná se apresentam na área da folha como corpos intrusivos em forma de sills, em áreas de cruzamento de estruturas e diques cortando sedimentos das formações Permocarboníferas à Triássicas (Foto 23), nas direções preferenciais noroeste – sudeste (Fig. 12).

A petrografia dos diques demonstra textura subofítica, cristalização conjunta de piroxênio/plagioclásio, onde o piroxênio (augita a titano augita) se encontra alojado no plagioclásio (labradorita), grãos minerais de tamanho médio a grosso entre 0,5 à 1 mm. Como minerais acessórios apresentam olivina serpentinizada e opacos (principalmente titano magnetita e magnetita).

6.5. SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS

- a- **Sedimentos heterogêneos aluviais e coluviais:** os sedimentos aluviais e coluviais ocupam pequenas áreas no mapa, como depósitos de *piedmont* (Fig. 12), como sedimentos residuais e como amplos areais nas planícies de inundação de rios e arroios. Mineralógicamente estes sedimentos são heterogêneos, consistindo principalmente de



Foto 21: Dique de Diabásio cortando as rochas permianas. Suíte Magmática Alto Paraná.

minerais de quartzo e minerais argilosos, dependendo do tipo de rocha do qual são provenientes.

Os sedimentos de *piedmont* circundante a áreas elevadas, localizados ao centro do mapa se encontram constituídos principalmente por areias e argilas. Da mesma forma se apresentam os solos residuais, produtos da alteração *in situ*, os quais formam grandes espessuras de areias e/ou argilas. Os sedimentos de planície de inundação dos rios e arroios, são formados preferencialmente de material arenoso.

A espessura destes sedimentos é muito variada, já que depende principalmente da topografia, observando-se espessuras de poucos centímetros até 100 m de solo residual arenoso.

A localização desta unidade na estratigrafia da folha está principalmente relacionada ao modelamento da topografia, à erosão dos materiais preexistentes e à sedimentação nas áreas baixas e principalmente à drenagem, cujo o posicionamento relativo estaria associado ao Quaternário.

- b- Sedimentos de planície úmida:** Os sedimentos da planície úmida cobrem as áreas baixas, principalmente os alagados dos Rios *Tobatiry*, *Plamtel*, *Leia* e *Jhugua Trampa* (Figs. 3 e 12). Estes são solos resultantes da alteração das rochas circundantes, redepositados como preenchimento das grandes planícies inundadas e como material de colmatação das redes de drenagem nas zonas mais baixas, consistindo principalmente de material argiloso, com alto conteúdo de matéria orgânica.

7. ESTRATIGRAFIA DE SEQÜÊNCIAS DO GRUPO INDEPENDENCIA

7.1. GENERALIDADES

A estratigrafia de seqüências segundo Van Wagoner et al. (1990), e a relação genética dos estratos em um contexto limitado por superfícies cronoestratigráficas. O modelo inicial desenvolvido pela Exxon (Vail *et al.*, 1977), estabelece que a gênese da seqüência seria resultado da interação de processos de sedimentação, condições climáticas, tectonismo e eustasia. Galloway (1989), atribui o desenvolvimento das seqüências sedimentares, principalmente ao aporte sedimentar, à subsidência, à tectônica e à eustasia. As seqüências são classificadas em ordens de grandeza, em função de sua duração temporal, assim seqüências de 3ª ordem são compostas de seqüências menores de 4ª ordem e estas por sua vez são formadas por paraseqüências de 5ª ordem.

Os conceitos da estratigrafia de seqüências são desenvolvidos a partir de dados sísmicos, pelo qual a sucessão, a geometria e as superfícies limitantes ou erosivas, são determinadas pelo traçado sísmico dos componentes litológicos e os sistemas deposicionais são interpretados a partir da correlação estratigráfica e geográfica das discordâncias, que marcam os limites das seqüências. As seqüências são por tanto uma unidade de caráter cronoestratigráfico, limitada por discordâncias e concordâncias relativas, e formadas por estratos contemporâneos e relacionados geneticamente.

7.2. MARCOS ESTRATIGRÁFICOS

O estudo dos perfis de raios gama, das descrições dos testemunhos e da correlação entre eles com os afloramentos, conduz à identificação de marcos estratigráficos, como linhas de referências para futuras correlações (Fig. 9). Estes marcos estratigráficos coincidem com superfícies de inundação (1, 3, 5) e superfícies erosivas ou limites de seqüências ou tratos de sistemas (0, 2, 4, 6) (Fig. 10).

- ⇒ **Marco 0:** Encontra-se registrado em muitos poços, principalmente os localizados a noroeste da folha (Fig. 9). Este marco é definido como o limite superior de um Trato de Sistema de Mar Baixo da seqüência A (Fig. 10) e caracteristicamente corresponde ao topo das rochas diamictíticas no contato com os ritmitos intercalados com arenitos com clastos pingados da Formação Coronel Oviedo, sendo definido em afloramentos pelos contatos entre as litologias mencionadas.
- ⇒ **Marco 1:** Este marco se encontra em todos os poços localizados principalmente no centro da folha (Fig. 9). Corresponde a superfície de inundação da seqüência A (Fig. 10), sendo litologicamente caracterizado pelo alto conteúdo de minerais argilosos, correspondendo ao limite entre a Formação *Coronel Oviedo* e a Formação *San Miguel*, esta última do Grupo *Independencia*.
- ⇒ **Marco 2:** É reconhecido nos poços distribuídos em uma franja norte-sul a partir do centro da folha (Fig. 9). Este marco é definido no traçado de raios gama como um notório limite entre sedimentos finos e arenosos superiores, sendo caracterizado como a superfície de erosão e limite da seqüência A (Fig. 10). Em afloramentos este marco é delineado pelo contato erosivo entre os siltitos e arenitos de ambiente eólico na Formação *San Miguel*.
- ⇒ **Marco 3:** Este marco é identificado em todos os poços localizados no centro e leste da folha (Fig. 9). Sendo caracterizado como a superfície de inundação da seqüência B (Fig. 10), se apresentando muito pouco expressivo nos poços da folha.
- ⇒ **Marco 4:** É identificado nos poços distribuídos principalmente a leste da folha (Fig. 9). Encontra-se claramente marcado em todos os poços, devido ao seu traçado erosivo

característico, e se resalta como o limite de espessas camadas arenosas dentro do Trato de Sistemas de Mar Alto da Seqüência B (Fig. 10).

⇒ **Marco 5:** Aparece somente em alguns poços localizados no extremo sudeste da folha (Fig. 9). Este marco define a superfície de inundação da Seqüência C (Fig. 10) e marca o início do último pulso regressivo marinho, caminhando assim para a continentalização total da bacia.

⇒ **Marco 6:** É definido em 4 poços localizados no extremo sudeste da folha (Fig. 9). Marca a superfície erosiva e o início da sedimentação continental da Formação *Misiones* (Fig. 10).

7.3. SEQÜÊNCIAS ESTRATIGRÁFICAS

As definições dos marcos estratigráficos como limites de seqüência e como superfícies de inundação, definem três seqüências de deposição de 2º ordem e incluídas nelas ao largo das seções estratigráficas se traçou um número diferenciado de seqüências de 3º ordem, que são descritas a seguir.

7.3.1. Seqüências Estratigráficas de 2ª ordem

⇒ **Seqüência A:** A base desta seqüência não se encontra registrada em nenhum dos poços analisados, não sendo possível determinar sua espessura total, tendo sido perfurados 190 metros no poço 251 R1. Os tratos de Sistemas Transgressivos e de Mar Alto são identificados na grande maioria dos poços, principalmente nos localizado no bordo oeste da folha. A superfície de inundação é indicada pelo Marco 1 e o limite superior da seqüência é uma superfície de erosão marcada como Marco 2 (Fig. 10).

➤ **Trato de Sistema de Mar Baixo (TSMB):** A base deste trato não se acha registrada em nenhum dos poços analisados, (seu topo corresponde ao Marco 0) (Fig. 10). Litologicamente este trato de sistema é integralmente constituído por rochas da Formação Coronel Oviedo, sendo os litótipos predominantes os arenitos e diamictitos.

➤ **Trato de sistema Transgressivo (TST):** tem seu limite inferior no marco 0 e o superior no Marco 1 (máxima inundação da seqüência). este trato também é

integralmente constituído por rochas da Formação *Coronel Oviedo* (Fig. 10), os depósitos de arenitos, siltitos, argilitos e ritmitos, marcam os últimos efeitos da glaciação.

- **Trato de Sistema de Mar alto (TSMA):** tem sua base na superfície de inundação da Seqüência A, o Marco 1 (Fig. 10), constituindo a fase regressiva do sistema. Este trato abrange os primeiros metros da Formação *San Miguel*, do Grupo Independência, depositados em ambientes pós-glaciais. Os litótipos identificados são arenitos, siltitos e argilitos, que apresentam estrato e granocrescência.
- ⇒ **Seqüência B:** O limite inferior desta seqüência é indicado pela superfície erosiva denominada Marco 2 e seu limite superior é marcado por outra superfície erosiva pouco expressiva (Fig. 10). A seqüência é correlacionada através de todos os poços localizados no centro e a leste da folha.
- **Trato de Sistema de Mar Baixo (TSMB):** Uma base erosiva bem marcada indica o início da sedimentação predominantemente arenosa, sendo facilmente reconhecida e correlacionada em todos os poços onde se encontra presente. O traçado característico do perfil de raios gama, representa um pacote de arenitos, com espessura oscilando entre 14 e 20 metros, tendo sido registrados as maiores espessuras no centro da folha. O pacote sedimentar corresponde a Formação *San Miguel* (Fig. 10), e apresenta uma relação areia/siltito mínima, estando as argilas restritas ao extremo sudeste da mesma.
 - **Trato de sistema Transgressivo (TST):** Este trato apresenta seu limite superior coincidente com a superfície de inundação denominada marco 3 (Fig. 10). O perfil de raios gama apresenta características transgressivas pouco expressivas. Na maioria dos poços estudados é constituída por pequenos pacotes de arenosos intercalados com camadas de areias intercaladas a silte de pequena espessura. As rochas deste trato pertencem integralmente a Formação *San Miguel*, representada por arenitos continentais eólicos intercalados a depósitos de lagunas areno/siltíticos.
 - **Trato de Sistema de Mar alto (TSMA):** Este trato apresenta seu limite inferior na superfície de inundação correspondente ao Marco 3 e seu limite superior é marcado por uma superfície erosiva pouco expressiva ao final da parte regressiva. este trato inclui integralmente As rochas da formação Tacuary, sendo a relação areia/silte-argila é semelhante a esperada para um ambiente marinho raso costeiro e de plataforma. Este trato representa uma grande espessura de sedimentos, aproximadamente 215 metros de perfil composto (Fig. 10), caracterizado por superfícies erosivas internas, mostrando em conjunto um traçado regressivo no perfil de raios gama.
- ⇒ **Seqüência C:** esta seqüência apresenta seu limite inferior ao final da porção regressiva da seqüência anterior e seu limite superior na superfície erosiva denominada Marco 6 (fig. 10). esta seqüência é correlacionada unicamente através dos poços localizados no extremo sudeste da folha, representando uma sedimentação areno/silte-argilosa.

- **Trato de Sistema de Mar Baixo (TSMB):** Este trato apresenta em seu limite inferior, uma superfície erosiva localizada ao final do intervalo regressivo. Este trato se encontra totalmente dentro da formação Tacuary (Fig. 10), apresentando uma sedimentação arenosa, com espessuras que variam entre 8 e 10 metros.
- **Trato de sistema Transgressivo (TST):** Este trato se inicia com características de transgressão rápida, sendo seu limite superior indicado pela superfície de inundação que caracteriza o Marco 5. A relação areia/argila é relativamente equilibrada, considerando-se que o aumento de espessura das argilas é inversamente proporcional ao das areias, aumentando a espessura das primeiras nos intervalos superiores do trato até a superfície de inundação. Os litótipos identificados em afloramentos são arenitos intercalados com argilitos em depósitos marinhos de plataforma, estando totalmente inclusa na Formação Tacuary (Fig. 10).
- **Trato de Sistema de Mar alto (TSMA):** Este trato possui seu limite inferior na superfície de inundação do Marco 5, sendo esta a última inundação registrada no intervalo sedimentar Permocarbonífero, e também a última para a sedimentação da Bacia do Paraná, marcando a partir daí o início de uma regressão que culminará com a continentalização da bacia, que nesta região é indicada pela presença do marco 6 (fig. 10). Este intervalo como já foi dito, apresenta características regressivas no desenho dos perfis de raios gama, e representa rochas argilosas, calcáreas e arenosas intercaladas, observando-se a predominância arenosa nos intervalos superiores. O trato corresponde ao topo da Formação Tacuary e aos últimos sedimentos dentro do Grupo Independência.

7.3.2. Seqüências Estratigráficas de 3ª ordem

A construção das seções estratigráficas mostrando a disposição espacial das seqüências de 2ª e 3ª ordem, tomando como *datum* as superfícies de inundação dos Marcos 3 e 5 e uma superfície de inundação secundária entre os marcos 3 e 4, reflete a disposição evolutiva das mesmas e indica as características de cada uma delas e também do seu conjunto.

Desta maneira nas seções AB, CD, EF, GH e IJ (Fig. 11), podem ser observadas a estruturação das seqüências de 2ª ordem depositadas no TSMA da seqüência A, por cima da superfície de inundação no marco 1, constituindo um intervalo claramente regressivo em pulsos de 2ª ordem. Não é possível comparar as espessuras das seqüências, devido a intensa erosão das seqüências indicada no Marco 2 (Fig. 17). No mesmo conjunto de gráficos, as seqüências de 2ª ordem dos TSMB e TST da Seqüência B, entre os Marcos 2 e 3, mostram disposição espacial paralela a seção W-E (seção AB, Fig. 17), ainda que as mesmas se espessem para oeste e para norte nas seqüências do TSMB, e se espessem para leste e sul nas seqüências do TST (seções CD, EF e IJ, Fig. 17).

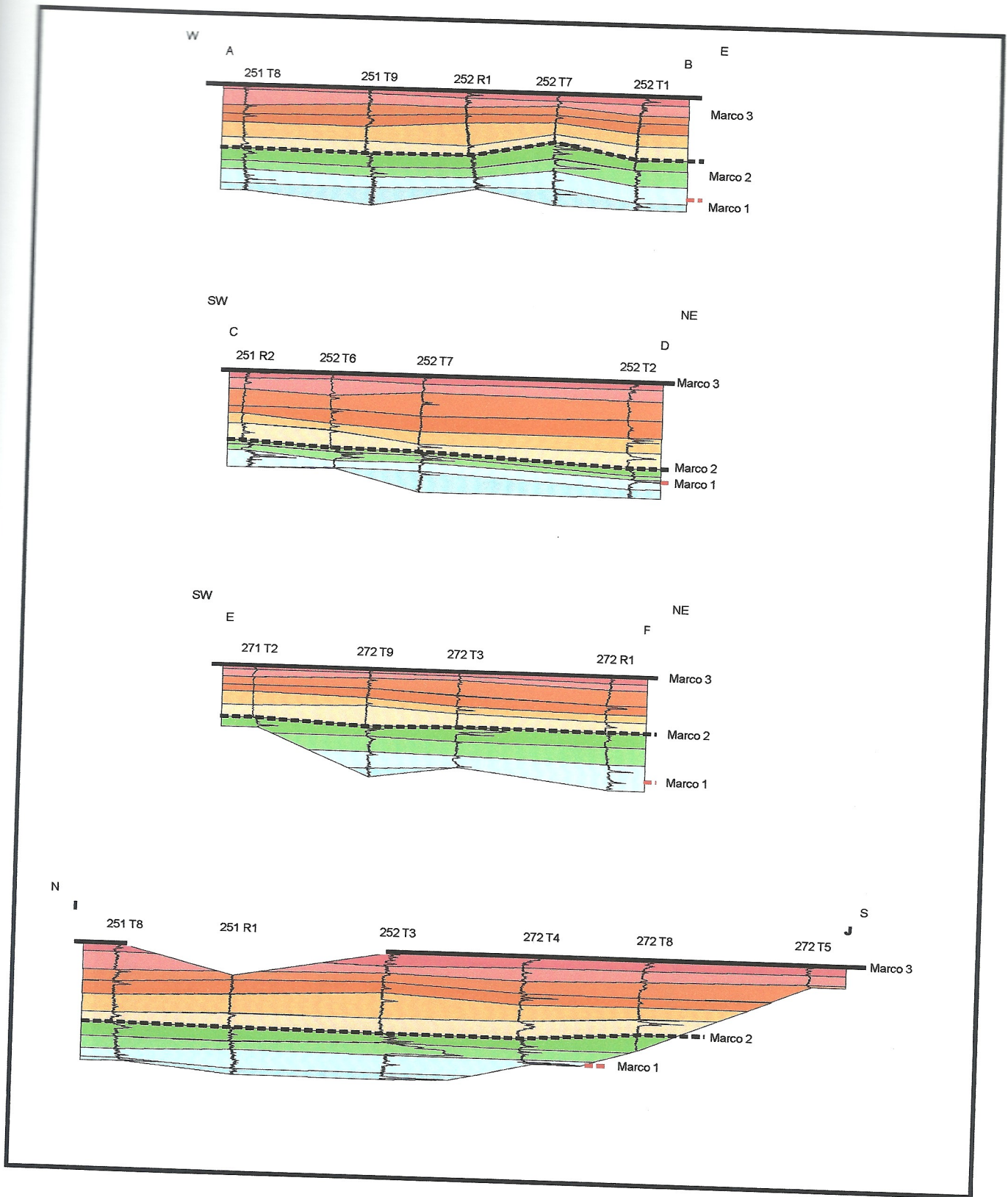


Figura 17: Seções estratigráficas mostrando a disposição espacial das seqüências de 3ª ordem até o Marco3.

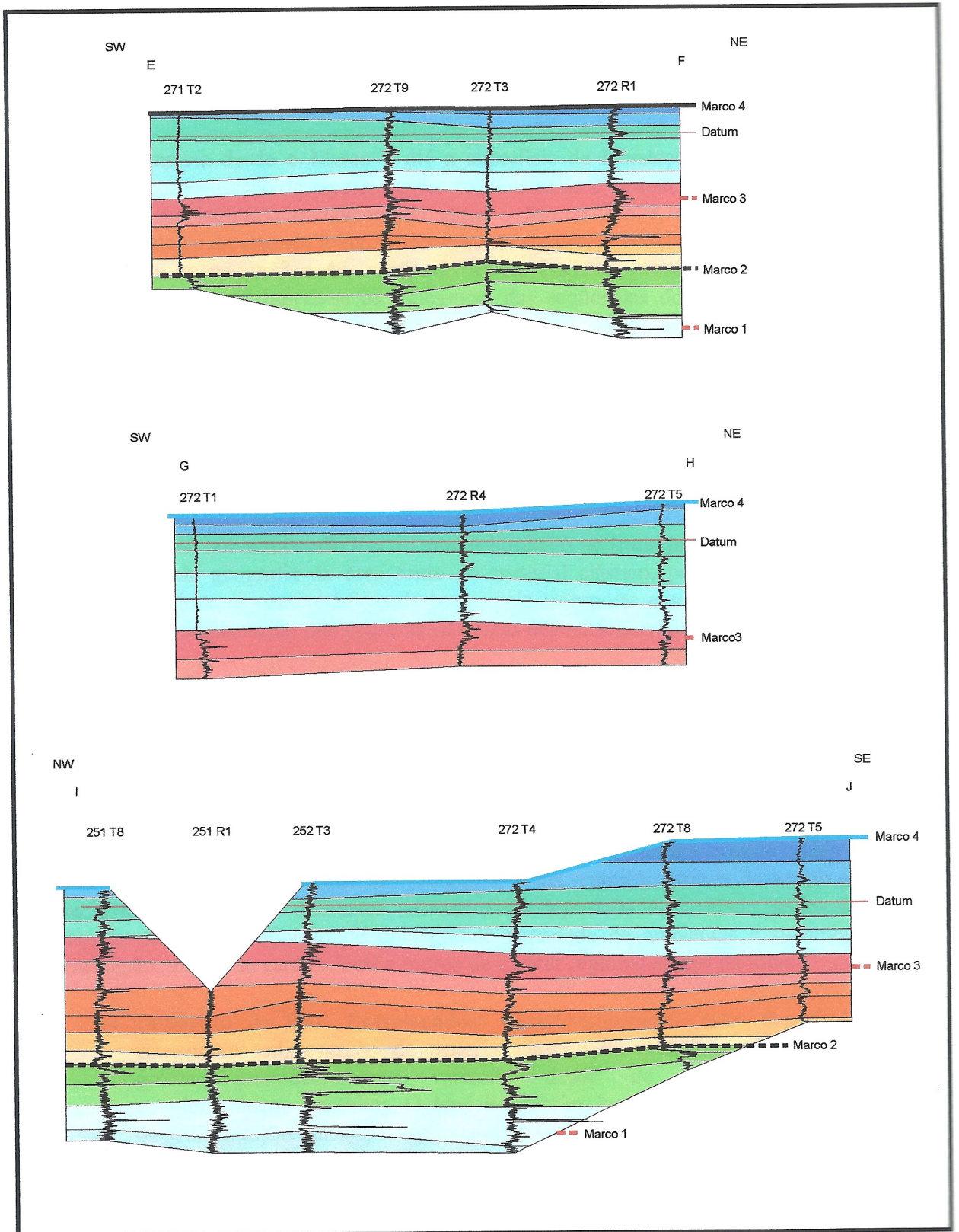


Figura 18: Seções estratigráficas mostrando a disposição espacial das seqüências de 3ª ordem até o Marco 4.

Nas mesmas seções descritas acima, as seqüências de 3ª ordem, dispõem-se por cima do Marco 3, o TSMA da seqüência B, mostra uma disposição paralela as seções SW/NE (seções EF e GH; Fig. 18) e acunhamentos no extremo norte da seção N-S (seção IJ; Fig. 18).

Na seção completa desde o Marco 1 até a superfície de inundação do Marco 5 (Fig. 19) observa-se a compensação de espessuras das seqüências de 2ª ordem, entre os TSBM e TST da seqüência B, no intervalo compreendido entre o Marco 2 e 3, caracterizando a margem continental a oeste da área da folha. Observa-se novamente o acunhamento das seqüências no intervalo entre os marco 3 e 4, marcando as regressões e erosões do TSMA da mesma seqüência. Por último observa-se as espessuras das seqüências do TST até o marco 5 da Seqüência C, no extremo sul da folha.

8. AMBIENTES DEPOSICIONAIS

Está bem definido que a sucessão das diferentes litofácies no transcorrer do tempo geológico é condicionada pela geografia da área fonte do material clástico, pelo clima que favorece a erosão e condiciona as características da bacia, pelo transporte e sedimentação, fatores estes que controlam a implantação dos diferentes sistemas deposicionais na bacia.

Também se definiu que na análise de uma seqüência ou para seqüência sedimentar, é reconhecida mais de uma litofácies, que se repete dentro do contexto evolutivo da mesma.

Como já tinha sido definido, a análise dos raios gama nos diferentes poços, define três seqüências de sedimentação (A,B,C; fig. 10) e que dentro de cada seqüência determinou-se tratos de sistemas de mar baixo, transgressivo e de mar alto. Além disso a correlação dos perfis de raios gama com os afloramentos, leva à identificação das litofácies e as associações possíveis no contexto dos tratos de sistemas das seqüências e sua repetição através do tempo geológico define a implantação dos diferentes ambientes de deposição da unidade sedimentar. Esta correlação permite a definição de uma grande variedade de ambientes e subambientes de sedimentação, alguns de caráter local e outros de caráter regional dentro da folha.

- ⇒ **Depósitos de Rios Entrelaçados:** Caracteristicamente estes depósitos fluviais constituem sedimentação de material clástico de granulometria grossa a muito grossa, granodrecrescente variando desde de conglomerado, arenitos conglomeráticos e arenitos. O depósito inferior, conglomerático apresenta estrutura de sedimentação maciça, e nos intervalos superiores de arenitos conglomeráticos se distingue as estratificações cruzadas acanaladas resultantes da migração lateral das barras longitudinais dos rios.

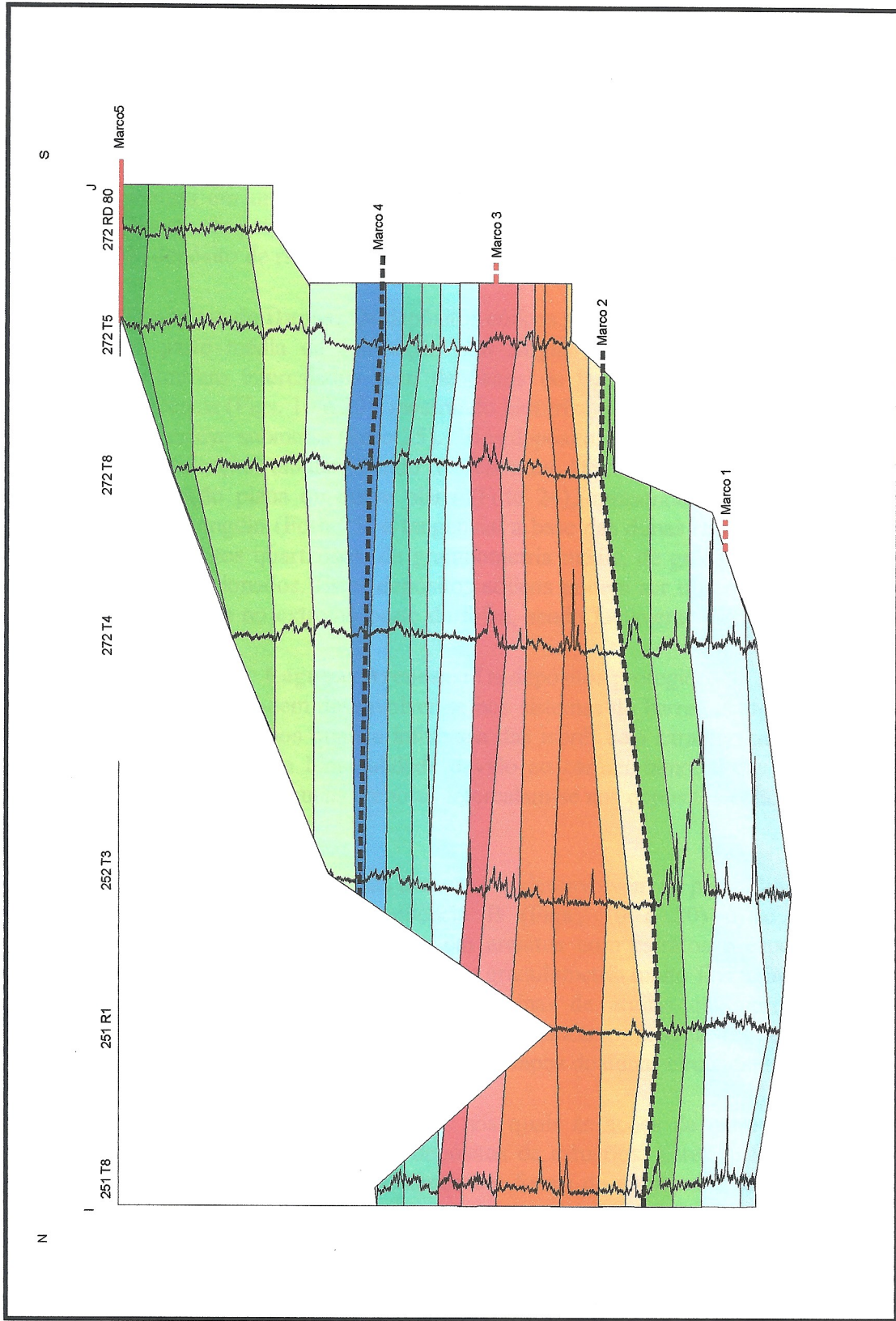


Figura 19: Seções estratigráficas mostrando a disposição espacial das seqüências de 3ª ordem até o Marco 5.

Estes depósitos são localmente definidos como a base da Formação *San Miguel*, localizadas na parte alta do Cerro Parigini (Fig. 14). Litologicamente se encontram constituídos de conglomerados polimíticos com clastos arredondados a subarredondados, de tamanhos variados desde milímetros a 30 centímetros. A composição dos clastos é preferencialmente granítica e de rochas metamórficas, imersas em uma matriz grossa (Foto 9), associados a arenitos de granulometria grossa, em partes conglomeráticos, e que apresentam estratificação acanalada típica de depósito de rios entrelaçados (Foto 22).

- ⇒ **Depósitos de Dunas:** Os depósitos eólicos se encontram amplamente representados na parte média da Formação *San Miguel*, no TSMB da Seqüência B, e se encontram intercalados com depósitos de lagunas arenosas no TST da mesma seqüência (Figs. 10 e 20), mostrando bioturbações no topo das dunas indicando que esta esteve submersa (Foto 25). Estes depósitos são representados por arenitos com estratificação tabular, sendo os estratos limitados entre si por superfícies de reativação plana ou quase plana (Foto 24), apresentam estratificação cruzada de grande ângulo (Foto 25) e tangencial a base das dunas (Foto 13). Litologicamente são arenitos quartzosos, de granulometria média, de grãos arredondados e muitos bem selecionados. Estes depósitos eólicos podem ser observados em afloramentos localizados no extremo oeste da folha, sendo facilmente distinguíveis nos registros dos poços.
- ⇒ **Depósitos de Lagunas Arenosas:** Os depósitos protegidos ao largo da costa, como as lagunas, podem desenvolver-se nos sistemas de barreiras litorâneas associadas a um mar raso, nos quais a influência das marés seja caracterizada pela presença de estruturas e pela bimodalidade devido ao caráter bimodal das marés. Neste caso sedimentos de lagunas arenosas intercalam-se aos depósitos eólicos nos períodos de avanço do sistema.

Estes depósitos de lagunas arenosas se desenvolvem na parte alta da Formação *San Miguel*, no TST da Seqüência B (Figs., 10 e 20) e se apresentam com estratificações plano paralelas em arenitos com estratos e espessuras crescentes (foto 12). Estes arenitos apresentam granulometria muito fina a fina, moderadamente selecionados e intercalados com lamina de argilas que apresentam estruturas onduladas e *wavy* (Foto 26). A predominância arenosa nestes depósitos è devido a ser a proveniência dos materiais dos campos de dunas circundantes.

- ⇒ **Depósitos Deltaicos:** Os deltas nos quais as ações de maré neutralizam a ação fluvial, se desenvolvem nos depósitos de estuários. Estes se formam no segmento inferior dos rios, se apresentando em forma de numerosos canais subaquosos que migram lateralmente e se encontram separados por barras alargadas. Estes depósitos são reconhecidos nos afloramentos e correlacionados em poços na parte inferior da Formação *San Miguel*, no TSMA da seqüência A (Figs. 10 e 20). Encontram-se representados por arenitos de granulometria grossa a muito grossa, em parte média,

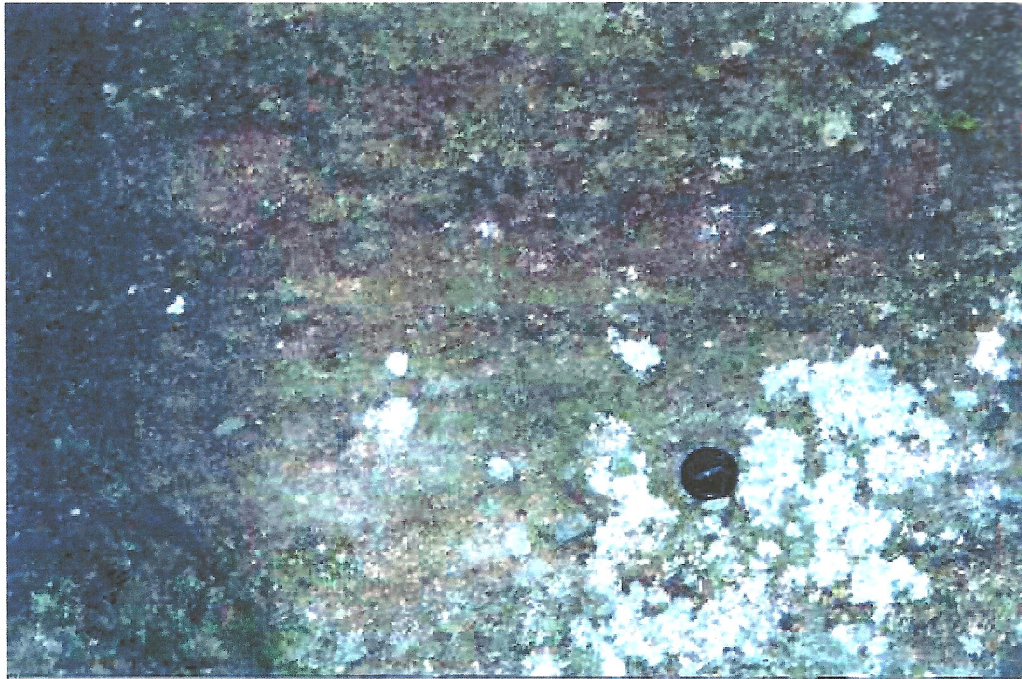


Foto 22: Detalhe da estratificação cruzada acanalada nos arenitos conglomeráticos dos depósitos fluviais. Fm. San Miguel.



Foto 23: Detalhe da bioturbação no topo das dunas, sistema barreiras / lagos interdunas. Fm. San Miguel, Mb. Saingó.



Foto 24: Arenito eólico mostrando estratificação tabular limitadas por superfícies de reativação plana. Fm. San Miguel, Mb. Saingó..

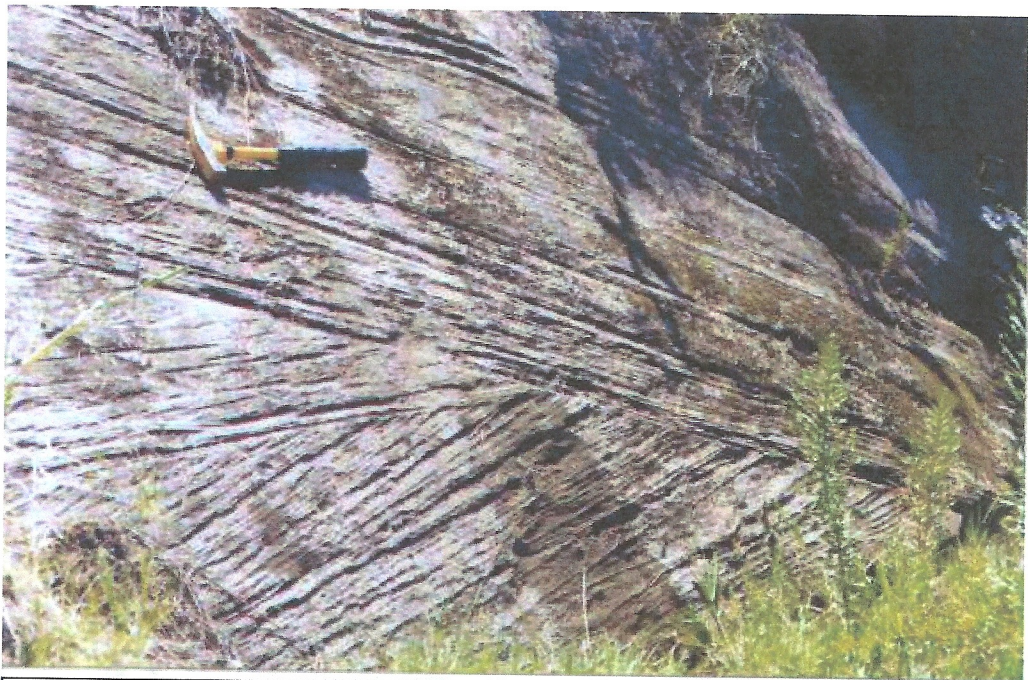


Foto 25: Detalhe da foto anterior mostrando um ângulo de 75° na etratificação cruzada. Fm. San Miguel, Mb Saingó.

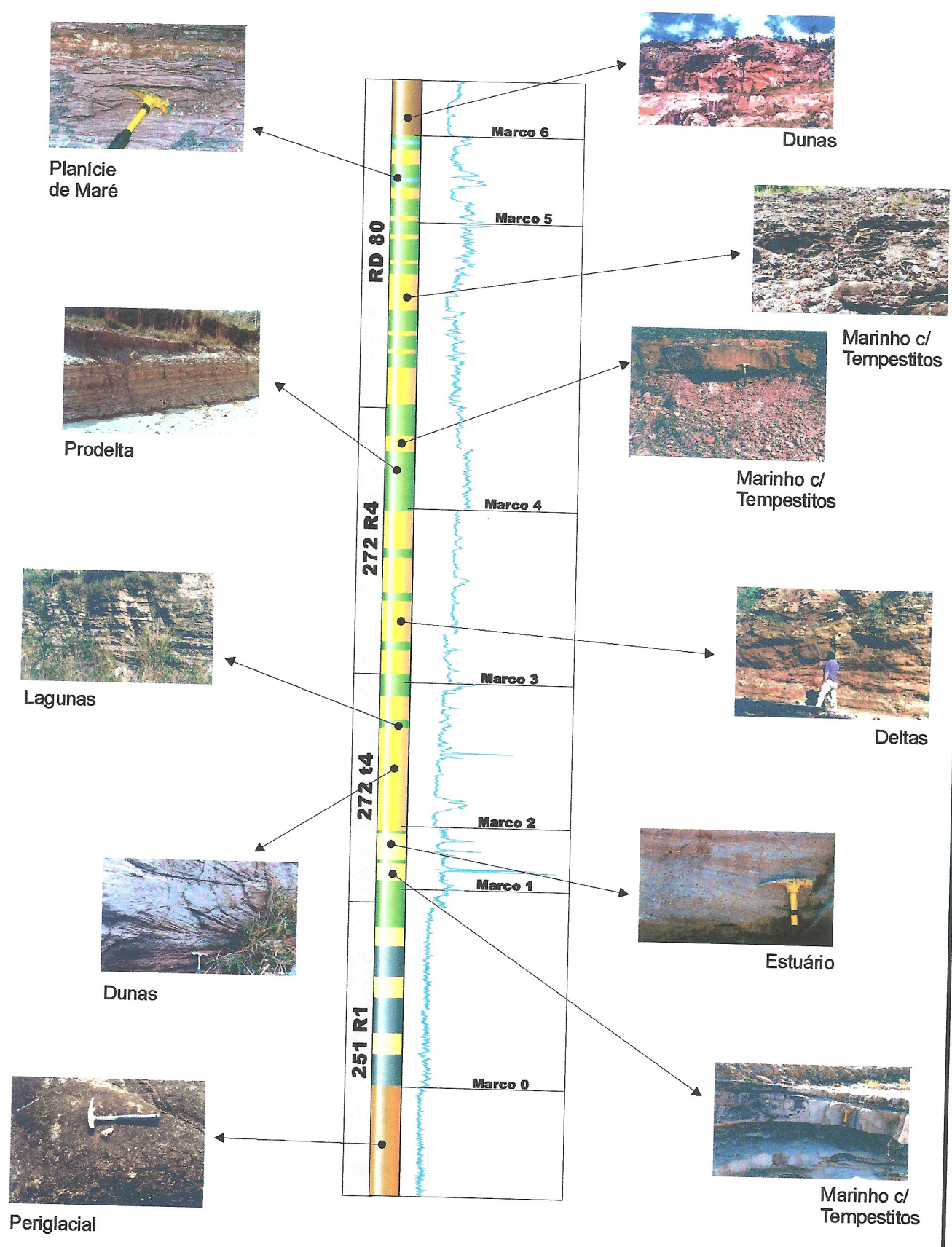


Figura 20: Perfil composto mostrando os marcos estratigráficos e os principais ambientes sedimentares identificados.

com grãos predominantemente de quartzo, dispostos em uma matriz de areias *finas* e argilas, apresentando estratificação cruzada acanalada de pequeno e médio *porte*, se caracterizando pela presença de *drappes* de argila nos *forsets* das estratificações cruzadas (Foto 11). No geral os depósitos apresentam desenho sigmoidal em estratos de que alcançam espessuras de até 10 m.

Os depósitos de frente deltaica apresentam típicos desenhos sigmoidais, em lobos principalmente arenosos, que em planta exibem formas semicirculares que se acomodam umas às outras por migração lateral do sistema. Este tipo de depósito é característico de afloramentos da base da Formação Tacuary, no TSMA da seqüência B (Figs. 10 e 20). Estes se apresentam em camadas com formas sigmoidais planas, com espessuras que variam entre 30 centímetros a 1 metro (Foto 14), e em espessas sigmóides de mais de 3 metros, que progradam sobre estratos argilosos (Foto 27). Os argilitos são retrabalhados e redepositados na base da sigmóide progradante, na forma de pequenas laminações (Foto 28).

Lateralmente os depósitos de prodelta são amplamente identificados na área, se desenvolvendo no mesmo TSMA da Seqüência B, na base da Formação Tacuary (Figs, 10 e 20). Estes depósitos são caracteristicamente de arenitos de granulometria fina a muito fina, siltitos e argilitos, dispostos em estratos plano-paralelos (Foto 16). O conjunto de estratos mostra a presença de uma estrato e granocrescência cíclica (Foto 29).

⇒ **Depósitos Marinhos:** Nos depósitos de águas rasas podem ser reconhecidos os depósitos de sedimentação de praias e de plataformas dominadas por tempestades. Os depósitos da zona sempre submersa, a antepraia ou *forshore* apresenta uma moderada relação areia/argila, sendo os estratos plano paralelos e apresentando estratificação cruzada *hummocky*.

Os depósitos marinhos encontrados em afloramentos da área da folha demonstram principalmente características de sedimentos de *shoreface* inferior, no intervalo compreendido entre a ação das ondas normais e as de tempestades. Estes sedimentos são constituídos por arenitos dispostos em estrato plano-paralelos, cuja característica principal é a estratificação ondulada truncada *hummocky*.

Depósitos marinhos tempestíficos se desenvolvem nos períodos de máxima inundação da Seqüência A, no Marco 1, correspondendo a base da Formação *San Miguel* (Figs.10 e 20). Estes depósitos apresentam estratos plano paralelos de arenitos finos intercalados a siltitos (Foto 8). Estes depósitos nos intervalos superiores apresentam espessas camadas de arenitos dispostos sobre argilas, em um típico ciclo tempestífico (Foto 30), onde os arenitos apresentam estratificação cruzada *hummocky* (Foto 31).

Outros depósitos marinhos tempestíficos se desenvolvem no TSMA da Seqüência B e no TST da Seqüência C, ambos na Formação Tacuary (Figs. 10 e 20). O primeiro



Foto 26: Detalhe da laminação *wavy* nos depósitos de lagunas arenosas. Fm. San Miguel.

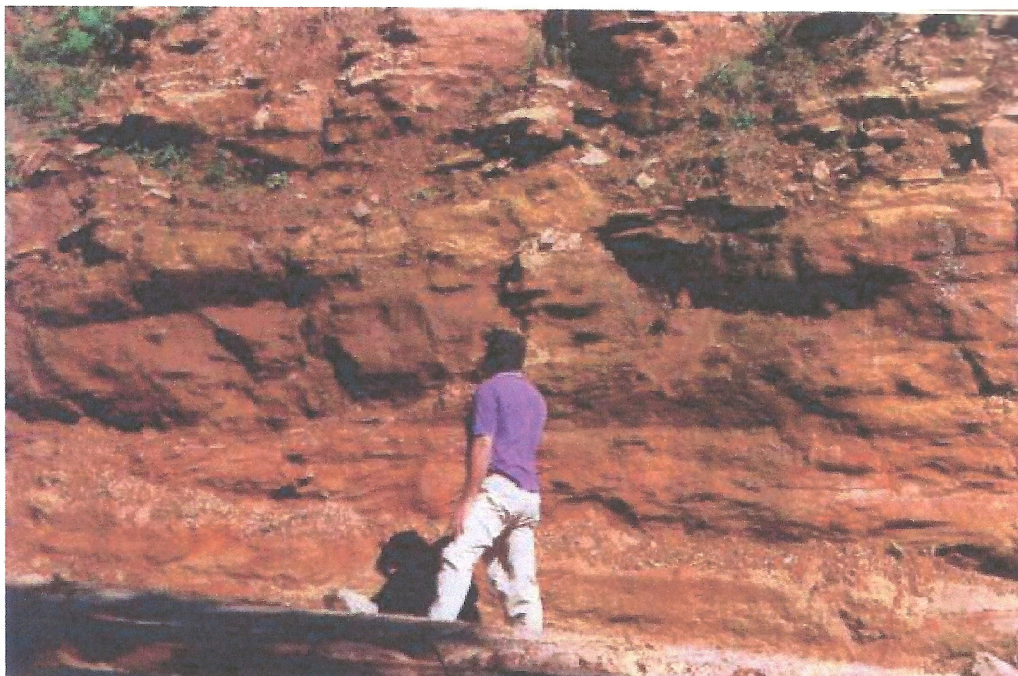


Foto 27: Arenitos deltáicos com estruturas sigmoidais progradando sobre as argilas do prodelta. Fm Tacuary.

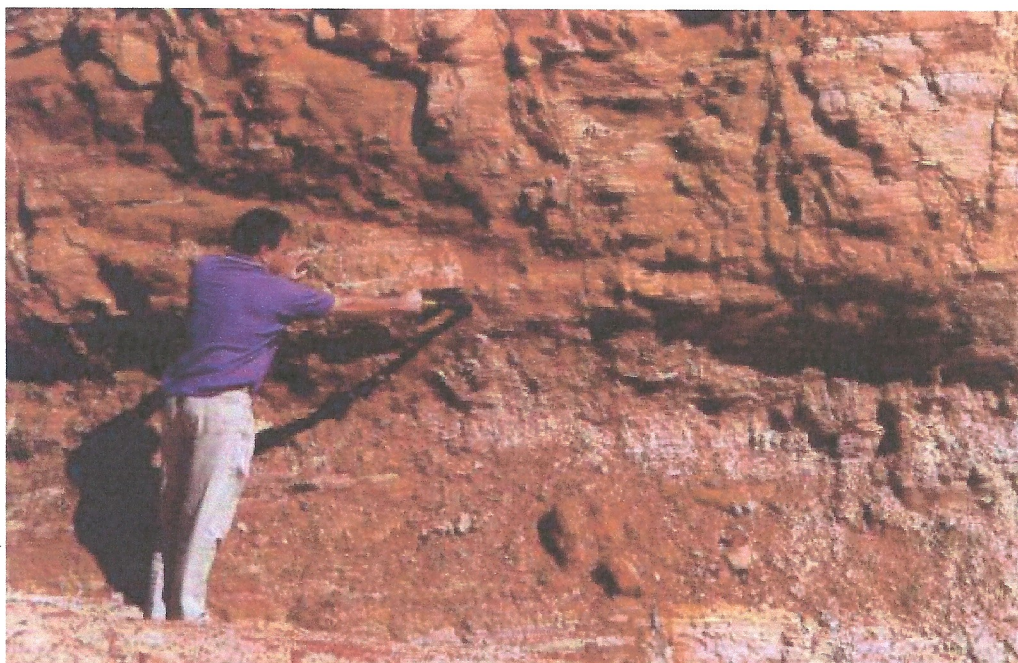


Foto 28: Detalhe das argilas retrabalhadas e redepositadas na base dos sigmóides progradantes. Fm. Tacuary.



Foto 29: Detalhe da sedimentação cíclica entre os arenitos e siltitos / argilitos dos depósitos de Prodelta. Fm. Tacuary.

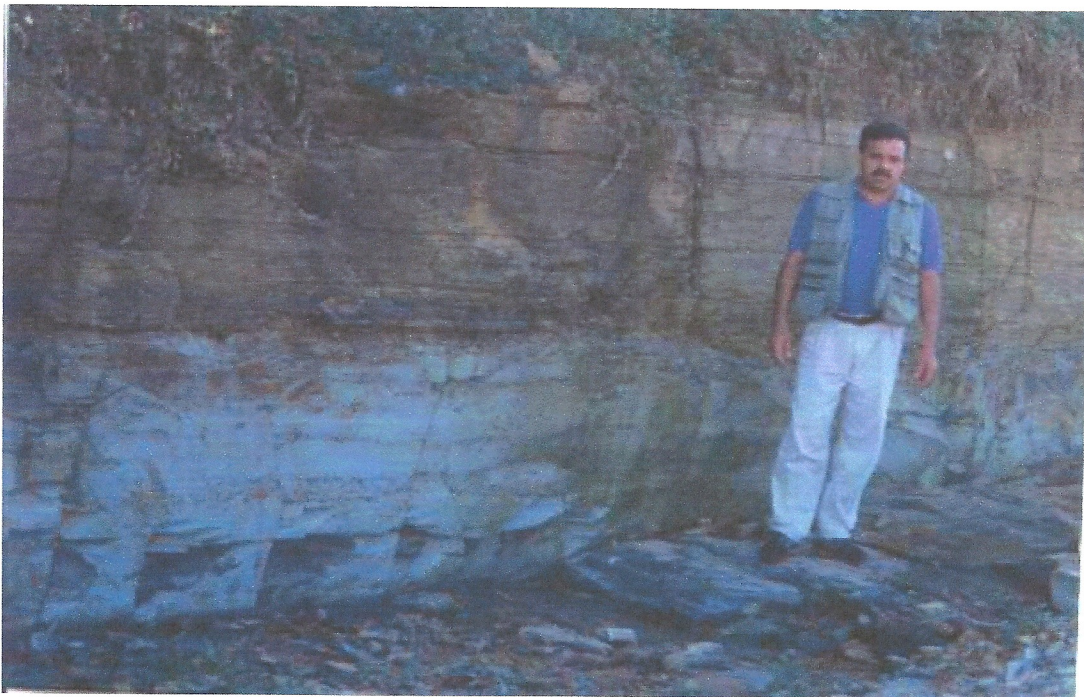


Foto 30: Depósito marinho de um ciclo tempestítico típico. Na base argilitos com *linsen* e *wavy* sotopostas a arenitos com HCS. Fm. San Miguel..



Foto 31: Detalhe da foto anterior mostrando a estratificação HCS.



Foto 32: Vista panorâmica dos depósitos marinhos tempestíficos. Fm. Tuacuary



Foto 33: Arenitos finos, quartzosos com HCS nos depósitos marinhos tempestíticos de *shoreface*. Fm Tuacuary.



Foto 34: Detalhe da foto anterior.



Foto 35: Detalhe das *wavys* deformadas e onduladas pelo retrabalhamento das tempestades.
Fm. Tuacuary.



Foto 36: Detalhe das gretas de ressecamento nos argilitos dos depósitos tempestíticos.
Fm. Tuacuary.

apresenta desenho plano paralelo de argilitos e arenitos, com estratos arenosos de pouca espessura e com estratificação *hummocky* pouco expressiva em afloramentos (Foto 15). O segundo apresenta em geral desenho sigmoidal (Foto 32), podendo tratar-se de depósitos deltaicos retrabalhados por tempestades, já que a estratificação truncada ondulante se acha amplamente presente (Foto 33), principalmente na parte alta do afloramento no topo das sigmóides (Foto 34). A deformação por carga ou deslizamento no nível das laminações argilosas na parte frontal das sigmóides (Foto 35) e exposição subaérea, com gretas de ressecamento nas mesmas, corroboram, de alguma maneira, a pouca espessura da lâmina d'água (Foto 36).

⇒ **Depósitos de planície de Maré:** Os depósitos de planície de maré se desenvolvem em regiões protegidas ao largo da costa (estuários, baías e lagunas) onde a ação das ondas é insignificante. Os depósitos se caracterizam pela bimodalidade devido ao caráter bimodal das marés.

Depósitos de marés são observados no topo da Formação Tacuary, no TSMA da Sequência C (Figs. 10 e 20). Estes depósitos são formados por lentes de calcários e margas calcárias intercaladas com argilitos (Foto 17), nas quais a ação das marés está representada na laminação por estruturas *linsen* e *wavy* (Foto 37). Os sedimentos calcários e argilosos se desenvolvem em um sistema de barreiras e lagunas, associados à sedimentação marinha em condições rasas, de praias e *shoreface* inferior. O mesmo se deposita na região mais distal da barreira.

Os calcários de lagunas evaporíticas se formam atrás das barreiras e se encontram interdigitados com os sedimentos arenosos dos mesmos (Benítez & Franco, 1993). Estes apresentam estratificação plano paralela e cruzadas contendo ainda níveis oolíticos (Foto 17). Ocasionalmente o alto conteúdo de argilas converte o material em uma marga calcária.

Os sedimentos argilosos intercalados com os depósitos de lagunas evaporíticas pertencem a invasões de sedimentos marinhos de plataforma rasa, na zona de inframaré, em períodos de subida relativa do nível do mar, onde as características estruturais da maré são as estruturas *wavy* e *linsen* (Foto 38).

CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA

A correlação estratigráfica tem como objetivo definir o Padrão de empilhamento através das seções AB, CD, EF, GH, KL e IJ, sendo as 4 primeiras delineadas nas direções oeste / este e as últimas na direção norte / sul (fig. 11). As seções foram construídas tomando-se como *datum* os pontos estratigráficos e correlacionando os picos dos raios gama, tendo-se em conta os parâmetros litológicos areia / argila.

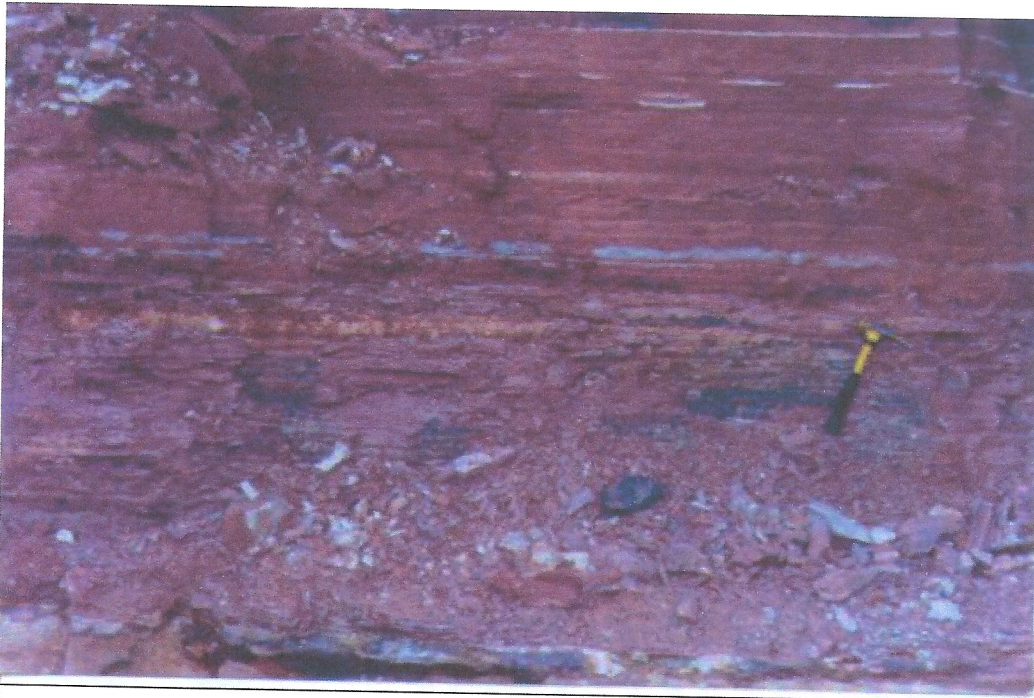


Foto 37: Estrratificação *linsen* e *wavy* em calcários e argilitos dos depósitos de planície de maré. Fm. Tuacuary.



Foto 38: Detalhe das estruturas *wavys* nos argilitos intercalados com calcários. Fm. Tuacuary.

9.1. SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS

- ⇒ **Seção AB, Marco 3:** A seção AB está alinhada ao norte da folha (Fig. 11), com direção Oeste / este. Os poços componentes desta seção apresentam os Marcos 1, 2, 3 e 4 (Fig. 9).

O intervalo compreendido entre a base e o *datum* utilizado, o Marco 3 (Fig. 21) mostram um empilhamento diferenciado na relação areia / argila, nos tratos TST e TSMA da Seqüência A, com respeito aos TSMB e TST da Seqüência B. Esta relação se apresenta equilibrada nos tratos da seqüência A, observado-se a mudança no final do TST onde aparece uma certa predominância de areias sobre argilas. Na Seqüência B a relação é notoriamente diferenciada, com um total predomínio de areias no TSMB e em grande parte do TST, mostrando um relativo aumento de argilas ao final do TST, até a superfície de inundação do Marco 3.

- ⇒ **Seção CD, Marco 3:** Esta seção desenha uma linha com direção oeste / este, no centro da folha (Fig. 11). A mesma seção abrange poços que contém os Marcos de referência 1, 2 e 3 (Fig. 9).

O intervalo entre a base da seção e o Marco 3 (Fig. 22) mostram um empilhamento areia / argila muito diferenciado no TST e TSMA da seqüência A em relação aos TSMB e TST da seqüência B. Nos primeiros a relação favorece certa predominância de argilas, principalmente no TST e vice versa na porção final do TSMA até a superfície de erosão do marco 2. Os tratos de sistemas da Seqüência B se caracterizam por um notório predomínio de areias, sendo as argilas subordinadas a camadas descontínuas no TST, com camadas contínuas só ao final do mesmo, na superfície de inundação do Marco 3.

- ⇒ **Seção EF, Marco 3:** A seção se apresenta também na direção oeste / este, localizada no centro sul da folha (Fig. 11). A mesma inclui poços com marcos de referência 1, 2, 3 e 4 (Fig. 9).

Na seção EF o intervalo entre a base e o Marco 3 (Fig. 23) apresenta uma relação areia / argila caracteristicamente diferenciada, no intervalo compreendido entre o TSMA da seqüência A em relação aos TSMB e TST da seqüência B. O primeiro intervalo desta relação se mantém equilibrada, ainda que no intervalo superior o TSMB mostre uma predominância total de areias, especialmente observadas a oeste da seção, com ingressões argilosas vindas de leste no TST, mantendo certa predominância de argilas na superfície de inundação do Marco 3.

- ⇒ **Seção IJ, Marco 3:** A seção estratigráfica IJ corta a folha de norte a sul (Fig. 11), abrangendo poços que contem os Marcos de 1 à 6 (Fig. 9), sendo os Marcos 1, 2 e 3 encontrados no extremo sul da seção e os Marcos 4, 5 e 6 no extremo sul da seção, razão pela qual esta seção se apresenta geralmente incompleta.

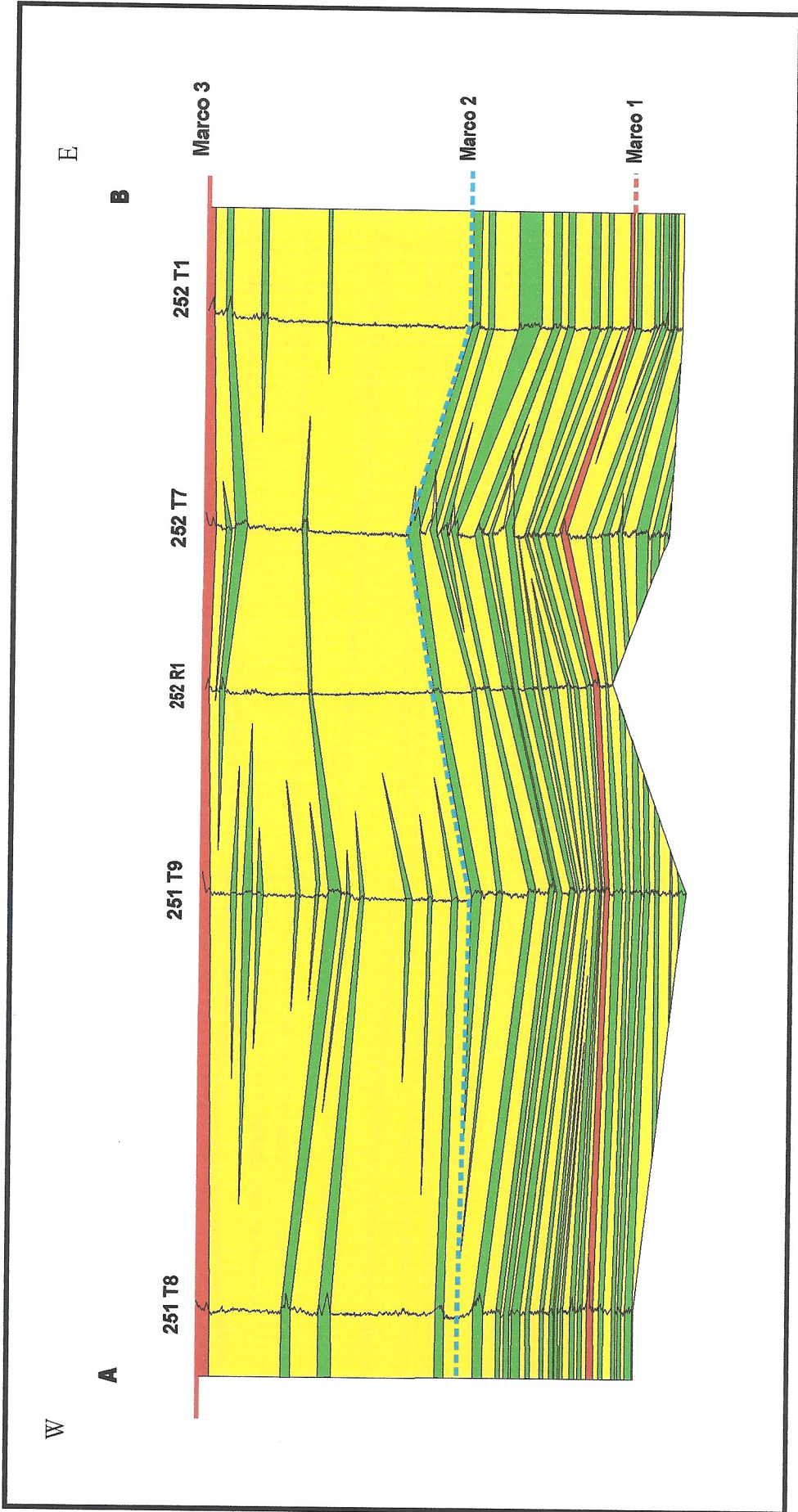


Figura 21: Seção estratigráfica AB, tomando como datum o Marco 3.

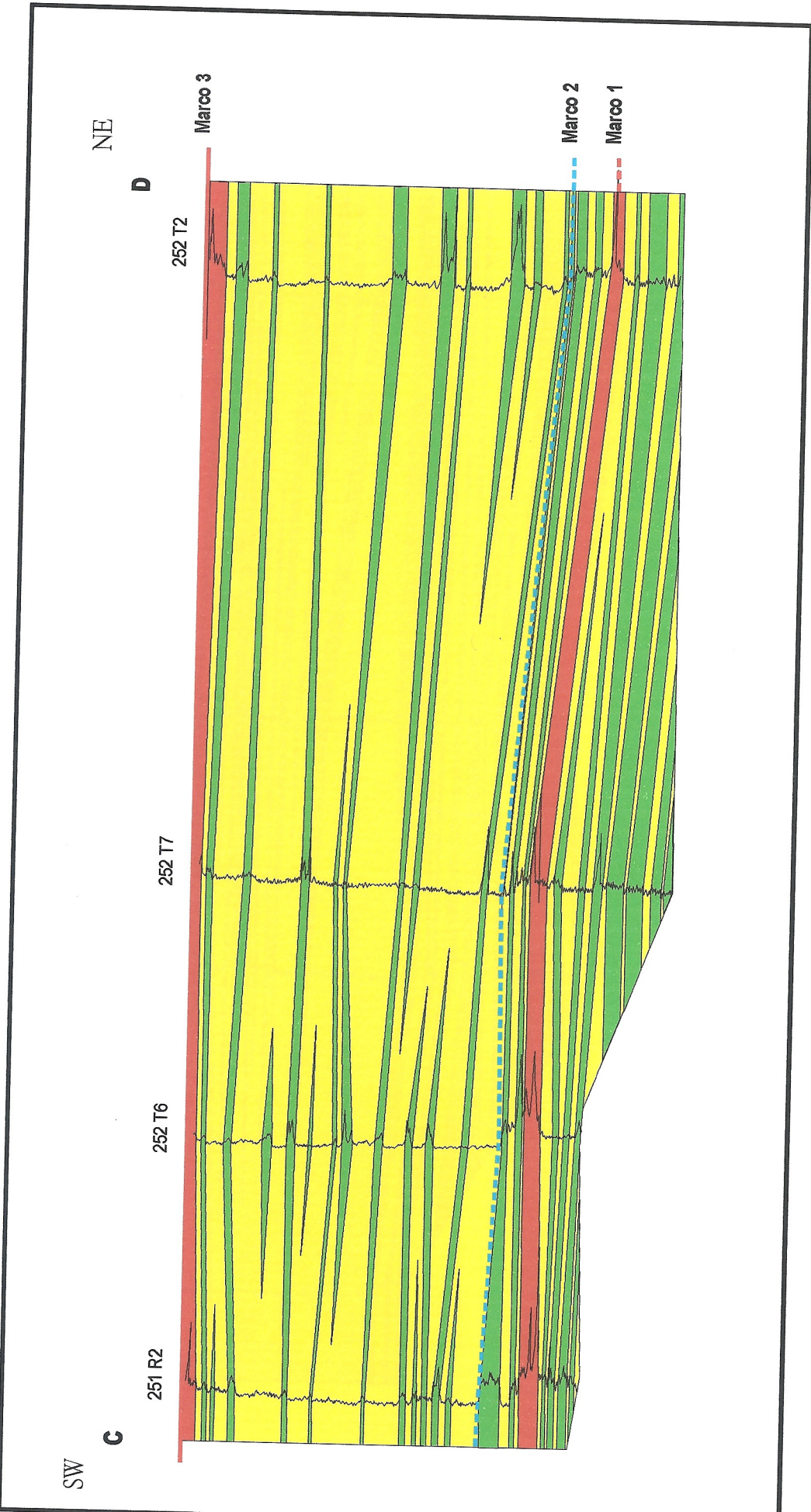


Figura 22: Seção estratigráfica CD, tomando como datum o Marco 3.

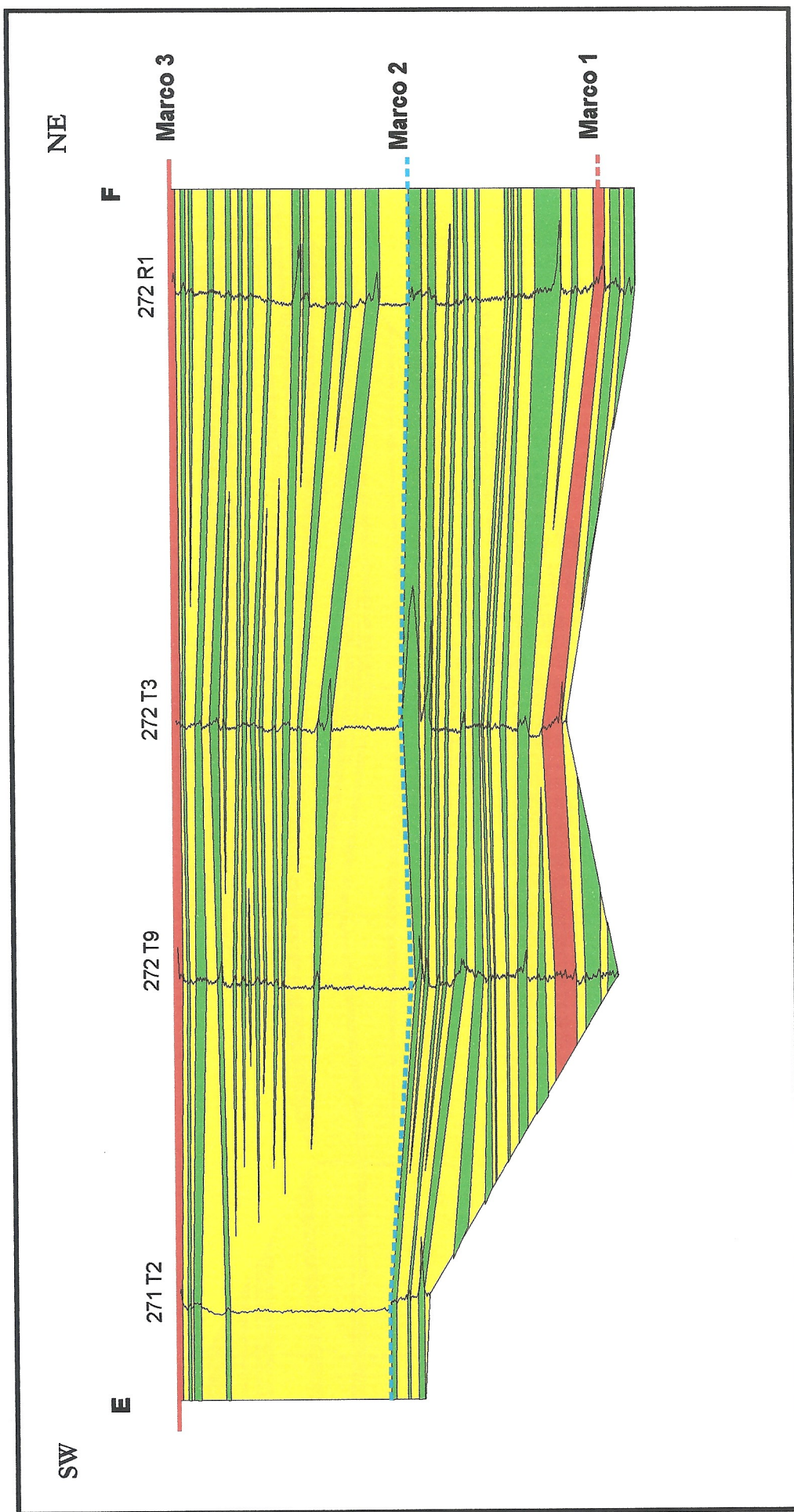


Figura 23: Seção estratigráfica EF, tomando como datum o Marco 3.

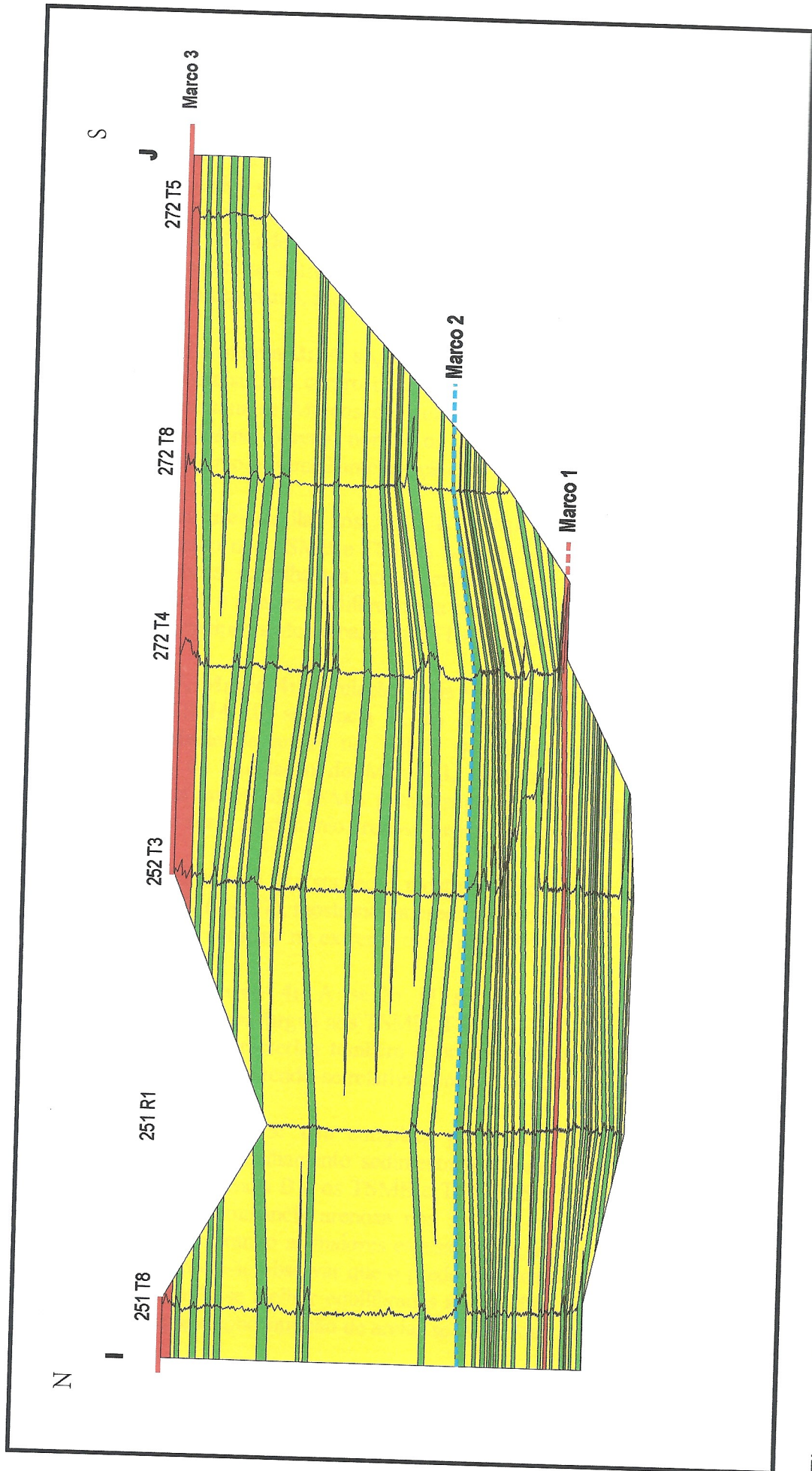


Figura 24: Seção estratigráfica IJ, tomando como datum o Marco 3.

No intervalo entre a base da seção e o datum Marco 3 (Fig. 24) se observa a relação areia/argila altamente diferenciada, principalmente entre os intervalos compreendidos entre os TST e TSMA da Sequência A com respeito ao TSMB e TST da Sequência B. Na Sequência A esta relação é equilibrada, a diferença da Sequência B onde o predomínio de areia é observado nos TSMB e TST e principalmente no extremo norte da seção, com aumento das argilas no intervalo do sistema transgressivo, até a superfície de inundação do Marco 3.

- ⇒ **Seção KL, Marco 3:** A seção KL se apresenta paralela à seção anterior, com direção norte/sul, no centro oeste da folha (Fig. 11). A seção compreende poços que apresentam os Marcos de Referência 1, 2, 3, 4 e 5, estando os primeiros representados no extremo norte e os últimos marcos representados no extremo sul da seção, de modo semelhante a seção IJ (Fig. 9).

A relação areia/argila nos TST e TSMA da Sequência A em relação ao empilhamento nos TSMB e TST da Sequência B (Fig. 25). Esta relação apresenta características semelhantes ao observado nas seções anteriores, equilibrada na Sequência A e altamente diferenciada na seqüência B, notando-se a predominância arenosa principalmente na base do TST da última seqüência.

- ⇒ **Seção EF, Marco 4:** A relação areia versus argila no intervalo entre os TSMB, TST e TSMA da seqüência B, ao largo da seção EF (fig 26) mostra uma predominância da areias no TSMB que gradualmente diminui no TST até a superfície de inundação do Marco 3, aumentando o conteúdo de argilas. Esta situação se inverte do TSMA para a superfície de erosão do Marco 4, notando-se além disso ser o predomínio arenoso maior no extremo oeste da seção.
- ⇒ **Seção GH, Marco 4:** Esta seção mostra a relação areia versus argila no TSMA da Sequência B (Fig 27), mostrando a predominância de areias na parte média e alta do trato, e especialmente no extremo oeste da seção.
- ⇒ **Seção IJ, Marco 4:** A seção IJ mostra um intervalo mais completo do empilhamento areia/argila nos TSMB, TST e TSMA da Sequência B (Fig. 28). Este empilhamento caracteriza também o predomínio arenoso no TSMB e em grande parte do TST, invertendo-se relativamente o processo no TSMA.
- ⇒ **Seção IJ, Marco 5:** Um completo panorama do desenvolvimento da relação areia/argila no empilhamento sedimentar da área é observado nos TSMB, TST e TSMA da Sequência B e os TSMB e TST da Sequência C (Fig. 29). Esta relação mostra a predominância arenosa nos TSMB, na base dos TST e no topo dos TSMA, concentrando as maiores espessuras de argilas nos períodos de inundação. Na Fig. 29 pode-se observar que o predomínio da areias se concentra na Sequência B, encontrando-se melhor equilibradas nas Sequências A e C. Além disso pode-se observar que a concentração de areias se faz de oeste para leste.

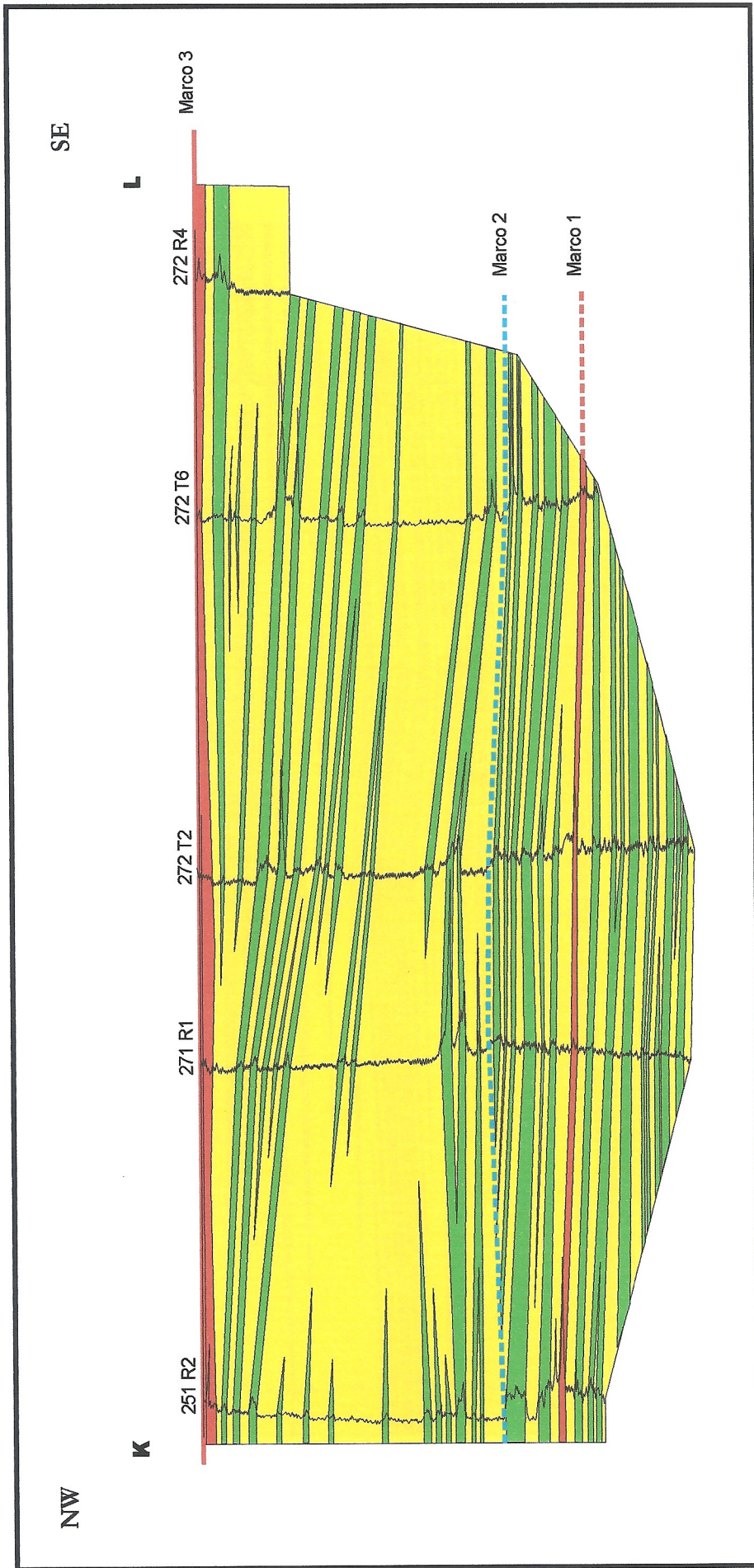


Figura 25: Seção estratigráfica KL, tomando como datum o Marco 3.



Figura 26: Seção estratigráfica EF, tomando como datum o Marco 4.

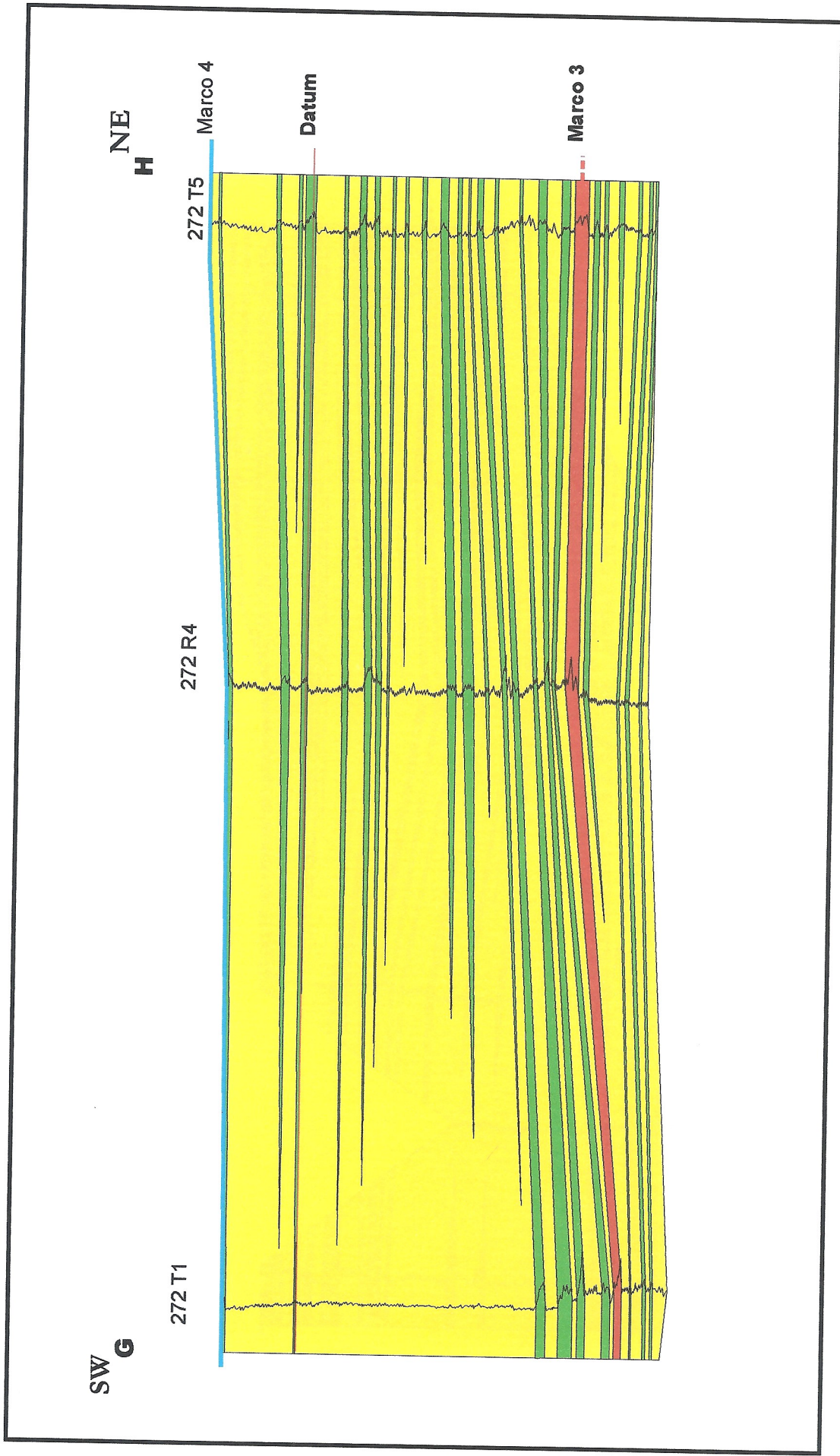


Figura 27: Seção estratigráfica GH, tomando como datum o Marco 4.

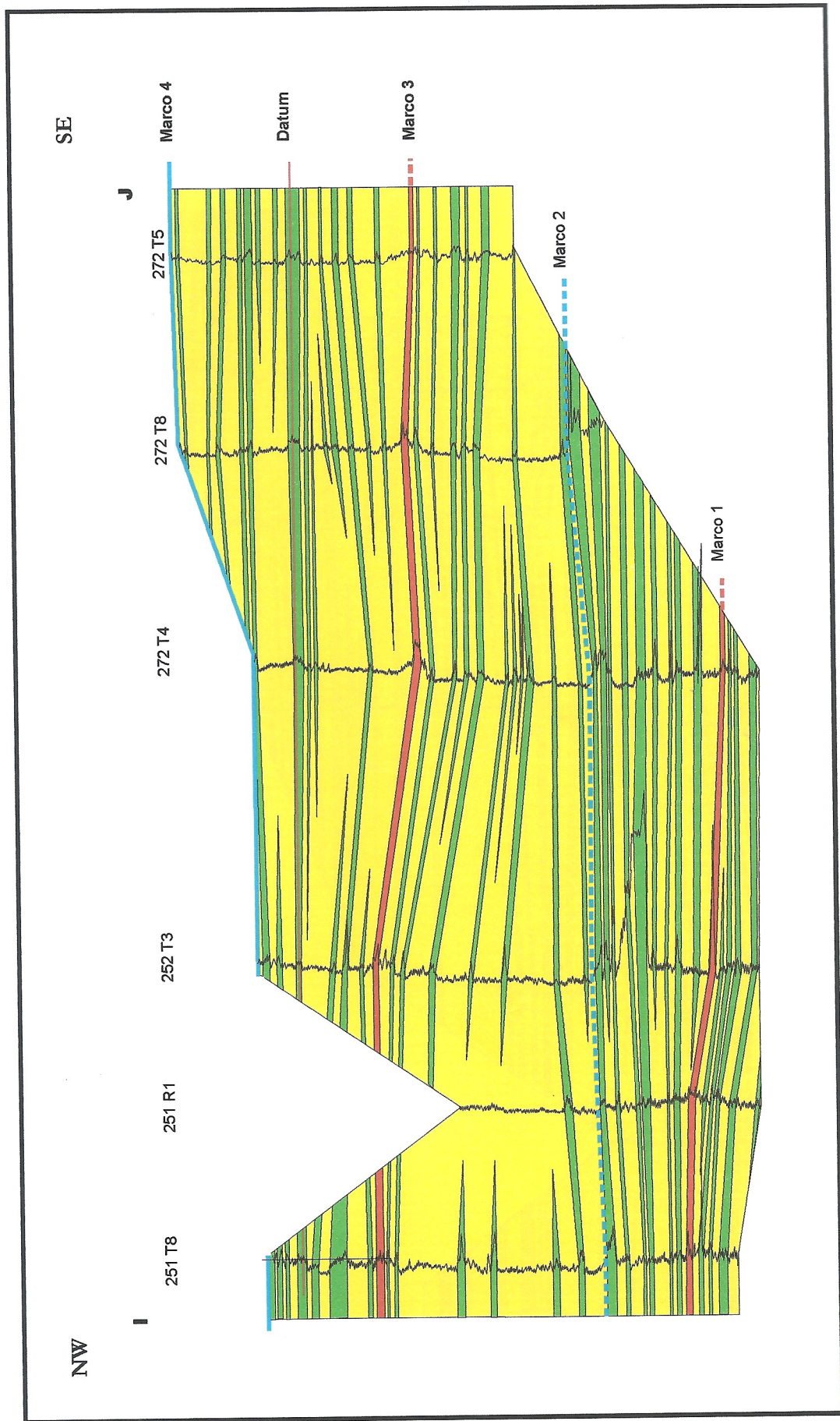


Figura 28: Seção estratigráfica IJ, tomando como datum o Marco 4.

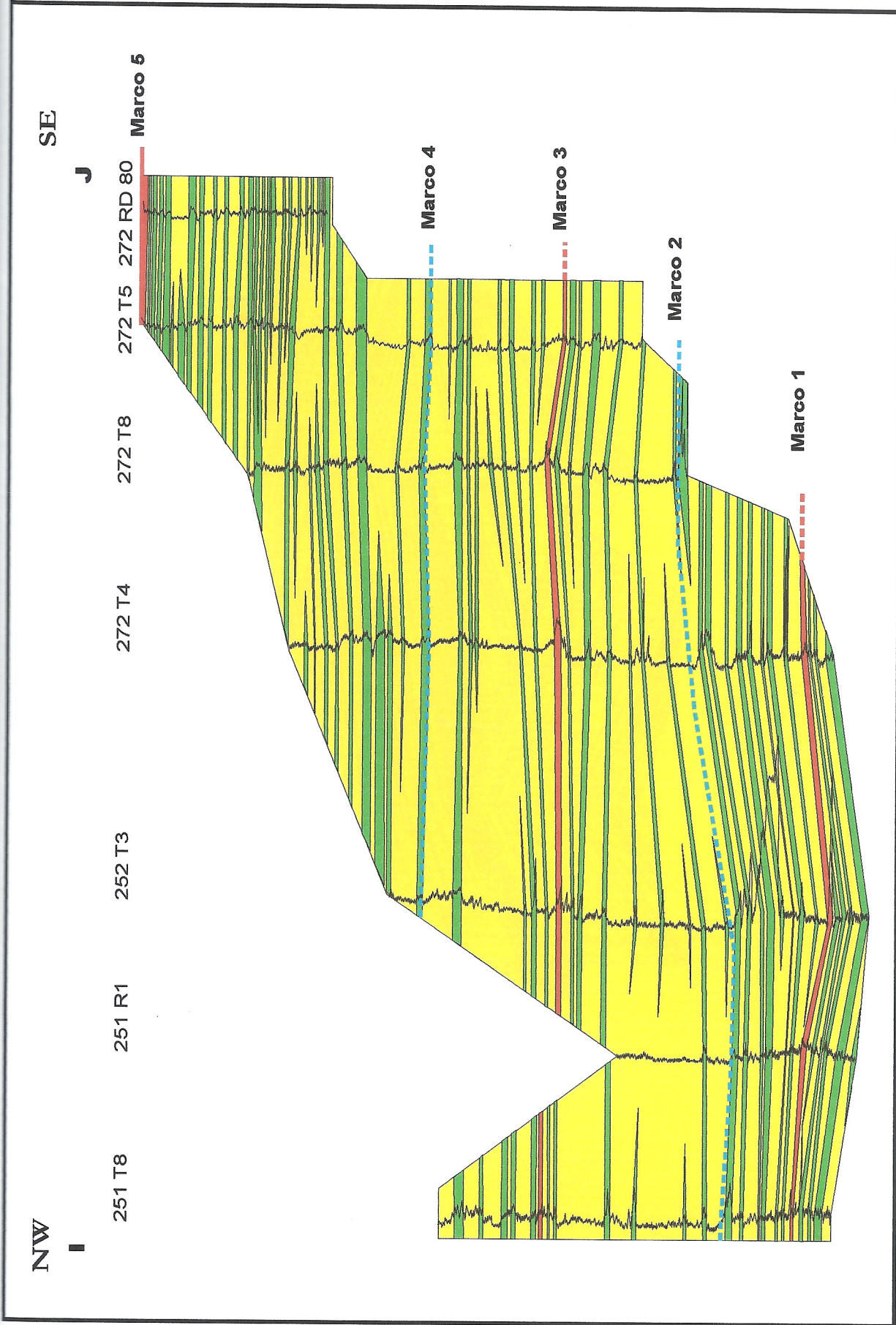


Figura 29: Seção estratigráfica IJ, tomando como datum o Marco 5.

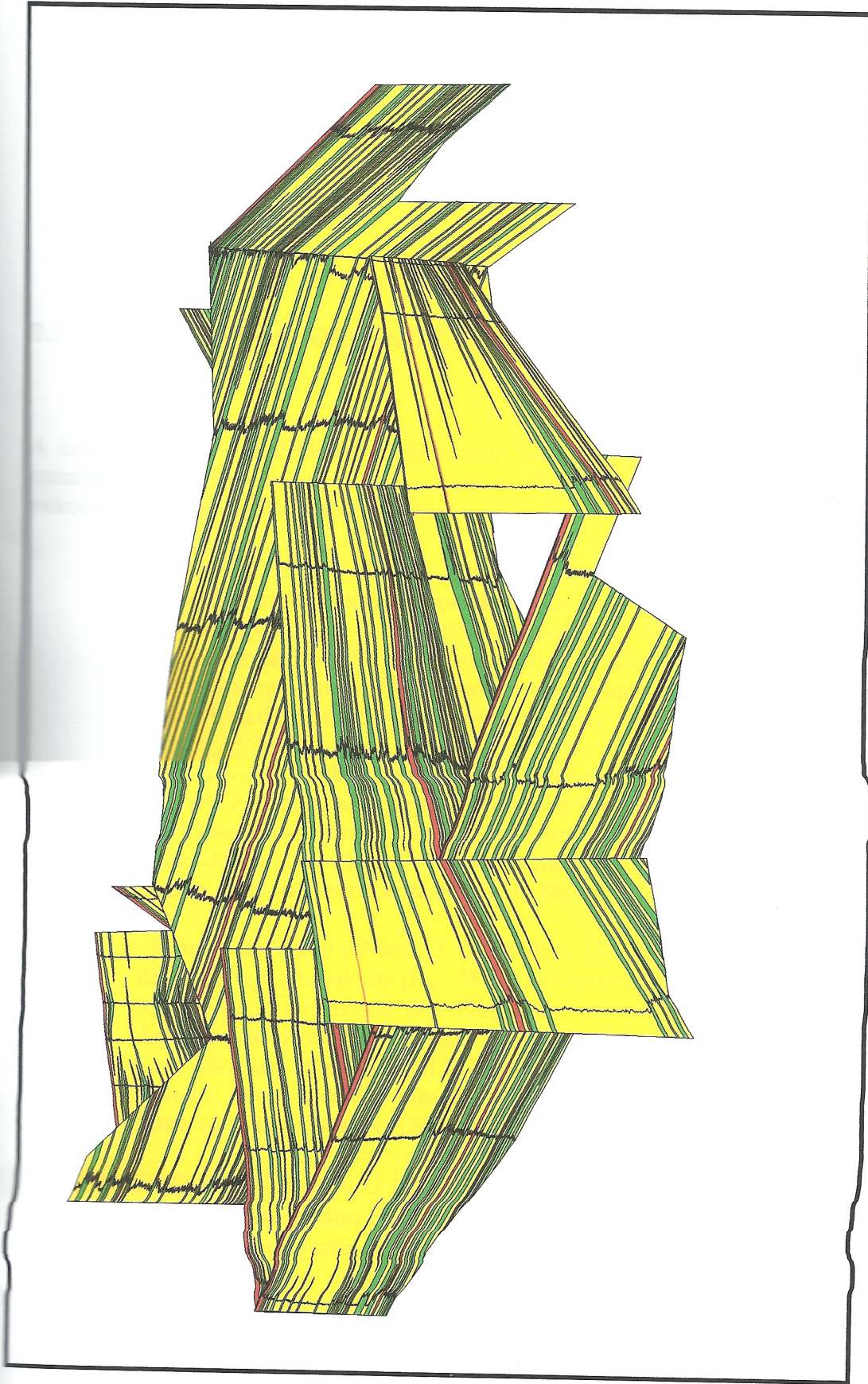


Figura 30: Diagrama em cerca mostrando as relações estratigráficas entre as diversas seções.

- ⇒ **O diagrama em cerca:** Este diagrama exibe a relação esquemática das seções entre si e mostra a distribuição das areias com respeito as argilas (Fig. 30). Nela se pode observar o predomínio de areias na margem noroeste da folha em contraste com o predomínio de argilas à sul e a leste da mesma, demonstrando a existência de uma direção principal de deposição de oeste para leste.

9.2 INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL NAS SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS.

A interpretação dos modelos de empilhamento sedimentar, a relação areia/argila nas seções estratigráficas e a correlação destas com a superfície mostra um completo esquema paleoambiental e evolutivo através do tempo geológico.

- ⇒ **Seção AB, Marco 3:** No intervalo Marco 1-Marco 2, a interpretação do empilhamento sedimentar na correlação dos poços define um ambiente de deposição marinho costeiro e de plataforma rasa (Fig. 31 A). O intervalo apresenta, principalmente no TST e na superfície de inundação do Marco 1, depósitos marinhos tempestíticos. Os mesmos se encontram verticalmente associados a oeste no TSMA a depósitos lagunares da costa (Foto 39).

Este conjunto sedimentar marinho tempestítico/complexo laguna-barreira da Seqüência A, pertence a base da Formação *San Miguel*, aflorante principalmente no bordo oeste do sistema (Fig. 12; ps). Note-se no mesmo intervalo a transgressão vindo de leste no TST e o desenvolvimento das barreiras arenosas e lagunas no TSMA, além da superfície de erosão do Marco 2 (Fig. 31B).

No intervalo Marco 2-Marco 3, os TSMB e TST da Seqüência B, mostram sistemas de dunas/lagos interdunas (Fig. 31 A). Este sistema correlacionado com a superfície a oeste da seção, mostra depósitos eólicos (Foto 40) subjacente diretamente aos depósitos de dunas, pertencentes ao Membro *Saingó*, na parte média a alta da Formação *San Miguel* (Fig. 13), aflorantes no bordo oeste da folha (Fig. 12, ps). Note-se neste intervalo através da seção o desenvolvimento do sistema de dunas/lagos interdunas no TSMB e principalmente do Marco 3 (Fig. 31 B).

- ⇒ **Seção CD, Marco 3:** O intervalo Marco 3-Marco 2 na seção CD, localizada no centro da folha, mostra depósitos de ambiente marinho tempestítico no TST e na superfície de inundação do Marco 1 da Seqüência A (Fig. 32 A). O TSMA a oeste mostra correlação superficial com depósitos lagunares de costa (Foto 41) associados a depósitos de barreiras arenosas (foto 42) e depósitos fluviais em áreas

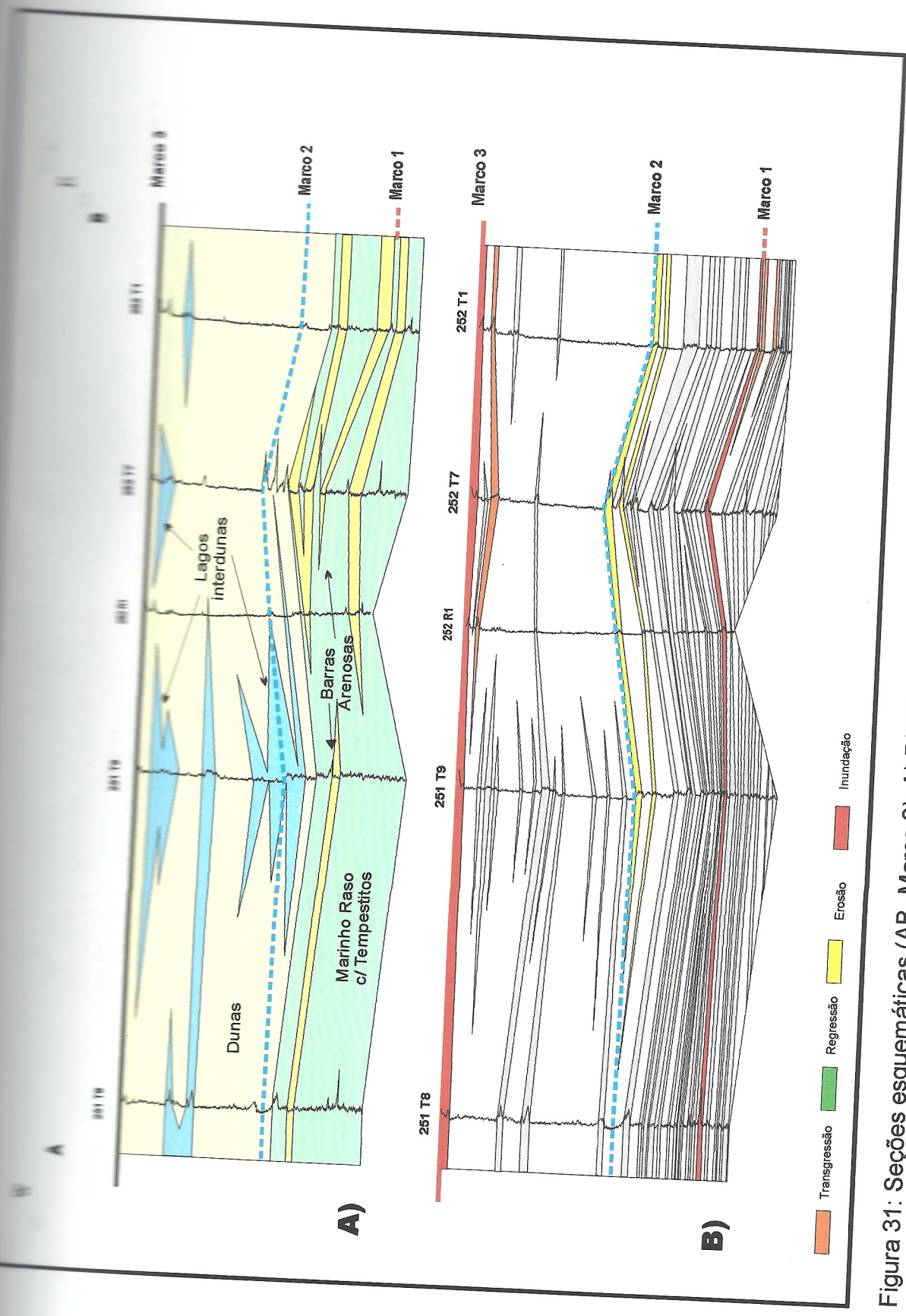


Figura 31: Seções esquemáticas (AB- Marco 3): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.

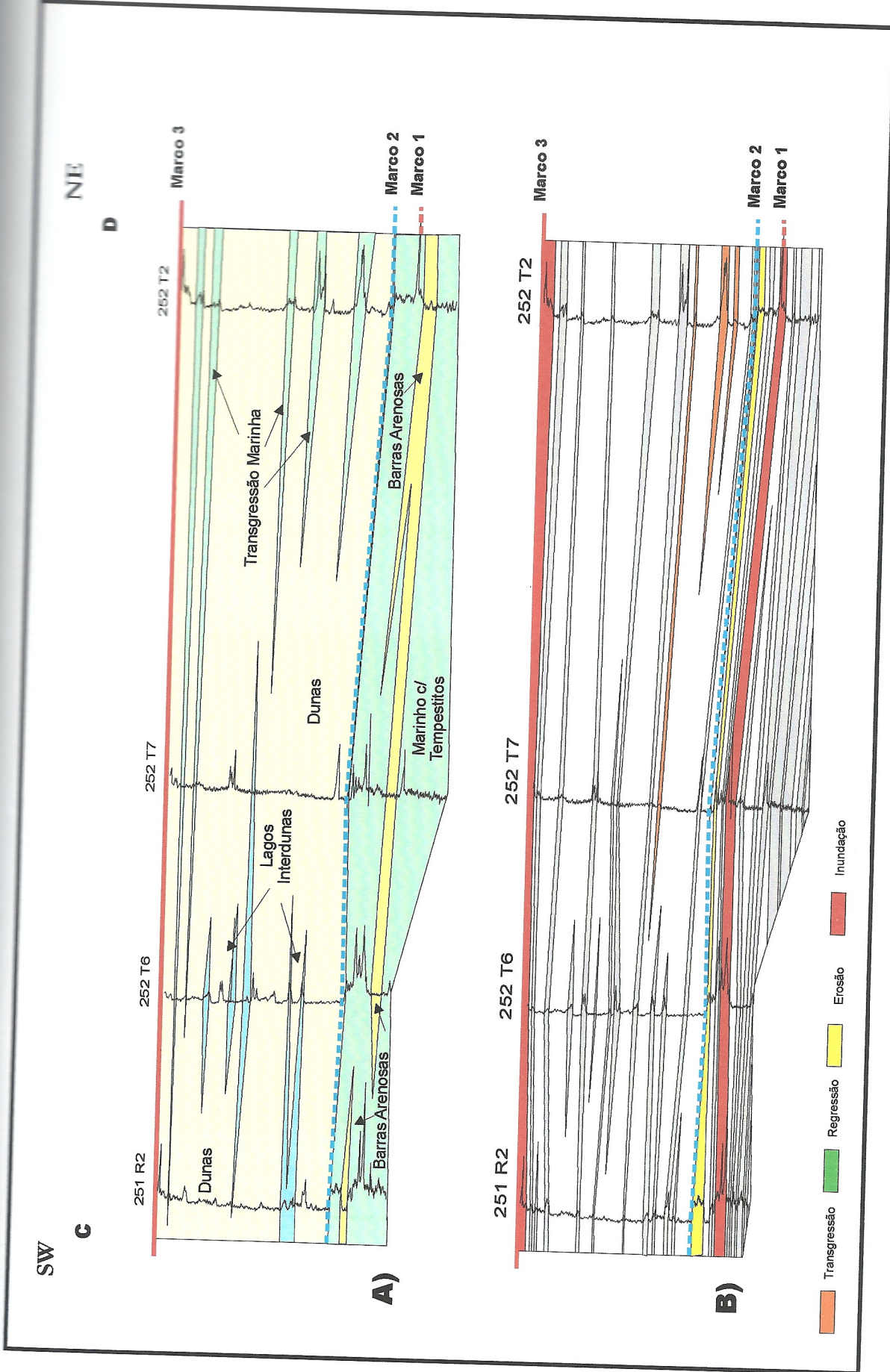


Figura 32: Seções esquemáticas (CD- Marco 3): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.



Foto 39: Depósitos lagunares de TSMA. Fm. San Miguel..



Foto 40: Detalhe da estratificação cruzada tangencial nos depósitos eólicos de TSMB.
Fm. San Miguel.



Foto 41: Depósitos lagunares de TSMA. Fm. San Miguel.



Foto 42: Detalhe da estratificação cruzada tangencial nos arenitos eólicos associados as barreiras arenosas. Fm. San Miguel.

emergentes (Fotos 9 e 10). No mesmo intervalo pode-se notar ainda a ampla erosão do TSMA da Seqüência A na superfície do marco 2 (Fig. 32 B).

No intervalo Marco 2-Marco 3 os TSMB e TST da Seqüência B mostram o desenvolvimento do sistema dunas/lagos interdunas observado principalmente no extremo oeste e centro da seção (poços 251 R2, 252 T6 e 252 T7) mostrando *onlap* lateral na transgressão vinda do leste no TST e o desenvolvimento de barreiras eólicas atrás das lagunas (Fig. 32 A e B). Este sistema é representado na superfície a oeste da seção por depósitos eólicos do Membro Saingó (Foto 13), intercalados e interdigitados a depósitos de lagunas arenosas (Foto 12), onde esta interdigitação é caracterizada pela condição subaquosa das dunas (Foto 23).

- ⇒ **Seção EF, Marco 3:** Na seção EF, localizada ao centro-sul da folha com direção sudoeste/nordeste a superfície de inundação e parte do TSMA da seqüência A apresentam as mesmas características marinhas tempestíficas que as áreas mencionadas anteriormente (Fig. 33 A; Fotos 8, 30, 31). Na parte mais alta do TSMA se desenvolve um sistema deltaico preservado nos depósitos estuarinos, verticalmente associados aos tempestitos (Foto 11). A falta de conservação do sistema deltaico completo se deve à ampla erosão marcada pelo Marco 2 (Fig. 33 B).

No intervalo Marco 2-Marco 3, o TSMB e o TST da seqüência B mostram também características semelhantes a áreas descritas anteriormente (Fig. 33 A), individualizando o desenvolvimento do sistema dunas/lagos interdunas a oeste da seção no TSMB e em grande parte do TST, embora os pulsos transgressivos prográdantes a leste e representados no TST da mesma seqüência mostrem *onlap* sobre os depósitos eólicos (Fig. 33 B).

- ⇒ **Seção IJ, Marco3:** Nesta seção de direção N-S as características marinhas tempestíficas do TST, a superfície de inundação e o TSMA da Seqüência A se apresenta ao largo da mesma, mostrando barras arenosas principalmente ao sul no TST e também no TSMA (Fig. 34 A). Estas barras arenosas pertenceriam ao sistema deltaico definido em afloramentos e correlacionado ao TSMA na seção EF, este mostrando uma deposição retrogradacional típica de ambientes regressivos. Note-se no topo do TSMA a erosão indicada no Marco 2 (Fig. 34 B).

Nos TSMB e TST da Seqüência B o sistema dunas/lagos interdunas se observa no extremo norte da seção, mostrando os *onlaps* nos pulsos transgressivos vindos da direção sudeste, até a superfície de inundação do Marco 3 (Fig. 34 A e B).

- ⇒ **Seção KL, Marco 3:** Esta é uma seção paralela a seção IJ, só que localizada mais a oeste (Fig.11). É possível observar que a distribuição dos depósitos tempestíficos e das barras arenosas da seqüência A apresentam o mesmo comportamento que a anterior (Fig. 35 A). A diferença maior está na espessura do TSMA, maior na seção

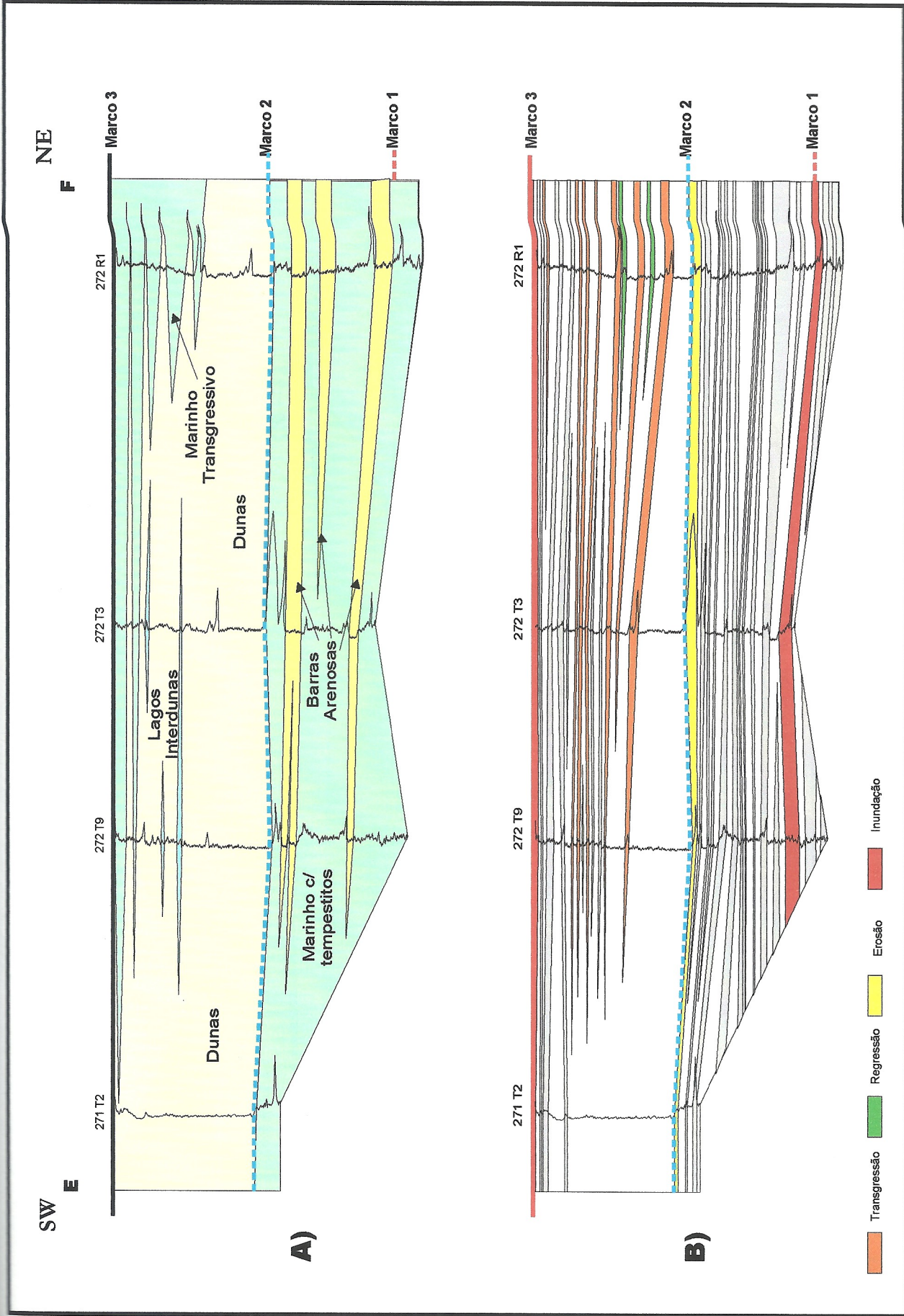


Figura 33: Seções esquemáticas (EF- Marco 3): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.

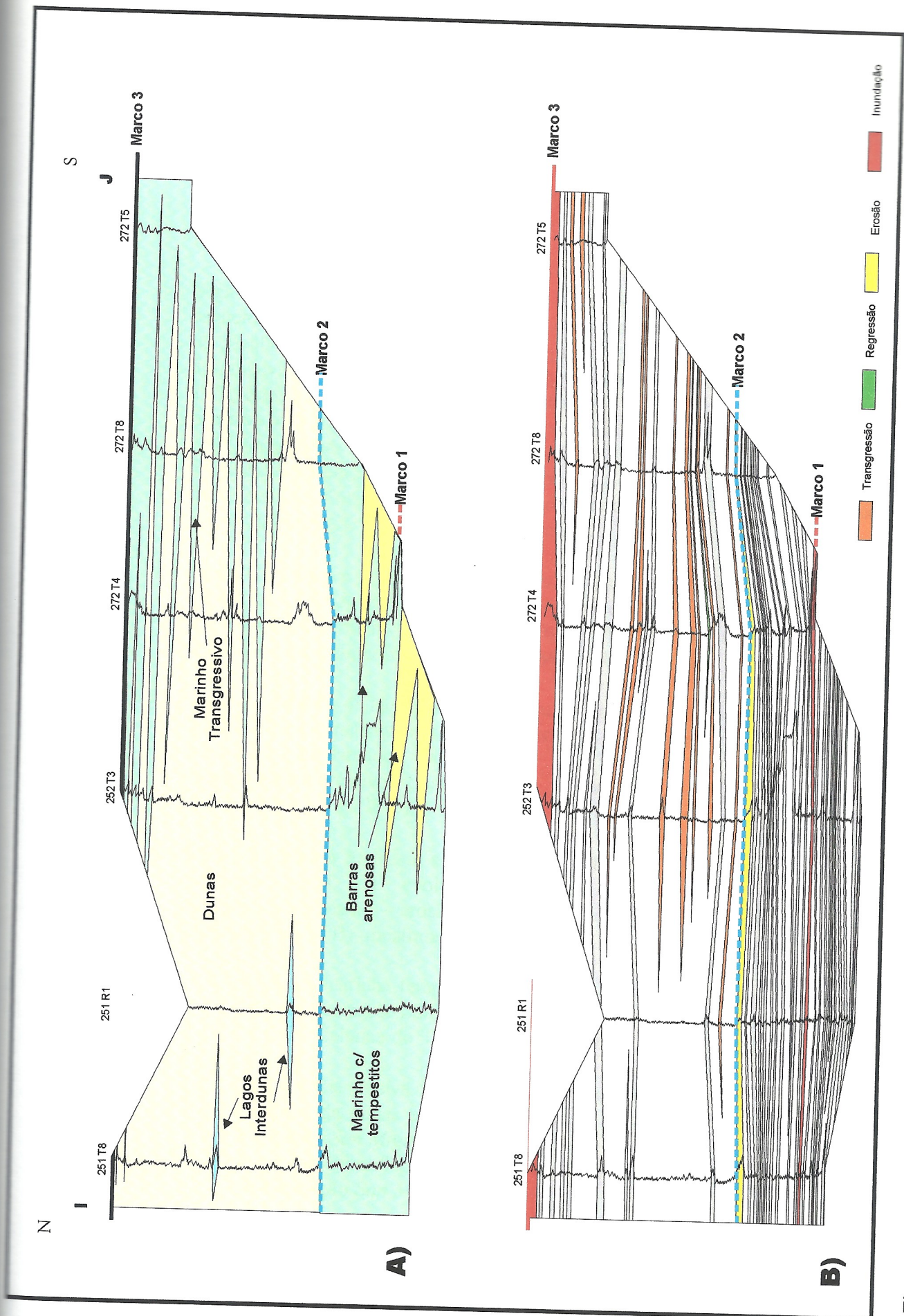


Figura 34: Seções esquemáticas (I-J- Marco 3): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.

IJ , indicando uma erosão diferenciada na superfície do Marco 2 (Fig. 35 B), devido à exposição subaérea resultante da regressão a leste da linha de costa.

No intervalo Marco 2-Marco 3 o TST mostra os *onlaps* sobre os depósitos de dunas eólicas, marcando os pulsos transgressivos até a superfície de inundação do marco 3, restringindo o posicionamento das lagunas ao extremo norte da seção (Fig. 35 B).

- ⇒ **Seção EF, Marco 4:** Na seção EF o intervalo Marco 2-Marco 4 mostra um esquema geral de migração da linha de costa durante a deposição de grande parte da Seqüência B (Fig. 36 A). O esquema transgressivo/regressivo define o desenvolvimento do sistema de dunas/lagos interdunas principalmente no TSMB e TST, este último à oeste da seção. Na base do TSMA desenvolve-se além disso barreiras, enquanto na parte alta do trato se implanta um sistema deltaico (Fig. 36 A e B), progradante até a superfície de erosão do Marco 4. A sedimentação deltaica implantada por cima do marco 3, corresponde em superfície a depósitos arenosos de frente deltaica (Fotos 27 e 28), e sílticos de prodelta (Foto 29), ambos pertencentes a base da Formação Tacuary (Figs. 12 pt e 13).
- ⇒ **Seção GH, Marco 4:** A seção GH, localizada a sul da folha com direção oeste/leste mostra no TSMA da Seqüência B a progradação e retrogradação do delta, acompanhando a migração do sistema (Fig. 37 A). Note-se pulsos transgressivos e regressivos até a superfície de erosão do Marco 4 (Fig. 37 B).
- ⇒ **Seção IJ, Marco 4:** Nesta seção norte/sul, o intervalo Marco 2-Marco 4 mostram características semelhantes às seções anteriores, por exemplo o sistema dunas/lagos interdunas implantado no TSMB e TST, e o modelo deltaico transgressivo/regressivo, marcando os *onlaps* e as posições do sistema laguna/barreira (Fig. 38 B).
- ⇒ **Seção IJ, Marco 5:** Nesta seção o intervalo base da seção Marco 5 mostra um panorama geral da evolução ambiental (Fig. 39 A) e a relação transgressão/regressão – erosão/inundação no empilhamento sedimentar de todo o intervalo (Fig. 39 B), mostrando:
 1. A fácies marinha tempestítica da superfície de inundação da Seqüência A, base da Formação *San Miguel*.
 2. A fácies deltaica do TSMA da Seqüência A, parte média da Formação *San Miguel*.
 3. A superfície erosiva do Marco 2, limite superior da Seqüência A.
 4. A fácies da dunas eólicas do TSMB da seqüência B, Membro *Saingó* da Formação *San Miguel*.
 5. O sistema dunas/lagos interdunas do TST da seqüência B, parte média e alta da Formação *San Miguel*.

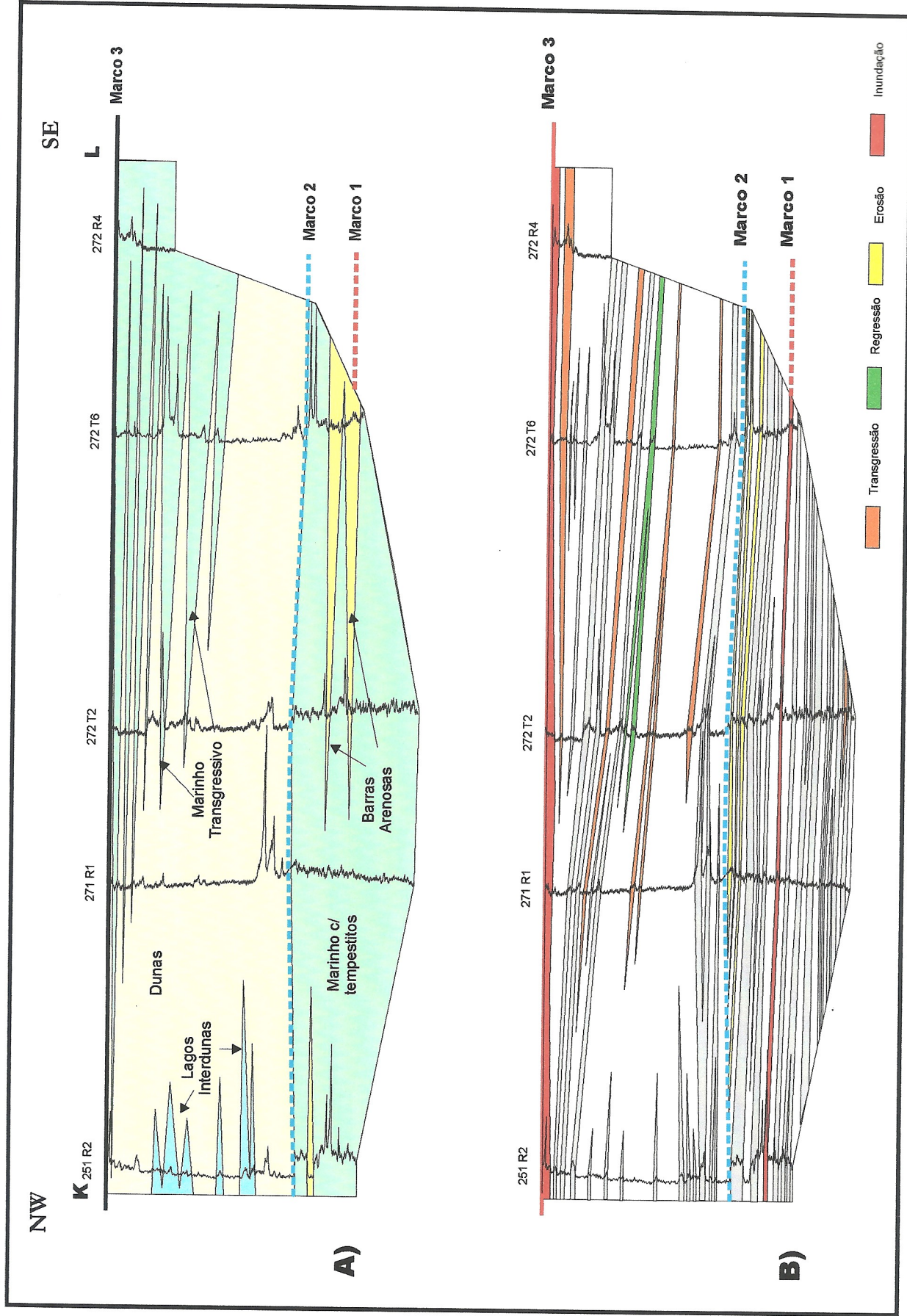


Figura 35: Seções esquemáticas (KL- Marco 3): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.

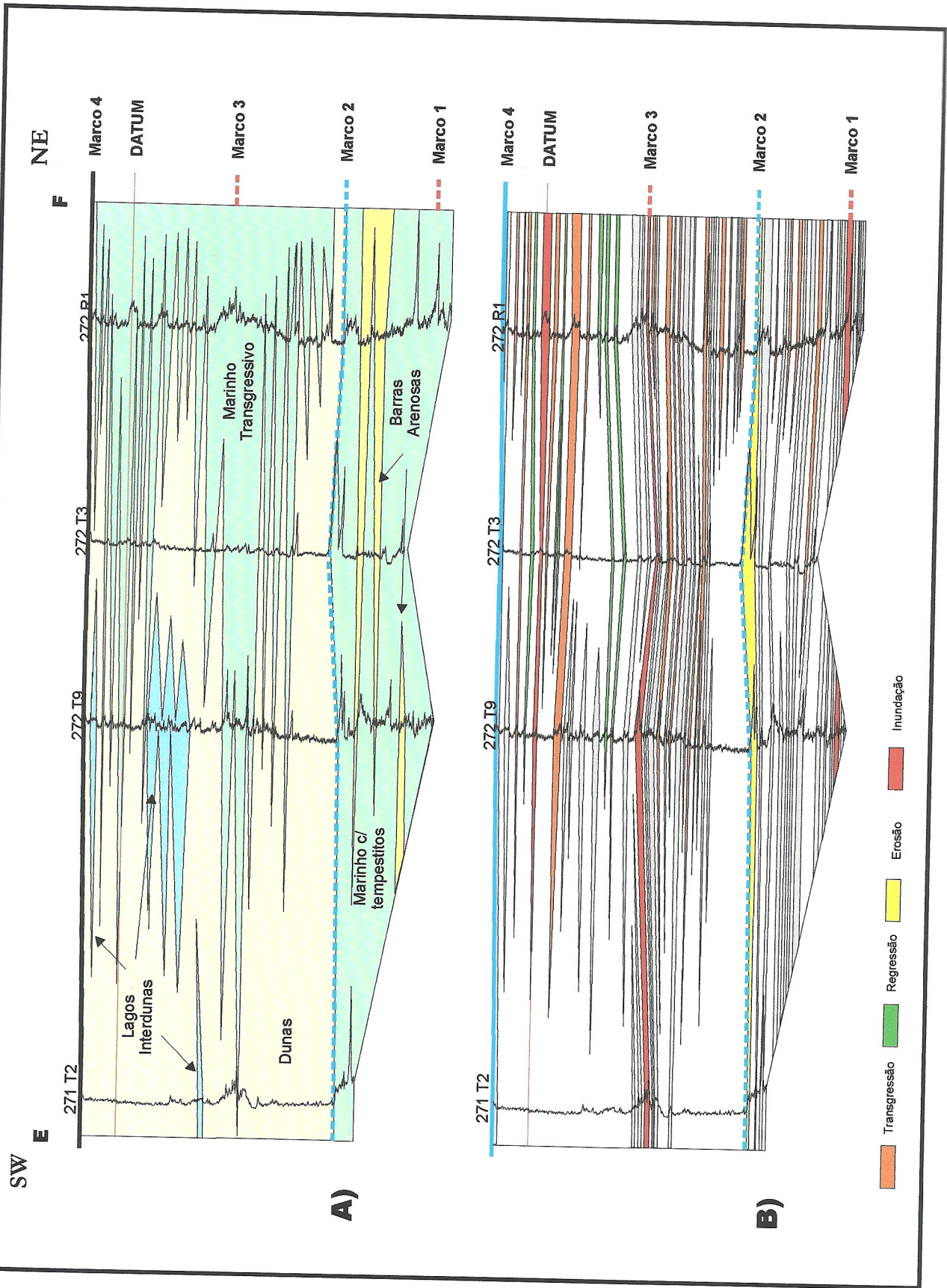


Figura 36: Seções esquemáticas (EF- Marco 4): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.

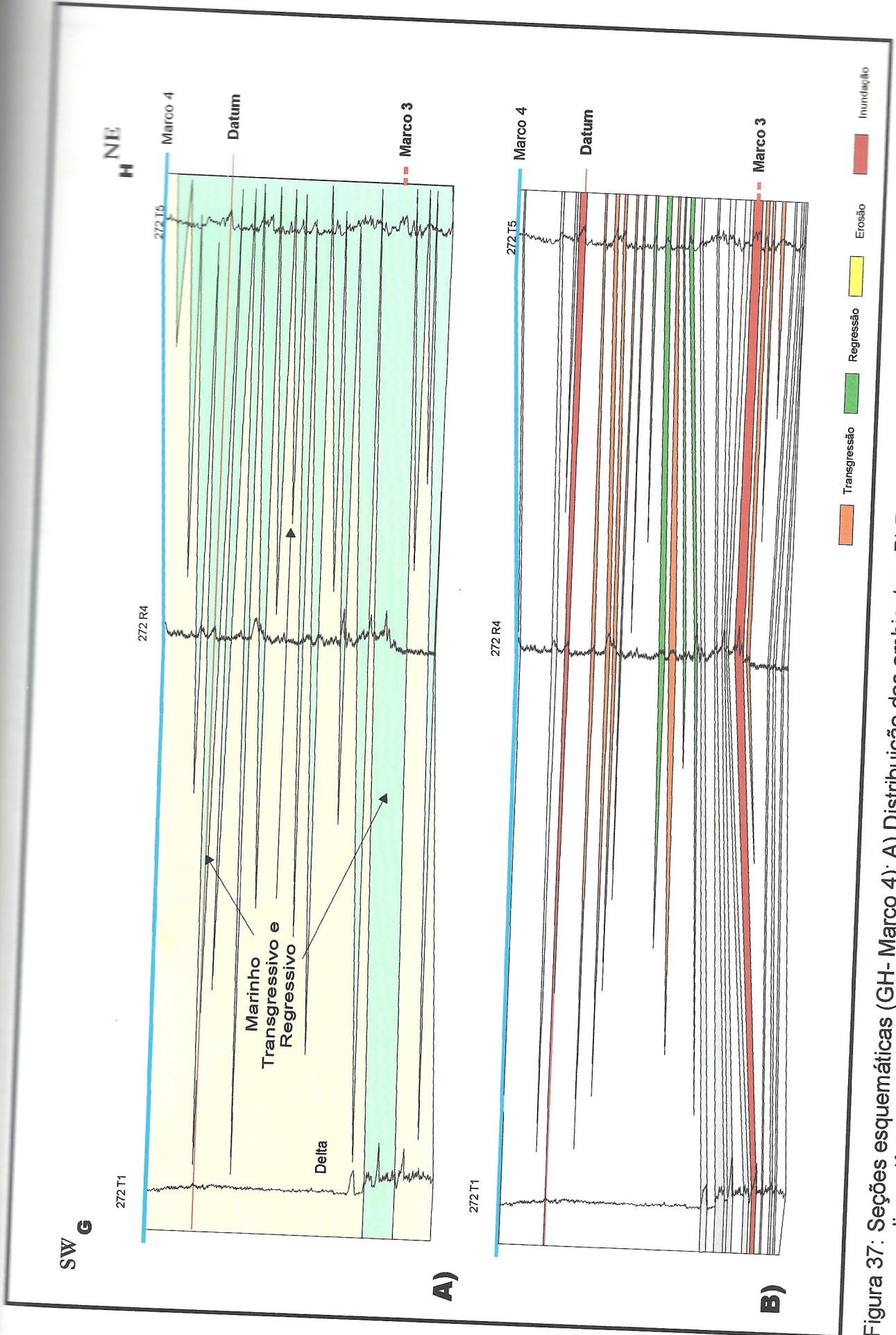


Figura 37: Seções esquemáticas (GH- Marco 4): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.

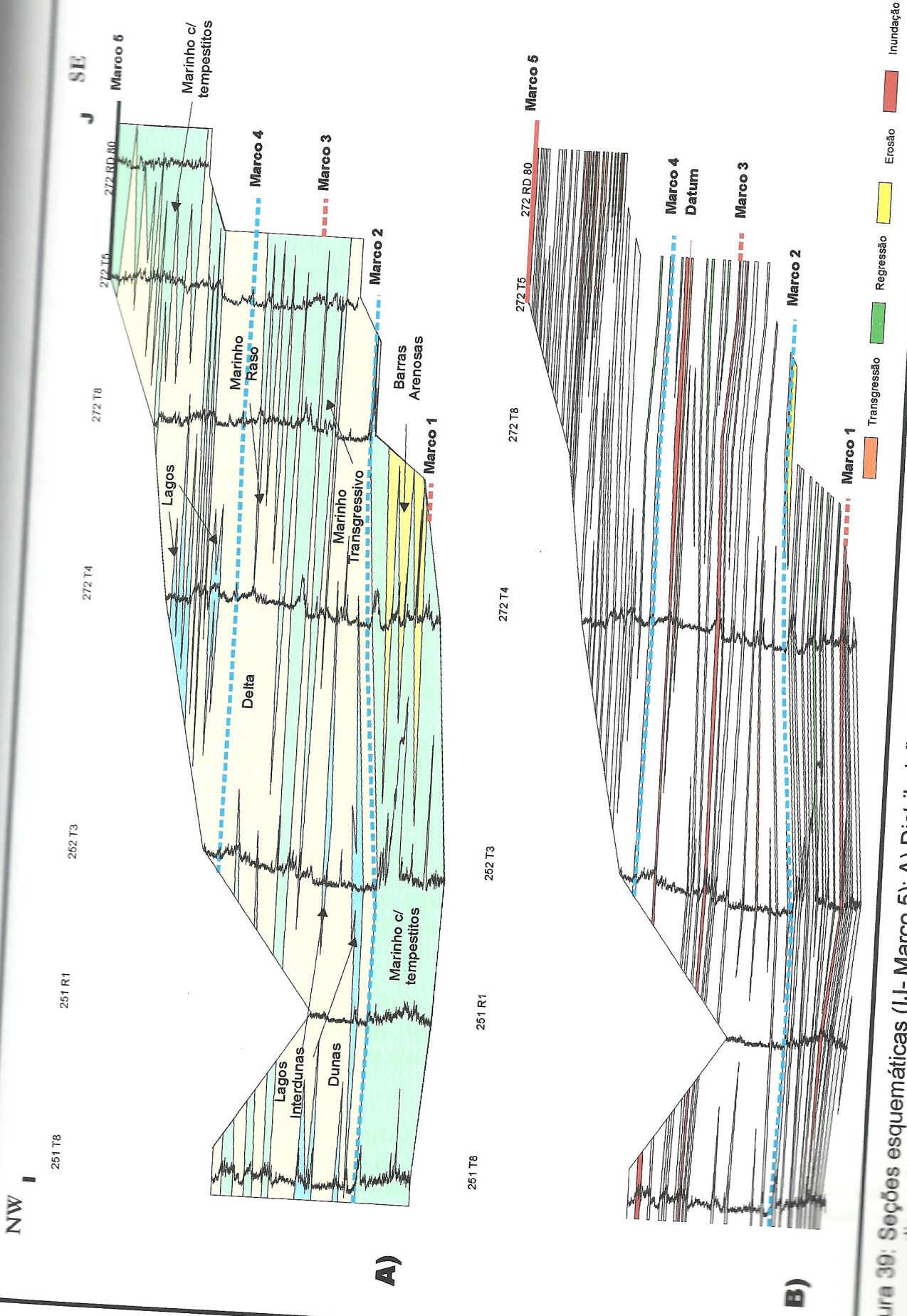


Figura 39: Seções esquemáticas (J-J- Marco 5): A) Distribuição dos ambientes, B) Representação das inundações e discordância.

6. A fácies marinho raso tempestítica da superfície de inundação da seqüência B, Base da Formação Tacuary.
7. O sistema deltaico do TSMA da Seqüência B e TSMB da Seqüência C, base da Formação Tacuary.
8. Sistema de laguna barreira do TST da seqüência C, parte média da Formação Tacuary.
9. A fácies marinho tempestíticos da superfície de inundação da seqüência C, parte média alta da formação Tacuary.

10. MAPAS ESTRATIGRÁFICOS

Os mapas estruturais definem a profundidade a partir da boca do poço até os diferentes marcos estratigráficos, sendo estas espessuras relativas, não considerando a erosão superficial que pode ter ocorrido posteriormente à área. Assim estes dados devem ser usados com certa reserva para determinar a paleogeografia do terreno.

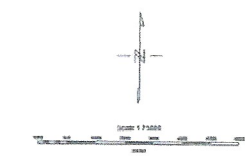
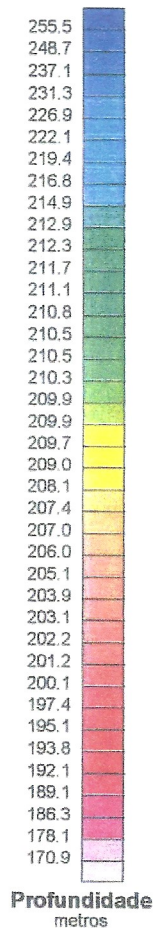
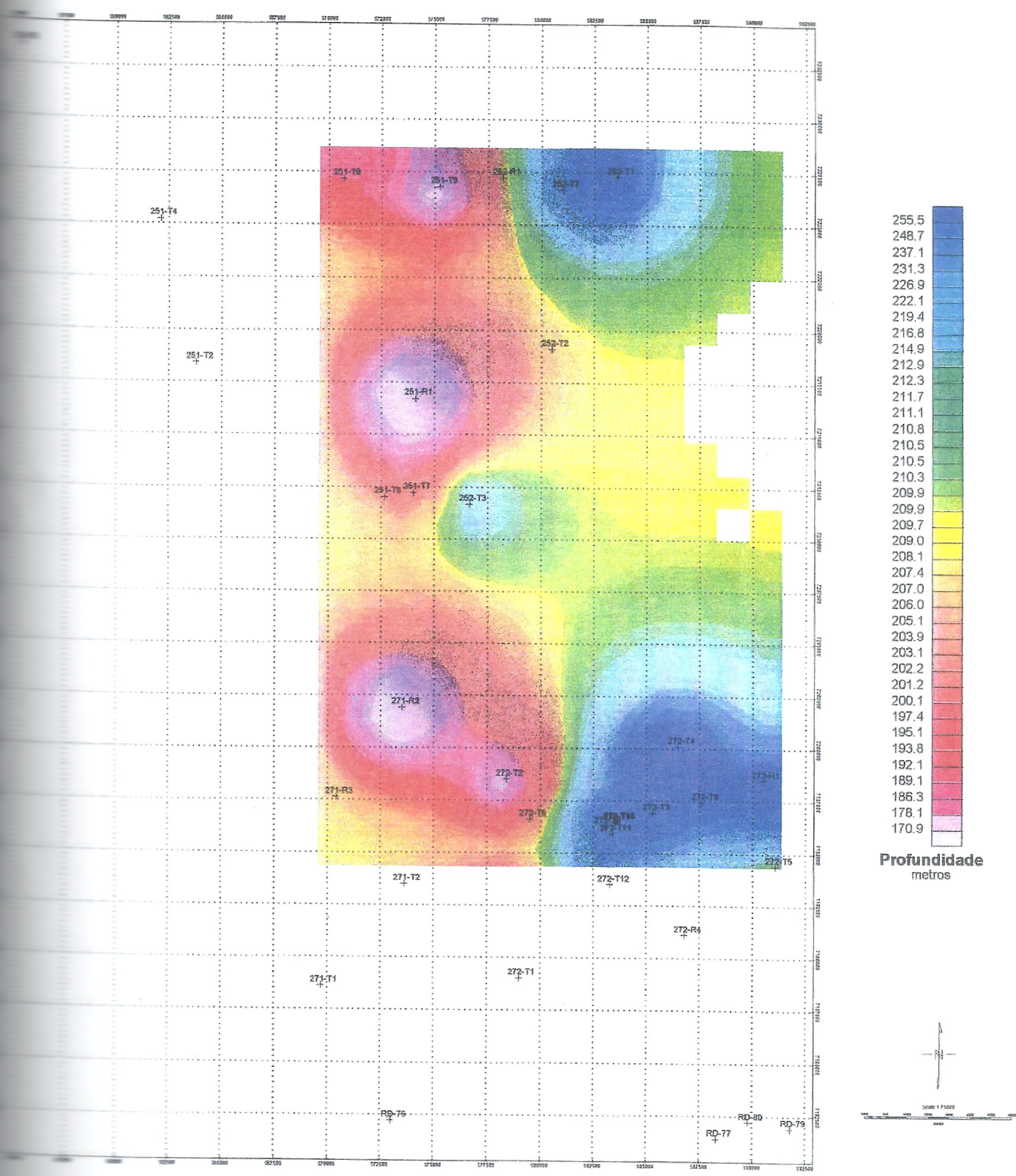
O intervalo topo do Marco 1 (Fig. 40) mostra depocentros com profundidades de até 250 metros na área a noroeste e sudeste da folha, e áreas topograficamente elevadas de cotas ao redor de 170 metros na franja central da mesma. Este intervalo corresponde ao topo da formação Coronel Oviedo e ao fim da glaciação

O intervalo Topo do Marco 2 (Fig. 41) mostra uma disposição similar ao mapa anterior, mostrando a existência de um canal de direção oeste/leste no centro da folha. Esta paleogeografia corresponderia a superfície de erosão e ao limite do TSMA da Seqüência A e ao início da Seqüência B.

O intervalo Topo do Marco 3 (Fig. 42) localiza principalmente um depocentro a sudeste e áreas com espessuras de 60 metros no centro da folha. Esta paleotopografia corresponderia ao final do TST da Seqüência B, a superfície de inundação da mesma e afogamento do sistema dunas/lagos interdunas.

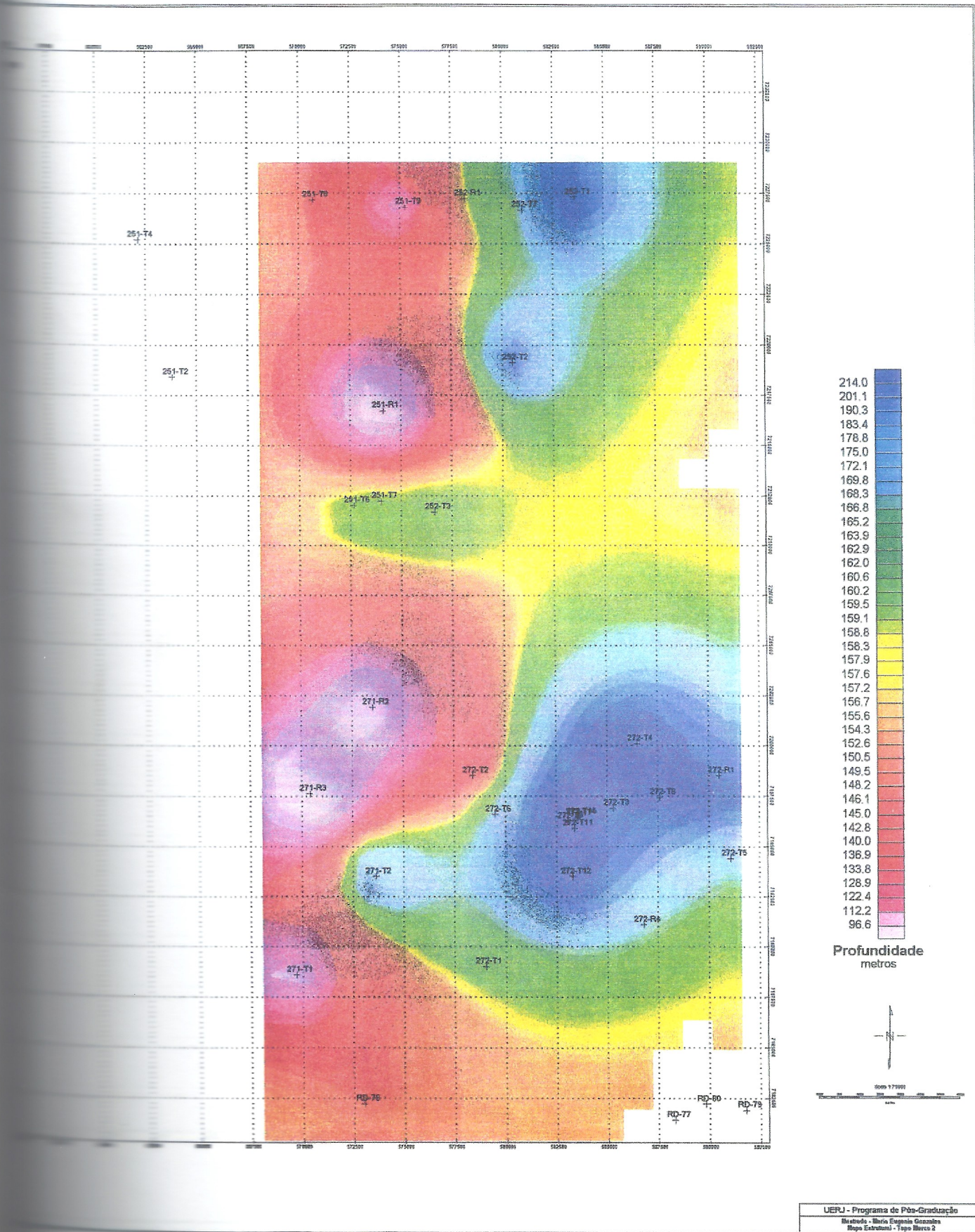
Os intervalos Topo do Marco 4 e Topo do Marco 5 (Fig. 43 e 44) mostram características similares aos mapas anteriores, ou seja, sugere que o depocentro está a sudeste da área, embora o mapa esteja incompleto pela falta de dados.

⇒ **Intervalo Marco 1-Marco2:** Este intervalo apresenta como limite inferior o Marco 1, uma superfície de inundação e como topo o Marco 2, representado por uma superfície de erosão e limite de seqüência, constituindo o pacote sedimentar



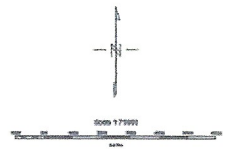
UERJ - Programa de Pós-Graduação
 Instituto de Física
 Departamento de Física Experimental - Topo Marco 1

Figura 40: Mapa estrutural do Topo do Marco 1.



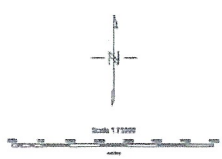
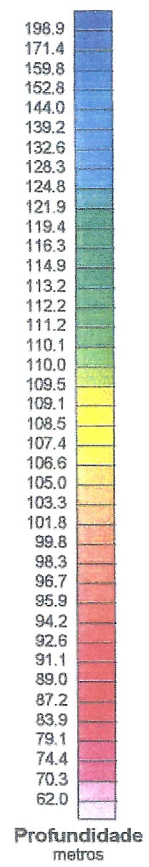
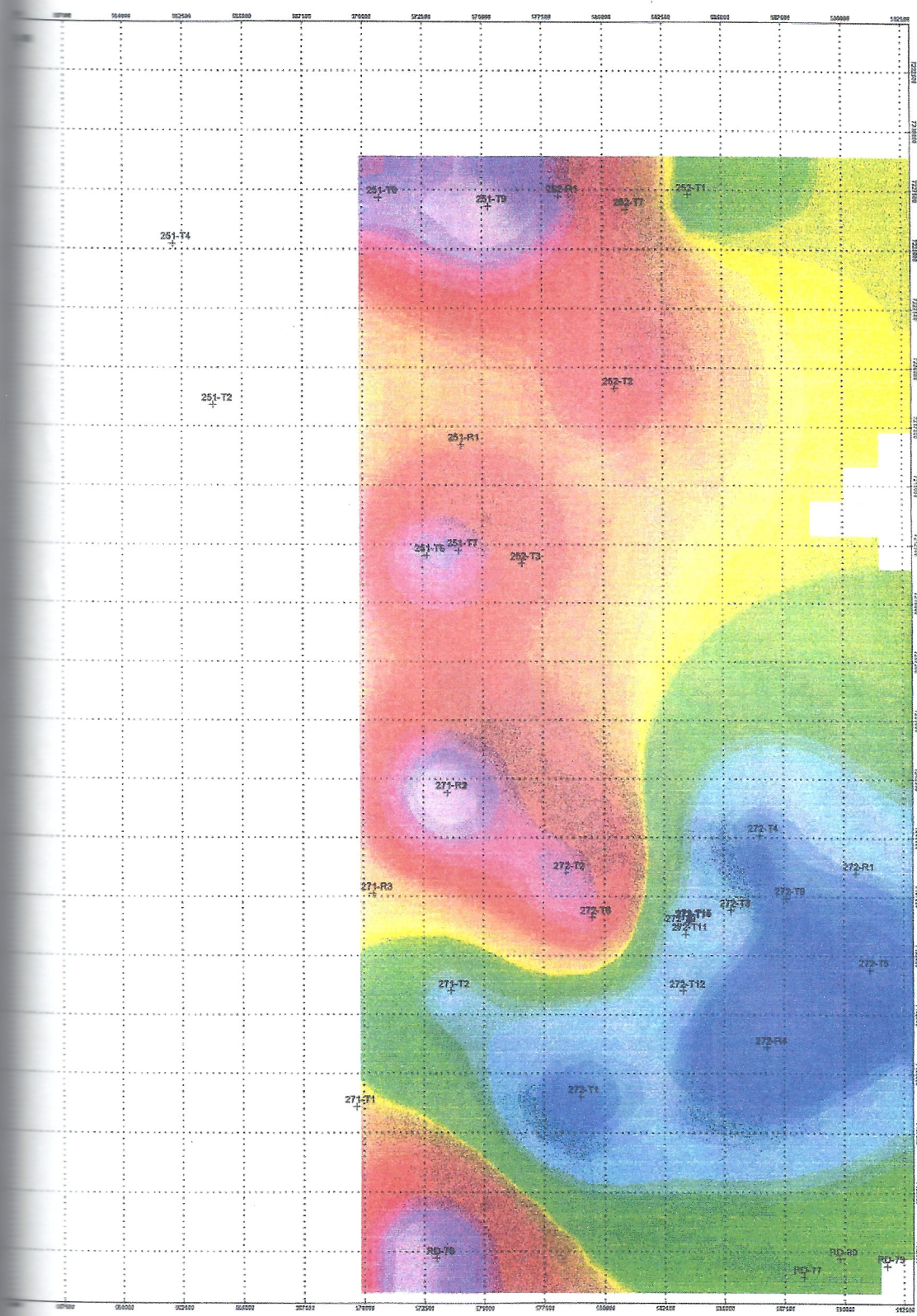
214.0
 201.1
 190.3
 183.4
 178.8
 175.0
 172.1
 169.8
 168.3
 166.8
 165.2
 163.9
 162.9
 162.0
 160.6
 160.2
 159.5
 159.1
 158.8
 158.3
 157.9
 157.6
 157.2
 156.7
 155.6
 154.3
 152.6
 150.5
 149.5
 148.2
 146.1
 145.0
 142.8
 140.0
 136.9
 133.8
 128.9
 122.4
 112.2
 96.6

Profundidade
 metros



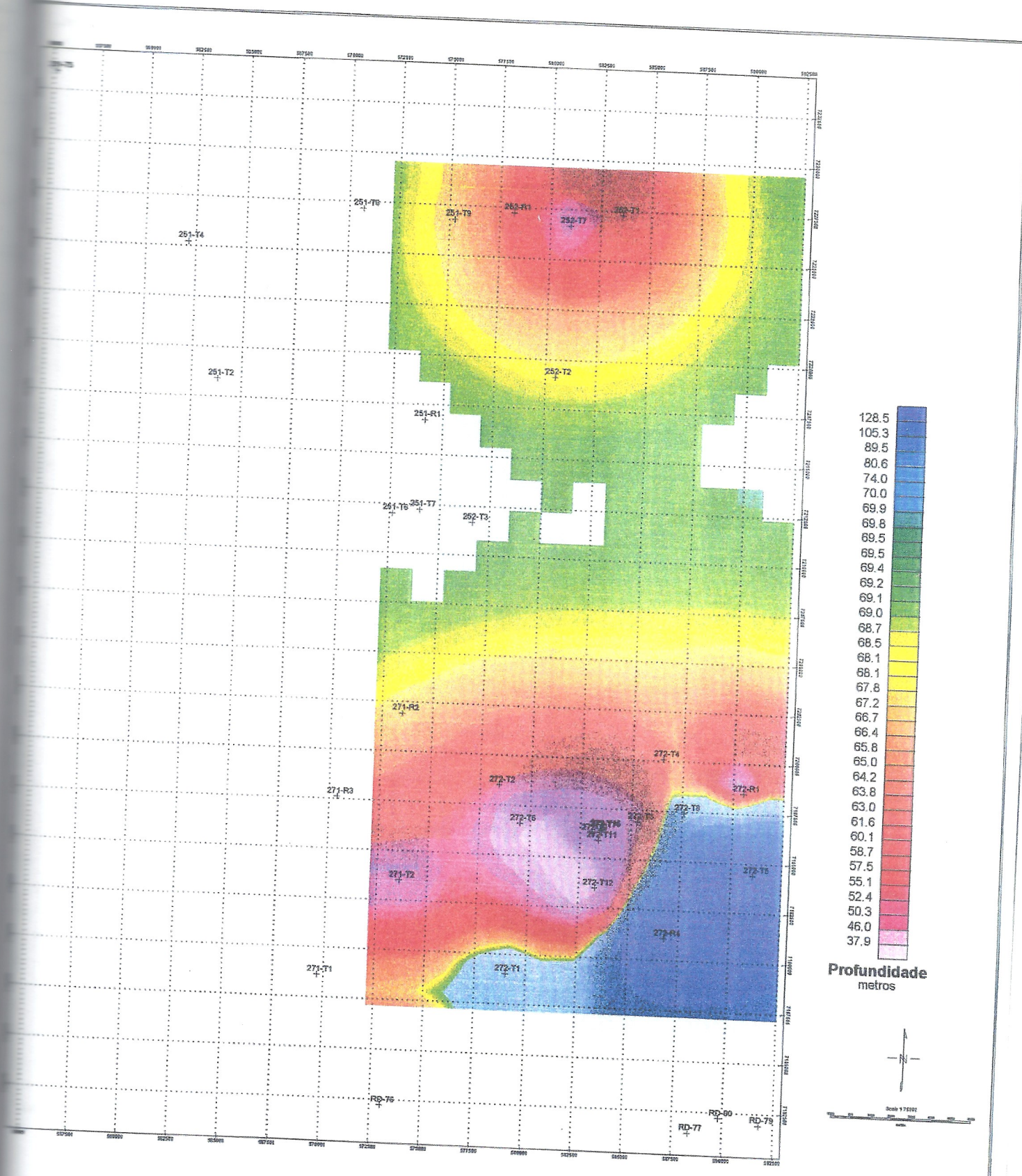
UERJ - Programa de Pós-Graduação
 Mestre - Maria Eugênia Gaszinski
 Lago Estrela - Lago Marco 2

...-structural do Topo do Marco 2.



UERJ - Programa de Pós-Graduação
 Mestrado em Engenharia Ambiental
 Mapa Estrutural - Topo Marco 3

Mapa Estrutural do Topo do Marco 3.



128.5
105.3
89.5
80.6
74.0
70.0
69.9
69.8
69.5
69.4
69.2
69.1
69.0
68.7
68.5
68.1
68.1
67.8
67.2
66.7
66.4
65.8
65.0
64.2
63.8
63.0
61.6
60.1
58.7
57.5
55.1
52.4
50.3
46.0
37.9

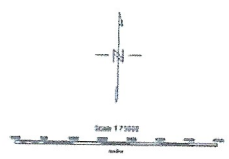
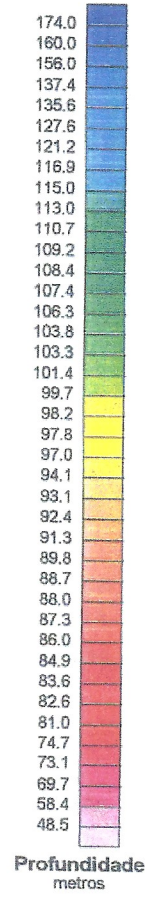
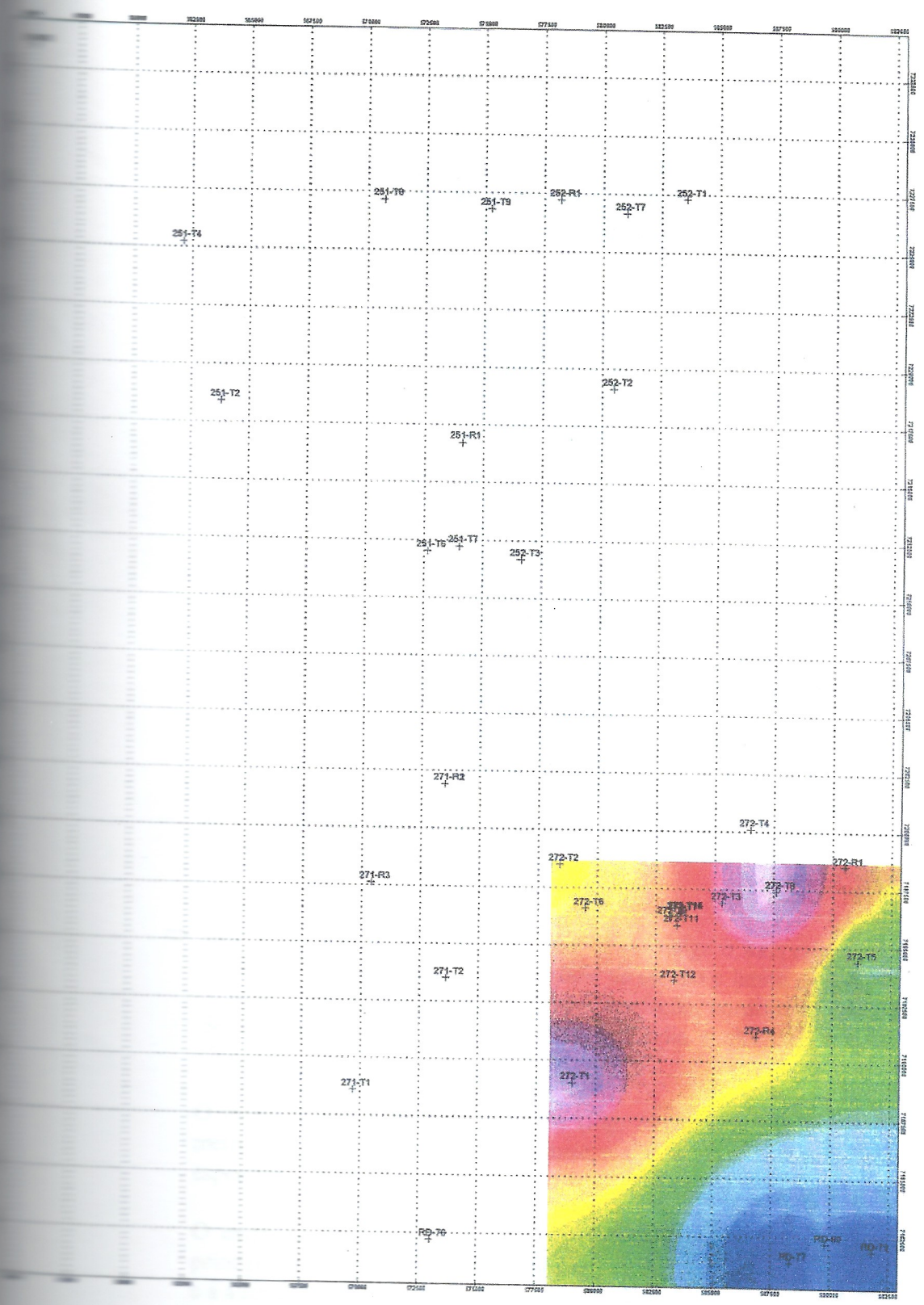
Profundidade metros

Scale 1:2500

North arrow and scale bar.

UERJ - Programa de Pós-Graduação
 Instituto de Engenharia de Construção
 Mapa Estrutural - Topo Marco 4

43: Mapa estrutural do topo do Marco 4.



UERJ - Programa de Pós-Graduação
 Instituto de Física Geodésica
 Mapa Estrutural - Topo Marco 2

Mapa estrutural do Topo do Marco 5.

estratigraficamente posicionado no TSMA da Seqüência A, correspondendo a base da Formação *San Miguel* (Figs. 10 e 13).

As curvas do mapa de isópacas mostram a espessura sedimentar do intervalo através dos poços (Fig. 45), com valores de até 58,9 metros localizados a leste da área e as espessuras entre 40 a 46 metros posicionadas no centro oeste. Esta diferença de espessura indica a progradação deposicional de oeste para leste.

O mapa de isólitas de arenito indica a espessura do pacote sedimentar arenoso através dos poços (Fig. 46), mostrando os depocentros com maiores espessuras localizados a norte, centro leste e centro da área.

O mapa de isólitas de siltito indica por sua vez, a espessura do pacote sedimentar argiloso através dos poços (Fig. 47), com as maiores espessuras de siltitos localizadas a leste da área e as menores a oeste da folha, com pequenas intercalações de espessuras ao norte.

O mapa de percentagem de arenitos como seu nome indica, delinea áreas de maiores e menores valores (Fig. 48). Este mapa mostra altas percentagens no bordo oeste da folha, com um valor extremo a leste e valores mínimos entre ambos. Esta descontinuidade pode estar associadas a falta de dados.

Os mapas deste intervalo indicam principalmente progradação na direção oeste/leste, tendo-se em conta a espessura total dos sedimentos, a relação areia/argila e a porcentagem de arenitos aumentando nesta direção. A alternância de valores de espessura de arenitos e argilitos nos mapas de isólitas, a norte da área poderiam ser explicados como um sistema lagunas/barreiras implantado no TSMA da Seqüência A, além disto a alta porcentagem de arenitos no centro da mesma poderia ser correlacionado ao sistema deltáico do mesmo trato.

⇒ **Intervalo Marco 2-Marco3:** O intervalo abrange o intervalo compreendido entre o Marco 2, definido por uma superfície de erosão e limite de seqüência, e o Marco 3, correspondente a uma superfície de inundação, constituindo os TSMB e TST da Seqüência B, correspondendo a porção media e alta da Formação *San Miguel* (Figs. 10 e 13).

O mapa de isópacas deste intervalo (Fig. 49) mostra espessuras de mais de 100 metros de sedimentos no centro norte e sul da área, apresentando alternância de espessuras ao norte.

O mapa de isólitas de arenitos (Fig. 50) mostra grandes espessuras de arenitos principalmente no centro e norte da área, além de um corpo arenoso entrando ao sul e a alternância de espessuras maiores e menores ao norte.

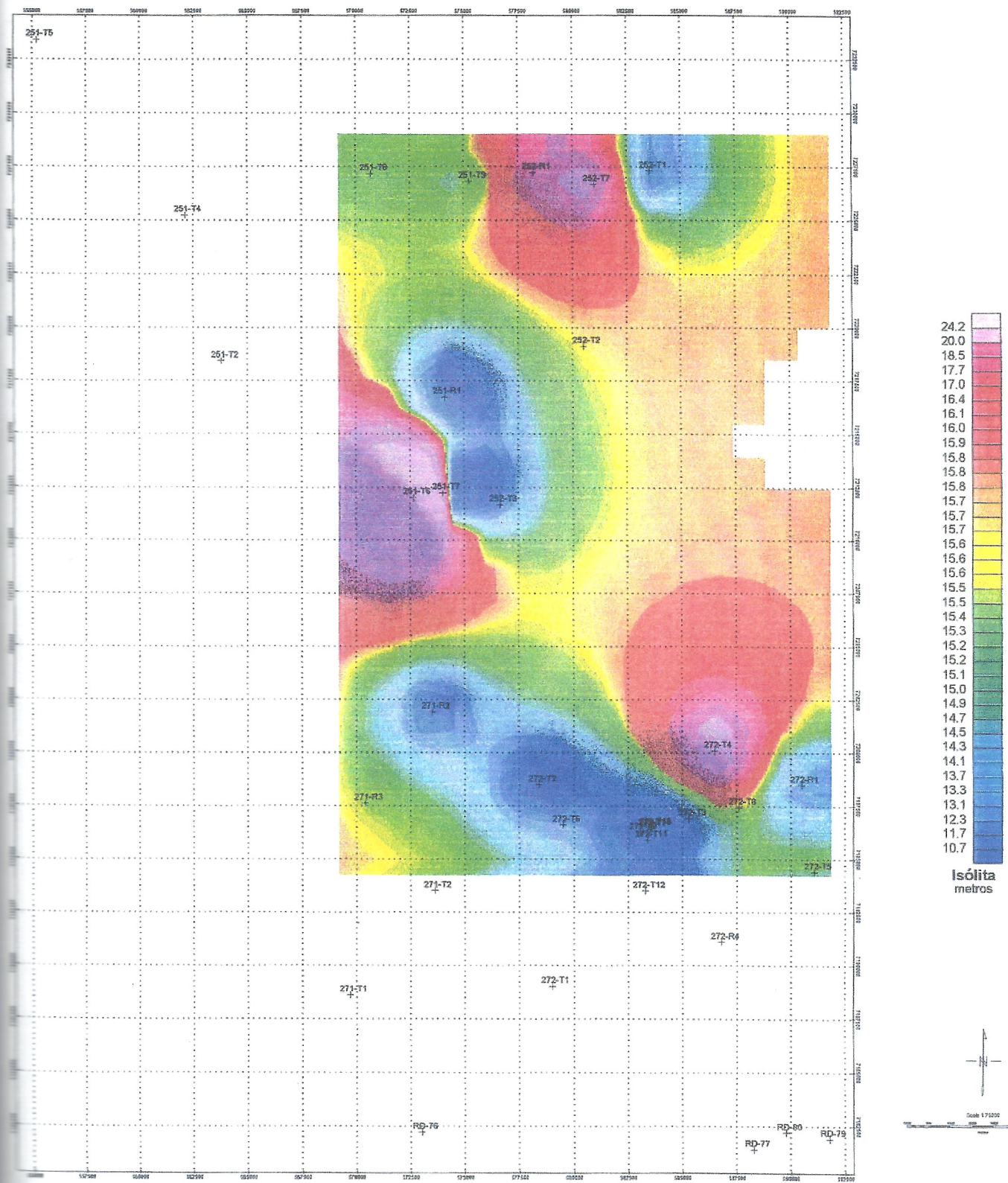


Figura 46: Mapa de Isólitais de Arenitos do Intervalo Marco 1 ao Marco 2.

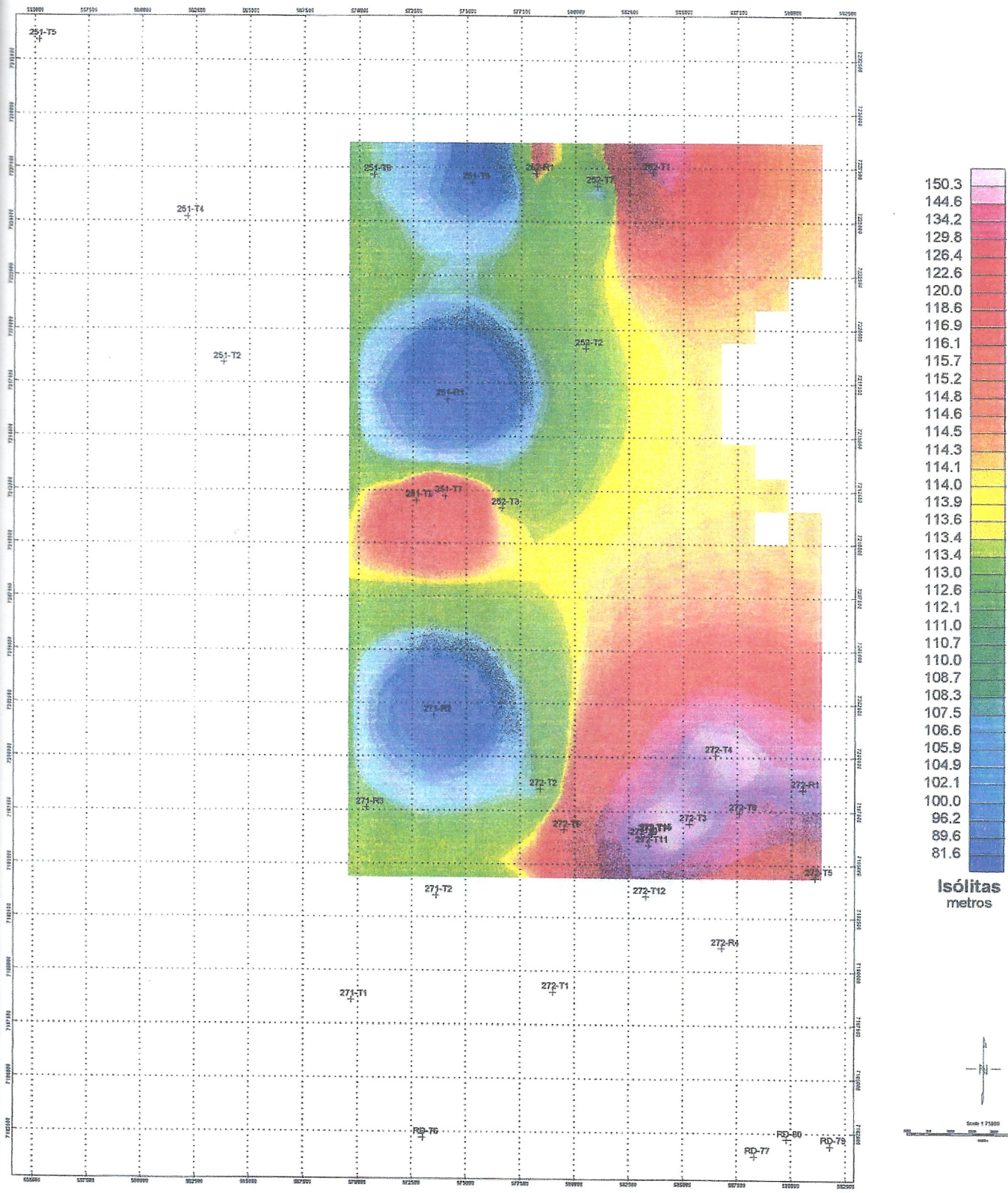


Figura 47: Mapa de Isólit de Siltos do Intervalo Marco 1 ao Marco2.

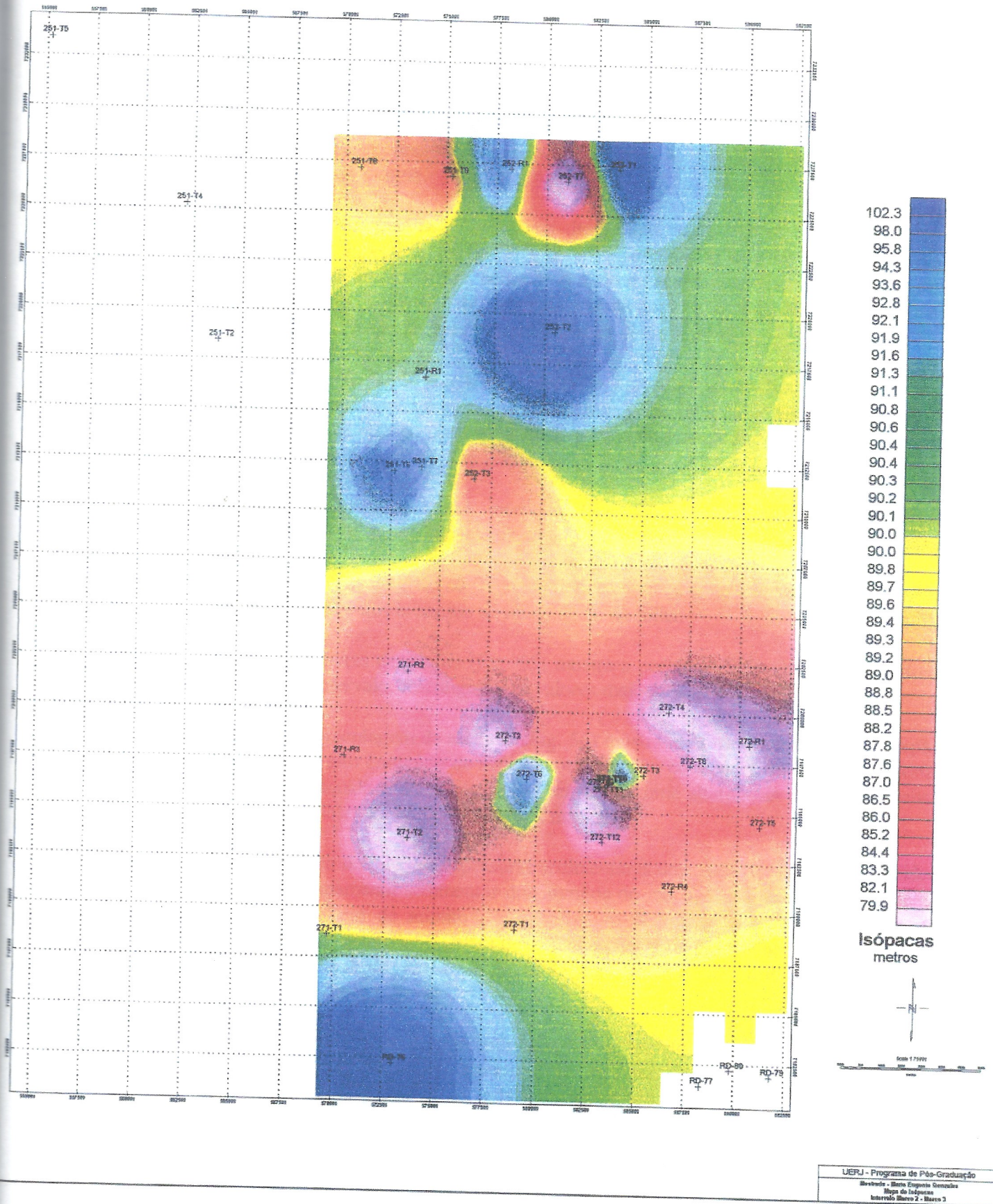


Figura 49: Mapa de Isópachas do Intervalo Marco 2 ao Marco 3.

No mesmo contexto o mapa de isólitais de siltitos (Fig. 51) mostra espessuras maiores no centro leste e norte da área da folha, de forma complementar ao apresentado pelo mapa de isólitais de arenitos.

O mapa de percentagem de arenitos (Fig. 52) também mostra a grande concentração de sedimentos arenosos no centro e a oeste da área e a alternância destes a norte da mesma.

A definição do sistema dunas/lagos interdunas nas seções estratigráficas e correlações de superfície, explica as grandes espessuras de sedimentos arenosos em grande parte da área da folha, bem como a alternância de espessuras nos mapas de isólitais e de percentagem, explicada pela sedimentação alternada de areia/siltito das dunas e lagunas respectivamente, característica deste intervalo.

⇒ **Intervalo Marco 3-Marco4:** Este intervalo apresenta como limite inferior uma superfície de inundação e como topo uma superfície erosiva, constituindo parte do TSMA da seqüência B, correspondendo a base da Formação *Tacuary* (Figs. 10 e 13).

O mapa de isópacas deste intervalo (fig. 53), mostra grandes espessuras sedimentares no extremo sudeste da área.

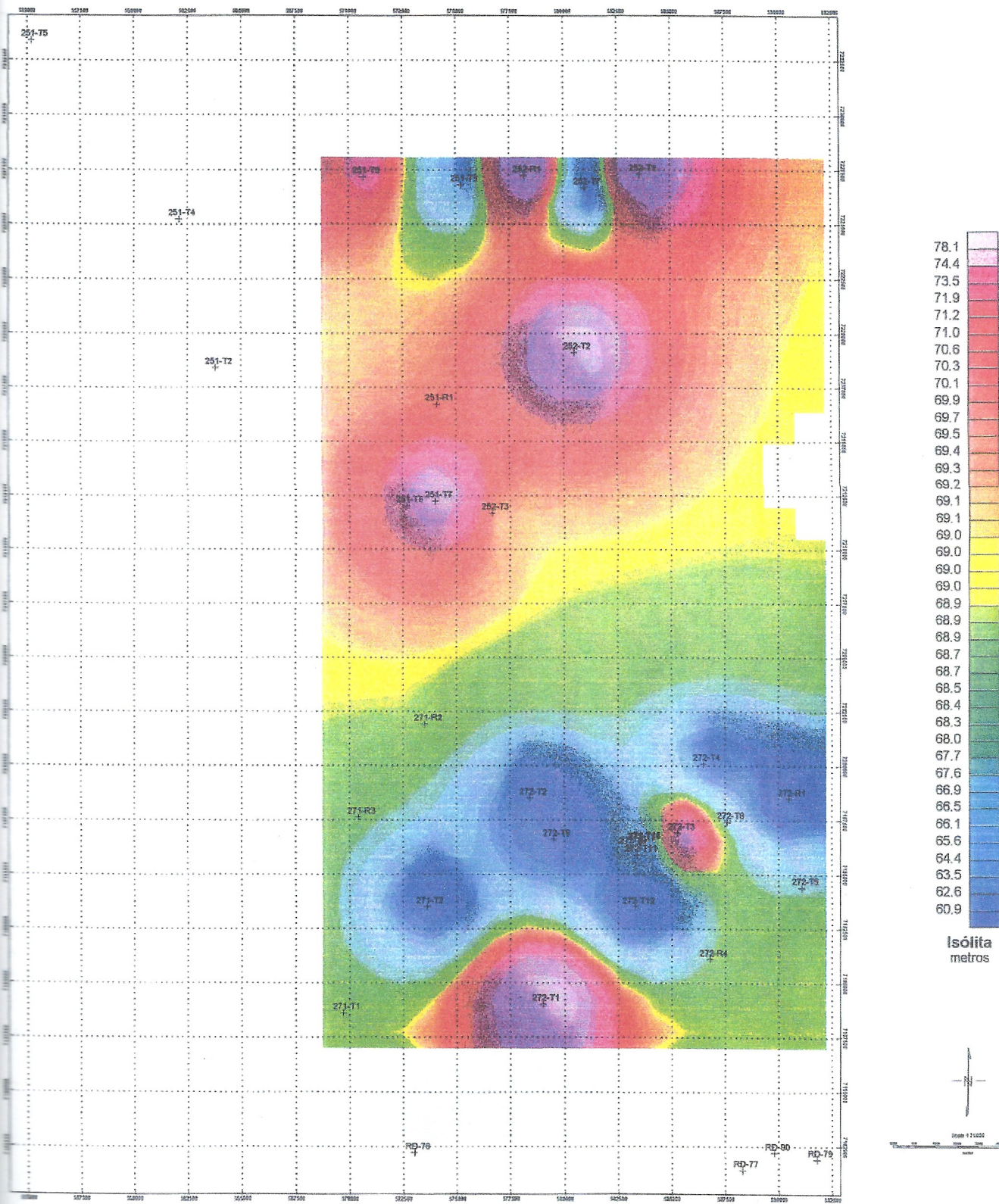
O mapa de isólitais de arenitos (Fig. 54) define espessuras no intervalo entre 70 e 75 metros de sedimentos arenosos na margem sul da folha.

O mapa de isólitais de siltitos (Fig. 55) mostra a pequena espessura de sedimentos argilosos no intervalo, restringindo os valores maiores a norte e sudeste da folha.

O mapa de percentagem de arenitos (Fig. 56) mostra, de forma semelhante ao mapa de isólitais um alto conteúdo de sedimentos arenosos, concentrados no centro e com aparente continuidade ao sul da folha, bem como uma alternância de porcentagens maiores e menores no bordo sul da área mapeada.

A concentração de maiores espessuras sedimentares nos mapas de isópacas coincide com o posicionamento sedimentar dos arenitos do mapa de isólitais, e também com o de percentagem de arenitos, o que se correlacionaria aos sistemas deltáicos implantados neste intervalo. Além disso a alternância de porcentagens altas e baixas observadas a sul do mapa de percentagens, poderia ser atribuída ao sistema delta/prodelta deste intervalo.

De forma geral o mapa de percentagem total de arenitos (Fig. 57) mostra uma alta concentração de sedimentos arenosos em uma franja norte/sul central da folha, delimitando principalmente o posicionamento dos sistemas eólicos e frentes deltáicas. De forma complementar, a concentração dos sedimentos argilosos pode



UERJ - Programa de Pós-Graduação
 Ilustração - Elton Oliveira Damasceno
 Mapa do Instituto de Arqueologia
 Intervalo Marco 2 - Marco 3

Figura 50: Mapa de Isólitais de Arenitos do Intervalo Marco 2 ao Marco 3.

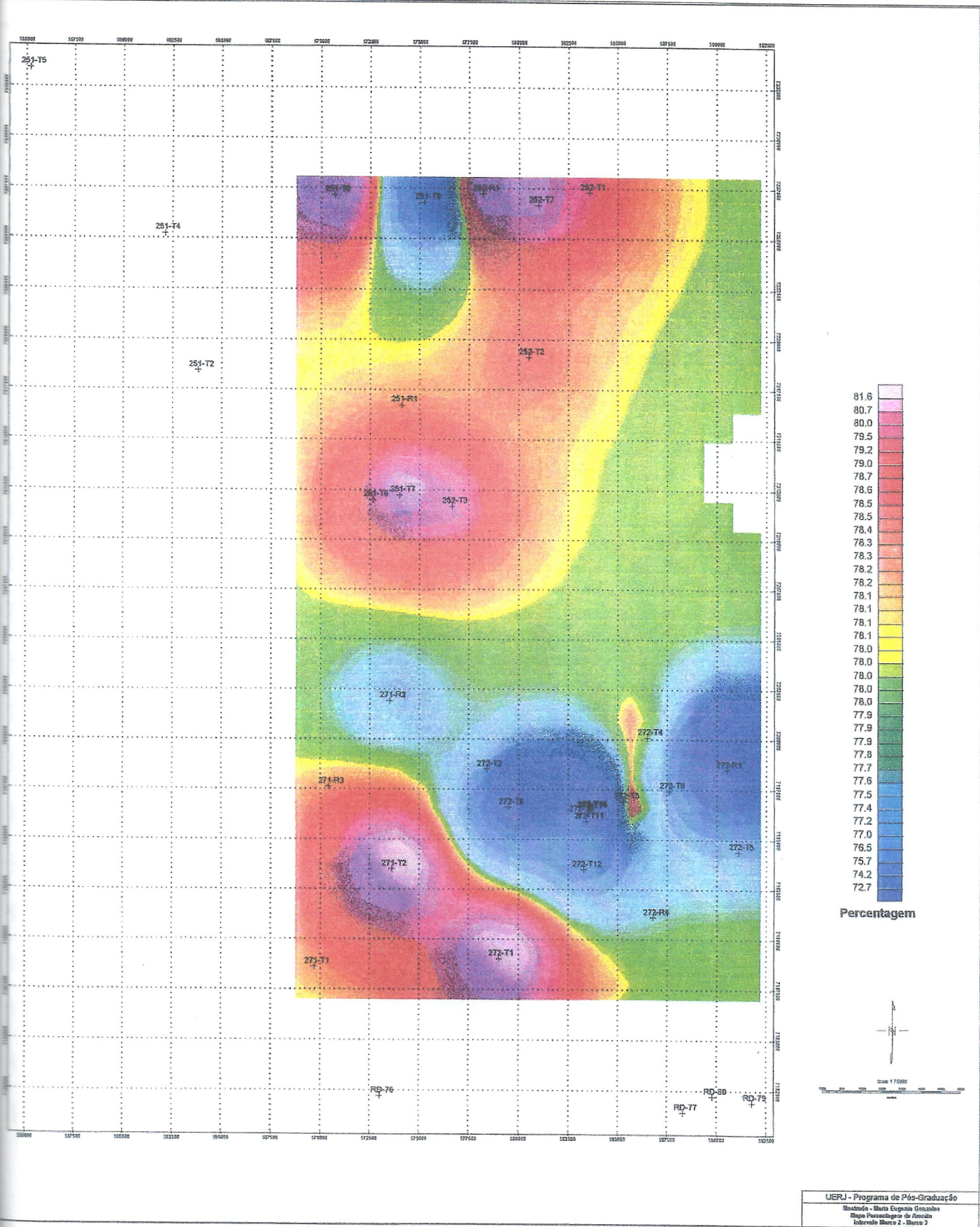


Figura 52: Mapa de Percentagem de Arenitos do Intervalo Marco 2 ao Marco 3.

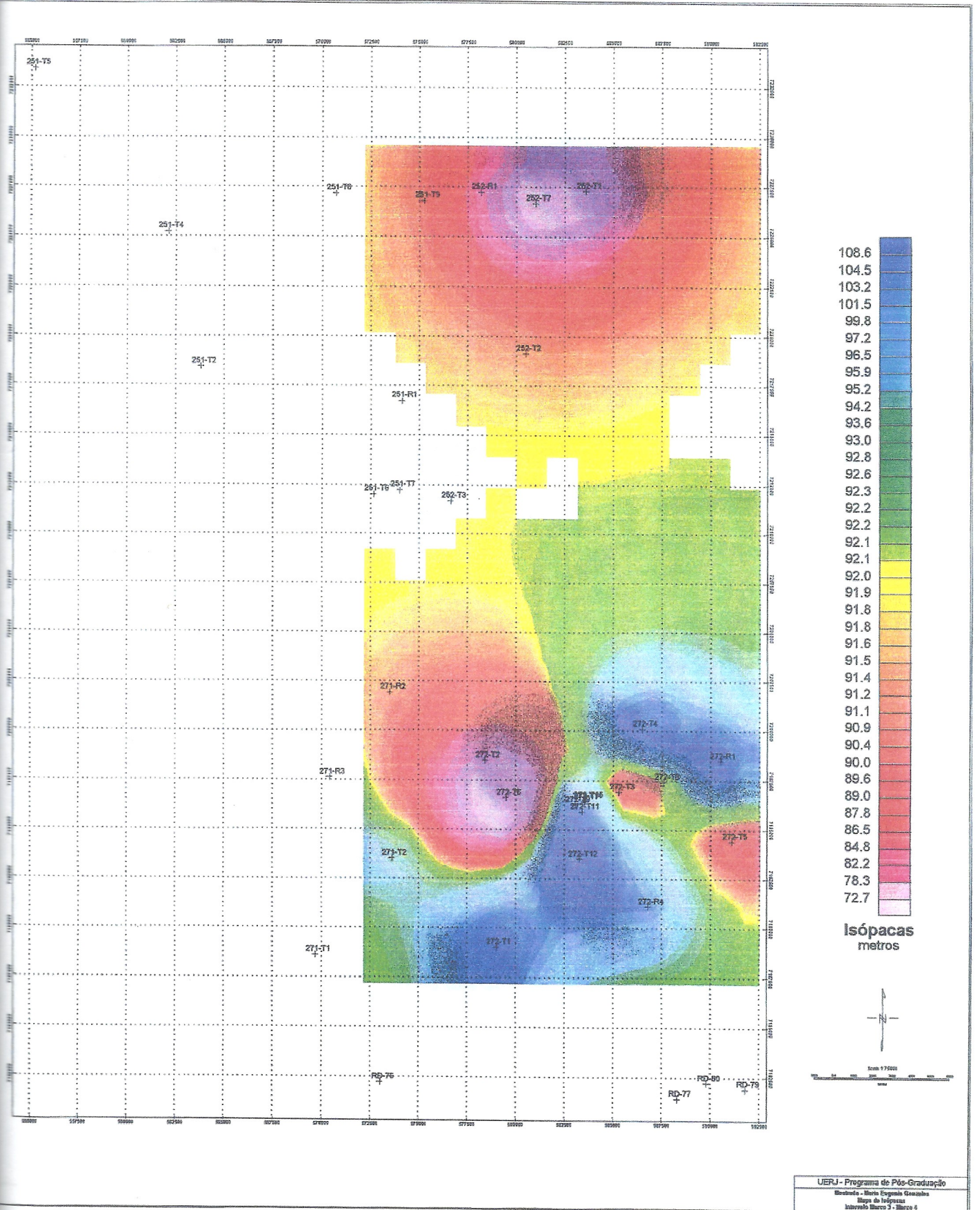


Figura 53: Mapa de Isópacas do Intervalo Marco 3 ao Marco 4.

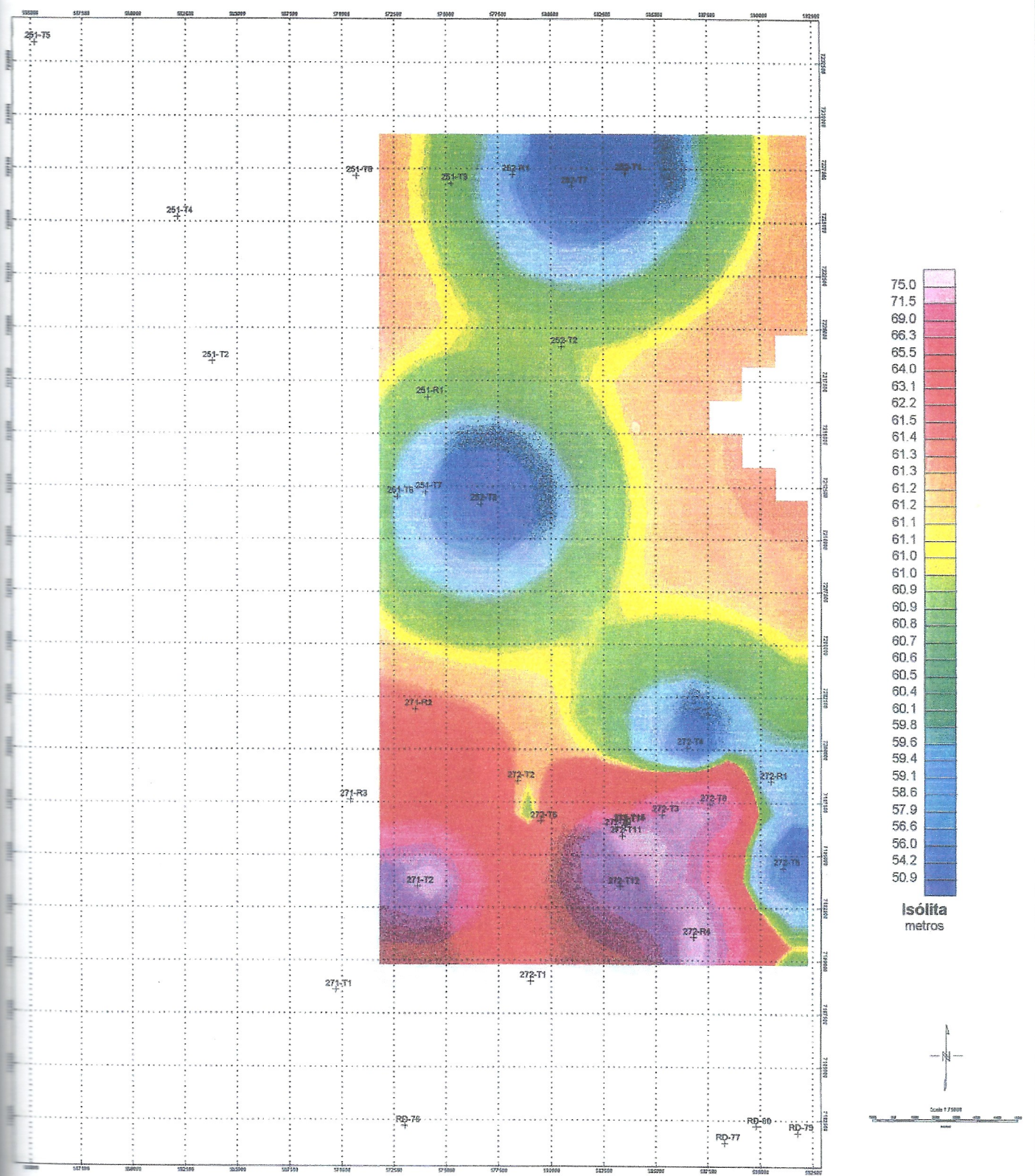
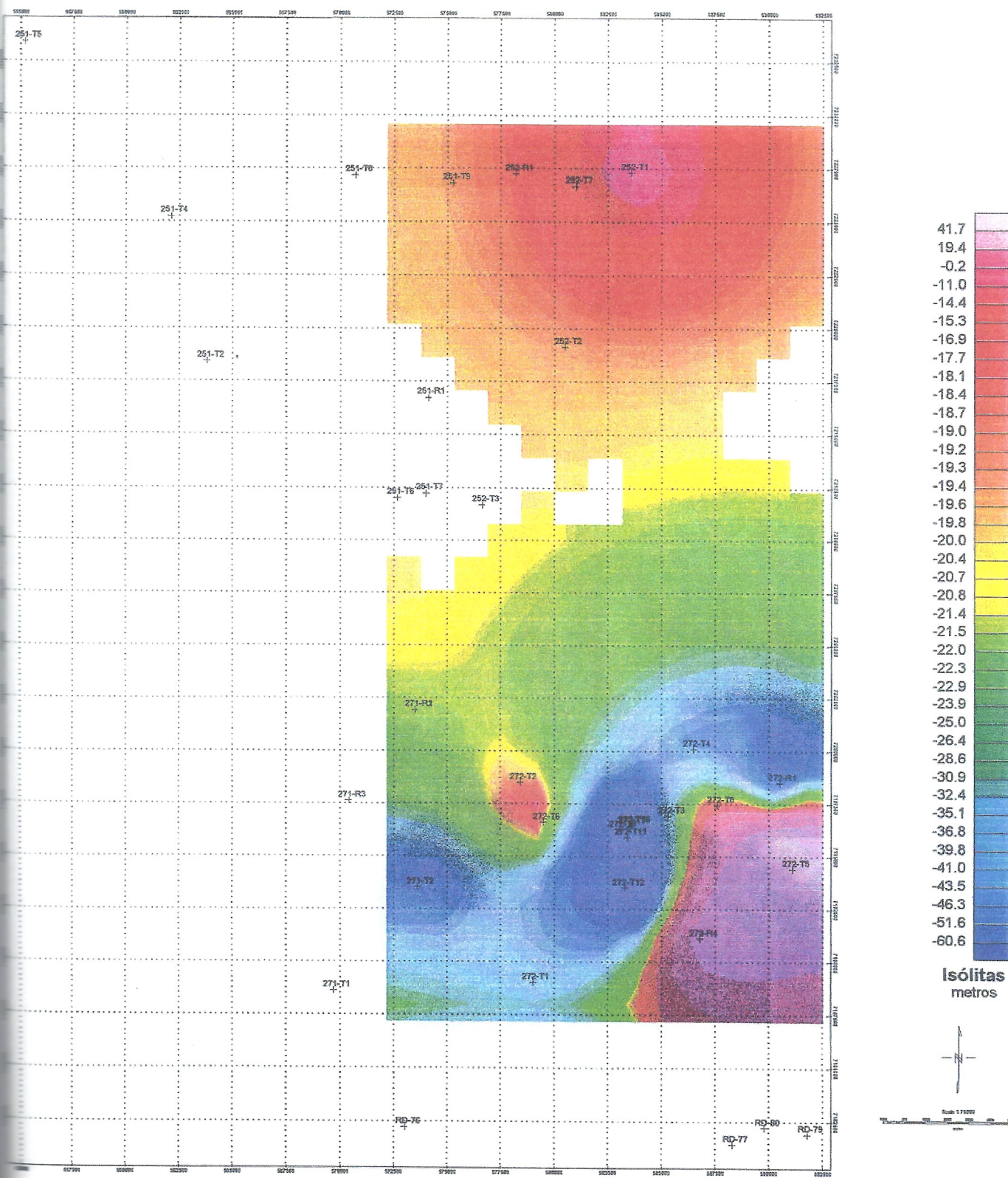


Figura 54: Mapa de Isólitas de Arenitos do Intervalo Marco 3 ao Marco 4.



UERJ - Programa de Pós-Graduação
 Instituto de Física de São Carlos
 Instituto de Física de São Carlos
 Instituto de Física de São Carlos

55: Mapa de Isólitos de Siltitos do Intervalo Marco 3. ao Marco 4

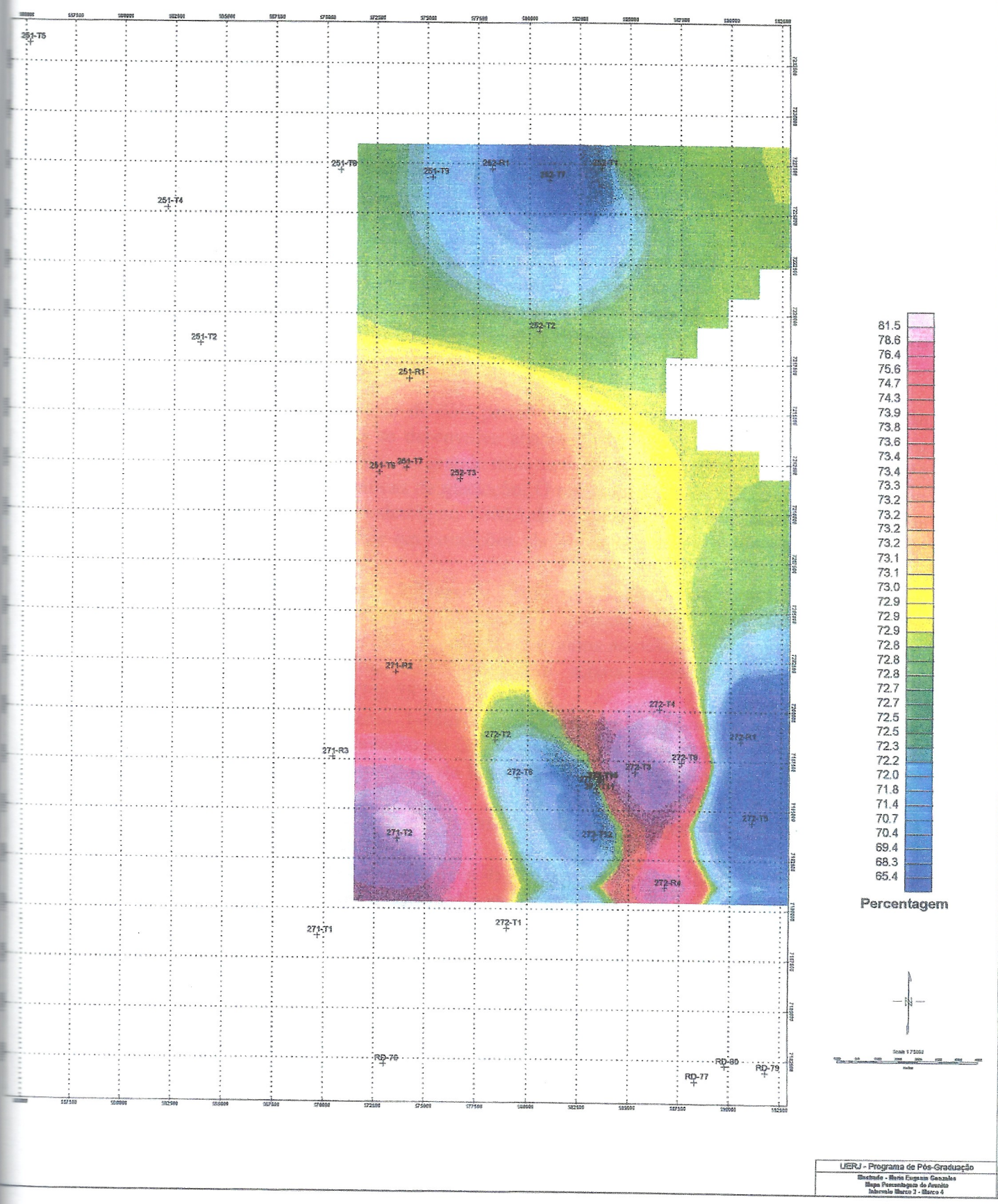


Figura 56: Mapa de Percentagem de Arenitos do Intervalo Marco 3 ao Marco 4.

UERJ - Programa de Pós-Graduação
 Instituto de Física
 Universidade Federal do Rio de Janeiro
 Instituto de Física - Bloco 4

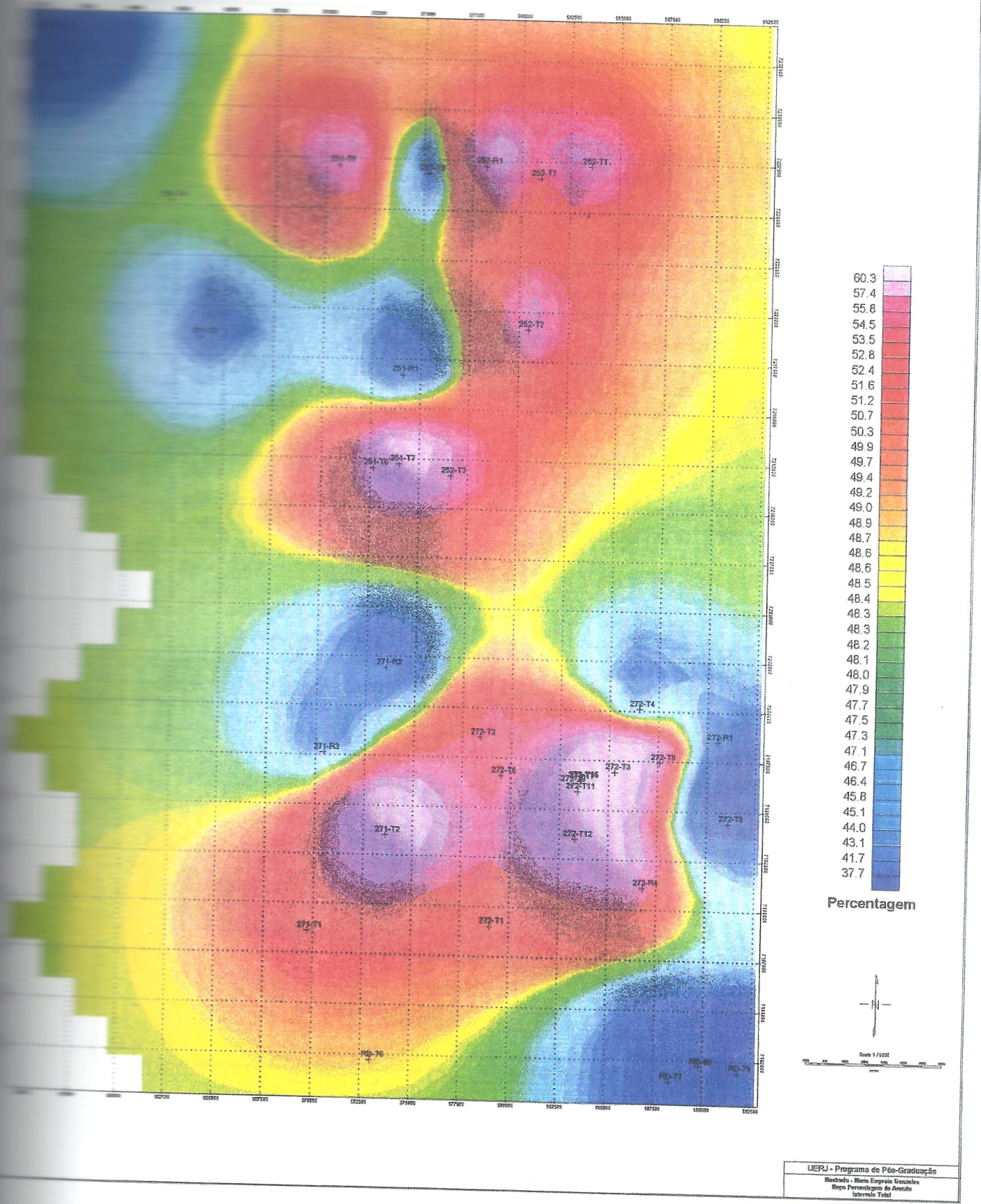
ser correlacionado a lagunas, os prodeltas e ao marinho propriamente dito. Por outro lado, o baixo conteúdo arenoso do bordo oeste da folha poderia ser resultante de erosões posteriores.

11. RECONSTRUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA

A evolução paleogeográfica deposicional da região foi interpretada tomando-se como base à análise de fácies sedimentares nos poços, a correlação dos mesmos através das seis seções estratigráficas e destes com a superfície por meio de afloramentos, além da interpretação da relação sedimentar arenito/siltito nos mapas estratigráficos, tomando como limite os intervalos entre os marcos.

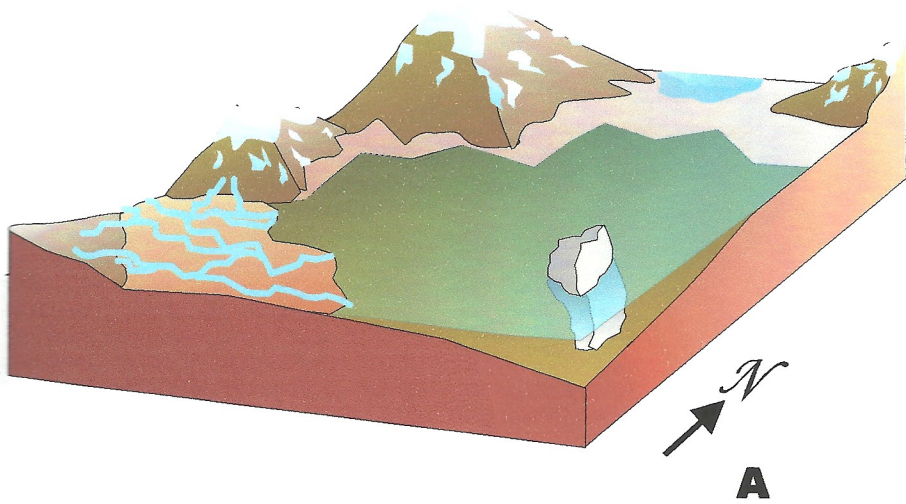
Esta análise resultou na definição de dois períodos de evolução da sedimentação da unidade permocarbonífera. O primeiro se desenvolve abaixo do Marco 1, no TST da Sequência A, apresentando um registro mínimo na grande maioria dos poços, caracterizando, principalmente em superfície, condições climáticas de glaciação. O segundo período se desenvolve a partir do Marco 1 ao Marco 6, correspondendo ao TSMA da Sequência A e a totalidade das Sequências B e C, caracterizando depósitos em condições climáticas quentes, em ambientes variando de continentais à marinho costeiro.

- ⇒ **Intervalo Marco 0-Marco1:** Este intervalo se caracteriza principalmente pelas condições climáticas de glaciação. O ambiente glacial - periglacial se caracteriza pelos fácies fluviais, lagunares e marinhos associados, depositando diamictitos, arenitos, siltitos e argilitos com seixos caídos, ritmitos e sedimentos tempestícos (Fig 58 A).
- ⇒ **Intervalo Marco 1-Marco2:** Posteriormente ao último vestígio glacial, se inicia a sedimentação do Grupo Independencia, dentro do TSMA, depositando os sedimentos da base da Formação *San Miguel* correspondentes ao intervalo Marco 1-Marco 2 (Fig. 58 B), caracterizado por depósitos marinhos tempestícos na base e desenvolvendo uma sedimentação lagunar e deltaica na fase regressiva final.
- ⇒ **Intervalo Marco 3- Marco 4:** A regressão do TSMA da sequência B se inicia após o Marco 3, com o desenvolvimento de uma sedimentação progradante a leste, implantando uma fácies de frente deltaica, intercalada aos depósitos de prodelta (Fig. 59 D).
- ⇒ **Intervalo Marco 4-Marco 5:** A erosão marcada pelo Marco 4, implanta depósitos de frente deltaica em contato discordante com os depósitos de prodelta (Fig. 20). Estes depósitos deltaicos se encontram lateralmente e verticalmente associados a sedimentos finos de plataforma intercalados a depósitos de tempestades, chegando ao máximo de transgressão no Marco 5 (Fig. 60 E).
- ⇒ **Intervalo Marco 5-Marco 6:** A regressão a partir do Marco 5, correspondente ao TSMA da sequência C, restringe os corpos de águas a pequenas lagunas

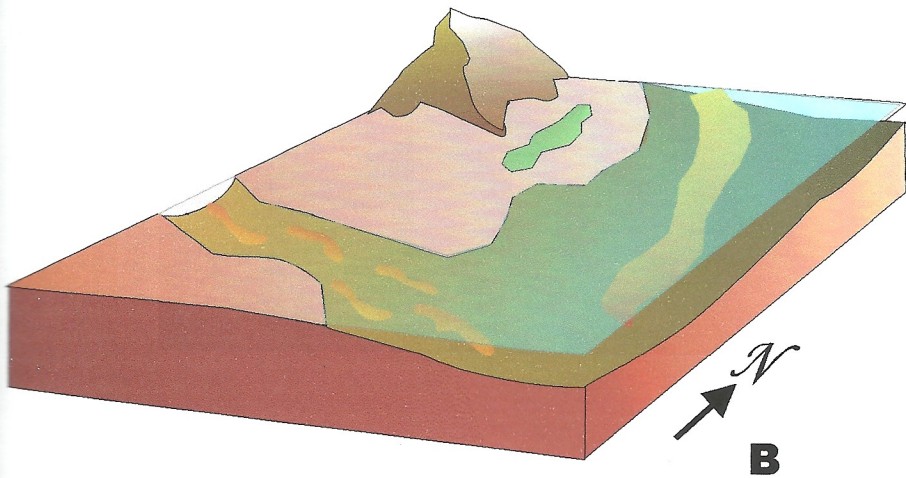


Mapa de Percentagem de Arenitos do Intervalo Total.

UERJ - Programa de Pós-Graduação
 Método - Método Empírico Geralizado
 Mapa Percentagem de Arenitos
 Intervalo Total



AREA



58: Blocos diagramas mostrando a paleogeografia predominante nos intervalos:
A- Marco 0 ao Marco 1, B- Marco 1 ao Marco 2.

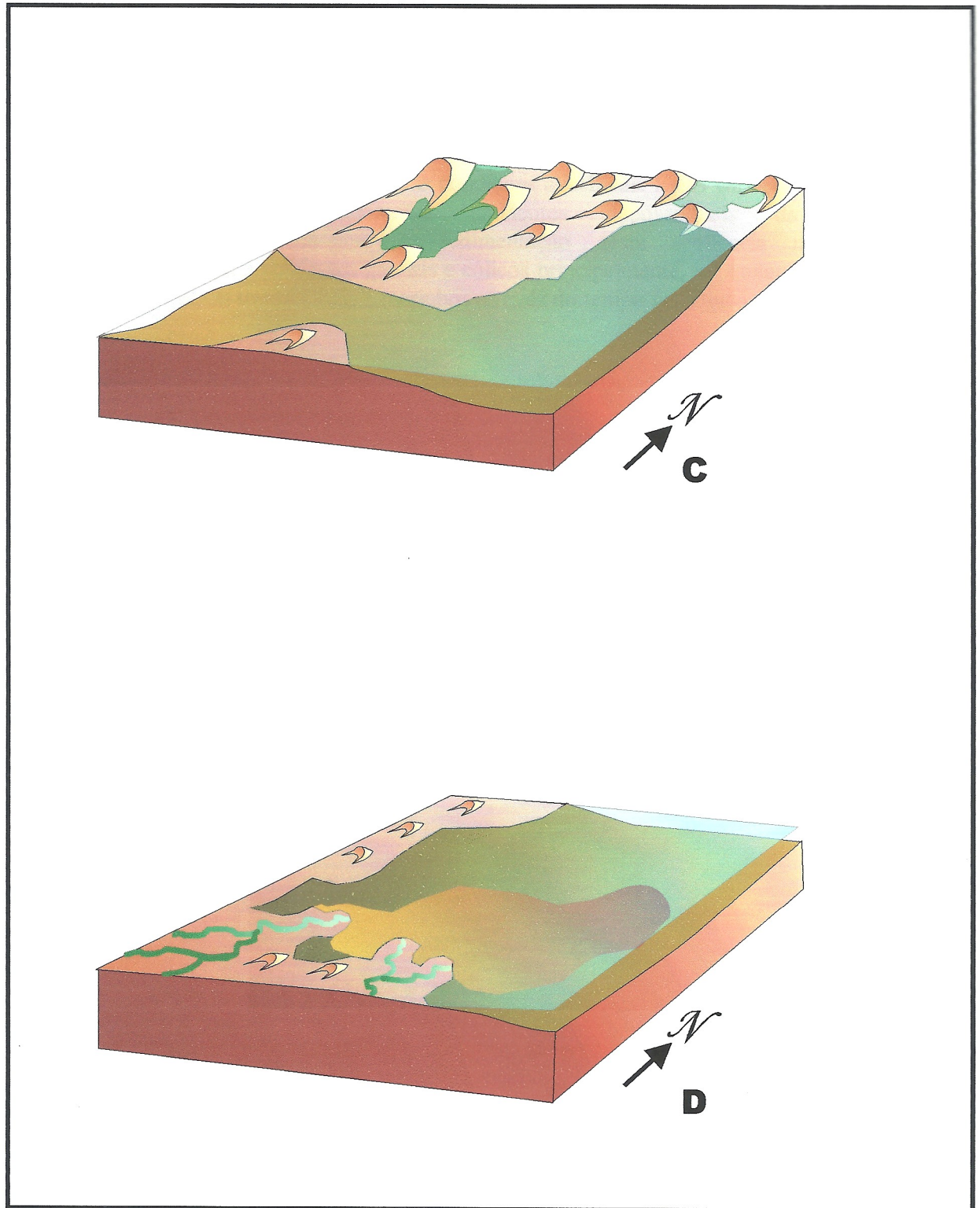


Figura 59: Blocos diagramas mostrando a paleogeografia predominante nos intervalos:
C- Marco 2 ao Marco 3, D- Marco 3 ao Marco 4.

marginais, que se intercalam com depósitos de planícies de marés. A oeste e noroeste da folha, se desenvolve a sedimentação continental eólica que prograda a leste, correspondendo ao início do processo de continentalização total da bacia (Fig. 60 F).

A evolução da Bacia do Paraná a partir do Carbonífero é caracterizada principalmente pela variação das condições climáticas. Estas variações controlam a implantação dos diferentes ambientes deposicionais da seqüência permocarbonífera/triássica. A sedimentação desta seqüência na bacia, é condicionada à ambientes glaciais e eólicos principalmente, implantando-se os fácies continentais, transicionais e marinhos através do tempo geológico (Fig. 61).

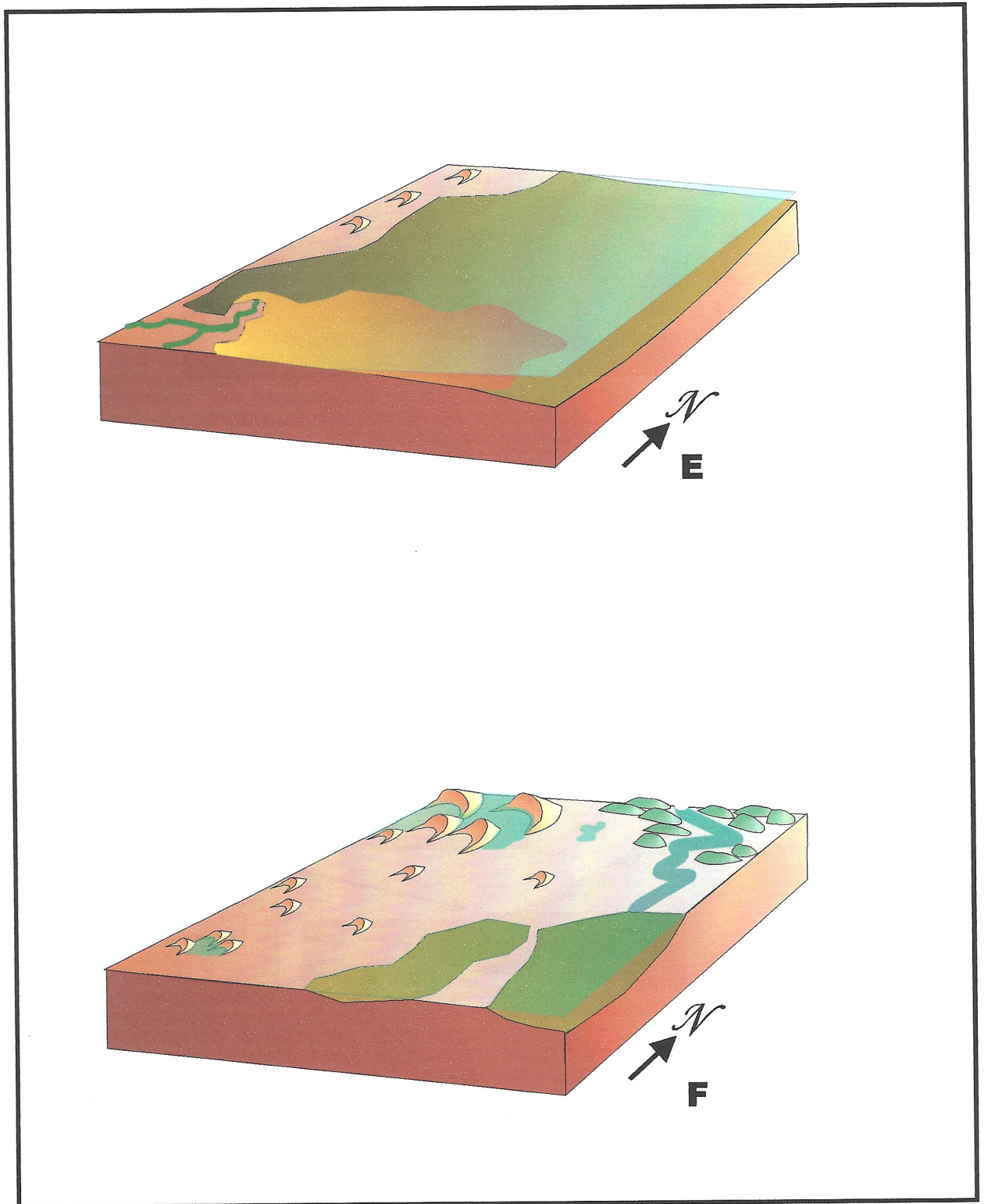


Figura 60: Blocos diagramas mostrando a paleogeografia predominante nos intervalos:
E- Marco 4 ao Marco 5, F- Marco 5 ao Marco 6.

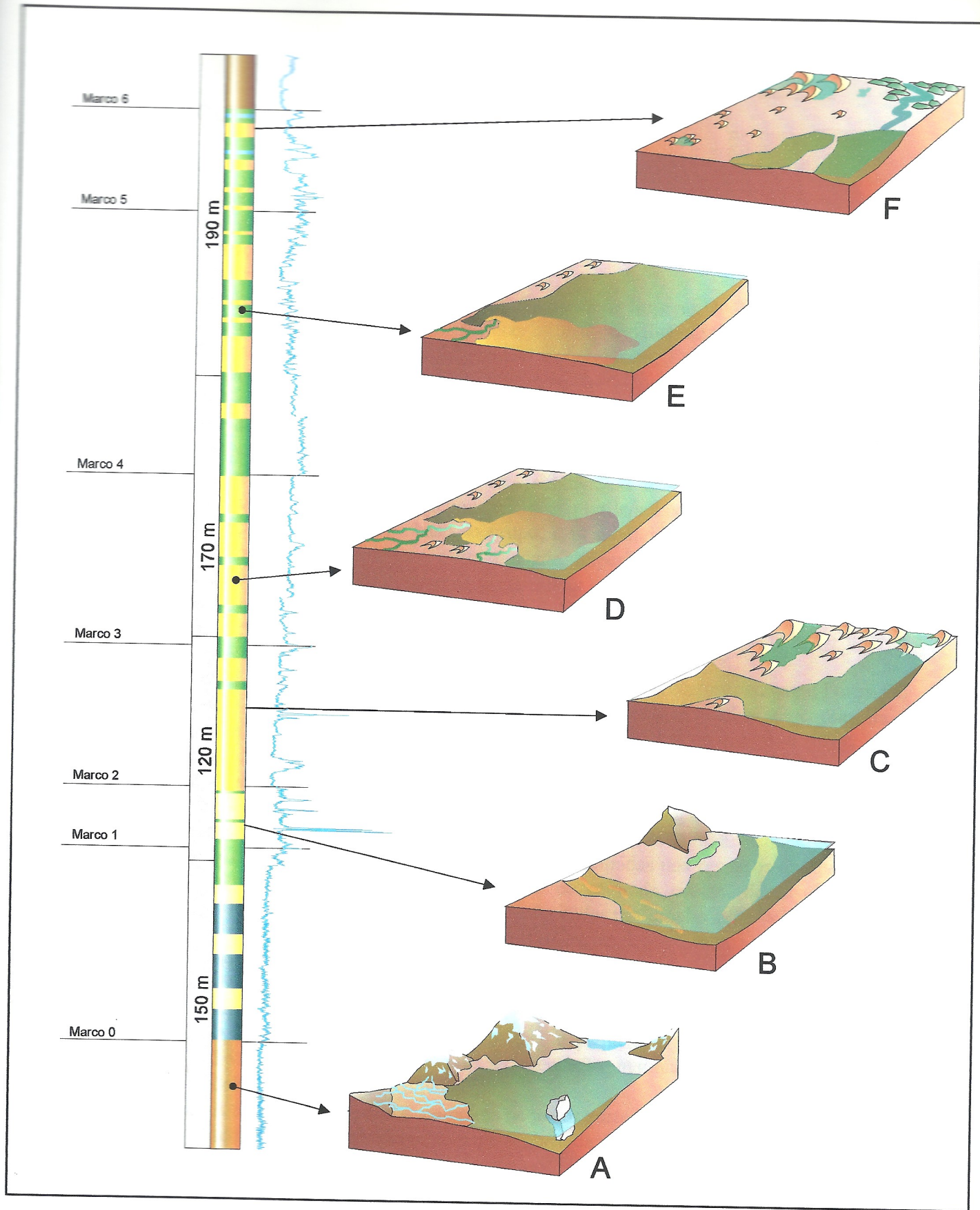


Figura 61: Perfil composto mostrando os principais registros geofísicos e a reconstrução paleogeográfica correspondente ao intervalo entre as seqüências:
A- intervalo abaixo do Marco 0, **B-** entre o Marco 1 e Marco 2, **C-** entre o Marco 2 e o Marco 3, **D-** entre o Marco 3 e o Marco 4, **E-** entre o Marco 4 e o Marco 5, **F-** entre o Marco 5 e o Marco 6.

12. CONCLUSÕES

1. A análise de todos os dados levantados na superfície correspondente a Folha Coronel Oviedo, permite associar os sedimentos as unidades estratigráficas permocarboníferas da Formação Coronel Oviedo e ao Grupo Independencia, além da Formação Misiones, de idade triássica/jurássica.
2. A Formação Coronel Oviedo de Idade Carbonífero Superior a Permiano Inferior se depositou em um ambiente glácio/marinho/lagunar, inicialmente transgressivo, sobre um embasamento estruturado pela Orogênese Eoherciniana. Estes sedimentos consistem principalmente de diamictitos, ritmitos, argilitos e arenitos com seixos caídos, distribuídos no bordo oeste da folha.
3. A partir do último vestígio glacial e em grande parte sob condições climáticas áridas e semi áridas, se depositaram os sedimentos do Grupo Independencia, desde o Permiano inferior até o superior. Este grupo está subdividido nas Formações *San Miguel* e *Tacuary*, constituindo uma franja com orientação norte/sul no centro da folha.
4. A Formação *San Miguel*, na base do grupo, está subdividida em uma unidade inferior de sedimentos argilo/silticos e outra unidade, superior, caracteristicamente arenosa. Parte desta unidade arenosa apresenta estruturas de sedimentação tipicamente eólicas, sendo agrupadas no Membro *Saingó*.
5. A Formação *Tacuary* se apresenta diferente da anterior, com uma unidade inferior arenosa e uma superior principalmente argilo/siltosa.
6. As rochas sedimentares localizadas no bordo leste da folha correspondente a Formação *Misiones*, constituída de arenitos depositados totalmente em ambientes continentais, principalmente fluvial e eólico.
7. A análise subsuperficial realizado tomando-se como base a identificação de marcos de referências, a definição de seqüências de sedimentação, a correlação dos mesmos através de seções estratigráficas, a definição de modelos deposicionais e a correlação dos mesmos através das seções e com a superfície, levam as seguintes conclusões:
 - a. As seqüências de sedimentação A, B, C, definidas nos registros de raios gama, são caracterizadas como seqüências de segunda ordem, desenvolvidas por variações relativas do nível do mar e limitadas por amplas superfícies de erosão. Estas superfícies são características em bacias do tipo rampa, onde um mínimo de rebaixamento expõe vastas áreas a erosão.
 - b. Foram identificadas 14 seqüências de terceira ordem na Seqüência B, sendo a única completa na maior parte dos poços.
 - c. A Seqüência A apresenta amplo TST e pequena espessura de sedimentos do TSMA, que é marcado por sedimentação marinha tempestítica e costeira deltaica/lagunar, respectivamente.
 - d. A Seqüência B aparece completa na maior parte dos poços e apresenta marcada sedimentação eólica no TSMB, em parte da área da folha esta sedimentação se intercala com depósitos lagunares no TST até a superfície de inundação do Marco 3. O TSMA desenvolve um sistema deltáico que intercala fácies deltaica com prodelta, associados lateralmente com depósitos arenosos tempestíticos.

- e. A Seqüência C marca o último pulso transgressivo da unidade permocarbonífera. Neste se implanta um sistema de barreiras lagunas e planícies de marés, até a total continentalização da bacia.
8. Os ambientes deposicionais implantados através do tempo geológico Permiano, permite diferenciar claramente na superfície, os sistemas de sedimentação da área de estudo. Desta maneira, por exemplo, os depósitos do sistema barreiras / lagunas e estuarinos do sistema deltáico do TSMA, encontra-se em superfície, sobrepostos a tempestitos do TST da Seqüência ^a. Outro exemplo são os depósitos de dunas eólicas que se desenvolvem principalmente ao norte e a oeste da folha, e no TST da Seqüência B. Também na Seqüência B, o sistema deltáico intercala depósitos de frente deltaica com prodeltas, estando este conjunto lateralmente associados com a sedimentação marinha tempestítica.
9. Os mapas de espessuras, isópacas, isólitas e porcentagem definem em geral a disposição dos diferentes fácies de sedimentação, marcando as áreas com predomínio arenoso ou silto/argiloso principalmente em ambientes continentais a oeste e marinhos a leste, denotando o predomínio arenoso nas fácies eólicas e deltáicas.

13. BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN DE GEÓLOGOS DEL PARAGUAY; 1985: Código Paraguayo de Nomenclatura Estratigráfica, Asunción.
- ALMEIDA, F.F.M. & HASUI, Y.; 1983: **O Pré-cambriano do Brasil**. São Paulo. Paulipetro, 187 p. (Relatorio Interno).
- BAEZ, P.J.; 1992: **Geología da folha 5569-III, La Colmena, Paraguay Oriental**.- Diss. maestr.; Universidade de Sao Paulo/Instituto de Geociencias, 205, São Paulo.
- BARTEL, W.; GONZALEZ, M.E.; MUFF, R.; LAHNER, L. & WIENS, F.; 1996: **Mapa Geológico de la República del Paraguay, Hoja 5469 Paraguarí**.- MOPC-BGR, 1 mapa, Asunción.
- BEDER, R.; 1923: **Sobre un hallazgo de fósiles pérmicos en Villarrica**.- Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Vol. 27, p. 9-11, Córdoba.
- BENITEZ, J.C; FRANCO, R.; 1993: **Prospecto de Calizas oolíticas pérmicas (Fm. Tacuary)**, Inf. Int. Coop. Geol. Paraguayo-Alemana, 40 p, San Lorenzo.
- BITSCHENE, P.R. & LIPPOLT, H.J.; 1986: **Acid magmatites of the Brasiliano Cycle in East Paraguay**.- Zbl. Geol. Paläont. Teil I, 9/10: 1457/1468, Stuttgart.
- CARLSON, L.A.; 1981: **Proposed formation names**. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción.
- COMTE, D.; 1968: **Observaciones geológica recientes del Paraguay Oriental**. C.R. Acad. Sc. Paris, 267:5.

- COMIN-CHIARAMONTI, P.; CUNDARI, A.; GOMES, C.B.; PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G.; VELAZQUEZ, V.F. & DE MIN, A.; 1991d: **Potassic dykes from Central Paraguay.**- Terra, 3: 25, São Paulo.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; CUNDARI, A.; GOMES, C.B.; PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G.; CENSI, P.; ORUE, D. & VELAZQUEZ, V.F.; 1990a: **Mineral chemistry and its genetic significance of major end accessory minerals from a potassic dyke swarm in the Sapucaí graben, central-eastern Paraguay.**- Geochim. Brasil., 4: 175/206, São Paulo.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C.B.; CENSI, P.; DE MIN, A.; ROTOLO, S.G. & VELAZQUEZ, V.F.; 1993: **Geoquímica do magmatismo pós-paleozoico no Paraguai centro-oriental.**- Geochim., 7: 19/34, São Paulo.
- COMTE, D. & HASUI, Y.; 1971: **Geochronology of Eastern Paraguay by the potassium-argon method.**- Rev. Bras. Geoc. Vol. 1 p. 33/43, São Paulo.
- CUBAS, N., GARCETE, A. & MEINHOLD, K.D.; 1997: **Mapa Geológico de la República del Paraguay, Hoja 5468 Villa Florida.**- MOPC-BGR, 1 mapa, Asunción.
- DA CUNHA LOPES, R.; 1995: **Arcabouço Alostrográfico para o Intervalo Rio Bonito/Palermo (Eopermiano da Bacia do Paraná), entre Butiá e São Sepé, Rio Grande do Sul.**- Diss. Mestr. Univ. Rio dos Sinos, 252 p, Rio Grande do Sul.
- DELLA FAVERA, J.C.; 1996: **Curso de Sistemas Depositionais-** Notas de Aula U.E.R.J., 73 p., Rio de Janeiro.
- DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES M.O.P.C.; 1966: **Cuadrícula 40 Itá y Cuadrícula 41 Coronel Oviedo,** Plan de Prospección Geológica y Mineral.-, 50 p., Asunción.

- ECKEL, E.B.; 1959: **Geology and mineral resources of Paraguay A reconnaissance**. United States Geological Survey,- Prof. Paper 327, 110 p., Washington.
- GALLOWAY, W.E.; 1989: **Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units**: A.A.P.G. Bull., v73, n.2, feb. p.125-142.
- GONZALEZ, M.E.; WIENS, F.; MUFF, R.; 1994: **Estratigrafía del Paleozoico inferior en el Bloque Cordillera, Paraguay Oriental**; Quinta Reunión Argentina de Sedimentología, p. 247-253, Tucumán Argentina.
- GONZALEZ, M.E.; 1999: **Mapa Geológico de la República del Paraguay, esc. 1:100.000 – Hoja Coronel Oviedo Texto Explicativo**, D.R.M, 30 p., Asunción.
- GONZALEZ, M.E.; LAHNER, L.; 1998: **Mapa Geológico de la República del Paraguay, esc. 1:100.000 – Hoja Coronel Oviedo**, D.R.M, 1 h., Asunción.
- GONZALEZ, M.E.; MUFF, R.; VERGEL, M.M.; HERBST, R & FASOLO, Z.; 1996: **Estratigrafía de la parte inferior del Grupo Independencia (Pérmico), Paraguay Oriental**. -11 p., Inedito.
- GONZALEZ, M.E.; MUFF, R.; VERGEL, M.M.; HERBST, R & FASOLO, Z.; 1999: **Palinology investigations and biostratigraphic correlations of Permian sedimentary rocks from eastern Paraguay**, Newsl. Stratigr. 37 (1/2) 2 Pl., 4 Fig. Berlin. Stuttgart.
- HARRINGTON, H.J.; 1950: **Geología del Paraguay Oriental**.- Contr. Cient., Tomo1, Serie E: Geología, Univ. Buenos Aires, Fac. Cienc. Exac., 89 p., Buenos Aires.
- HARRINGTON, H.J.; 1956: **Paraguay In: Handboock of South American Geology**.- Geol. Soc. Am., Men. 65, 99/114 p., Washington.

- HARRINGTON, H.J.; 1972: **Silurian of Paraguay. In: Correlation of South American Silurian rocks**; Geol. Soc. Am.,- Special paper 133, 41/50 p., Boulder.
- HERBST, R.; 1972: **Nota sobre la presencia de Lycopsidae arborecentes en el pérmico (Serie Independencia) del Paraguay.**- De Ameghiniana, tomo IX, N° 3, p. 258/264, Buenos Aires.
- HUTCHINSON, D.S.; 1979: **Uranium exploration in the permocarboniferous sequence, south of latitude 25°.** Results and recommendations. Anschutz Co.,- TAC Int. Rep., 19 p., Asunción.
- HUTCHINSON, D.S.; 1980: **Geology and Uranium potential of the Gondwana Sediments in the Northeastern Part of Concession Area.** The Anschutz Co., Int. Rep., 17 p., Asunción.
- LAVINA, E.L.C.; LOPES, R. Da CUNHA; 1987: **A transgressão Marinha do Permiano Inferior e a Evolução Paleogeográfica do Supergrupo Tubarão no Estado do Rio Grande do Sul.** Paula-Coutiana. Porto Alegre, 1:51-103.
- LEINZ, V.; 1937: **Estudos sobre a Glaciação Permocarbonífera do Sul do Brasil.** Boletim do Serviço de Fomento da Produção Mineral, DNPM, 21:1-47, Rio de Janeiro.
- LOHSE, B.; 1990: **Petrographische und geochronologische Erkenntnisse über den Westteil des Tebicuary Kratons in Südostparaguay.**- Diplom. Univ. Heidelberg, 103 p, Heidelberg.
- LOPEZ-GAMUNDI, O.R. & ROSELLO, E.A.; 1993: **Devonian-Carboniferous unconformity in Argentina and its relation to the Eo-hercynian orogeny in southern America.**- Geol. Rundschau, Vol. 82, 136/147 p., Stuttgart.
- LOPEZ, O.; GONZALEZ, E.; DE LLAMAS, P.; MOLINA, A.; FRANCO, E.; GARCIA, S. & RIOS, E.; 1995: **Mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental; Proyecto de racionalización del uso de la tierra.** Gobierno del Paraguay/Banco Mundial/Gobierno del Japón/DMA-Servicio Geodésico Interamericano, 1 mapa, Asunción.

- MARQUES TOIGO, M.;1988: **Palinología, Bioestratigrafia do Neopaleozoico da Bacia do Paraná nos Estados do Rio Grande do Sul a Santa Catarina, Brasil.** Diss. De Doutorado em Geociencias UFRJ, 241p. Porto Alegre-Brasil.
- MEDEIROS, M.A.M.; 1996: **Análise da Seção Permiana da Depressão de Candiota-RS, Com ênfase na sedimentação cíclica.** Diss. Mestr. Univ. Fed. do Rio de Janeiro, 200 p, Rio de Janeiro.
- MILANI, E. J.& DAEMON, R.F.; 1992: **Revisão bio e litoestratigráfica da seção siluro-devoniana dos poços Asunción 1 e Asunción 2 (PECTEN, Paraguay).** PETROBRÁS/NEXPAR, 19 p. Informe interno. Curitiba – Brasil.
- MILANI, E. J.; ASSINE, M.L.; SOARES, P.C.; DAEMON, R.F.; 1996: **A seqüência Ordovício-Siluriana da Bacia do Paraná.** Boletim de Geociências da PETRIBRÁS, v.8, p. 257-273. Rio de Janeiro – Brasil.
- MILANI, E. J.; 1997: **Evolução tecno-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a Geodinâmica Fanerozoica do Gondwana Sul-ocidental.** Diss. Doc, Univ. Fed. Rio Grande do Sul, 255 p, tomo II ilustr., Rio Grande do Sul.
- ORUE, D.; 1996: **Síntese da geología do Paraguay oriental, com ênfase para o magmatismo alcalino associado.** Diss. Mest., Univ. São Paulo, Ins. Geociencias, 163 p., São Paulo.
- PECTEN; 1981: **Induction Sonic GR, pozo Asu 1 Bloque Lima, San Pedro Paraguay.** Archivo DRM/MOPC, San Lorenzo.
- PECTEN; 1982: **Induction Sonic GR, pozo Asu 2 Bloque Lima, San Pedro Paraguay.** Archivo DRM/MOPC, San Lorenzo.

- PROYECTO PAR 83/005; 1986: Mapa Geológico del Paraguay 1:1 000 000. P.N.U.D. - M.D.N.,**
1 mapa y texto explicativo inédito, Asunción.
- PUTZER, H.; 1962: Die Geologie von Paraguay. Beiträge Reg.- Geol. Erde, Bd. 2, 183 p., Berlin.**
- RAMOS, V.; 1988: Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America, a Collisional History.**
Episodes, Vol. 11, N° 3, p. 168/174.
- SÖLLNER, F.; LAMMERER, B.; WEBER-DIEFENBACH, H. & HANSEN, B.T.; 1997: The
Brasiliano Orogenesis: Age Determinations (Rb/Sr and U/Pb) in the coastal Mountain
Region of Espírito Santo, Brazil. Zbl. Geol. Paläont. Teil I, (7/8): 729/741, Stuttgart.**
- THE ANSCHUTZ Co.; 1981: Geological map of eastern Paraguay 1:500 000. TAC int. Rep.,**
Archivo D.R.M./M.O.P.C., San Lorenzo.
- THE ANSCHUTZ Co.; 1978/1982: Registros eléctricos y descripciones geológicas de los pozos
RD 90, RD 74, RD 12, RD 17 y RD 18. Archivo DRM/MOPC, San Lorenzo.**
- THORNBURG, J.B.; THOMAS, A.R.; JOHANSEN, S.J.; 1992: The San Miguel Formation: Mid
Pernian, Postglacial Sedimentation in the Western Paraná Basin, Southeastern
Paraguay. Texaco Exploration & Production Technology Department, 40 p, Houston.**
- VAN WAGONER, J.C.; MITCHUM, R.M.C.; CAMPION, H.M.; RAHMANIAN, V.D.; 1990:
Siliciclastic sequence stratigraphy of time and facies. A.A.P.G. Series, n. 7, 55 p.**
- VELAZQUEZ, V.F.; 1990: Provincia alcalina central, Paraguai: datos geocronológicos
preliminares.- 1er Simposio de Rocas Magmáticas. Universidad Nacional de
Asunción/Instituto de Ciencias Básicas, abstr., San Lorenzo.**

VELAZQUEZ, V.F.; 1992: **Provincia Alcalina Central, Paraguai centro-oriental: Aspectos tectónicos, petrográficos e geocronológicos.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 119 p., São Paulo.

VELAZQUEZ, V.F.; GOMES, C.B.; CAPALDI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; ERNESTO, M.; KAWASHITA, K.; PETRINI, R. & PICCIRILLO, E.M.; 1992: **Magmatismo alcalino mesozóico na porção centro-oriental do Paraguai: aspectos geocronológicos.** *Geochim. Brasil*, 6: 23-35, São Paulo.

WALKER, R.G. & JAMES, N.P.; 1992: **Facies Model- Geological Association of Canada**, 409 p., Ontario.

WIENS, F.; 1991: **Exploración Mineral en Paraguay Oriental.** Informe de Geoconsultores, 298 p. Asunción – Paraguay.

WOLFAT, R.; 1961: **Stratigraphie und Fauna des älterer Paläozoikums (Silur./Devon.) in Paraguay.** *Geol. Jb.*, Bd. 78, 29/102 p., Hannover.