



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

EDISON ARCHELA

**MAPEAMENTO FACIOLÓGICO DA BACIA SEDIMENTAR DE
CURITIBA (PR):
CONTRIBUIÇÃO DA CARTOGRAFIA TEMÁTICA À
EVOLUÇÃO MORFOESTRUTURAL**

EDISON ARCHELA

**MAPEAMENTO FACIOLÓGICO DA BACIA SEDIMENTAR DE
CURITIBA (PR):
CONTRIBUIÇÃO DA CARTOGRAFIA TEMÁTICA À
EVOLUÇÃO MORFOESTRUTURAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Prof^a Dr^a Nilza Aparecida Freres Stipp

Londrina
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

A669 ARCHELA, EDISON.

Mapeamento faciológico da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR) : contribuição da cartografia temática à evolução morfoestrutural / EDISON ARCHELA. - Londrina, 2020.
278 f. : il.

Orientador: Nilza Aparecida Freres Stipp.
Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Bacia Sedimentar de Curitiba - Tese. 2. Formação Guabirotuba - Tese. 3. Zoneamento faciológico sedimentar - Tese. 4. Cartografia tridimensional de litofácies sedimentares - Tese. I. Aparecida Freres Stipp, Nilza. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU 55

EDISON ARCHELA

**MAPEAMENTO FACIOLÓGICO DA BACIA SEDIMENTAR DE
CURITIBA (PR):
CONTRIBUIÇÃO DA CARTOGRAFIA TEMÁTICA À
EVOLUÇÃO MORFOESTRUTURAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof^a Dr^a Nilza Aparecida Freres Stipp
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Everton Passos
Universidade Federal do Paraná – UFPR

Prof^a Dr^a Marta Luzia de Souza
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof^a Dr^a Eloíza Cristiane Torres
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 26 de junho de 2020

πεπεισμαι γαρ οτι ουτε θανατος ουτε ζωη ουτε
αγγελοι ουτε αρχαι ουτε δυναμεις ουτε
ενεστωτα ουτε μελλοντα

ουτε υψωμα ουτε βαθος ουτε τις κτισις ετερα
δυνησται ημας χωρισαι απο της αγαπης του
θεου της εν χριστω ιησου τω κυριω ημων

Πάολο ντε Τάρσος

Ρωμαίοι 8:38, 39

À Rosely, Edson, Alex e meu netinho Noah

AGRADECIMENTOS

À Prof^a Dr^a Nilza Aparecida Freres Stipp, minha orientadora e amiga, pelo incentivo, paciência e confiança em mim depositada nesta jornada.

À Divisão de Transportes da Universidade Estadual de Londrina (UEL), pelo apoio logístico nos trabalhos de campo.

Ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGUSP/SP), pelo apoio logístico nos primeiros trabalhos de campo e nos trabalhos de análises laboratoriais.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro aos trabalhos de campo (processo: Geologia 87/2483-2).

Ao Serviço Geológico do Paraná pelo apoio logístico nos primeiros trabalhos de campo e disponibilização de seus laboratórios e acervo técnico-bibliográfico.

Ao Instituto das Águas do Paraná (antiga SUDERHSA) pelo fornecimento dos relatórios de perfuração de poços tubulares profundos.

À Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (COMECA) pela disponibilização das cartas topográficas.

Ao Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG) pela disponibilização de fotografias aéreas.

ARCHELA, Edison. **Mapeamento faciológico da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR): contribuição da cartografia temática à evolução morfoestrutural.** 2020. Tese (Doutorado em Dinâmica Geoambiental) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina (PR).

RESUMO

Identifica e mapeia as localizações preferenciais de ocorrências das fácies sedimentares na Bacia de Curitiba em subsuperfície, mediante tratamento geoestatístico de dados litológicos de superfície e sub-superfície, contribuindo para a melhor compreensão do comportamento espacial das litofácies que compõem a Formação Guabirotuba. O tratamento cartográfico temático, aqui apresentado, possibilitou o aprofundamento dos conhecimentos acerca da espacialidade tridimensional da faciologia sedimentar da Bacia de Curitiba e, dessa forma, também incrementou informações que contribuíram para a elucidação de sua evolução tectono-sedimentar, morfoestrutural e faciológica. Estruturalmente, o arcabouço da Bacia se configura numa depressão tectônica do tipo *pull apart* (com nítido controle retilinizado em sua borda noroeste), onde correm três principais depocentros, alinhados segundo a direção NNE-SSW, a mesma orientação do RCSB. Esses depocentros não são sincrônicos, mas ocorrem evolutivamente de SSW para NNE (com a tafrogenia), gerados por esforços transcorrentes NE-SW (não contínuos, mas espasmódicos) que perduraram do Oligoceno (idade muito provável para a gênese da Bacia de Curitiba) até o final do Plioceno ou Pleistoceno. Após esses momentos iniciais de tafrogenia e durante a vigência dos esforços transcorrentes NE-SW, a região sofre o início (ou aumento significativo) de esforços distensivos NW-SE; os quais produziram desnivelamento e basculamento na área a oriente da borda ativa do RCSB, formando um *hemi-graben* com declividade de leste para oeste. Com isto, deposita-se a fácie fluvial meandrante, a partir do Leste num segundo *trend* de sedimentação (ou segunda área-fonte), independente daquele instalado dentro da depressão *pull apart*. Os estágios finais de estruturação do arcabouço tectônico ocorreu, provavelmente, no Plio-Pleistoceno, e estão representados por falhamentos transversais ao RCSB (direção aproximada N-S) resultantes de esforços transtensionais e/ou transpressionais. Ao longo destes falhamentos, em *rift*, ocorrem as últimas deposições. Os sedimentos pertencentes à Bacia de Curitiba apresentam-se, granulométrica e mineralogicamente, muito heterogêneos, apresentando litofácies rudáceas de orto a paraconglomeráticas, polimíticas, ostentando matrizes extremamente heterogêneas (desde granular e areia muito grossa até silto-argilosa). Os lamitos, muito imaturos e muito pobemente selecionados, apresentam desde areia média até argila; e com grande dispersão granulométrica tanto para as frações muito grossas como para as muito finas. De maneira geral, os sedimentos apresentam-se em corpos individualizados, ora maduros (para algumas areias retrabalhadas por drenagens), ora totalmente imaturos, geralmente sub-arcosianos a arcosianos (predominantes). Interpreta-se que os sedimentos sofreram curto transporte entre a área-fonte e a bacia deposicional (compatível com o modelo genético tectônico-sedimentar revelado pelo produto cartográfico ora apresentado) num ambiente climático árido a semiárido reinante na maioria da história deposicional, senão em sua totalidade. Quanto à faciologia dos depósitos, ocorrem cinco fácies sedimentares: leques aluviais proximais, leques aluviais medianos,

leques aluviais distais, fluvial entrelaçado (*braided*) e fluvial meandrante. As três primeiras ocorrem, grosso modo, depositadas sequencialmente da borda para o depocentro da bacia *pull apart*, em sucessões interdigitadas e coalescentes. A fácie fluvial entrelaçado é produto de retrabalhamentos locais dos leques aluviais por drenagens intermitentes e perenes (representada por corpos arenosos mais bem selecionados). A fácie fluvial meandrante ocorre dispersa em toda a superfície aplanaada de um bloco estrutural basculado em disposição de hemi-*graben* (a partir da área à leste, desde os contrafortes da Serra do Mar, rumo ao centro deposicional da bacia *pull apart*); apresentando-se tipicamente mais maturos, melhor selecionados e com estruturas sedimentares condizentes com ambiente fluvial meandrante. A presente pesquisa conclui pela indivisibilidade estratigráfica dos sedimentos presentes na Bacia de Curitiba, mantendo a tradicional e consagrada denominação de Formação Guabirotuba para os mesmos, uma vez que não foram encontrados elementos e evidências estratigráficas ou sedimentológicas que justifiquem qualquer desmembramento, como aqueles propostos em trabalhos anteriores.

Palavras-chave: Bacia Sedimentar de Curitiba, Formação Guabirotuba, zoneamento faciológico sedimentar, cartografia tridimensional de litofácies sedimentares.

ARCHELA, Edison. **Faciological mapping of the Sedimentary Basin of Curitiba (PR): contribution of thematic cartography to morphostructural evolution.** 2020. Thesis (Doctorate in Geoenvironmental Dynamics) - State University of Londrina. Londrina (PR).

ABSTRACT

Identifies and maps the preferred locations for occurrences of sedimentary facies in the Curitiba Basin on the subsurface, through geostatistical treatment of surface and sub-surface lithological data, contributing to a better understanding of the spatial behavior of the lithofacies that make up the Guabirotuba Formation. The thematic cartographic treatment, presented here, made it possible to deepen the knowledge about the three-dimensional spatiality of the sedimentary faciology of the Curitiba Basin and, thus, also increased information that contributed to the elucidation of its tectonic-sedimentary, morpho structural and physiological evolution. Structurally, the Basin framework is configured in a tectonic depression of the pull apart type (with clear retilinized control on its northwestern edge), where three main depocenters run, aligned according to the NNE-SSW direction, the same orientation as the RCSB. These depocenters are not synchronous, but they evolve from SSW to NNE (with the taphrogeny), generated by NE-SW (not continuous, but spasmodic) efforts that lasted from the Oligocene (very probable age for the genesis of the Curitiba Basin) until the end of the Pliocene or Pleistocene. After these initial moments of taphrogeny and during the ongoing NE-SW efforts, the region suffers the beginning (or significant increase) of NW-SE distensive efforts; which produced unevenness and tilting in the area east of the active edge of the RCSB, forming a hemi-graben with a slope from east to west. With this, the meandering river facies are deposited, from the East in a second sedimentation trend (or second source area), independent of that installed inside the pull apart depression. The final stages of structuring the tectonic framework probably occurred in the Plio-Pleistocene, and are represented by failures transversal to the RCSB (approximate direction N-S) resulting from tension and / or transpression efforts. Along these faults, in rift, the last depositions occur. The sediments belonging to the Curitiba Basin are granulometrically and mineralogically very heterogeneous, with rudimentary lithofacies from ortho to paraconglomerate, polymythic, showing extremely heterogeneous matrices (from granular and very coarse sand to silty-clay). The layers, very immature and very poorly selected, present from medium sand to clay; and with great granulometric dispersion for both very thick and very fine fractions. In general, the sediments are presented in individualized bodies, sometimes mature (for some sands reworked by drainages), now totally immature, generally sub-arcsian to arcsian (predominant). It is interpreted that the sediments suffered a short transport between the source area and the depositional basin (compatible with the tectonic-sedimentary genetic model revealed by the cartographic product presented here) in an arid to semiarid climatic environment that prevailed in most of the depositional history, if not in its wholeness. As for the faciology of the deposits, five sedimentary facies occur: proximal alluvial fans, medium alluvial fans, distal alluvial fans, braided and meandering fluvial. The first three occur, roughly speaking, deposited sequentially from the edge to the depocenter of the pull apart basin, in interdigitated and coalescent sequences. The interwoven river facies are the product of local reworking of alluvial fans by intermittent and perennial drains (represented by better-selected sandy bodies). The

meandering river facies occur dispersed throughout the planed surface of a structural block tilted in a hemi-graben arrangement (from the area to the east, from the foothills of Serra do Mar, towards the depositional center of the pull apart basin); typically being more mature, better selected and with sedimentary structures consistent with meandering river environment. The present research concludes by the stratigraphic indivisibility of the sediments present in the Curitiba Basin, maintaining the traditional and consecrated denomination of Guabirotuba Formation for them, since no stratigraphic or sedimentological elements and evidence were found to justify any dismemberment, such as those proposed in works previous ones.

Keywords: Sedimentary Basin of Curitiba, Guabirotuba Formation, sedimentary faciological zoning, three-dimensional cartography of sedimentary lithofacies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa esquemático destacando a Região Metropolitana de Curitiba	27
Figura 2 - Sistema viário metropolitano	28
Figura 3 - Unidades e subunidades geomorfológicas da folha SG.22-X-D (Ctba.). ..	31
Figura 4 - Perfil topográfico esquemático contendo as cinco grandes unidades geomorfológicas paranaenses	32
Figura 5 - Unidades do relevo paranaense	33
Figura 6 - Representação esquemática das superfícies aplainadas do Primeiro Planalto Paranaense	36
Figura 7 - Vista panorâmica do Primeiro Planalto Paranaense 1	37
Figura 8 - Vista panorâmica do Primeiro Planalto Paranaense 2	37
Figura 9 - Mapa geológico da Bacia Sedimentar de Curitiba	40
Figura 10 - Estrutura regional e magmatismo mesozóico-cenozóico na região sudeste do Brasil.....	82
Figura 11 - Principais características geomorfológicas do RCSB entre as bacias de São Paulo e Macacu no modelo de elevação digital	83
Figura 12 - Modelo geodinâmico esquemático dos estágios tectônicos de ruptura ..	85
Figura 13 - Modelo matemático-físico de (dis)junção tríplice aplicado ao domo térmico pretérito à separação dos continentes sul-americano e africano	86
Figura 14 - Perfil geológico esquemático, sem escala, transversal à área afetada pelo tectonismo cenozoico, ressaltando o caráter escalonado das falhas e o basculamento dos blocos resultantes	88
Figura 15 - Transpressão e transtensão	89
Figura 16 - Geometria típica do embasamento de uma bacia transtensional	90
Figura 17 - Estágios evolutivos de uma bacia transtensional.....	90
Figura 18 - Exemplo de provável bacia transtensional.....	91

Figura 19 - Zona móvel transcorrente (ZMT) do sudeste do Brasil, ilustrando a geometria em blocos, típica de ZMT	92
Figura 20 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácie leques aluviais proximais	124
Figura 21 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do grau de seleção granulométrica dos sedimentos provindos da fácie leques aluviais proximais	125
Figura 22 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da assimetria das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácie leques aluviais proximais	125
Figura 23 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da curtose das distribuições granulométricas totais provindas da fácie leques aluviais proximais	126
Figura 24 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais proximais	126
Figura 25 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do desvio padrão das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais proximais	127
Figura 26 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do grau de assimetria das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais proximais	127
Figura 27 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da curtose das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais proximais	128
Figura 28 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácie leques aluviais medianos	128

Figura 29 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do grau de seleção granulométrica dos sedimentos provindos da fácie leques aluviais medianos.....	129
Figura 30 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da assimetria das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácie leques aluviais medianos	129
Figura 31 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da curtose das distribuições granulométricas totais provindas da fácie leques aluviais medianos.....	130
Figura 32 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais medianos.....	130
Figura 33 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do desvio padrão das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais medianos	131
Figura 34 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do grau de assimetria das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais medianos	131
Figura 35 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da curtose das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais medianos	132
Figura 36 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácie leques aluviais distais	132
Figura 37 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do grau de seleção granulométrica dos sedimentos provindos da fácie leques aluviais distais	133
Figura 38 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da assimetria das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácie leques aluviais distais.....	133

Figura 39 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da curtose das distribuições granulométricas totais provindas da fácie leques aluviais distais	134
Figura 40 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais distais	134
Figura 41 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do desvio padrão das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais distais	135
Figura 42 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do grau de assimetria das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais distais.....	135
Figura 43 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da curtose das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais distais	136
Figura 44 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácie fluvial entrelaçado.....	136
Figura 45 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do grau de seleção granulométrica dos sedimentos provindos da fácie fluvial entrelaçado	137
Figura 46 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da assimetria das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácie fluvial entrelaçado	137
Figura 47 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da curtose das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácie fluvial entrelaçado	138
Figura 48 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie fluvial entrelaçado	138
Figura 49 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do desvio padrão das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie fluvial entrelaçado.....	139

Figura 50 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do grau de assimetria das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie fluvial entrelaçado	139
Figura 51 - Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da curtose das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie fluvial entrelaçado.....	140
Figura 52 - Síntese da análise de frequência para a Formação Guabirotuba para os parâmetros: A) Diâmetro Médio, B) Seleção granulométrica, C) Assimetria e D) Curtose	141
Figura 53 - Frequência média de ocorrência de minerais pesados na fração areia fina na fração areia muito fina	145
Figura 54 - Frequência de ocorrência dos minerais pesados na fração areia fina e na fração areia muito fina.....	146
Figura 55 - Fanglomerado apresentando arcabouço quartzo-feldspático e polimítico facetado em matriz arenosa1	151
Figura 56 - Fanglomerado apresentando arcabouço quartzo-feldspático e polimítico facetado em matriz arenosa2	151
Figura 57 - Paraconglomerado apresentando arcabouço quartzo-feldspático e polimítico facetado em matriz silto-arenosa	152
Figura 58 – Ortoconglomerado apresentando arcabouço quarzto-feldspático e polimítico facetado	152
Figura 59 - Conglomerado arenoso em estrutura de corte e preenchimento no lamito arenoso	153
Figura 60 - Conglomerado apresentando matriz lamítica em estrutura de corte e preenchimento em banco arenoso	153
Figura 61 - Horizontes carbonáticos (calcretes)	154
Figura 62 - Detalhe dos calcretes.....	154
Figura 63 - Lamito silto-arenoso contendo arcabouço granulo-seixoso	155
Figura 64 - Camadas de lamitos conglomeráticos sobrepostos	156

Figura 65 - Lamitos medianos (conglomeráticos) ostentando bolsão fanglomerático (paraconglomerado) na parte inferior da foto, e lente de ortoconglomerado na porção central da foto	156
Figura 66 - Lamito argiloso contendo silte. Litologia típica da fácie distal dos leques aluviais	157
Figura 67 - Lamito silto-argiloso contendo incrustações carbonáticas (caliche).....	158
Figura 68 - Paisagem panorâmica típica da fácie distal, apresentando lamitos silto-argiloso de colorações cinza-esverdeadas a cinza-amarronzado	158
Figura 69 - Banco de areia selecionada exibindo estratificação cruzada, areia típica da fácie fluvial entrelaçado	160
Figura 70 - Areia de granulação média, granulometricamente selecionada exibindo estratificação cruzada de pequeno porte ressaltada por colorações avermelhadas de oxidação.....	160
Figura 71 - Panorâmica de afloramento típico da Bacia Sedimentar de Curitiba exibindo camadas acunhadas e cunhas de areias mais bem selecionadas da fácie fluvial entrelaçado intercaladas em lamitos da fácie leques aluviais distais	161
Figura 72 - Detalhe exibindo três litofácies distintas – na parte de baixo da foto ocorre uma camada de lamitos distais esverdeados, sobreposto, em contato brusco e erosivo, por cunha de areia bem selecionada da fácie fluvial entrelaçado que por sua vez encontra-se sobreposta, também em contato brusco e erosivo por areia conglomerática	161
Figura 73 - Detalhe exibindo estruturas de sobrecarga das areias de rompimento de dique marginal sobre argilas de planícies de inundação	162
Figura 74 – Localização dos poços tubulares profundos e pontos de controle de campo plotados sobre mapa geológico simplificado	164
Figura 75 – Mapa da topografia do Embasamento Cristalino (substrato da Bacia Sedimentar de Curitiba)	165
Figura 76 – Mapa em 3D da topografia do Embasamento Cristalino	166

Figura 77 - Localização do poço tubular profundo que atingiu a menor cota altimétrica (825 metros) com presença de sedimentos na Bacia de Curitiba	167
Figura 78 - Localização do poço tubular profundo que atingiu a menor cota altimétrica plotado sobre imagens de satélite.....	168
Figura 79 - Localização do poço tubular profundo que possui a maior espessura contínua de sedimentos na Bacia de Curitiba (84 metros)	169
Figura 80 - Localização do poço tubular profundo que possui a maior espessura contínua de sedimentos na Bacia de Curitiba plotado sobre imagens de satélite	170
Figura 81 - O gráfico “A” apresenta os poços tubulares profundos com cotas das “bocas” entre 925 a 929 metros, bem como seus respectivos contatos com o embasamento da bacia (plotados em mapa geológico)	172
Figura 82 - O gráfico “B” apresenta os poços tubulares profundos com cotas das “bocas” entre 930 a 939 metros, bem como seus respectivos contatos com o embasamento da bacia (plotados em mapa geológico)	173
Figura 83 - O gráfico “C” apresenta os poços tubulares profundos com cotas das “bocas” entre 950 a 959 metros (plotados em mapa geológico)	174
Figura 84 - O gráfico “D” apresenta os poços tubulares profundos com cotas das “bocas” entre 960 a 969 metros (plotados em mapa geológico)	175
Figura 85 - O gráfico “E” apresenta os poços tubulares profundos com cotas das “bocas” entre 970 a 979 metros (plotados em mapa geológico)	176
Figura 86 - Desenho esquemático de um leque aluvial (<i>alluvial fan</i>)	181
Figura 87 - Afloramento exibindo intercalações recorrentes de areias arcoseanas típicas de <i>stream flows</i>	182
Figura 88 - Localização de falha transcorrente na bacia <i>pull apart</i>	183
Figura 89 - Bloco diagrama esquemático mostrando as possíveis linhas de falhas transcorrentes, seus sentidos de deslocamentos e consequente abertura da bacia tafrogênica (<i>pull apart</i>)	184
Figura 90 - Foto de detalhe de uma camada de argila típica da Bacia de Curitiba .	188

Figura 91 - Detalhe de um fanglomerado típico da Bacia Sedimentar de Curitiba ..	189
Figura 92 - Detalhe de um fanglomerado típico da Bacia Sedimentar de Curitiba com maior aproximação	190
Figura 93 - Bloco diagrama esquemático mostrando a ampliação das possíveis linhas de falhas transcorrentes, seus sentidos de deslocamentos e consequente abertura de uma segunda depressão estrutural na Bacia Sedimentar de Curitiba.....	194
Figura 94 - Bloco diagrama esquemático mostrando a localização da nova fonte de fluxo de sedimentação na Bacia de Curitiba	198
Figura 95 - Localização dos depocentros em mapa do paleorelevo da Bacia Sedimentar de Curitiba.....	203
Figura 96 - Bloco diagrama esquemático mostrando a ampliação das prováveis linhas de falhas transcorrentes, seus sentidos de deslocamentos e consequente abertura de uma terceira depressão estrutural	204
Figura 97 - Localização de falhas N-S em mapa do paleorelevo da Bacia Sedimentar de Curitiba	206
Figura 98 - Localização do afloramento onde se observa rocha do embasamento coberta por camada de espessura variada de sedimentos, onde podem ser observadas falhas produzindo blocos desnivelados e basculados	208
Figura 99 - Mapa de isópacas dos depósitos sedimentares da Bacia de Curitiba ..	210
Figura 100 - Mapa de isólitas de porcentagem de ocorrência de fanglomerados na Bacia Sedimentar de Curitiba.....	211
Figura 101 - Mapa de isólitas de porcentagem de ocorrência de fanglomerados na Bacia Sedimentar de Curitiba.....	212
Figura 102 - Mapa de isólitas de porcentagem de ocorrência de areias na Bacia Sedimentar de Curitiba.....	213
Figura 103 - Mapa de isólitas de porcentagem de ocorrência das areias na Bacia Sedimentar de Curitiba.....	214
Figura 104 - Mapa de isólitas de porcentagem de ocorrência das argilas na Bacia Sedimentar de Curitiba.....	215

Figura 105 - Mapa de isólitas de porcentagem de ocorrência das areias na Bacia Sedimentar de Curitiba.....	216
---	-----

FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Etapas das atividades desenvolvidas na pesquisa	94
Fluxograma 2 - Etapas das atividades desenvolvidas em laboratórios	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Frequência de minerais pesados	112
Quadro 2 - Classificação da variação do índice ZTR	113
Quadro 3 - Média aritmética e desvio padrão dos parâmetros, segundo Folk & Ward (1957)	142
Quadro 4 - Minerais pesados encontrados nas amostras selecionadas	144
Quadro 5 - Cronologia do Cenozóico	186
Quadro 6 - Síntese da evolução morfoestrutural da Bacia Sedimentar de Curitiba	217

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	22
1.1. Apresentação da pesquisa.....	22
1.2. Objetivos	24
1.3. Justificativa.....	24
1.4. Localização e acessos da área de estudo	25
1.5. Geomorfologia local	29
1.6. Geomorfologia regional.....	32
1.7. Geologia.....	38
2. EVOLUÇÃO DOS CONHECIMENTOS SOBRE A BACIA SEDIMENTAR DE CURITIBA (Fundamentação Teórica)	41
2.1. Litologias e ambientes de sedimentação	41
2.2. Caliche, calcrete e lantanita	52
2.3. Tectonismo e sedimentação	56
2.4. Datação relativa por correlação estratigráfica	60
2.5. Registro cartográfico	66
2.6. Hidrogeologia	71
2.7. Enfoque ambiental	74
3. ESTADO DA ARTE	76
4. CONTEXTO TECTONO-GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO REGIONAL.....	81
5. MATERIAIS E METODOLOGIA DE PESQUISA.....	94
5.1. Levantamento bibliográfico	95
5.2. Atividades desenvolvidas em campo	97
5.3. Atividades desenvolvidas em laboratório: metodologia empregada na análise granulométrica e mineralógica	101
5.4. Tratamento estatístico da granulometria	104

5.5. Análises mineralógicas	109
5.5.1. Minerais essenciais (minerais leves)	109
5.5.2. Minerais acessórios (minerais pesados)	110
5.6. Tratamento das informações geológicas de subsuperfície	113
5.7. Tratamento geoestatístico para informações geológicas de subsuperfície.	117
6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	123
6.1. Análise granulométrica.....	123
6.2. Análise mineralógica	143
6.3. Caracterização faciológica dos sedimentos da Bacia de Curitiba	148
6.4. Comunicação cartográfica.....	163
7. CONCLUSÕES	218
8. REFERÊNCIAS	224

VOLUME 2

APÊNDICE 1 – Mapas Temáticos emparelhados por seus posicionamentos altimétricos (8 folhas)	236
APÊNDICE 2 – Mapas Temáticos com projeções em perspectivas angulares (5 folhas)	246
APÊNDICE 3 – Planilhas com dados dos poços tubulares profundos	252

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação da Pesquisa

Archela (2004), procedendo a levantamentos geológicos de superfície, identificou a presença de quatro fácies distintas: 1^{a)} orto e paraconglomerados polimíticos, representantes das porções proximais de leques aluviais; 2^{a)} arenitos e lamitos conglomeráticos, representantes das porções medianas dos leques aluviais; 3^{a)} lamitos condizentes com as porções mais distais dos leques aluviais; e 4^{a)} camadas arenosas, mais selecionadas granulomineralogicamente, por vezes ostentando estratificações cruzadas, condizentes com a fácie fluvial entrelaçado (*braided*).

Porém, as informações obtidas nos 59 afloramentos analisados não permitiram uma nítida identificação da distribuição espacial dessa faciologia. Com esses dados de superfície foi possível traçar apenas uma tendência geral de ocorrência, onde teoricamente as quatro fácies sofreriam uma variação lateral, da borda para o centro da bacia, segundo o modelo: leques aluviais proximais, sucedidos por leques aluviais médios, sucedidos por lamitos da fácie distal dos leques aluviais, e, finalmente, sucedidos pela fácie fluvial entrelaçado.

Acreditávamos, porém, ser possível a identificação e o mapeamento das zonas de ocorrência das litofácies, acima descritas, através de um mapeamento tridimensional (subsuperfície) até então inédito.

Nesse sentido, Archela (2004), também buscou estabelecer uma melhor definição quantitativa para as potencialidades hídricas do Aquífero Guabirotuba, efetuando tratamentos estatísticos das vazões d'água provenientes de

alguns poços tubulares profundos, cujas entradas d'água provinham, exclusivamente, do Aquífero Guabirotuba. Observou-se, então, uma discreta tendência entre as maiores vazões e as regiões mais espessas e profundas da Bacia (depocentros), justamente onde havia previsto, teoricamente, a predominância na ocorrência da fácie fluvial entrelaçado, portadora dos termos litológicos mais arenosos.

Restava, porém, estabelecer-se uma relação mais precisa entre as disposições espaciais lito-faciológicas e suas implicações nas potencialidades hídricas da Formação Guabirotuba; o que refletiria, também, numa consequente aplicabilidade dos resultados para otimizar estudos nas temáticas voltadas ao uso do solo, remediações de áreas contaminadas, previsões de desastres naturais e construção civil.

Para que fosse estabelecida uma avaliação quantitativa e qualitativa mais apurada acerca da disposição espacial das litofácies presentes na área de abrangência da Bacia Sedimentar de Curitiba, haveria de se lançar mão de mapeamento temático tridimensional, aqui realizado. Para tanto, foram utilizadas as informações geológicas de superfície (mapeamentos geológicos sistêmicos efetuados ao longo de vários anos por este autor) e, principalmente, das informações geológicas de subsuperfície (obtidas nas descrições de testemunhos de perfurações de poços tubulares profundos) com adequado tratamento geoestatístico, o qual possibilitou a produção de um material cartográfico mais adequado e mais próximo da realidade com aplicações úteis tanto no campo da pesquisa acadêmica quanto aplicada.

1.2. Objetivos

Nessa pesquisa, objetivamos mapear e analisar as litofácies sedimentares descritas por Archela (2004); bem como outras fácies sedimentares ou formações sedimentares propostas por outros pesquisadores (BECKER, 1982; COIMBRA *et al.*, 1996) para a Bacia Sedimentar de Curitiba. Objetivamos, também, uma melhor compreensão da evolução morfoestrutural e tectono-sedimentar da bacia, através da elaboração de mapeamento temático tridimensional das disposições espaciais das litofácies, procedendo a um “fatiamento” horizontal, em isoespessuras altimétricas, de cinco em cinco metros, para todo o depósito sedimentar. Objetivamos ainda, elaborar modelagens geoestatísticas tendo como produto cartográfico mapas de isópacas e isólitas temáticas para as litofácies presentes na Bacia Sedimentar de Curitiba.

1.3. Justificativa

As pesquisas desenvolvidas no âmbito da Bacia Sedimentar de Curitiba têm mostrado, via de regra, enfoques dissociados de uma correlação faciológica para os sedimentos. Observa-se essa deficiência principalmente nos trabalhos de cunho aplicado, quer seja no setor da hidrogeologia, uso do solo, remediação de áreas contaminadas, previsão de desastres naturais, geologia de engenharia aplicada à construção civil, entre outras.

Por outro lado, o estudo faciológico requer informações das disposições espaciais dos diferentes depósitos para uma melhor compreensão de suas relações genéticas e inter-relacionamentos no tempo e no espaço. Para possibilitar tal visualização, é necessário um tratamento geoestatístico das

informações geológicas de subsuperfície e sua apresentação em produto cartográfico pertinente. A presente pesquisa contribui, nesse sentido, com uma outra abordagem cartográfica para o melhor conhecimento acerca da faciologia sedimentar na Bacia de Curitiba; bem como, de seu arcabouço deposicional, propiciando também uma visão da evolução tectono-sedimentar e morfoestrutural da área.

Por fim, a presente pesquisa poderá ser útil como fonte de novas informações para outras áreas do conhecimento técnico, em aplicações práticas como: - contribuir para melhor gestão no uso e ocupação do solo; - facilitar as remediações de áreas contaminadas; - auxiliar na prospecção de águas subterrâneas; - fomentar dados para previsões de desastres naturais e fornecer informações de subsuperfície para obras da construção civil.

1.4. Localização e acessos da área de estudo

A Bacia Sedimentar de Curitiba localiza-se na região centro-sul da Região Metropolitana de Curitiba (figura 1). Os sedimentos afloram, de maneira contínua, predominantemente na área ocupada pelos municípios de Curitiba e Pinhais; bem como em boa parte dos municípios de Araucária, Fazenda Rio Grande, São José dos Pinhais, Piraquara, Quatro Barras, Campina Grande do Sul e Colombo. Pequenos e médios afloramentos, isolados ou, por vezes, mais persistentes ocorrem nos domínios dos municípios de Mandirituba, Almirante Tamandaré e Campo Magro; totalizando, aproximadamente, 3.000 km² de exposições com contornos irregulares (figura 9).

A totalidade dos depósitos sedimentares da Bacia de Curitiba ocorrem dentro dos limites de uma área retangular compreendida entre as longitudes $49^{\circ}00'$ e $49^{\circ}30'$ a oeste de Greenwich, e latitudes $25^{\circ}15'$ e $25^{\circ}45'$ a sul do Equador; ou entre os quilômetros 655 e 705 E e 7155 e 7200 N na Unidade Transversa de Mercator (UTM), *datum* Córrego Alegre.

Do ponto de vista logístico, o acesso às mais remotas áreas de afloramentos dos sedimentos em pauta é facilitado por inúmeras estradas que se entrecruzam por toda a região (figura 2). Entre as quais, destacam-se as rodovias federais: Régis Bittencourt (BR-116) que liga Curitiba a São Paulo (SP) a nordeste, e a Lages (SC) a sudoeste; a BR-476 que também liga Curitiba a São Paulo (SP), através da região do Vale do Ribeira, a norte, e Passo Fundo (RS) a sul. A rodovia BR-376, por sua vez, oferece amplo acesso aos depósitos sedimentares aflorantes na região sudeste da área focada, notadamente no município de São José dos Pinhais; finalmente, a BR-277 que liga Curitiba ao litoral paranaense, a leste, oferece acesso a alguns poucos afloramentos.

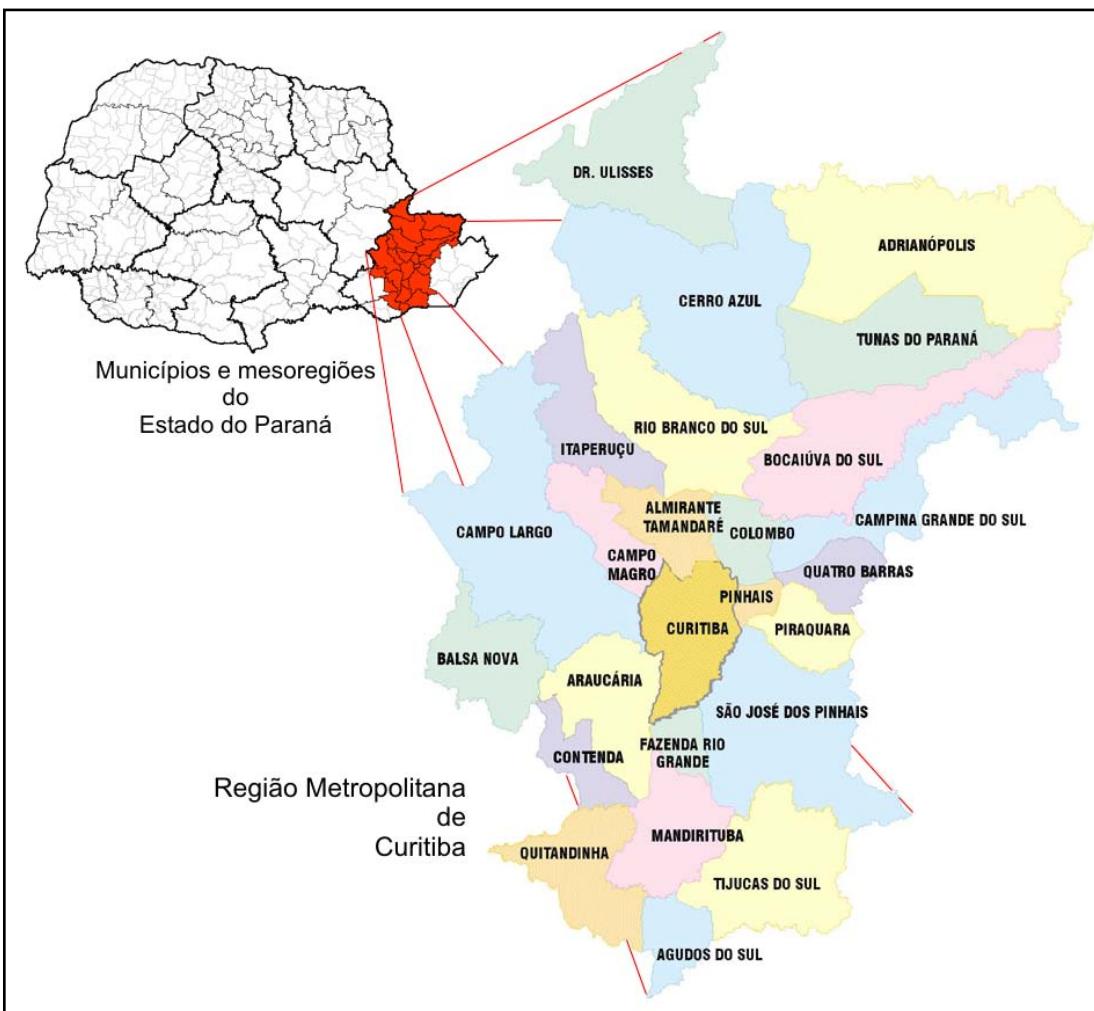


Figura 1 - Região Metropolitana de Curitiba (proporções reais, sem escala). Fonte: modificado e adaptado a partir de IBGE (1999) e Guia Geográfico (2003).

Não menos importantes, as rodovias estaduais permitem deslocamentos entre municípios e distritos, possibilitando acessos aos mais remotos afloramentos sedimentares, como aqueles existentes entre Curitiba e Piraquara, através da PR-415; CTBA-Colombo, através da PR-417; e Santa Felicidade e Campo Magro, através da PR-090.

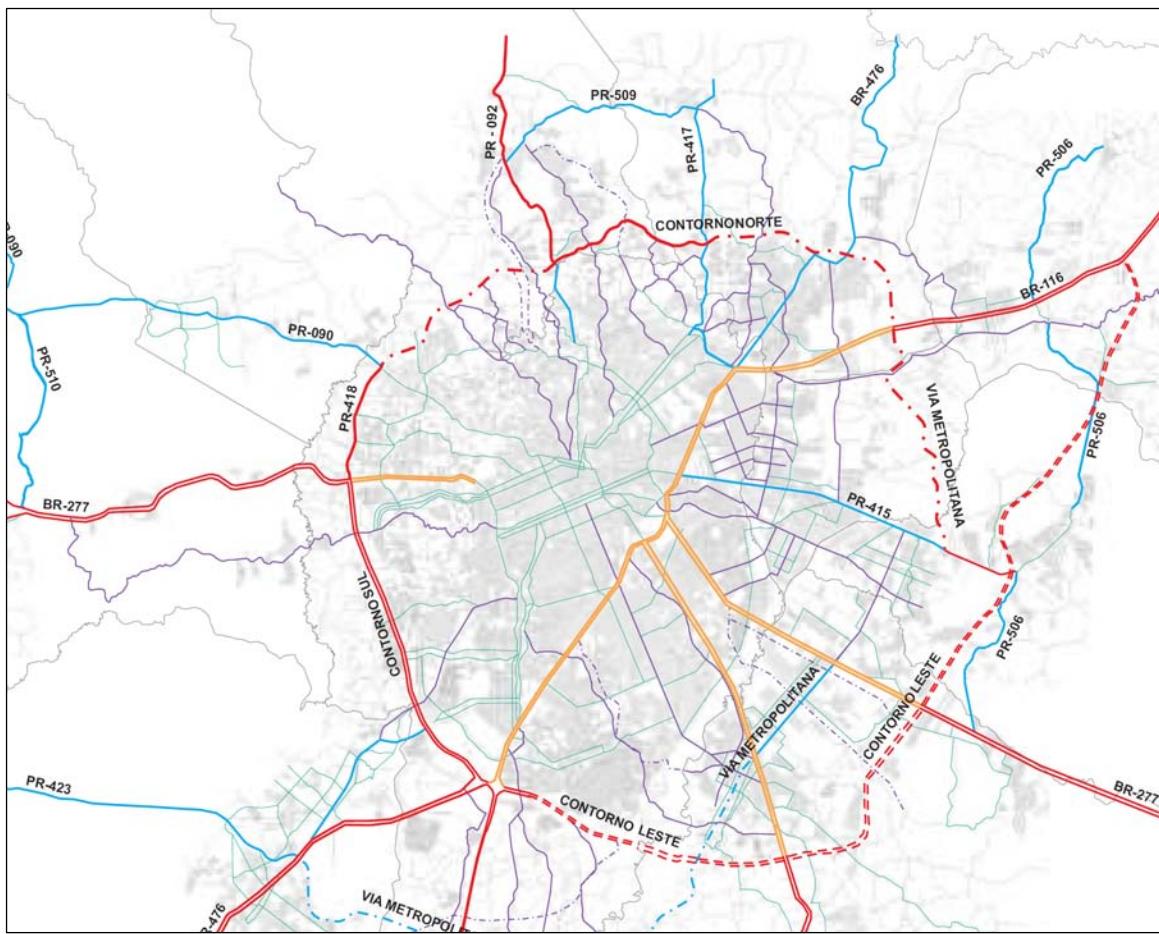


Figura 2 - Sistema Viário Metropolitano (escala 1:150000). Fonte: adaptado a partir de COMEC/SEPL (2000).

Por se tratar de uma região metropolitana, densamente urbanizada, o acesso aos depósitos sedimentares é facilitado por inúmeras ruas, estradas e trilhas que interligam as mais distantes localidades; porém, a urbanização também causa um aspecto negativo, em decorrência da destruição, obliteração ou ocultação dos afloramentos pelos calçamentos, arruamentos e construções de imóveis em geral.

1.5. Geomorfologia Local

Em termos geomorfológicos, a Bacia Sedimentar de Curitiba contém, em sua área de ocorrência, duas unidades morfológicas (figura 3): uma menor, denominada por “Planícies Fluviais” (número 3.5.2, conforme Oka-Fiori *et al.* (2006); e outra maior, denominada por “Planalto do Alto Iguaçu” (número 1.2.5, conforme Oka-Fiori, *op cit.*).

A “Unidade Morfológica Planícies Fluviais” é uma subdivisão (sub-unidade) da Unidade Morfoescultural “Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas”; e está representada por sedimentos inconsolidados do Período Quaternário. Em outras palavras, resumidamente, a “Unidade Morfológica Planícies Fluviais” consiste nas planícies das aluviões recentes (quaternárias), depositadas pelos rios atuais: Iguaçu, Irai, Atuba, Belém, Piraquara, Itaqui, Pequeno, Miringuava, Miringuava Mirim, das Pedras, Padilhas, Maurício, das Onças, Passaúna, Barigui, Santo Antônio, Timbó, Paciência, Capivari, Negro e Palmital.

A “Unidade Morfológica Planalto do Alto Iguaçu”, também é uma subdivisão da “Unidade Morfoescultural Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas”; e está representada por sedimentos inconsolidados da Formação Guabirotuba e “janelas” do Complexo Gnáissico-Migmatítico (afloramentos do Embasamento Cristalino). De forma geral, o “Planalto do Alto Iguaçu” apresenta um relevo com baixa erosão por dissecação ou ravinamento, com declividades predominantes abaixo de 6% e amplitude topográfica de apenas 120 metros.

As menores altitudes do relevo, com média situada em 905 metros, localizam-se na porção sul da área da Bacia de Curitiba. Já, as maiores altitudes ocorrem no entorno da bacia, em direção à Serra do Mar (a leste), e à Serra do

Purunã (a oeste), onde atingem 1009 metros. O relevo, entalhado sobre as rochas cristalinas do Pré-Cambriano, apresenta-se suavemente arredondado com vales em forma de “V”, bem abertos (ARCHELA, 2004).

Nas áreas onde afloram os sedimentos da Formação Guabirotuba, o relevo é, predominantemente, pouco acidentado; apresentando topografia suave, com poucas elevações, por vezes alongadas e aplainadas e vales bem abertos onde as planícies aluviais são comuns, existindo, inclusive, planícies de soleira.

A “Unidade Morfoescultural Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas”, por sua vez, está totalmente contida na “Unidade Morfoescultural Planalto de Curitiba” (número 1.2.4, conforme Oka-Fiori, *et al.* (2006), esculpida, predominantemente, nas litologias do Complexo Gnáissico-Migmatítico, onde a erosão laminar e em ravinamentos dissecou o relevo em declividades, predominantes, inferiores a 6%; enquanto a menor porção da Unidade possui declividades entre 6% e 30%. Conforme Oka-Fiori (*op cit.*), a amplitude topográfica é de 680 metros; sendo que os menores níveis topográficos chegam a 560 metros e, os maiores alcançam 1240 metros na Serra do Mar. O relevo, entalhado sobre as rochas cristalinas do Pré-Cambriano, apresenta-se pouco a muito acidentado; apresentando topografia com morros alongados e aplainados, predominantemente na direção N-NE/S-SW, e com vertentes convexas e vales em forma de “V”, variando entre abertos e mais fechados.

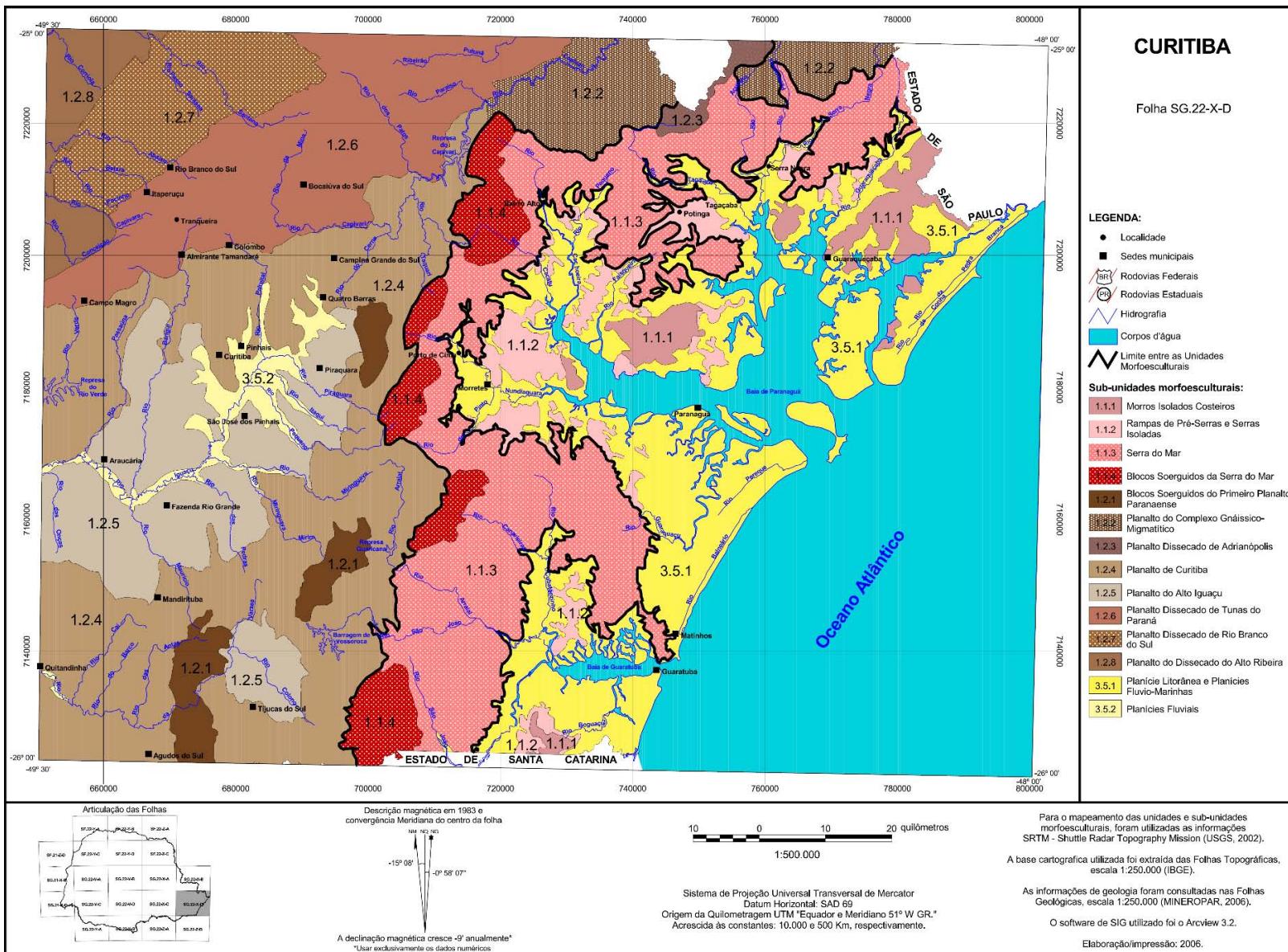


Figura 3 - Unidades e subunidades geomorfológicas da Folha SG.22-X-D (Curitiba). Fonte: Oka-Fiori, et al. (2006).

1.6. Geomorfologia Regional

Todo o conjunto geomorfológico descrito no item anterior está inserido no Primeiro Planalto Paranaense; denominação dada por Maack (1947) em sua clássica divisão do Paraná nas “Grandes Linhas Orográficas” (figura 4).



Figura 4 – Perfil topográfico esquemático contendo as Cinco Grandes Unidades Geomorfológicas Paranaenses (mantidas as proporções reais, sem escala). Fonte: modificado e adaptado a partir de Maack, (1968).

O Primeiro Planalto Paranaense é delimitado a oeste pela Escarpa Devoniana (limite leste do Segundo Planalto Paranaense) e a leste pela Serra do Mar; ao norte e ao sul a unidade geomorfológica possui continuidade; porém, sua nomenclatura muda em razão da delimitação político-administrativa (figura 5). No Estado São Paulo, as feições geomorfológicas persistem pelo Vale do Ribeira e Depressão Periférica Paulista; assim como, no nordeste do Estado de Santa Catarina.

Resgata-se, aqui, a visão clássica da geomorfologia do Primeiro Planalto Paranaense (AB'SABER & BIGARELLA, 1961) como sendo uma zona de superfícies aplainadas, existente entre a Serra do Mar e a Cuesta Devoniana. A atual superfície deste compartimento seria o resultado de um plano de erosão recente atuante sobre uma pretérita paisagem montanhosa.

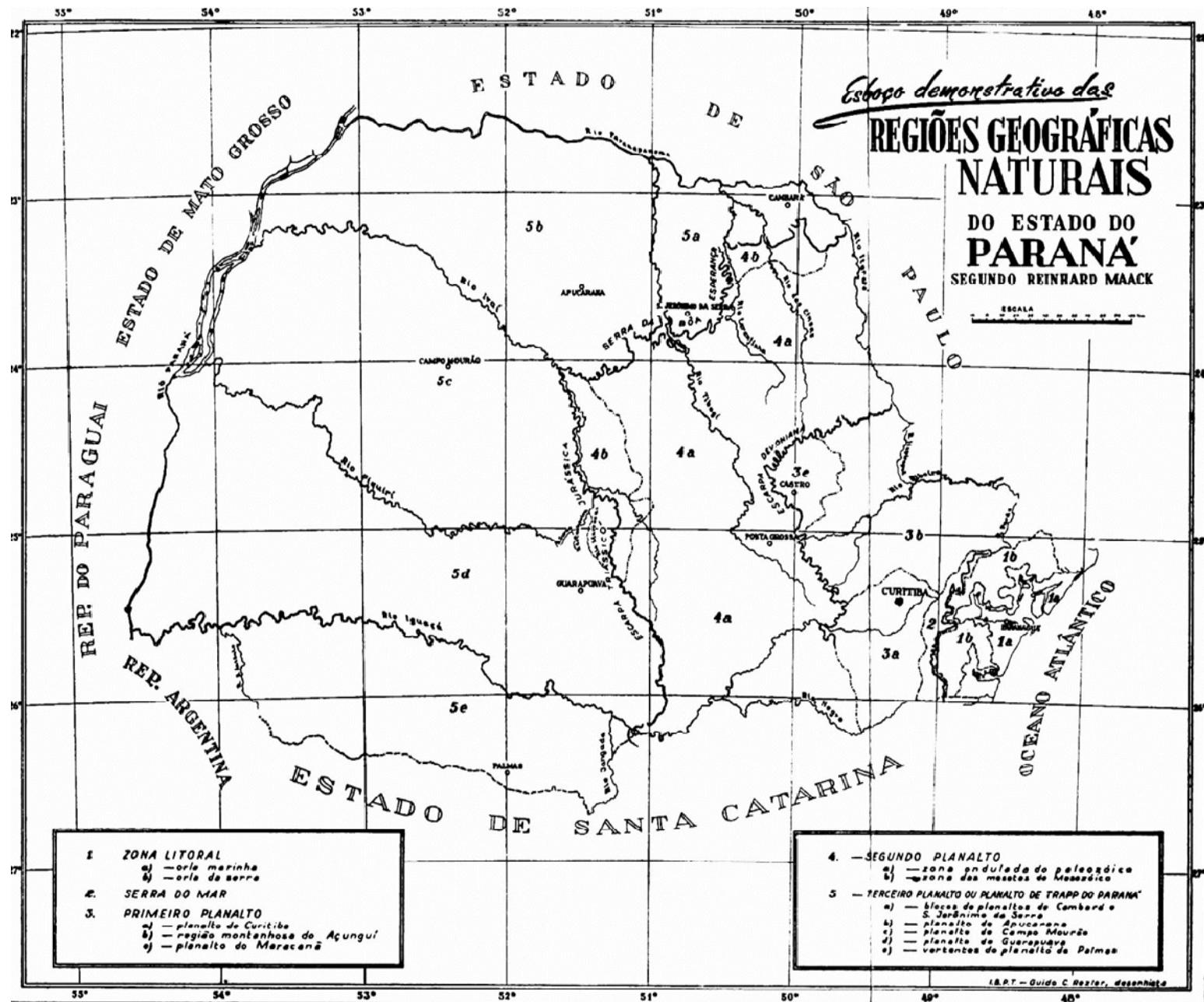


Figura 5 - Unidades do Relevo Paranaense:

- 1a - Orla Marinha;
- 1b - Orla da Serra;
- 2 - Serra do Mar;
- 3a - Planalto de Curitiba;
- 3b - Região Montanhosa do Açunguí;
- 3c - Planalto do Maracanã;
- 4a - Zona Ondulada do Paleozóico;
- 4b - Zona das Mesetas do Mesozóico;
- 5a - Blocos de Planaltos de Cambará e S. Jerônimo da Serra;
- 5b - Planalto de Apucarana;
- 5c - Planalto de Campo Mourão;
- 5d - Planalto de Guarapuava;
- 5e - Vertentes do Planalto de Palmas.

Fonte: Maack, (1968).

A Serra do Mar ressalta-se na topografia, alcançando as cotas mais altas, não somente na área em foco, como também, em todo o Estado do Paraná. Isto se deve ao movimento epirogênico existente em toda a área da serra, decorrente de um mecanismo de ascensão da crosta terrestre, cuja causa está ligada tanto a processo de equilíbrio isostático, como a processo tectônico de separação dos continentes americano e africano; o qual, ainda permanece em atividade, com uma ascensão vertical da Serra do Mar. Esta hipótese foi aventada por Fulfaro & Ponçano (1974); independentemente aventada, também, por Almeida (1976), embora publicado posteriormente aos primeiros autores; Asmus & Ferrari (1978) em citação aos autores anteriores; e vários outros, como Archela (1989); Archela (1990); Archela (*in SALVI et al.*, 2002); Archela (2004).

[...] As íngremes escarpas de falhas, presentes na Serra do Mar, ostentando os facilmente identificáveis rejeitos, os quais colocam lado a lado litologias díspares, atestam os movimentos acima citados. As litologias dominantes são representadas por migmatitos, gnaisses e xistos, as quais compõem notadamente os maciços menos íngremes, sendo que os granitos são os constituintes das regiões mais íngremes devido à sua resistência física e química frente aos processos de intemperismo formando, portanto, os picos mais altos da Serra do Mar. (ARCHELA, *in SALVI et al.*, 2002).

A Cuesta Devoniana, por sua vez, também ressalta-se no relevo, limitando a oeste o Primeiro Planalto, como já referido, em razão da mesma ser constituída por litologias predominantemente arenáceas a rudáceas da Formação Furnas. Essas litologias, principalmente as arenáceas, são constituídas por minerais de quartzo; e, portanto, mais resistente ao intemperismo químico. Dessa forma a Bacia Sedimentar do Paraná, cuja Formção Furnas é a unidade basal da mesma, sofre erosão remontante mais lenta que as litologias presentes no Primeiro Planalto Paranaense (quimicamente menos resistentes), o que a torna ressaltada no relevo numa geometria em monoclinal que tipifica as denominadas *cuestas*; caracterizadas

por um flanco abruto (*front da cuesta*) e outro flanco quase que imperceptível, dada sua baixa declividade.

A visão geomorfológica clássica descreve, resumidamente, o Primeiro Planalto como sendo uma zona de superfícies aplainadas entre a Serra do Mar e a Escarpa Devoniana. A atual superfície deste compartimento seria o resultado de um plano de erosão recente atuante sobre uma pretérita paisagem montanhosa (ARCHELA, 2004).

Ab'Saber & Bigarella (1961) reconheceram quatro superfícies erosivas de aplainamento nos domínios do Primeiro Planalto Paranaense (figura 6). O Paleoplano pré-Devoniano configura-se na superfície mais antiga, e é dedutível a partir de um prolongamento hipotético da superfície do embasamento cristalino que jaz sob os depósitos da Formação Furnas. Esta superfície foi denominada, pelos autores acima, por “superfície fóssil”, em razão de poder ser detectada diretamente sob as camadas do estrato sedimentar, servindo durante boa parte do Eon Fanerozóico como “assoalho” oceânico (mar epicontinental).

A segunda superfície de aplainamento, denominada por “Superfície do Purunã” pelos mesmos autores, seria um plano erosivo dedutível a partir do prolongamento hipotético de uma superfície ligando os topos da Serra da Bocaina e da Serra do Purunã, resultante dos sucessivos aplainamentos cretácicos-eocênicos. Já, a superfície erosiva denominada por “Superfície do Alto Iguaçu”, foi interpretada por Ab'Saber & Bigarella, (*op cit.*) como um plano de erosão resultante do esculpimento do Primeiro Planalto Paranaense ao nível do “pré-Guabirotuba”, através das drenagens que compunham o “Alto Iguaçu”. Finalmente, a quarta superfície erosiva de aplainamento, denominada por “Superfície de Curitiba”, foi identificada como sendo o plano erosivo atual do sítio urbano de Curitiba, onde

jazem os sedimentos homônimos de gênese cenozoica (períodos Paleogeno e Neogeno), conforme Archela (2004).

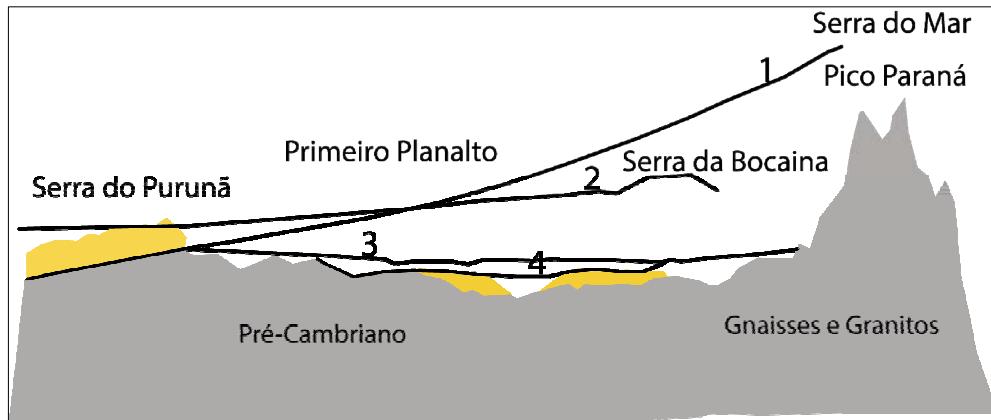


Figura 6 – Representação esquemática das superfícies aplainadas do Primeiro Planalto Paranaense. 1. Paleoplano pré-Devoniano; 2. Superfície do Purunã; 3. Superfície do Alto Iguaçu; 4. Superfície de Curitiba. Modificado e adaptado de Ab'Saber & Bigarella (1961).

A visão do Primeiro Planalto Paranaense (figuras 7 e 8) sob enfoque da geologia estrutural poderia fornecer,

[...] num primeiro momento, a interpretação de um falso *graben* para o compartimento como um todo; porém, uma análise mais profunda à luz da dinâmica interna, como também da susceptibilidade dos materiais frente ao intemperismo, nos remete a uma interpretação mais elaborada sobre os fatores que contribuíram para a atual conformação fisiográfica regional; ou seja, o processo erosivo atuante na região pode ter sofrido attenuações ou aumentos de intensidade, frutos das modificações climáticas reinantes ao longo de milhões de anos. Porém, esta ação se fez regionalmente e não por setores. Neste raciocínio, justifica-se o relevo positivo ostentado pela Cuesta do Purunã, em relação ao planalto, em razão de sua constituição mineral, predominantemente quartzosa, ser muito mais resistente ao intemperismo químico, dificultando seu processo erosivo. Por outro lado, a existência do relevo positivo da Serra do Mar não pode ser explicada da mesma forma, pois sua constituição litológica não difere, em essência, daquela presente nos terrenos do Primeiro Planalto. Tal fato, vem reforçar a necessidade de um rejuvenescimento do relevo, se não constante, ao menos episódico, o que compactua com os movimentos verticais ascendentes apregoados para a Serra do Mar (ARCHELA, *in* SALVI *et al.*, 2002).



Figura 7 – Vista panorâmica do Primeiro Planalto Paranaense a partir do alto da cuesta do Segundo Planalto Paranaense. Observar a Serra do Mar na linha do horizonte. Foto do autor.



Figura 8 – Vista panorâmica do Primeiro Planalto Paranaense a partir do alto da cuesta do Segundo Planalto Paranaense. Observar a Serra do Mar na linha do horizonte. Foto do autor.

Já, as intrusões de diabásios e andesitos presentes no Primeiro Planalto, por sua vez, formam linhas de cristas secundárias, orientadas predominantemente na direção NW-SE.

1.7. Geologia

As litologias e cronologias presentes na área em estudo são muito discrepantes. Os sedimentos inconsolidados da Bacia de Curitiba, cujas idades situam-se, muito provavelmente, entre miocênicas e oligocênicas (COIMBRA *et al.*, 1996; ARCHELA, 2004) jazem sobre os metamorfitos pré-cambrianos, sendo estes o embasamento cristalino da bacia em toda sua área de exposição (figura 9). Em termos de mapeabilidade tridimensional, os terrenos pré-cambrianos ocupam cerca de 20% da litologia aflorante; porém, 100% em continuidade litológica se considerado também o substrato rochoso formador do embasamento da Bacia Sedimentar de Curitiba. Em outras palavras, os sedimentos da Bacia de Curitiba afloram em cerca de 80% da área estudada.

O Complexo Pré-Setuba que corresponde ao Complexo Migmatítico de Battola Jr. (1978, *apud* Almeida & Hasui, 1984) é a unidade litoestratigráfica dominante do Embasamento Cristalino, sendo composta predominantemente por migmatitos estromáticos com paleossoma de biotita-hornblenda gnaisse, mica-quartzo xistos, ultrabasitos, metabasitos e anfibolitos, que se distinguem dos migmatitos oftalmíticos e embrechíticos com paleossoma de biotita gnaisse, biotita-hornblenda gnaisse e hornblenda gnaisse, com quartzitos locais.

Em termos estruturais, o Complexo Migmatítico (já referido, também, como Embasamento Cristalino) faz parte de um amplo contexto regional onde a

tectônica transcorrente constitui uma das feições mais espetaculares. Regionalmente, os deslocamentos horizontais e desnivelamentos de blocos, introduzidos por essas falhas, geraram compartimentações proeminentes. Tidas como tardi-brasilianas, as falhas não se distribuem de modo uniforme, mas compõem feixes de descontinuidades subparalelos a oblíquos, entrelaçantes ou não. Além destas, inúmeras outras de caráter normal existem, porém, de rejeitos e portes reduzidos em comparação com as transcorrentes.

A maioria das falhas normais se relacionam, ou foram reativadas, durante o advento tectônico mesozóico-cenozóico; algumas delas se aproveitando de juntas e falhas preexistentes. É nesse último contexto tectônico, que se desenvolve o arcabouço estrutural onde localiza-se a Bacia Sedimentar de Curitiba; bem como, as demais bacias sedimentares tafrogênicas: Resende, Volta Redonda, Taubaté e São Paulo.

O palco da deposição dessas bacias, denominado por Almeida (1976) de "Sistemas de *Rifts* da Serra do Mar" está inserido numa área soerguida junto à costa, que se estende desde o paralelo 28° S até o paralelo 22° S.

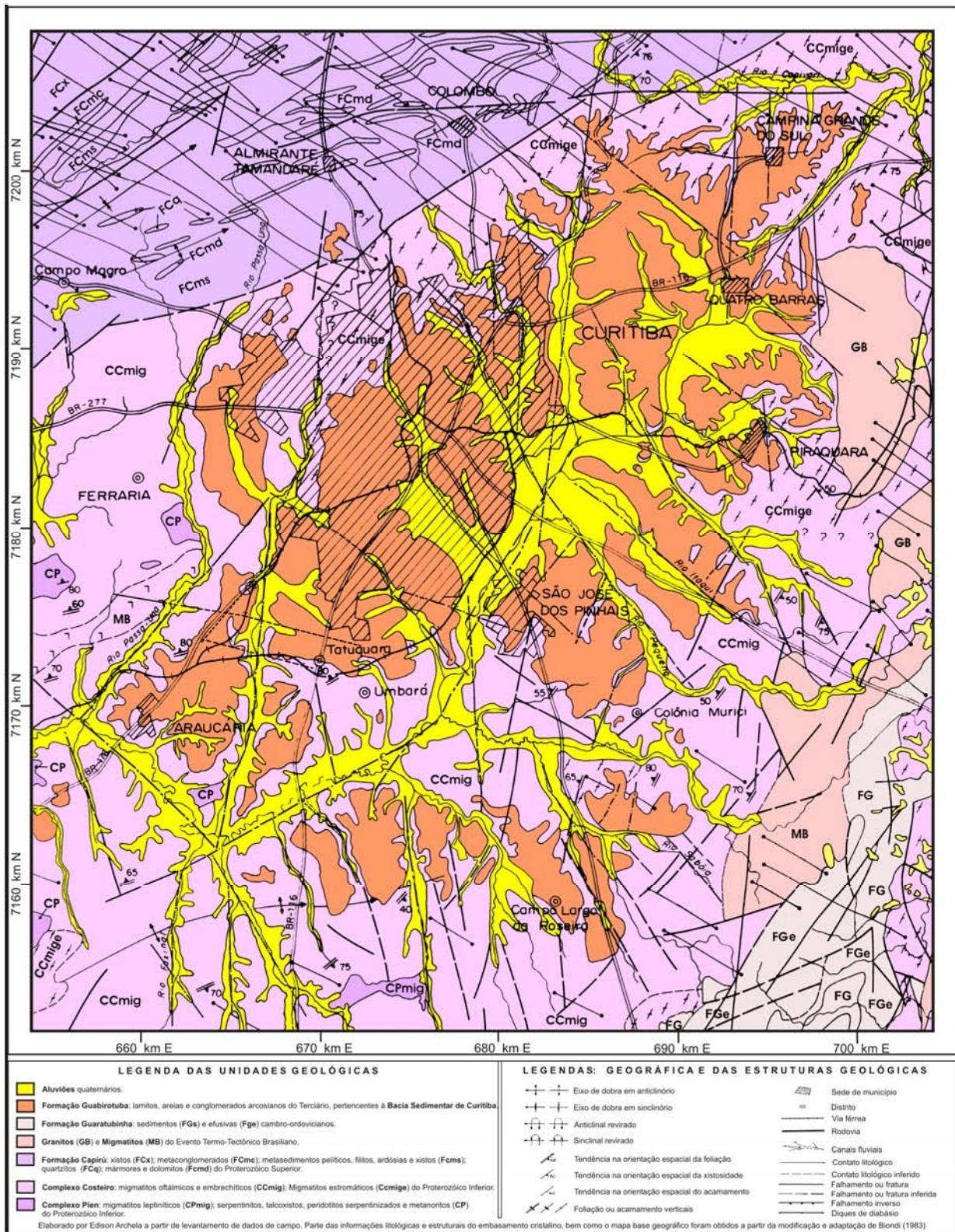


Figura 9 - Mapa Geológico da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR). Fonte: Archela (2004).

2. EVOLUÇÃO DOS CONHECIMENTOS SOBRE A BACIA SEDIMENTAR DE CURITIBA (Fundamentação Teórica)

Este capítulo trata, como o próprio título indica, do resgate de toda a documentação existente [resumos de eventos científicos, artigos científicos, dissertações de mestrados, teses de doutorados, relatórios técnicos (públicos e restritos), mapas temáticos, cartas, livros e manuais técnicos, e documentos não publicados], cronologicamente disposta, em formato evolutivo, para cada abordagem temática tratada, individualizada nas subdivisões do capítulo; a saber: - a evolução dos conhecimentos sobre a sedimentologia da Bacia de Curitiba (item “2.1. Litologias e ambientes de sedimentação”); - destaque a litologias importantes do ponto de vista paleoclimático e mineralogias importantes de interesse estratégico (item “2.2. Caliche, calcrete e lantanita”); - tectônica e sedimentação local (item “2.3. Tectonismo e sedimentação”); - as tentativas de estabelecimento de uma idade para os sedimentos, as datações relativas e as correlações estratigráficas (item “2.4. Datação relativa por correlação estratigráfica - a provável idade dos sedimentos”); - evolução da produção cartográfica (item “2.5. O registro cartográfico”); - resgate da temática hidrogeológica na Bacia e em seu substrato rochoso (item “2.6. Hidrogeologia”); e finalmente, - resgate das pesquisas com temática, essencialmente, ambiental (item “2.7. Trabalhos com enfoque ambiental”).

2.1. Litologias e Ambientes de Sedimentação

As primeiras pesquisas sistemáticas desenvolvidas no âmbito da Bacia Sedimentar de Curitiba tiveram início em 1907 com a organização do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil no Paraná.

Em fins deste mesmo ano, Euzébio Paulo de Oliveira, que prestava serviços como assistente em pesquisas de campo, assumiu a chefia dos serviços geológicos no Paraná e, acompanhado do geólogo americano I. B. Woodworth, numa viagem por todo o estado, para estudar os sedimentos glaciais paleozóicos, efetuaram o levantamento dos primeiros dados de campo relativos aos sedimentos hoje conhecidos como pertencentes à Bacia de Curitiba.

Os resultados destes primeiros anos de pesquisa possibilitaram a elaboração do primeiro mapa geológico do estado do Paraná, na escala 1:1.000.000, editado em 1925, onde as “camadas de Curitiba” já aparecem cartografadas e referidas, ainda que precariamente, ao Plioceno (OLIVEIRA, 1925).

O texto explicativo, porém, tornar-se-ia público somente em 1927, consumando assim a primeira edição da “Geologia do Estado do Paraná”. Nesse trabalho, no capítulo reservado ao período Terciário, aparecem as primeiras referências sobre a localização geográfica, as litologias, espessuras, provável idade, rocha-fonte e origem dos sedimentos da Bacia de Curitiba, como sugerem os seguintes trechos do texto original:

[...] Nas cabeceiras do Rio Iguassú, especialmente nos municípios de Curitiba, São José dos Pinhais e Araucária, sobre as rochas do complexo crystalino e abaixo das camadas de cascalhos quaternários e recentes, existem argillas verdes ou vermelhas, que temos referido provisoriamente à idade pliocenia, divisão mais recente do período terciário [...] As camadas vermelhas são constituídas de argillas vermelhas contendo abundantes seixos de quartzo, na maioria pouco rolados e manchas de argilla branca que mostram provirem da alteração de feldspathos [...] Tratando-se a argilla vermelha [...] consegue-se facilmente separar a argilla, ou lodo, dos seixos [...] poucos ou quasi nada rolados, ao passo que os pequenos estão bem arredondados [...] As camadas verdes não diferem das vermelhas senão pela cor [...] Os materiais que entram na constituição dessas argillas mostram que ellas provêm da desagregação de rochas graníticas [...] No seu mais adiantado estágio de alteração [...] Representa depósitos feitos em um lago existente no fim do período terciário [...] Podem ser synchronisadas com as argillas de São Paulo. A espessura [...] é bastante variável, mas pode-se tomar 50 metros como média (OLIVEIRA, 1927).

Euzébio Paulo de Oliveira, ressentindo-se da falta de estudos mais detalhados sobre a geologia no município de Curitiba, designou Paulino Franco de Carvalho para procedê-los, como complemento à sua "Monographia VI" (OLIVEIRA, 1927). O resultado desses estudos (CARVALHO, 1936) dedicados, quase que exclusivamente, aos sedimentos da Bacia de Curitiba, renderam, além de um texto explicativo mais completo, um primeiro esboço cartográfico, específico, da disposição dos sedimentos, onde nota-se uma melhor delimitação dos contornos norte da bacia e maiores detalhes das unidades litológicas e estruturas associadas.

Carvalho (1936) observou a predominância de "cascalhos grosseiros" nas bordas da bacia; e intercalações de lentes e "camadas entrecruzadas" de "areia grossa" na "argila fina plástica" para o centro da bacia, concluindo por uma seleção natural dos termos granulométricos em meio aquoso. A disposição na vertical da sucessão de "areias grossas" seguidas de "argila fina", aquela escavando esta, sugeriram-lhe um paleoambiente fluvial meandrante, com sucessivos ciclos recorrentes de regime "rápido" (fluxo turbulento) e, regime "tranquilo" (fluxo laminar), como fica evidente no trecho:

[...] logo que o regimem rápido cesse, a erosão é substituída pela sedimentação dos elementos finos, até que nova tormenta venha novamente cavar esses depósitos, deixando cavidades em forma de lentes, revestidas de seixos, que serão mais tarde recobertos de sedimentos finos, num novo regimem tranqüilo (CARVALHO, 1936).

Portanto, Carvalho (1936) alude a uma deposição em sistema fluvial meandrante, apontando ainda o rio Iguaçu como agente responsável pelo processo de sedimentação da bacia, como fica óbvio na seguinte frase: "Tudo faz crer se tratar de aluviões antigos do curso actual do Rio Iguassú e de seus afluentes de cabeceiras", contradizendo assim, a idéia vigente na época, que consagrava a denominação "*diluvium*" para tais tipos de depósitos, aos quais era atribuída uma

origem torrencial, num clima diferente do atual. Porém, o autor na mesma obra deixa dúvidas quanto ao ambiente e processos de sedimentação na bacia, quando diz que:

[...] não é impossível, entretanto, que o clima rigoroso do fim cenozóico, que produziu a notável glaciação do Norte da Europa, concorresse aqui para acumulação de neves nas fraldas occidentaes da Serra do Mar, de cuja fusão proviriam grandes massas d'água responsáveis pela estructura da Bacia (CARVALHO, 1936).

Em 1946, Fernando Flávio Marques de Almeida fez publicar as observações geológicas decorrentes de uma excursão feita ao sul do País, em 1940, em companhia de Luiz Flores de Moraes Rego (REGO & ALMEIDA, 1946). Nesse trabalho, no capítulo “Depósitos Terciários”, os autores destacaram a ocorrência de sedimentos idênticos aos dos arredores de Curitiba, ao longo da nova rodovia entre Capela da Ribeira e Curitiba:

[...] logo que se penetra na planície do Vale do Iguassú [...] e tudo leva a crer que se prolonguem continuamente até Curitiba e além, recobertas pelas mais modernas, e que delas só localmente se elevam ilhas do complexo brasileiro (REGO & ALMEIDA, 1946).

Analizando as litologias e estruturas pertinentes, esses pesquisadores interpretaram o processo de sedimentação reinante identificando uma deposição subaquática, em água corrente ou em planícies aluviais periodicamente inundadas, e correlacionaram, ainda, esse processo sedimentar ocorrido na capital paranaense com aquele responsável pela sedimentação da Bacia Sedimentar de São Paulo:

[...] mesmo processo sedimentar que no planalto paulistano deu origem às argilas variegadas de São Paulo; não se pode deixar de atender à similitude fisiográfica, desempenhando naquele o Rio Iguassú papel homólogo ao do Tietê na Capital paulistana, e é impossível deixar de atribuir a esses dois cursos d'água o papel de geradores, sob a ação de causas idênticas, dessas duas interessantes bacias sedimentares (REGO & ALMEIDA, 1946).

Bigarella (1948), por sua vez, sugeriu que os sedimentos da Bacia de Curitiba foram depositados em ambiente flúvio-lacustre, em águas bastante mineralizadas e provenientes de rios com nascentes na zona das rochas calcárias da “Série Açungui”.

Almeida (1952) relatando observações de campo feitas em 1950 na região de Castro, alertou para a ocorrência de sedimentos idênticos aos de Curitiba naquela região. Tratavam-se de sedimentos areno-argilosos dispostos a leste de Castro, até cerca de 15 km num relevo suave com desníveis de no máximo 60 metros, a uma altitude variável de 1000 a 1060 metros, com espessuras máximas observadas dos desníveis do relevo.

No tocante ao paleoambiente reinante no Pleistoceno, Bigarella & Salamuni (1957) consideraram que somente um clima semiárido poderia produzir um regolito capaz de dar origem aos depósitos fanglomerados da base da bacia (sic), posteriormente recobertos por sedimentos flúvio-lacustres. Esses mesmos autores (BIGARELLA & SALAMUNI, 1958a, 1958b) voltariam, mais tarde, a reunir vários trechos de obras de diversos autores, além de novos dados de campo, para reforçar a tese de que o clima semiárido seria o mais aceitável para o início do período Quaternário.

Em "Sinopse da Geologia do Estado do Paraná", Bigarella & Salamuni (1958c) sintetizaram os conhecimentos sobre a Bacia Sedimentar de Curitiba, embasados principalmente em Maack (1947). Logo em seguida, Bigarella & Salamuni (1959) voltaram a expor basicamente os mesmos dados e conclusões até então conhecidos. O texto seria apenas uma boa explanação dos conhecimentos até aqui adquiridos sobre a Bacia Sedimentar de Curitiba, não fosse uma frase onde acrescentam uma nova interpretação acerca do processo e ambiente deposicional:

[...] Ao que tudo indica, tais depósitos do Quaternário antigo foram sedimentados em leques aluvionais coalescentes. A sequência sedimentar, as estruturas e a situação dos depósitos em apreço são peculiares a tais tipos de ambientes (BIGARELLA & SALAMUNI, 1959).

Porém, já nessa época, esses autores vinham realizando intensos levantamentos de campo que, somados às análises sedimentológicas e dados de subsuperfície, provenientes de sondagens, puderam reunir muitas informações que lhes renderam a publicação de dois trabalhos, até então inéditos, sobre a Bacia Sedimentar de Curitiba. Neles, à luz do conhecimento intrínseco dos sedimentos, puderam interpretar de modo mais concreto o ambiente deposicional. Estas obras (BIGARELLA *et al.*, 1961; BIGARELLA & SALAMUNI, 1962) vêm preencher uma lacuna, até então existente, no conhecimento mais pormenorizado dos sedimentos da Bacia de Curitiba, no tocante à interpretação do ambiente deposicional e as propriedades físicas dos sedimentos.

Ficaram estabelecidas as diferenças existentes entre os depósitos de várzea e os depósitos considerados pleistocênicos, sendo que para os últimos, propuseram a denominação "Formação Guabirotuba", - por aflorarem as melhores exposições desses sedimentos no bairro homônimo (BIGARELLA *et al.*, 1961). No todo, a Formação Guabirotuba constituiria um conjunto de leques aluviais e de depósitos fluviais ou, ainda, possivelmente de "*playa*", cuja espessura máxima raramente ultrapassaria 60 metros.

Em resumo, as conclusões que os autores chegaram no tocante à deposição da Formação Guabirotuba, é de que esta se processou em clima semiárido, num ambiente de extensos leques aluviais coalescentes, marcados por canais divagantes de dimensões variadas e circulação periódica. As lentes de arcóseos dispersas nos "argilitos" representariam estes canais episódicos. Com

relação às maiores espessuras de "argilas" presentes nas partes mais centrais da bacia, os autores interpretam-nas como porções mais distais de corridas de lama, depositadas nas maiores depressões, num ambiente "playa-lacustre". Quanto à idade dos sedimentos, os mesmos autores passaram a admiti-la como plio-pleistocênica.

Na sequência evolutiva dos conhecimentos adquiridos sobre a região enfocada encontramos um importante trabalho de Ab'Saber & Bigarella (1961) de cunho essencialmente geomorfológico, objetivando resumir os antigos conhecimentos e acrescentar novos, tendo por base estudos geomorfológicos e sedimentológicos recentes. Esses autores estabeleceram e redefiniram quatro superfícies aplainadas para o Primeiro Planalto Paranaense e áreas contíguas:

- [...] 1) Superfície fóssil pré-devoniana, Paleoplano pré-devoniano ou, superfície fóssil enterrada pelos sedimentos basais da Formação Furnas (Maack, 1947);
- 2) Superfície do Purunã, de cimeira dos planaltos, e de eversão em relação à superfície pré-devoniana, de idade cretácico-eocênica aproximada;
- 3) Superfície do Alto Iguaçu (Almeida, 1955), inter-planáltica típica; e
- 4) Superfície de Curitiba, intermontana ou inter-planáltica...fecho da sedimentação da Formação Guabirotuba (AB'SABER & BIGARELLA, 1961).

Na esteira de pesquisas de cunho essencialmente geomorfológico, cita-se Mousinho & Bigarella (1965), Bigarella *et al.* (1965), Bigarella & Mousinho (1965), e Ab'Saber (1966). As descrições e discussões acerca dos ciclos erosivos e sua influência na deposição dos sedimentos não diferem, em essência, daqueles observados nos trabalhos sob enfoque essencialmente geológico, até então realizados. Canali & Muratori (1981), por sua vez, elaboraram uma síntese da evolução geológica da Bacia de Curitiba, sob o prisma geomorfológico. Nesse trabalho, desenvolvido com propriedade, os autores organizaram os conhecimentos

esparsos numa sequência evolutiva, e apontaram as questões ainda não resolvidas para um completo conhecimento sobre as condições genéticas e evolutivas da Bacia Sedimentar de Curitiba.

Becker (1982), por sua vez, valendo-se de critérios estritamente geomorfológicos, subdividiu a Formação Guabirotuba em duas unidades distintas. Para os sedimentos basais da Formação Guabirotuba, no *sensu lato*, depositados durante a elaboração da superfície de aplainamento Pd₂ (Superfície do Alto Iguaçu), manteve a denominação "Formação Guabirotuba", no *sensu stricto*. Para a sequência superior, separada da primeira por uma discordância erosiva irregular esculpida em época de clima úmido, e depositada durante a elaboração da superfície de aplainamento Pd₁ (Superfície de Curitiba) vigente em nova época de clima semiárido, reservou a denominação "Formação Tinguis". Observou, ainda, pedimentos (P₂ e P₁) presentes no topo desta última unidade, os quais representariam duas fases de alternâncias climáticas, úmidas para semiáridas.

Becker (1982) propôs ainda a denominação "Formação Boqueirão" para os sedimentos arenáceos que jazem discordantemente sobre os migmatitos da região, individualizando-os dos depósitos mais recentes (holocênicos), representados pelos baixos terraços siltico-argilosos e rampas colúvio-aluviais.

Pelo que nos apresenta, Becker (1982) não encontrou diferenças litológicas ou estruturais entre as formações "Guabirotuba" e "Tinguis", e mesmo as análises granulométricas não conferiram grandes discrepâncias entre estas duas unidades, embora considere a Formação Tinguis como produto do retrabalhamento dos sedimentos Guabirotuba.

Ao que tudo indica, o reconhecimento da Formação Tinguis, em campo, seria possível somente pela sua coloração avermelhada, ao passo que a

coloração cinza-esverdeado estaria restrita à Formação Guabirotuba, em *sensu stricto*.

A ocorrência de pequenos e esparsos depósitos sedimentares, cujas litologias assemelham-se àquelas verificadas na Bacia de Curitiba, estão presentes em várias outras localidades, e são relativamente comuns na literatura, como em Rego & Almeida (1946) Almeida (1952), já citados. Fuck (1966) também chama a atenção sobre um sedimento rudáceo, constituído principalmente por seixos de quartzo, quartzito e arenitos da Formação Furnas, mergulhados em matriz avermelhada, areno-argilosa muito pouco consolidada, preenchendo um canal escavado na Formação Furnas, presente num corte da rodovia BR 104, o qual, correlaciona com os sedimentos da Formação Guabirotuba.

Archela (1989), procedendo a pesquisas sobre a faciologia e ambientes de sedimentação na Bacia de Curitiba, efetuou um estudo comparativo das feições estruturais maiores e dos modelos faciológicos deposicionais presentes em Curitiba, correlacionando-os àqueles presentes nas bacias sedimentares de São Paulo (SP), Taubaté (SP), Resende (RJ) e Volta Redonda (RJ). Nesse modelo foram reconhecidas um total de cinco fácies sedimentares, das quais, três são comuns a todas as bacias sedimentares (Curitiba, São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda), são elas: fácies proximal de leques aluviais (conglomerática), fácies distal de leques aluviais (lamítica), e fácies fluvial entrelaçado, sucedidas pela implantação, em tempos mais recentes, de um sistema fluvial meandrante. Observou ainda, não serem reconhecidos sedimentos finos típicos de fácies lacustre para os sedimentos terciários da Bacia de Curitiba. As semelhanças de associação de litofácies, de suas composições litológicas, minerais e de granulometria, de suas colorações, e de disposições e relações de contato, bem como do arcabouço

estrutural do embasamento, comum a todas as bacias, indicam que todas tiveram uma evolução comum.

Archela (1990, 2004) concluiu que o preenchimento sedimentar na Bacia de Curitiba poderia ser interpretado por uma sucessão de fácies, pertencentes a um ambiente de extensos leques aluviais coalescentes, associados a drenagens do tipo fluvial entrelaçado (*braided*). Os termos rudáceos, embora pouco comuns e localmente associados às bordas da bacia, representariam uma fácie aluvial proximal, seguidos de argilitos seixosos ou arenosos representantes de uma fácie mais distal, sendo ocasionalmente retrabalhados por drenagens episódicas representadas pelas lentes de areias arcoseanas intercaladas nas argilas.

Ainda Archela (1990), após tratamento estatístico dos resultados das análises granulométricas de várias amostras obtidas em superfície, verificou a predominância da fração siltico-argilosa sobre a fração com granulometria superior a 0,062 mm. Com referência ao material arenoso, verificou a predominância da fração grossa, na faixa de 57 %; enquanto cerca de 37% apresentam diâmetro médio correspondente a areia média e apenas 6 % a areia fina.

Posteriormente, vários trabalhos com diferentes enfoques temáticos foram desenvolvidos no âmbito da Bacia Sedimentar de Curitiba: Coimbra *et al.* (1996); Salamuni (1998), Lavorante *et al.* (2000), Sant'Anna & Riccomini (2001), Salamuni & Stellfeld (2001), Sansonowski (2003), Archela (2004), Riffel (2005), Archela (2006), Archela & Coimbra (2006), Ribeiro (2007), Archela & Yamamoto (2007, 2008a, 2008b, 2008c) e Sirtoli *et al.* (2008). Porém, destacam-se os trabalhos de Coimbra *et al.* (1996), Salamuni (1998) e Archela (2004) no que se refere à busca de um modelo faciológico, geocronológico e genético-evolutivo para os sedimentos.

Coimbra *et al.* (1996) trazem uma novidade sobre as fácies sedimentares identificadas na Bacia de Curitiba. Além das fácies leques aluviais e fácies fluvial entrelaçado, identificam uma fácie fluvial meandrante para a qual eles propõem a hierarquia de formação, denominando-a Formação Piraquara:

[...] Sobre a Formação Guabirotuba, em contatos bruscos a transicionais, são encontrados sedimentos com estratificação plano-horizontal, granodecrescentes de areias a argilas, com marcas de raízes, de cores avermelhadas a esbranquiçadas, por vezes intercalados a camadas arenosas em arranjo sigmoidal. Estes depósitos são atribuídos a sistema fluvial meandrante, contendo argilas de planície de inundação intercaladas a areias de rompimento de dique marginal, sendo aqui proposto para eles a designação de Formação Piraquara. Esta unidade resta como pacotes delgados (3-5m) em testemunhos isolados, sempre em posição de topo de colinas na área da Bacia de Curitiba. Quando a passagem da Formação Guabirotuba para os sedimentos meandrantes da Formação Piraquara é gradacional ocorrem intercalações de níveis centimétricos de areias arcoseanas (15-20cm) com níveis argilosos esbranquiçados (5-10cm). A unidade proposta, Formação Piraquara, não se confunde com a unidade definida por Becker (1982), Formação Tinguis, que corresponde a produto de alteração intempérica da Formação Guabirotuba. (COIMBRA *et al.*, 1996).

Salamuni (1998) objetivou estabelecer um modelo tectono-sedimentar para a Bacia de Curitiba, muito parecido com aqueles estabelecidos para as bacias de São Paulo e Taubaté. Procurou demonstrar, também, através de modelos digitais de terreno (MDT), possíveis relações entre a frequência de ocorrência das classes granulométricas (grossos/finos) e os processos sedimentares reinantes, inclusive com fases de retrabalhamento (Formação Tinguis).

Archela (2004), por sua vez, enfocou em suas pesquisas a faciologia e ambientes de sedimentação presentes na Bacia de Curitiba, propondo um modelo faciológico composto por quatro fácies sedimentares distintas: a primeira, constituída por orto e para-conglomerados polimíticos, que associou às porções proximais de leques aluviais; a segunda, constituída por arenitos e lamitos conglomeráticos, julgou

ser condizente com as porções medianas de leques aluviais; a terceira, apresentando lamitos silto-argilosos mais homogêneos, associou às porções mais distais de leques aluviais; e a quarta fácies, constituída predominantemente por depósitos arenosos, granulométrica e mineralogicamente mais selecionados, por vezes ostentando estratificações cruzadas, refletiria um retrabalhamento do grande aporte de material aluvial por águas de drenagens mais perenes, condizentes com a fácies fluvial entrelaçado (*braided*).

A interpretação das distribuições dos sedimentos aflorantes permitiu a Archela (2004) esboçar uma tendência geral da distribuição faciológica na bacia, onde as quatro fácies sofreriam uma variação lateral, da borda para o centro da bacia, segundo o modelo: leques aluviais proximais, sucedidos por leques aluviais medianos, sucedidos por lamitos da fácies distal dos leques aluviais, finalmente sucedidos pela fácies fluvial entrelaçado. Concordou, ainda, que os sedimentos preenchem um arcabouço estrutural, nitidamente tectônico, integrante do “*Rift Continental do Sudeste do Brasil*”, descrito e denominado por Riccomini (1989).

2.2. Caliche, Calcrete e Lantanita

A primeira referência literária à ocorrência de caliches na Bacia Sedimentar de Curitiba foi feita por Bigarella (1948) que, estudando os calcários da “Série Açuengui”, também observou que camadas e cunhas de carbonatos ocorriam intercaladas em alguns níveis dos extratos sedimentares em Curitiba; para os quais, afirmou terem sido depositados em ambiente flúvio-lacustre, em águas bastante mineralizadas e provenientes de rios com nascentes na zona de rochas calcárias da “Série Açuengui”. Dentre as várias citações, uma interessante é a que se refere a um

"banco de marga" com cerca de cinco metros de espessura que ocorre em um poço tubular profundo, perfurado na localidade do Bairro do Seminário.

Com relação às "lantanitas de Curitiba", a primeira referência literária foi feita por Coutinho (1955b) que, durante pesquisas realizadas nos arredores de Curitiba, observou pequenos cristais "ametistinos" em amostras de sedimentos; e que, posteriormente, analisados em laboratório, viriam a se constituir na primeira ocorrência brasileira de lantanita, um mineral de terras raras do grupo do cério ($\text{La}, \text{Di}, \text{Ce})_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$). Procurando explicar a gênese desse raro mineral nos sedimentos de Curitiba, Coutinho inclinou-se pelo processo pedogenético, o qual lhe pareceu mais razoável.

Depois disso, apenas em 1973 haveria nova referência sobre as "lantanitas"; quando Berg & Lourenço (1973), ao estudarem a composição mineralógica das argilas presentes nos sedimentos da Bacia de Curitiba, observaram a presença de carbonatos de terras raras em algumas amostras. As análises químicas revelaram a presença de neodímio, praseodímio e lantânio como principais elementos constituintes. Quanto à mineralogia das argilas observam que "a montmorillonita parece predominar sobre outras composições".

Dois trabalhos de cunho mineralógico, ambos focalizando a "lantanita de Curitiba", voltariam a aparecer na literatura alguns anos mais tarde: Fujimori (1981), e Svisero & Mascarenhas (1981). Fujimori, procedendo a análises qualitativas (espectroscopia de raios X) e quantitativas (diagramas de pó), observou um alto teor de neodímio em relação ao de lantânio, além da riqueza em samário e praseodímio e ausência de cério. E por não ocorrer na literatura, qualquer mineral com essas características obtidas para a "lantanita de Curitiba", propõe o nome de "Coutinita", em homenagem ao descobridor (COUTINHO, 1955b).

Svisero & Mascarenhas (1981), por sua vez, efetuando as mesmas análises na “lantanita” coletada em outra ocorrência da mesma bacia, e comparando os seus resultados com os da literatura, optam pela adoção do termo “neodimita” para o mesmo mineral, em substituição ao termo “lantanita”, como já havia proposto Ansell *et al.* (1976, *apud* FUJIMORI, 1981). Porém, justificando a falta de conhecimentos pormenorizados sobre todas as variações de composição entre a lantanita e a neodimita, julgam prematura a sua caracterização como uma nova espécie mineral.

Por outro lado, Coimbra & Riccomini (1985), visando esclarecer as condições genéticas sobre as ocorrências de caliche e lantanitas presentes nas bacias sedimentares de Curitiba (PR), Taubaté (SP) e Resende (RJ), aventaram uma origem comum a partir da exposição aérea de lamitos de leques aluviais oriundos de corridas de lama, com consequente ressecamento sob condições de semiaridez climática. A fonte de Ca⁺⁺ estaria ligada à riqueza em feldspatos das rochas do embasamento Pré-Cambriano e alcalinas vizinhas. Concluem, ainda, que a formação de “lantanita (Nd) [...] um mineral tão raro em litologias e ambientes de sedimentos tão semelhantes, leva a crer que estes depósitos, nas diferentes bacias, tenham sido, se não sincrônicos, formados em tempos não muito distantes” (COIMBRA & RICCOMINI, 1985).

Sob a mesma ótica, Coimbra *et al.* (1989), pesquisando a “lantanita (Nd)” da Formação Caçapava da Bacia de Taubaté, no município de Santa Isabel (SP), observaram propriedades físicas, ópticas, químicas, e formas de ocorrência, análogas àquelas encontradas na “lantanita (Nd) de Curitiba”. Quanto ao aspecto genético dos elementos terras-raras, os autores concordaram com uma provável precipitação destes a partir de soluções enriquecidas de sulfato, as quais poderiam

ter reagido com o carbonato dos calcretes. As terras raras poderiam ainda ter sido liberadas pela dissolução dos minerais pesados encontrados nos sedimentos, ou no embasamento metamórfico e pegmatítico; podendo, também, ter permanecido absorvidas em solos laterizados, argilitos, calcretes, matéria orgânica, ou até mesmo em óxido de manganês. Sugeriram, ainda, a possibilidade de influência hidrotermal na gênese de caliche e “lantanita (Nd)”, uma vez que a ocorrência de Santa Isabel é adjacente à falha geológica de Parateí, e o caliche da Bacia de Resende está localizado em uma estrutura positiva.

Referências sobre a gênese dos calcretes presentes nas bacias que integram o “*Rift Continental do Sudeste do Brasil*” é feita ainda por Riccomini *et al.* (1996) e Sant’Anna (1999). Nesse último trabalho, a autora comparou os sedimentos argilosos (do grupo das esmectitas) das bacias sedimentares de Resende (RJ), Volta Redonda (RJ), Taubaté (SP), São Paulo (SP), Itaboraí (RJ), Sete Barras (SP) e Curitiba (PR), concluindo que a matriz dos sedimentos lamíticos dos sistemas de deposição em leques aluviais é constituída essencialmente por:

[...] esmectitas (beidellitas) de origem detritica [...] atribuída a processos de neoformação atuantes durante a **geração de paleossolos a partir da alteração das rochas pré-cambrianas** do embasamento do ***Rift Continental do Sudeste do Brasil***, no **Eoceno Inferior a Médio**, quando as **condições climáticas tendiam à aridez** e o relevo havia sido aplainado pela Superfície Sul-Americana, no final do Cretáceo Superior a Paleógeno. Nesse contexto paleogeográfico e paleoclimático, **o intemperismo químico atuou no sentido de homogeneizar mineralógica e geoquimicamente os produtos de alteração, em escala regional**. [...] O intemperismo químico atuou sobre os depósitos paleogênicos do RCSB desde sua deposição, tendo permitido a formação de halloysitas, **calcretes pedogenéticos** (SANT’ANNA, 1999, destaque em negrito nosso).

2.3. Tectonismo e Sedimentação

A primeira referência, na literatura, a uma possível contribuição da tectônica para a gênese da sedimentação da Bacia de Curitiba foi feita por Bigarella & Salamuni em 1957. Nesse trabalho, os autores tecem algumas considerações gerais sobre a natureza dos sedimentos em questão, concordando com pesquisadores antecessores em que o rio Iguaçu seria o grande responsável pela sedimentação da Bacia de Curitiba. Evocaram, porém, a necessidade de uma tectônica contemporânea à gênese da bacia:

[...] quando em épocas passadas, durante o pleistocênio [...] este sofreu um **represamento tectônico** [...] em um ponto ainda desconhecido situado a algumas dezenas de quilômetros a jusante de Curitiba [...], com a consequente inundação das áreas à montante, palco este de intenso assoreamento, o qual resultou num pacote sedimentar de [...] no máximo 100 metros de espessura [...] distribuído por uma superfície com [...] cerca de 60 x 50 km [...] A paisagem de então apresentava inúmeros lagos ao lado de extensas planícies de inundação onde meandravam os rios (BIGARELLA & SALAMUNI, 1957; destaque em negrito nosso).

Para explicar a atual topografia do relevo na área, os mesmos autores admitem um rompimento do represamento tectônico, através da erosão contínua pelo rio Iguaçu, rebaixando o nível de base local e, consequentemente, entalhando os vales das atuais drenagens locais. Para explicar as extensas várzeas “planas e úmidas” situadas ao sul e a leste da cidade de Curitiba, invocam um novo represamento, “muito mais recente [...] provavelmente no início do Holoceno” (BIGARELLA & SALAMUNI, 1957).

Já nessa época, estes mesmos autores começaram a colecionar as informações geológicas de subsuperfície, provenientes das descrições de amostras de calha obtidas das perfurações de poços tubulares profundos na região (obtidas

junto à Companhia T. Janér - empresa de perfuração de poços artesianos). A interpretação desses dados de sondagens permitiu-lhes vislumbrar um embasamento "gnáissico", cuja paleotopografia apresentava-se mais acidentada que a atual, com formas suaves passando bruscamente para declives abruptos de vários metros de desnível, a qual assemelharam-na à paleosuperfície do assoalho da Bacia Sedimentar de São Paulo (BIGARELLA *et al.*, 1961).

Posteriormente, Fuck (1967a, 1967b), trabalhando com fotografias aéreas, observou que em áreas de ocorrências de sedimentos atribuíveis à Formação Guabirotuba ocorriam padrões estruturais com notáveis alinhamentos retilíneos, notadamente ao longo dos principais vales. Fuck (*op cit.*), suspeitou refletirem linhas de fratura do embasamento da bacia às quais os sedimentos teriam se adaptado. Rejeitos, presentes nos sedimentos, de até 0,20 centímetros (*sic*) observados em campo pelo mesmo autor, lhe sugere reativação muito mais recente. Bigarella & Salamuni (1962) já haviam assinalado uma pequena falha inversa nos sedimentos, ao longo da rodovia BR 02 (atual BR 116) próxima ao trevo do município de Quatro Barras, a qual encontra-se encoberta atualmente, conforme Fuck (1967a).

Davino (1980), em um trabalho pioneiro no campo da Geofísica, elaborou um mapa gravimétrico preliminar para a Região Metropolitana de Curitiba. Nele observou dois tipos de anomalias locais, correspondentes aos resíduos gravimétricos entre a carta Bouguer e a carta regional. A primeira, com formas lineares, correlacionou a estruturas planares do embasamento (falhas, lineamentos, foliações, etc.); e a segunda, com formas circulares ou alongadas, atribuiu a altos ou baixos do embasamento.

Numa análise mais detalhada deste mesmo mapa gravimétrico, em associação com mapas geológicos e dados de perfurações de poços tubulares profundos (para fins de exploração de água subterrânea) na Bacia Sedimentar de Curitiba, Muratori *et al.* (1982) observaram uma tendência no espessamento dos sedimentos de sudoeste para nordeste que atribuíram ao soerguimento de uma plataforma triangular, a sudeste da área, a qual estaria delimitada por duas falhas principais: uma de direção SSW-NNE e outra de direção, aproximadamente, E-W. Desse modo, concluem que a paleogeografia da bacia esteve sob ação de uma tectônica recente, capaz de influir significativamente no represamento estrutural dos sedimentos da Formação Guabirotuba.

Já Riccomini (1988), por sua vez, sugeriu que os sedimentos da Bacia de Curitiba pertenceriam ao mesmo contexto tectônico regional que condicionou a sedimentação nas bacias de São Paulo (SP), Taubaté (SP), Volta Redonda (RJ), Resende (RJ) e Itaboraí (RJ).

Archela (1989, 1990), procedendo a pesquisas sobre a faciologia e ambientes de sedimentação na Bacia de Curitiba, efetuou um estudo comparativo das feições estruturais maiores e dos modelos faciológicos deposicionais presentes em Curitiba, correlacionando-os àqueles presentes nas bacias sedimentares de São Paulo (SP), Taubaté (SP), Resende (RJ) e Volta Redonda (RJ) de Melo *et al.* (1985a). As importantes similaridades encontradas sugeriram-lhe incluir, tentativamente, a Bacia de Curitiba no mesmo contexto tectônico-deposicional das demais bacias tafrogênicas.

Salamuni, por sua vez, desenvolveu extensa pesquisa com vistas à elaboração de tese de doutorado, enfocando essencialmente o caráter tectônico na gênese da sedimentação da Bacia de Curitiba (SALAMUNI & EBERT, 1994, 1997;

SALAMUNI *et al.*, 1994; SALAMUNI *et al.*, 1997a, 1997b, SALAMUNI, 1998). O autor reconheceu uma estruturação em calha para o embasamento cristalino, com direção NE-SW, à semelhança de Davino (1980) e Muratori *et al.* (1982), e compactuou da tese de uma reativação mais recente de antigas linhas de rupturas dos metamorfitos do embasamento, preconizados por Fuck (1967a, 1967b), Riccomini (1988) e Archela (1989, 1990). Salamuni (1998) deduziu a possibilidade de esforços tensionais (o mesmo que tracionais) reinantes nos sedimentos da Formação Guabirotuba, sendo compostos por: dois pares de tensão máxima - nas direções ENE-WSW (baixo ângulo) e N-S (médio ângulo); um par de tensão intermediária - com direção NW-SE (alto ângulo); e um par de tensão mínima - variando entre NNW-SSE e N-S (horizontal). Esses esforços seriam resultantes de um evento de deformação por compressão generalizada, acompanhado de alívios advindos de movimentos transtensionais e transpressionais. Segundo o pesquisador, os sedimentos teriam sido depositados, inicialmente, numa calha em forma de hemi-*graben*, passando posteriormente para a conformação romboedral. O autor concluiu, ainda, que as modificações de paisagens mais atuais, que influíram nas disposições das redes de drenagens e formações das aluviações, poderiam estar relacionadas a um evento tectônico ainda mais recente.

Na literatura mais atual, a Bacia Sedimentar de Curitiba tem sido citada, invariavelmente, como integrante do rol das bacias tafrogênicas que compõem o “Rift Continental do Sudeste do Brasil” (RICCOMINI, 1989). A concordância com uma gênese tectônica sincrônica, ou ao menos tardia, porém partícipe do mesmo contexto de sedimentação das bacias de São Paulo (SP), Taubaté (SP), Volta Redonda (RJ), Resende (RJ) e Itaboraí (RJ) é unânime, conforme podemos notar nos trabalhos de Archela (2004, 2006), Archela & Coimbra

(2006), Salvador (1994), Riccomini (1989), Riccomini *et al.* (1996), Sant'Anna (1999), Sant'Anna *et al.* (1999), Sant'Anna & Riccomini (2001), Riccomini *et al.* (2004), Salamuni *et. al.* (1999), Salamuni *et al.* (2004), Ribeiro (2007), Archela & Yamamoto (2007, 2008a, 2008b, 2008c).

2.4. Datação Relativa por Correlação Estratigráfica

Desde as primeiras pesquisas, mais precisamente na primeira edição da “Geologia do Estado do Paraná” (OLIVEIRA, 1927), a questão da idade dos sedimentos da Bacia de Curitiba já era proposta com incerteza. Nesse trabalho, no capítulo reservado ao período Terciário, aparecem as primeiras referências sobre a localização geográfica, as litologias e provável idade dos sedimentos da Bacia de Curitiba, conforme as citações de trechos do original:

[...] Nas cabeceiras do Rio Iguassú, especialmente nos municípios de Curitiba, São José dos Pinhais e Araucária, sobre as rochas do complexo crystalino e abaixo das camadas de cascalhos quaternários e recentes, existem argillas verdes ou vermelhas, **que temos referido provisoriamente à idade pliocenia, divisão mais recente do período terciário** [...] Representa depósitos feitos em um lago existente no fim do período terciário [...] **Podem ser synchronisadas com as argillas de São Paulo** (OLIVEIRA, 1927; destaque em negrito nosso).

Anos mais tarde, Carvalho (1936) em trabalho mais detalhado e específico sobre os sedimentos em questão, deixa em aberto a idade pliocênica, referida por Oliveira (1927), porém, frisa o caráter recente destes depósitos aludindo, nas entrelinhas, a uma possível idade pleistocênica.

Na celebre obra “Geologia do Brasil” (OLIVEIRA & LEONARDOS, 1943), a Bacia Sedimentar de Curitiba é rapidamente mencionada; porém, digno de nota, é que os autores o fazem no capítulo referente ao período Quaternário,

demonstrando, assim, a preferência particular pela idade pleistocênica, uma vez que, como frisamos acima, Carvalho (1936) não opinou formalmente pela idade pleistocênica, como afirmam, textualmente, Oliveira & Leonards (1943).

Já, Rego & Almeida (1946) destacaram em seu trabalho, no capítulo reservado aos “Depósitos Terciários”, a ocorrência de sedimentos idênticos aos dos arredores de Curitiba, ao longo da nova rodovia entre Capela da Ribeira e Curitiba, opinando claramente por uma idade mais antiga, a exemplo de Oliveira (1927).

Maack (1947), por sua vez, refere-se ao período Terciário, nos estados do Paraná e Santa Catarina, como o período em que não houve sedimentações importantes, reservando a este, uma “época” de acentuada erosão com a formação da atual superfície:

[...] Até agora, não foram verificados sedimentos do terciário. Representa o terciário um período de movimentos tectônicos, equilibrando tensões da crosta terrestre, relacionados com a fase andina da orogenia alpina que produziu falhas na orla continental (MAACK, 1947).

Maack (*op cit.*) salientou que o “tectonismo de falha” poderia ter começado no final do período Cretáceo, acompanhado pela ascensão de magmas alcalinos, e que o final do período Terciário seria marcado pelo fim do processo de esculpimento do plano de denudação que corta entre 850 e 950 metros (sobre o nível do mar) o complexo cristalino, desde a Serra do Mar até a Cuesta Devoniana, denominado por ele próprio de “Primeiro Planalto Paranaense”. Só então é que se implantaria, com o início do período Quaternário, a deposição dos sedimentos da Bacia de Curitiba.

Coutinho (1955a), estudando a geologia e petrografia da região sul de Piraí do Sul, encontrou sob grande parte desta cidade e ao sul e leste do rio Piraí,

sedimentos arenosos e argilosos, cujas amostras "lemboram bastante as de sedimentos da Bacia de São Paulo ou da de Curitiba"; referindo-os, ainda que com dúvidas, ao Pleistoceno.

Em 1956 foi editado o primeiro mapa geológico da Bacia Sedimentar de Curitiba (BIGARELLA, 1956) onde as "camadas de Curitiba" foram referidas ao Pleistoceno. A opção pelo início do período Quaternário deve-se à interpretação de que ao menos o início da sedimentação estaria associado a um clima semiárido (BIGARELLA & SALAMUNI, 1957).

Esses mesmos autores voltariam, mais tarde, a reunir vários trechos de obras de diversos autores, além de novos dados de campo, para reforçar a tese de que o clima semiárido seria o mais aceitável para o início do período Quaternário (BIGARELLA & SALAMUNI, 1958a, 1958b). Porém, um ano mais tarde, os mesmos, passam a admiti-la como plio-pleistocênica (BIGARELLA *et al.*, 1961; BIGARELLA & SALAMUNI, 1962).

Objetivando elucidar as variações climáticas no período Quaternário, Bigarella (1964), apoiado nos parâmetros sedimentológicos e na datação radiométrica pelo método do C¹⁴, delimita a transição entre o período semiárido e início do clima úmido na Bacia de Curitiba (2.420 ± 220 anos), fazendo-se valer de um fragmento de madeira carbonizado encontrado na transição entre as camadas arenosas e siltico-argilosas das várzeas holocênicas, em terrenos da "Estação Experimental do Trigo", nos arredores de Curitiba.

Anos mais tarde, porém, Bigarella (1971) viria reconsiderar suas conclusões, salientando que aquela datação marcaria o limite da última fase de coluviação local:

[...] não fornecendo propriamente a idade da transição climática da época mais seca, do tipo semi-árido (responsável pela deposição das camadas rudáceas-arenáceas) para época de clima mais úmido (BIGARELLA, 1971).

Deste último trabalho, constam ainda duas datações na região em apreço, ambas situando no tempo as mudanças climáticas responsáveis pelos processos de coluviação generalizados na área (as duas em torno de 18.000 anos).

Nos anos subsequentes, a área focalizada é tratada, no todo ou em parte, em trabalhos de cunho essencialmente geomorfológico, como se observa em Mousinho & Bigarella (1965), Bigarella, Mousinho & Silva (1965), Bigarella & Mousinho (1965) e Ab'Saber (1966). Nesses trabalhos, as superfícies de aplainamentos e os pedimentos, descritos e discutidos, sugerem uma sucessão de erosões e sedimentações compatíveis com aquelas interpretadas sob o ponto de vista essencialmente geológico, porém não esclarecem as relações genéticas tectono-sedimentares e, muito menos, a cronologia dos depósitos.

A segunda referência à presença de fósseis na Formação Guabirotuba, considerada afossilífera pela maioria dos estudiosos, é feita por Azevedo (1981). Analisando sedimentos coletados no sítio urbano de Curitiba, esse autor identificou micro-organismos do grupo dos thecamoebianos de *habitat* dulcícola ou mixohalinos associados na matéria orgânica celular, sub-coloidal, linhítica, tranqueítica e ficofítica, além de constatar a presença de esporos e pólens. Do ponto de vista geocronológico, a ocorrência de tecamebas das famílias Cryptodifluigiidae Arcellidal e Amphitrematide no topo (*sic*) da Formação Guabirotuba, pressupõem idade pleistocênica para a mesma. Contudo, reconhece a necessidade de se estender essas análises às porções basais do estrato

sedimentar, a fim de se comprovar, ou não, um possível início pleistocênico para a sedimentação da bacia.

Com referência, ainda, à idade dos depósitos da Bacia de Curitiba, Becker (1982) em trabalho essencialmente geomorfológico, comenta as dificuldades em obter-se uma datação absoluta, dada a inexistência de fósseis. Porém, esclarece que uma datação relativa, embasada em critérios puramente geomorfológicos, enfrenta problemas, de certa forma, intransponíveis. A superfície fóssil (Pediplano Pd₂) escavada em rochas do embasamento cristalino, durante a qual depositaram-se sedimentos da base da Formação Guabirotuba, aqui referidos como Formação Guabirotuba em *sensu stricto*, é de idade incerta, dado ao caráter antigo das citadas rochas. Becker (*op cit.*), no entanto, interpreta-a como tendo ocorrido durante o Plioceno Inferior.

Já o membro inferior da Formação Tinguis teria sido depositado por ocasião da elaboração do Pediplano Pd₁, durante o Plioceno Superior e o Pleistoceno Inferior, numa nova época semiárida e, por fim, a sedimentação da Formação Boqueirão teria ocorrido durante o Pleistoceno Superior, num ambiente de amplos vales com canais anastomosados prevalecentes sob condições climáticas mais severas, as quais precederam ao clima atual, responsável pela deposição das aluviões modernas.

Por outro lado, Coimbra & Riccomini (1985) sugeriram idades bem mais antigas para a Formação Guabirotuba. Em trabalho visando esclarecer as condições genéticas sobre as ocorrências de caliche e lantanitas presentes nas bacias sedimentares de Curitiba (PR), Taubaté (SP) e Resende (RJ), esses pesquisadores concluíram por uma origem comum para as mesmas, sob condições

de semiaridez climática. Quanto à presença da “lantanita (Nd)”, os autores são enfáticos:

[...] um mineral tão raro em litologias e ambientes de sedimentos tão semelhantes, leva a crer que estes depósitos, nas diferentes bacias, tenham sido, se não sincrônicos, formados em tempos não muito distantes (COIMBRA & RICCOMINI, 1985).

Riccomini (1988), por sua vez, sugeriu o período Terciário Inferior para o início da sedimentação da Formação Guabirotuba, baseando-se principalmente nas datações palinológicas preliminares da Formação Alexandra (Mioceno Inferior) tida como contemporânea à Formação Guabirotuba.

A partir de então, embora nunca tenha sido possível o estabelecimento de uma idade definitiva para a Formação Guabirotuba, o Período Terciário inferior tem sido amplamente aceito como a idade mais provável para o início da sedimentação na Bacia de Curitiba. É o que se observa nos trabalhos subsequentes, como os de Archela (1989, 1990, 2004), Salamuni *et al.* (1994), Salamuni & Ebert (1994, 1997), Riccomini *et al.* (1996), Coimbra *et al.* (1996), Salamuni *et al.* (1997a, 1997b), Salamuni (1998), Sant’Anna (1999), Sant’Anna *et al.* (1999), Sant’Anna & Riccomini (2001), Salamuni & Stellfeld (2001), Sansonowski (2003), Salamuni *et al.* (2004), Archela & Yamamoto (2007, 2008c).

A terceira referência à presença de fósseis na Formação Guabirotuba é feita por Liccardo & Weinschütz (2010) que anunciam a descoberta inédita dos primeiros fósseis de vertebrados na bacia. Esta descoberta agora é amplamente aceita pela comunidade científica; apesar de pontualmente localizada. A partir de então, a bacia deixa de ser encarada como afossilífera. Os vertebrados encontrados foram descritos como um dente de crocodiliforme e vários fragmentos ósseos indeterminados. Rogério *et al.* (2012), por sua vez, encontram novos

espécimes fósseis na bacia; os quais os descrevem e os correspondem como os primeiros registros de Pleurodira (Testudines), espécimes de tartarugas de hábitos tipicamente aquáticas. Os autores ainda ressaltam que a associação destes fósseis com os Crocodyliformes os levam à interpretação de um paleoambiente flúvio-lacustre para os depósitos da Formação Guabirotuba e indicam um clima úmido.

A interpretação destes autores quanto ao clima reinante na deposição da Formação Guabirotuba não condiz com aquela apregoada por inúmeras pesquisas dos mais variados pesquisadores que tem se dedicado ao estudo dos referidos depósitos; dentre os quais nos incluímos.

2.5. Registro Cartográfico

O primeiro “Mapa Geológico do Paraná” foi publicado na escala 1:1.000.000 (OLIVEIRA, 1925). Nele, os sedimentos pertencentes à Bacia de Curitiba foram cartografados e referidos, ainda que precariamente, ao Plioceno. Dois anos mais tarde, porém, é que o texto explicativo tornou-se público, consumando assim a primeira edição da “Geologia do Estado do Paraná” (OLIVEIRA, 1927). No capítulo reservado ao período Terciário, aparecem as primeiras referências sobre a localização geográfica, litologias, espessuras e, as prováveis: idade, rocha-fonte e origem dos sedimentos.

Cronologicamente, as pesquisas de Paulino Franco de Carvalho configuraram-se no primeiro grande trabalho, mais detalhado, com enfoque exclusivo para os depósitos sedimentares da Bacia de Curitiba (CARVALHO, 1936). O trabalho, além de apresentar um aprofundamento nas discussões referentes aos processos sedimentológicos e paleoambientais, traz, em forma de encarte, o

primeiro mapa geológico específico da Bacia de Curitiba. Nele foi desenhada uma melhor delimitação dos contornos norte da bacia.

Em 1953, Maack publicou o segundo "Mapa Geológico do Estado do Paraná", na escala 1:750.000. Nele, os sedimentos da Bacia de Curitiba estão bem melhor representados, apesar da pequena escala. Digno de nota, são as representações esparsas desses sedimentos ao norte de Curitiba, ao longo da rodovia para Bocaiúva do Sul e, a oeste, logo após o município de Campo Largo, além das "manchas" representativas dos depósitos correlatos a leste de Castro, referidos por Almeida (1952).

Em 1956 foi editado o segundo mapa geológico da Bacia Sedimentar de Curitiba, ainda que parcial, em escala 1:50.000 (BIGARELLA, 1956). Nele, as "camadas de Curitiba" estão referidas ao Pleistoceno.

Com o início das edições das folhas geológicas por municípios (na escala 1:50.000, em 1965, 1966 e 1967; e posteriormente, 1:70.000, em 1969 e 1970), pela Comissão da Carta Geológica do Paraná, sucede-se uma fase em que os sedimentos da Bacia de Curitiba são tratados secundariamente pelos diversos pesquisadores. A preocupação passa ser, principalmente, quanto à delimitação dos depósitos (mapeamento) e não às suas condições genéticas ou geocronológicas. Como resultado desses trabalhos, a Bacia Sedimentar de Curitiba é cartografada (em fragmentos, conforme o domínio geográfico de cada município) pelos seguintes autores: Bigarella (1965a, 1965b), Bigarella (1966), Bigarella (1967a, 1967b), Lopes (1966), Muratori (1966), Marini (1967), Fuck (1966), Fuck (1967a, 1967b), Trein (1969), Fuck (1969), e posteriormente Fuck (1971) num trabalho de compilação.

Com o Projeto Leste do Paraná (BATOLLA JR. et al., 1977a, 1977b; RODRIGUES et al., 1977a, 1977b), na escala 1:100.000, encerram-se as

contribuições geológicas à Bacia Sedimentar de Curitiba na década de 1970. A exemplo das folhas geológicas, elaboradas pela Comissão da Carta Geológica do Paraná, acima referidas, os textos relativos às duas folhas (Curitiba e Campo Largo, respectivamente, SG-22-X-D-I e SG-22-Y-C-III) do citado projeto, nada acrescentam aos conhecimentos adquiridos até então. De interesse, porém, são os anexos do texto, nos quais se podem encontrar os mapas de localização dos afloramentos estudados, bem como, as planilhas de descrição dos mesmos.

Na sequência evolutiva das pesquisas desenvolvidas na Bacia Sedimentar de Curitiba, nota-se um aprofundamento das técnicas investigativas, bem como nas especificidades de muitos trabalhos, quando comparados com aqueles obtidos nas décadas de 1950, 1960 e boa parte de 1970. Gemael & Doubek (1975) em um trabalho pioneiro no campo da Geofísica, elaboraram um mapa gravimétrico do município de Curitiba, na escala 1:60.000. Na sequência, Davino (1980), desenvolvendo trabalho semelhante, porém, extrapolando os limites geográficos do município, elaborou um mapa gravimétrico preliminar para a Região Metropolitana de Curitiba. Nele observou dois tipos de anomalias locais (correspondentes aos resíduos gravimétricos entre a carta Bouguer e a carta regional): uma atribuída a estruturas planares do embasamento (falhas, lineamentos, foliações, etc.) e a outra aos altos e baixos estruturais do embasamento.

O terceiro mapa geológico estadual, o “Mapa Geológico do Estado do Paraná”, na escala 1:500.000 (BIONDI, 1983a), foi publicado somente em 1983, trinta anos após o memorável trabalho individual de Maack (1953). Porém, é no “Mapa Geológico da Área do Escudo do Estado do Paraná”, na escala 1:250.000 (BIONDI, 1983b), que os sedimentos referentes à Bacia de Curitiba encontram-se melhor cartografados. Trata-se de uma “mapa-síntese compilatório” reunindo todas

as informações geológicas que se encontravam dispersas nos diversos mapas, geograficamente fragmentados, a saber: Maack (1953), Bigarella (1956, 1965a, 1965b, 1966, 1967a, 1967b), Lopes (1966), Muratori (1966), Marini (1967), Fuck (1966, 1967a, 1967b, 1969, 1971), Trein (1969), Batolla (1977a, 1977b) e Rodrigues (1977a, 1977b).

A “Minerais do Paraná S/A - MINEROPAR”, empresa, na época, vinculada à Secretaria de Estado da Indústria, do Comércio e do Turismo, que vinha realizando mapeamentos geológicos vinculados a projetos específicos, editou em 1986 o “Mapa Geológico do Estado do Paraná” e o “Mapa de Ocorrências de Depósitos Minerais”, ambos na escala 1:1.400.000, mediante parceria com o antigo Instituto de Terras, Cartografia e Florestas do Estado do Paraná (ITCF), atual Instituto Ambiental do Paraná (IAP) (MINEROPAR, 1986a, 1986b). Em ambos os mapas não se vislumbra novidades quanto à cartografia dos depósitos da Bacia Sedimentar de Curitiba, também prejudicada pela reduzida escala.

Em 1989, a MINEROPAR, em convênio com o DNPM, editou um novo “Mapa Geológico do Estado do Paraná”, na escala 1:650.000 (MINEROPAR, 1989).

Em 1999, a CPRM tornou disponível a “Carta Geológica - Folha Curitiba - SG.22-X-D-I”, na escala 1:100.000 como parte do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Nele, os dados sobre a Bacia Sedimentar de Curitiba são o resultado da compilação e junção, num único mapa, das informações contidas nos antigos mapas do Projeto Leste do Paraná (BATOLLA JR. *et al.*, 1977a, 1977b; RODRIGUES *et al.*, 1977a, 1977b) e do Projeto Gate-Curitiba mapeamento preliminar (1991, *apud* SILVA *et al.*, 1999). Cabe ressaltar que tanto nos mapas de Batolla Jr. *et al.* (1977a, 1977b) e Rodrigues *et al.* (1977a,

1977b), assim como, no de Silva *et al.* (1999), os sedimentos pertencentes à Bacia de Curitiba não se encontram integralmente cartografados, faltando praticamente metade da porção sul da Bacia.

Em 2001, foi publicada uma versão digital do “Mapa Geológico do Paraná”, na escala 1:3.000.000, e do “Escudo Paranaense”, na escala 1:1.400.000, acompanhados de vários outros mapas temáticos, compondo o “Atlas Geológico do Estado do Paraná” (MINEROPAR, 2001). A exemplo da edição de 1986, não há novidades quanto ao detalhamento cartográfico em relação à Bacia de Curitiba.

Mapeamentos resultantes de pesquisas acadêmicas, a nível de pós-graduação, têm produzido alguns avanços quanto ao detalhamento ou diversidade temática nos domínios de exposição da Bacia Sedimentar de Curitiba. Entre eles, destaca-se o trabalho de Salamuni (1998), com nítido enfoque estrutural e, mais recentemente, Archela (2004), focando os aspectos sedimentológicos com vistas ao estabelecimento de uma faciologia representativa para a bacia. Neste último, o produto cartográfico, embora em escala 1:250.000, apresentou várias pequenas alterações nas delimitações das exposições dos sedimentos mapeados, assim como, ressaltou várias feições estruturais do relevo cristalino do entorno e no embasamento, com reflexos na disposição dos sedimentos.

Posteriormente, a “Minerais do Paraná S/A - MINEROPAR”, publicou, em versão digital, o “Mapa Geológico do Paraná” nas escalas 1:650.000 e 1:250.000. Aquele em mapa único e este subdividido em 21 folhas abrangendo todo o Estado (MINEROPAR, 2006).

2.6. Hidrogeologia

Na área de abrangência dos depósitos da Bacia Sedimentar de Curitiba o sistema hidrológico subterrâneo é composto por dois aquíferos: o Cristalino e o Guabirotuba. O Aquífero Cristalino é do tipo secundário e o armazenamento e fluxo d'água ocorrem em descontinuidades estruturais na rocha, como falhas e diáclases. Conforme Salamuni (1981), a recarga do aquífero ocorre, diretamente, através do manto intempérico sobreposto ou, indiretamente, através dos sedimentos pertencentes à Bacia de Curitiba. Os principais lineamentos estruturais orientam-se, preferencialmente, nas seguintes direções: N 40-50º W, N 50-70º E, N 10-20º E, N 10-20º W e N-S, sendo que descontinuidades sub-horizontais também ocorrem e em alguns casos com nítida milonitização (SALAMUNI, 1981). Neste mesmo trabalho o autor ainda ressalta que a maior incidência de entradas de água ocorre entre os 40 e 80 metros de profundidade, e que a partir dessa profundidade ocorre uma tendência de decréscimo das vazões de contribuição, a partir dos 80 m de profundidade.

Conforme Rosa Filho *et al.* (1996a, 2002), o Aquífero Guabirotuba é do tipo primário, cujo armazenamento e fluxo da água estão associados à porosidade natural das lentes de areias arcoseanas, podendo se comportar, sob o ponto de vista hidráulico, como livre, semi-confinado ou confinado, dependendo da disposição dos sedimentos.

Os mesmos autores (1996a) esclarecem que o sentido geral do fluxo subterrâneo, na região de abrangência da bacia do Iraí, é de sudeste para noroeste, sendo que os gradientes hidráulicos variam de 1 a 8×10^{-3} e as descargas ocorrem

na bacia do rio Ribeira. A superfície piezométrica média é da ordem de 890 m acima do nível do mar. A produtividade média, por poço, é de 2 l/s (ou 7,2 m³/h).

Rosa Filho *et al.* (1996a, 2002) chamam a atenção para a ocorrência de poços tubulares profundos perfurados na região próxima ao Parque Castelo Branco, município de Pinhais (PR), que teriam produzido vazões de até 78 m³/h em testes de bombeamento. Ainda, segundo os autores:

[...] na região em apreço, percebe-se através dos perfis litológicos que as camadas arenosas intercaladas nos sedimentos pelíticos apresentam variações quanto a espessura mas ocorrem de forma relativamente contínua. A espessura máxima da Formação Guabirotuba, nesta área, atinge 80 m, sendo que as camadas arenosas, depositadas na parte basal da formação, apresentam espessuras que variam de 4 a 18 m. [...] As águas armazenadas nas camadas arcoseanas da Formação Guabirotuba merecem maiores investigações pois na região de abrangência da bacia do Iraí existe uma recarga efetiva da ordem de 15 l/s/km².

Nos trabalhos de Rosa Filho (1993), Girão Nery & Rosa Filho (1994), Rosa Filho *et al.* (1996b) e Rosa Filho (1997) os autores procuraram chamar a atenção para as potencialidades do Aquífero Guabirotuba, apresentando dados hídricos de diferentes localidades da Bacia de Curitiba.

Nogueira Filho (1997) estudou, especificamente, a hidrogeologia na área de abrangência de toda a Bacia Sedimentar de Curitiba. Observou uma íntima relação entre a disposição dos sedimentos e a estruturação regional cristalina, que também refletiu no comportamento hidrogeológico da área em apreço. O tratamento estatístico das informações hidrológicas subterrâneas corroboraram as previsões quanto a um inter-relacionamento entre as duas entidades hidrogeológicas.

Salamuni & Stellfeld (2001) afirmaram que a Formação Guabirotuba comporta-se, em termos hidrogeológicos, como um aquicludo. Apenas localmente, nas lentes arenosas e/ou arcoseanas, ela se comportaria como um aquífero.

Consideraram, ainda, que: “Em geral, poços tubulares nesta formação apresentam produtividade bastante baixa ou, no máximo, temporariamente medianas”.

Chavez-Kus & Salamuni (2003) elaboraram várias análises estatísticas com os dados hídricos de poços tubulares profundos do município de Curitiba, com a finalidade de se estabelecer detecção dos padrões de irregularidades existentes a nível hidrogeológico, além da determinação de tendências e agrupamentos de classes de uso. Nesse estudo, os autores, além de ater-se, geograficamente, somente aos limites do município de Curitiba, não fizeram distinção entre informações hídricas provenientes dos diferentes aquíferos (Cristalino e Guabirotuba):

[...] A profundidade média dos poços tubulares é de 112 m, podendo chegar até a 390 m. As variáveis “profundidade” e “entrada d’água” são correlacionadas até os 220 m de profundidade, que se constitui a profundidade máxima verificada. O horizonte no qual a água subterrânea circula não se limita a apenas um único nível, devido às estruturas geradas pela tectônica rúptil. Embora a média geral da “vazão” seja de 3,6 m³/h, ocorrem casos de até 44 m³/h (CHAVEZ-KUS & SALAMUNI, 2003).

No texto acima fica omitida a informação de que a estatística foi aplicada a todos os poços tubulares profundos, indistintamente, computando-se as “entradas d’água” do Aquífero Guabirotuba juntamente com as do Aquífero Cristalino. Dessa forma os resultados são globais, obliterando-se as reais características de cada aquífero, isoladamente.

Archela (2004, 2006) observou que as maiores vazões no Aquífero Guabirotuba, visualizadas a partir do tratamento estatístico preliminar de dados de poços tubulares profundos para toda a Bacia de Curitiba, estão relacionadas aos principais depocentros da bacia e, que por sua vez, coincidem com os locais onde ocorrem mais persistentemente os corpos arenosos da fácie fluvial entrelaçado. A

maior vazão obtida (**exclusivamente** para captações no Aquífero Guabirotuba) foi de 7,2 m³/hora, sendo que a média das vazões ficou em torno de 0,92 m³/hora.

Trabalhos voltados para a pesquisa das potencialidades hídricas subterrâneas, na área da Bacia Sedimentar de Curitiba, são relativamente escassos na literatura acadêmica. As poucas informações disponíveis fazem parte de relatórios internos das empresas que atuam no campo da prospecção e exploração de águas subterrâneas e daqueles órgãos responsáveis pelo abastecimento público. Sendo assim, além dos trabalhos já citados, podemos acrescentar o de Müller (2007), com enfoque hidrogeoquímico e o de Nascimento (2008), cuja temática envolve a questão da permeabilidade dos solos e sedimentos, com vistas à discussão da infiltração de águas pluviais na região.

2.7. Enfoque Ambiental

O primeiro trabalho com preocupação centrada na questão ambiental, focando os sedimentos da Bacia de Curitiba, foi realizado por Giusti (1989). Nele, o pesquisador efetuou levantamentos geofísicos e hidrogeológicos de campo na área restrita ao município de Curitiba. As informações e dados obtidos, tais como: estruturação geológica, configuração topográfica do embasamento cristalino, lençol freático e direções de fluxo das águas subterrâneas foram confrontadas com as localizações e tipos de atividades industriais e de serviços considerados como fontes poluidoras em potencial. Esse estudo propiciou um diagnóstico preventivo quanto à degradação ambiental em Curitiba, contribuindo para o plano de desenvolvimento urbano.

Nessa mesma linha de estudo, tendo como temática as consequências da poluição ao meio ambiente, foi realizado um trabalho enfocando a caracterização geotécnica e físico-química de solos residuais da Formação Guabirotuba frente à interação solo/solução-contaminante (SIEDLECKI, 1998). O tratamento de amostras de solo, em laboratório, com soluções fortemente enriquecidas em metais pesados (Cu e Zn), simulando efluentes industriais, modificaram grandemente o comportamento geotécnico desses materiais, além de revelar um caráter fortemente retentor dos metais pesados pelas argilas expansivas do grupo das esmectitas, abundantes na Formação Guabirotuba.

Rosa Filho *et al.* (1996a) já haviam se referido ao caráter retentor das argilas frente a fontes poluidoras, ressaltando que o grau de vulnerabilidade do Aquífero Guabirotuba, quanto à contaminação orgânica, seria baixo em razão de estar, na maior parte de sua extensão, capeado por cobertura argilosa, “o que permite a ação dos processos de depuração dos eventuais efluentes lançados na superfície do terreno”.

3. ESTADO DA ARTE

Neste capítulo faremos um resumo comentado do capítulo anterior, alinhavando as principais feições norteadoras do embasamento teórico metodológico para a presente pesquisa.

A descrição litológica dos sedimentos da Bacia de Curitiba, mais condizente com os estudos atuais, tem início em 1946, com as pesquisas de Rego & Freitas. Estes interpretaram o processo de sedimentação em ambiente subaquoso, de água corrente ou em planícies aluviais periodicamente inundadas e salientaram as similitudes fisiográficas desempenhadas pelos rios Iguaçu e Tietê nas participações, nas causas e nos processos deposicionais geradores dos sedimentos presentes na Bacia de Curitiba e na Bacia de São Paulo, respectivamente.

As interpretações sobre os processos e ambientes deposicionais melhoram e evoluem nos trabalhos de Bigarella & Salamuni (1959) onde deduzem que "foram sedimentados em leques aluviais coalescentes"; e sucessivamente, nos trabalhos de Bigarella *et al.* (1961), Bigarella & Salamuni (1962) onde diferenciam os depósitos de várzea (holocênicos) dos depósitos mais antigos (pleistocênicos), sendo que para estes, propõem a denominação "Formação Guabirotuba" (por causa das melhores exposições aflorarem no bairro homônimo) descrevem a Formação Guabirotuba como um conjunto de leques aluviais coalescentes e de depósitos fluviais divagantes de circulação periódica (ao que denominamos fácies fluvial entrelaçado).

Essa interpretação perdura em inúmeros trabalhos posteriores; porém, Becker (1982) subdividiu a Formação Guabirotuba em duas unidades distintas: Formação Guabirotuba, para a litologia sotoposta, com colorações cinza-

esverdeadas e, Formação Tinguis, para a litologia superior com coloração avermelhada. Essa divisão foi feita com base em estudos fundamentalmente geomorfológicos. A distinção entre as duas “formações” seria uma discordância erosiva irregular esculpida em época de clima úmido. Propôs ainda a denominação “Formação Boqueirão” para sedimentos arenáceos que jazem em discordância erosiva sobre migmatitos da região.

Salientamos, aqui, que Becker (1982) não encontrou diferenças litológicas ou estruturais entre as “formações” “Guabirotuba” e “Tinguis”; além disso, as análises granulométricas, realizadas por ela, não apresentaram discrepâncias marcantes entre as duas “formações”. Trabalhos posteriores, desenvolvidos por este autor, entre outros, não referendaram as interpretações de Becker.

Mais recentemente, Archela (2004), enfocando a faciologia e ambientes de sedimentação presentes na Bacia de Curitiba, propôs um modelo faciológico composto por quatro fácies sedimentares distintas: fácies leques aluviais proximais, fácies leques aluviais medianas, fácies leques aluviais distais, e fácies fluvial entrelaçado. Essas fácies se interdigitam em variações laterais, da borda para o centro da bacia, segundo o modelo sequencial: proximais, sucedidos por medianos, distal, finalizando com o fluvial entrelaçado. Concordou, ainda, que os sedimentos preenchem um arcabouço estrutural, nitidamente tectônico, integrante do “*Rift Continental do Sudeste do Brasil*”, descrito e denominado por Riccomini (1989).

É interessante notar que as correlações litológico-estratigráficas entre a Bacia Sedimentar de Curitiba e as demais bacias tafrogênicas continentais, pertencentes ao “Sistema de *Rifts da Serra do Mar*”, iniciaram-se antes mesmo dos trabalhos de pesquisa mais aprofundados sobre as litologias presentes em Curitiba.

Já em 1946, Fernando Flávio Marques de Almeida destacava que as litologias e estruturas sedimentares, presentes em Curitiba e arredores, eram muito semelhantes àquelas presentes na Bacia de São Paulo. Esta linha interpretativa é retomada por Archela (1989, 1990, e 2004) e Salamuni (1998). Archela, após efetuar estudos comparativos das feições estruturais maiores e dos modelos faciológicos deposicionais presentes em Curitiba, correlacionou-os àqueles presentes nas bacias sedimentares de São Paulo (SP), Taubaté (SP), Resende (RJ) e Volta Redonda (RJ). Nesse modelo foram reconhecidas um total de cinco fácies sedimentares, das quais, três são comuns a todas as bacias sedimentares (Curitiba, São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda), são elas: fácies proximal de leques aluviais (conglomerática), fácies distal, (lamítica), e fácies fluvial entrelaçado, sucedidas pela implantação, em tempos mais recentes, de um sistema fluvial meandrante. Observou ainda, não ocorrer fácies lacustre típica para os sedimentos da Bacia de Curitiba. As semelhanças nas associações litofaciológicas, compostonais (litologia, mineralogia e de granulometria), colorações e, disposições espaciais e relações de contato; bem como, do arcabouço estrutural do embasamento, comum a todas as bacias, lhe sugeriram a interpretar que todas tiveram uma evolução comum.

As condições climáticas reinantes no processo deposicional dos sedimentos da Bacia de Curitiba foram esclarecidas desde os trabalhos pioneiros de Bigarella & Salamuni (1957), os quais consideraram que somente um clima semiárido poderia produzir um intemperismo compatível com as litologias, mineralogicamente, imaturas. Essa interpretação paleoclimática é reiterada em quase todos os demais trabalhos até a atualidade.

Quanto à idade dos sedimentos, Bigarella *et al.* (1961) foram os primeiros autores a proporem, interpretativa e tentativamente, a idade plio-

pleistocênica para os mesmos; idade esta, reiterada por um grande contingente de autores; porém, contestada por Coimbra & Riccomini (1985), Coimbra *et al.* (1989), Riccomini (1989), Riccomini *et al.* (1996), Sant'Anna (1999), Archela (2004), Salamuni (1998), entre outros.

Coimbra & Riccomini (1985) visando esclarecer as condições genéticas sobre as ocorrências de caliche e lantanitas presentes nas bacias sedimentares de Curitiba (PR), Taubaté (SP) e Resende (RJ), aventaram uma origem comum a partir da exposição aérea de lamitos de leques aluviais oriundos de corridas de lama, com consequente ressecamento sob condições de semiaridez climática. Concluem, dessa forma, que a formação da lantanita (um mineral tão raro) em litologias e ambientes de sedimentação tão semelhantes, leva a crer que estes depósitos tenham sido, "...se não sincrônicos, formados em tempos não muito distantes" (COIMBRA & RICCOMINI, 1985).

Riccomini *et al.* (1996) e Sant'Anna (1999) ainda compararam sedimentos argilosos do grupo das esmectitas das bacias sedimentares de Resende (RJ), Volta Redonda (RJ), Taubaté (SP), São Paulo (SP), Itaboraí (RJ), Sete Barras (SP) e Curitiba (PR), concluindo que a matriz dos sedimentos lamíticos dos sistemas de deposição em leques aluviais provem, essencialmente, por processos de neoformação atuantes durante a geração de paleossolos a partir da alteração das rochas pré-cambrianas do embasamento do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil, no Eoceno Inferior a Médio, quando as condições climáticas tendiam à aridez.

Embora, até o momento, nunca tenha sido possível o estabelecimento de uma idade definitiva para a Formação Guabirotuba, o período Terciário inferior tem sido amplamente aceito como a idade mais provável, conforme trabalhos de Archela (1989, 1990 e 2004), Salamuni *et al.* (1994, 1997a, 1997b,

1998 e 2004), Sant'Anna & Riccomini (2001), Salamuni & Stellfeld (2001), Sansonowski (2003), e Archela & Yamamoto (2007 e 2008c), Archela *et al.* (2013), e Archela & Stipp (2016a).

No tocante ao contexto geomorfológico, o trabalho pioneiro de Ab'Saber & Bigarella (1961) estabelece e redefine as quatro superfícies aplainadas para o Primeiro Planalto Paranaense e áreas contíguas: a) a Superfície Fóssil Pré-devoniana, o Paleoplano Pré-devoniano (ou Superfície Fóssil enterrada pelos sedimentos basais da Formação Furnas); b) a Superfície do Purunã, de idade cretácico-eocênica aproximada; c) a Superfície do Alto Iguaçu de Almeida (1955), inter-planáltica típica; e d) a Superfície de Curitiba, intermontana ou inter-planáltica – aceitos e referenciados por todos os autores até o presente.

Finalmente, outra temática apaixonante é a que interpreta os sedimentos da Bacia de Curitiba como um evento tectono-sedimentar geneticamente associado ao contexto do rol das bacias tafrogênicas que compõem o “*Rift Continental do Sudeste do Brasil*” (RICCOMINI, 1989). A concordância com uma gênese tectônica sincrônica, ou ao menos tardia, porém partícipe do mesmo contexto de sedimentação das bacias de São Paulo (SP), Taubaté (SP), Volta Redonda (RJ), Resende (RJ) e Itaboraí (RJ) é unânime, conforme Archela (1989 e 1990), Riccomini (1989), Salvador (1994), Riccomini *et al.* (1996), Sant'Anna (1999), Sant'Anna *et al.* (1999), Sant'Anna & Riccomini (2001), Riccomini *et al.* (2004), Archela (2004, 2006), Salamuni *et al.* (2004), Archela & Coimbra (2006), Ribeiro (2007), Archela & Yamamoto (2007, 2008a, 2008b, 2008c, 2009), Archela *et al.* (2013), Archela & Stipp (2016a, 2016b).

4. CONTEXTO TECTONO-GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

Para a devida compreensão do arcabouço estrutural cenozóico responsável pelo palco deposicional da Bacia Sedimentar de Curitiba é necessário um retorno no tempo geológico para a Era Mesozóica, em seu primeiro Período (Triássico) onde se poderá acompanhar o desenrolar de importante tectonismo global, desde sua gênese (ao menos a gênese que nos interessa como ponto de partida para a compressão do mecanismo gerador da estrutura geológica e geomorfológica onde se localiza a Bacia de Curitiba) até a atualidade.

Indubitavelmente essa história tectônica também se aplica às demais bacias sedimentares que se localizam ao longo do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989), a saber: São Paulo (SP), Taubaté (SP), Resende (RJ) e Volta Redonda (RJ), *Rift* da Guanabara (RJ), baía de Sepetiba (RJ), Formação Pariquera-Açu (Vale do Ribeira - SP), Planície de Caraguatatuba (SP), e até mesmo pequenos depósitos sedimentares associados a encostas de vales, como: Jundiaí, Atibaia, Jaguari, Sorocaba, Mogi-Guaçu, Grande e Alto Paraíba, todos no Estado de São Paulo. em continental do sudeste do Brasil (figuras 10 e 11).

O palco da deposição dessas bacias sedimentares, ocupa depressões geograficamente alinhadas segundo a direção geral E-NE (figuras 10 e 11), e foi denominado por Almeida (1976) de "Sistema de *Rifts* da Serra do Mar", o qual está inserido numa área soerguida junto à costa, que se estende desde o paralelo 28º S até o paralelo 22º S. Asmus e Ferrari (1978) também chamaram a atenção para a localização tão restrita e única deste tectonismo cenozóico ao longo de toda a margem continental e da área emersa adjacente.

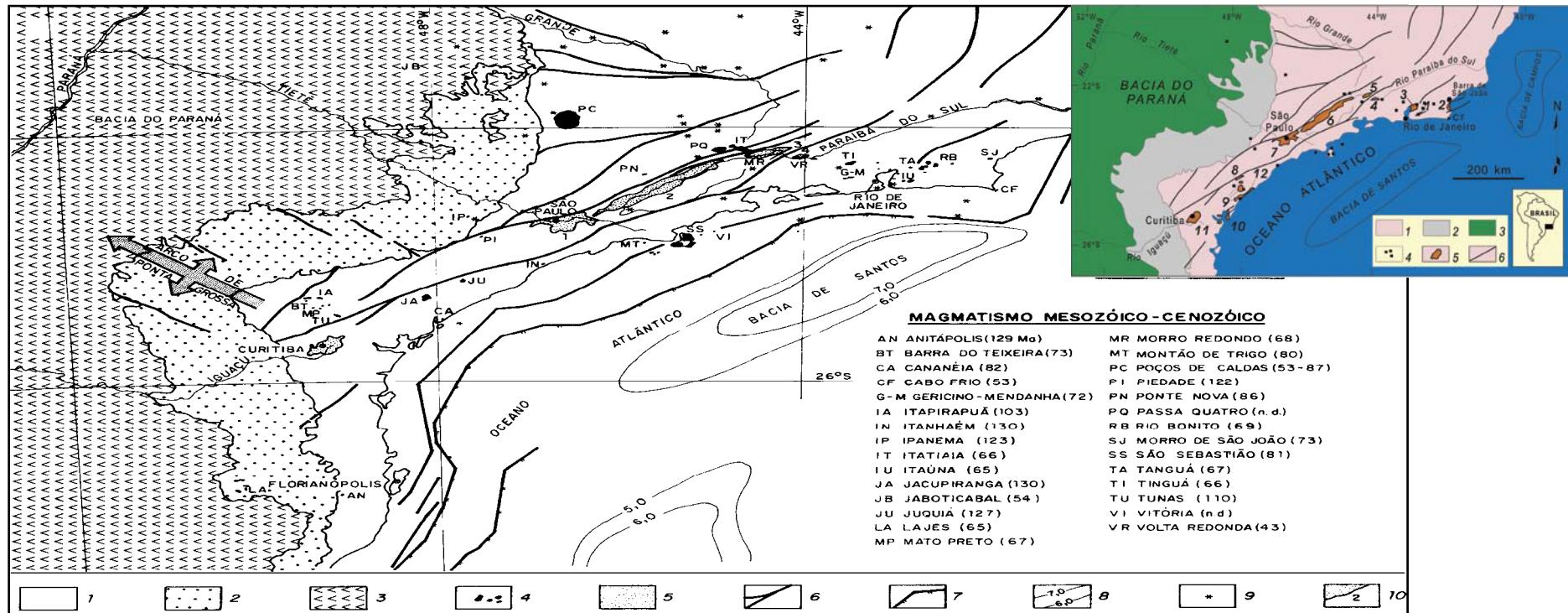


Figura 10 – Estrutura regional e magmatismo mesozóico-cenozóico na região sudeste do Brasil; 1. Embasamento Pré-Cambriano; 2. Sedimentos paleozóicos e mesozóicos da Bacia Sedimentar do Paraná; 3. Derrames basálticos da Formação Serra Geral e coberturas cretáceas; 4. Rochas magmáticas mesozóico-cenozóicas; 5. Sedimentos terciários; 6. Falhas principais; 7. Zonas de flexura; 8. Isópacas das bacias da plataforma continental (em km); 9. Epicentros sísmicos; 10. Localização das bacias terciárias: 1. São Paulo; 2. Taubaté; 3. Resende; 4. Volta Redonda. Fonte: Melo *et al.* (1985a). **Figura anexa em destaque no canto superior direito:** Fonte: Pimentel *et al.* (2009).

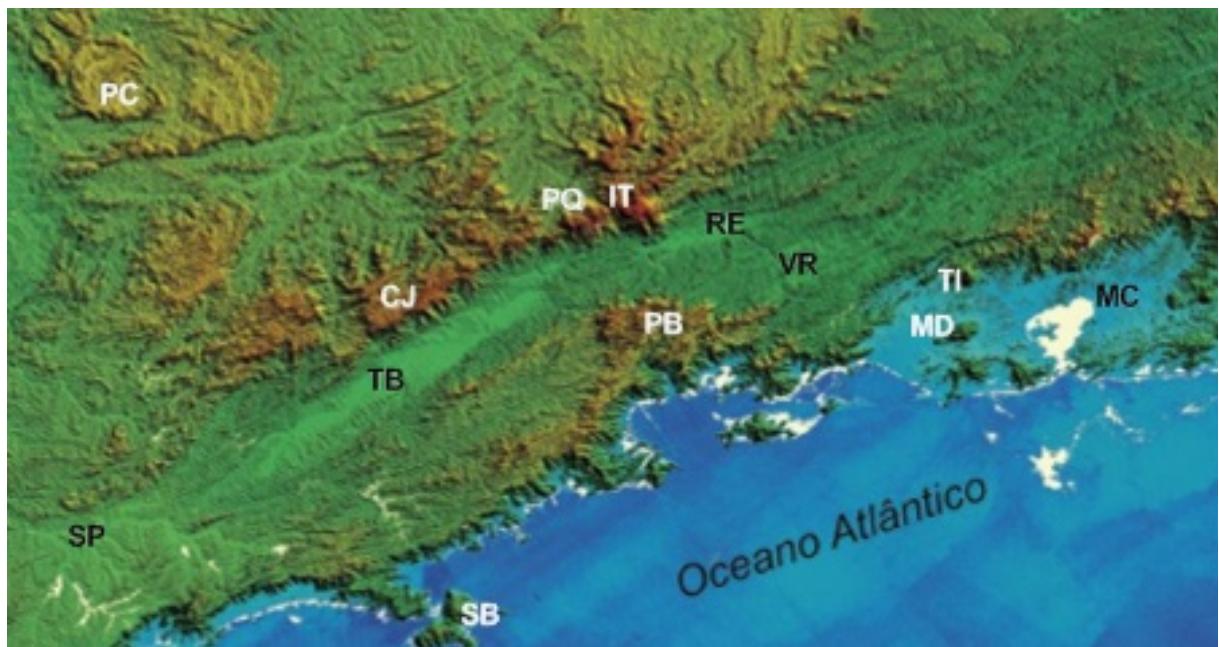


Figura 11– Principais características geomorfológicas do RCSB entre as bacias de São Paulo e Macacu no modelo de elevação digital: São Paulo (SP), Taubaté (TB, Resende (RE), Volta Redonda (VR) e Macacu (MC); o platô de Bocaina (PB) na Serra do Mar e no Planalto de Campos do Jordão (CJ) na Serra da Mantiqueira; e Poços de Caldas (PC), Passa-Quatro (PQ), Itatiaia (IT), São Sebastião (SB), Maciços alcalinos Tinguá (TI) e Mendanha (MD). Observe as impressionantes estruturas basais ENE para NE Proterozóicas reativadas no Mesozóico e Cenozóico. Fonte: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), USGS, 2002. Fonte: Coltrinari (2011).

Portanto, a origem comum de todas estas bacias sedimentares está intimamente ligada ao processo evolutivo da abertura do oceano Atlântico (com foco no Atlântico Sul).

Todo o arcabouço regional foi cratonizado até o final do Período Proterozóico (no Pré-Cambriano); porém, evidências de contínua movimentação tectônica são atestadas por depósitos sedimentares e estratos vulcânicos-sedimentares localizados nos estados de Santa Catariana e Paraná (Fulfaro, 1985). Conforme este autor, amplas áreas ao longo do “Arco de Ponta Grossa” mantiveram-se em constante elevação, resultando em amplo processo erosivo de estratos sedimentares do Devoniano na Bacia Sedimentar do Paraná. Tal

mecanismo evolui para um período de quietude tectônica durante o Período Permiano; muito bem marcado pela deposição da Formação Iratí; após o qual, a partir do Permo-Triássico, voltaria a ocorrer intenso arqueamento; o qual se constituiria na primeira etapa do processo de desagregação do Pangéia.

Toda a área compreendida entre os estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina (até a região de Florianópolis) sofre um arqueamento dômico assimétrico causado por anomalia térmica no manto (ESTRELLA, 1972; ASMUS 1975; ASMUS e FERRARI, 1978). Essa intumescência é acompanhada de intenso processo erosivo, que promove o adelgaçamento crustal. Esta anomalia térmica é explicada, atualmente pela ascensão de correntes convectivas de calor no manto sólido; as quais infletem e retornam para a base da astenosfera promovendo o efeito esteira responsável pela ruptura da litosfera e seu processo de migração (HOLMES, 1950; *apud* TAKEUCHI *et al.*, 1974). Este processo é dividido em três estágios sequenciais de evolução, a saber:

- 1) Estágio **Pré-Rift** (figura 12) – A região da Bacia de Santos encontrava-se soerguida (domo térmico); fato comprovado pela ausência de sedimentação continental na base da coluna estratigráfica da Bacia de Santos, na atualidade. No local, em contra partida, verifica-se magmatismo eocretácico, conhecido por “Seqüência do Continente” (ASMUS e PORTO, 1980). Por sua vez, o Arco de Ponta Grossa apresenta intenso magmatismo na forma de um enxame de diques de diabásio de idade também eocretácica. O Arco de Ponta Grossa é reconhecido como o ramo não evoluído da "junção tríplice", preconizada para domos térmicos (figura 13), cujos ramos principais evoluíram para a ruptura continental (ESTRELLA, 1972; ASMUS 1975; ASMUS e FERRARI, 1978; ASMUS e PORTO, 1980). Somente

essa área destaca-se pela predominância de atividades ígneas, notadamente do eocretáceo, quando comparada às demais regiões do continente sul-americano.

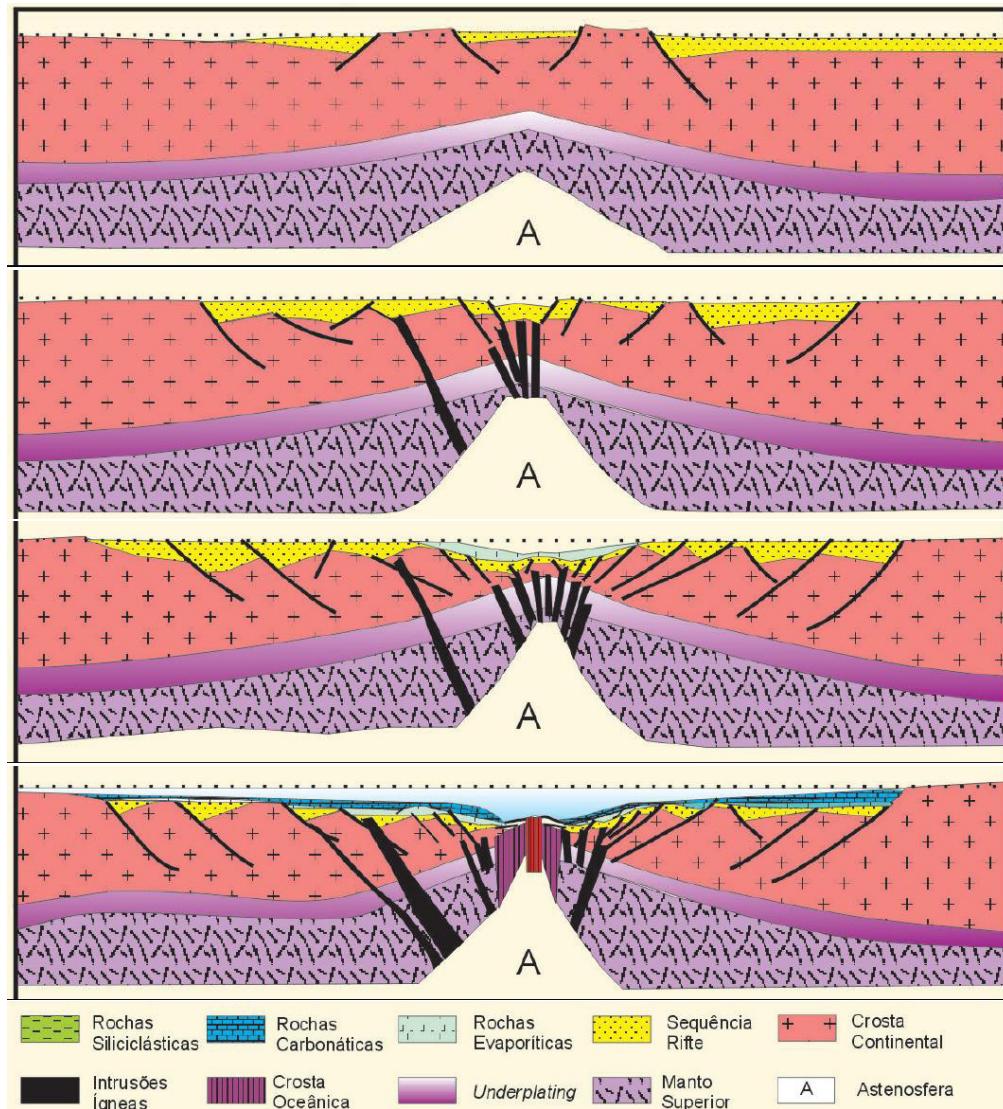


Figura 12 – Modelo geodinâmico esquemático dos estágios tectônicos de ruptura, separação dos continentes, falhamento estrutural em *grabens* e *semi-grabens* e deposição das bacias da margem continental do sudeste brasileiro e bacias tafrogênicas do FCSB. Adaptado a partir de Cainelli & Mohriak (1999).

2) Estágio **Rift** (figura 12) – O estágio *rift* é marcado pela fase de ruptura da crosta continental com a ocorrência de grandes falhas geológicas sobre o “geotumor”, formando estruturas em hemi-*graben*; causadas pelo estiramento litosférico.

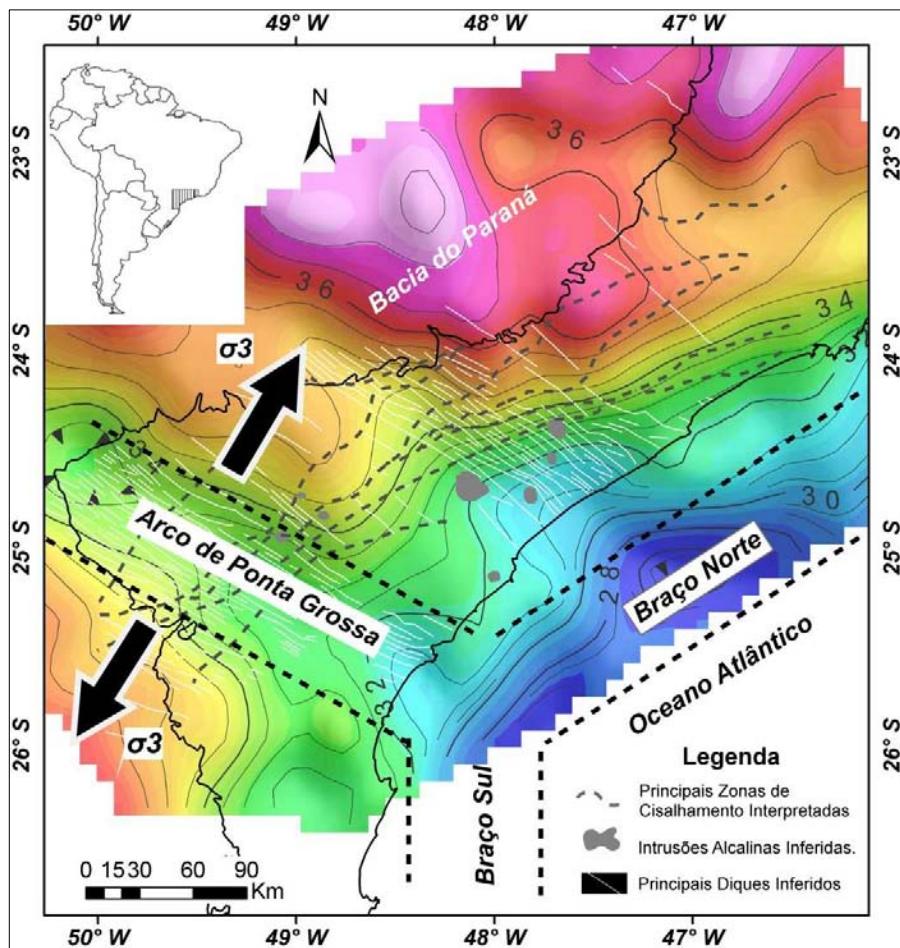


Figura 13 – Modelo matemático-físico de (dis)junção tríplice aplicado ao domo térmico pretérito à separação dos continentes sul-americano e africano. O Arco de Ponta Grossa seria o ramo abortado da Junção Tríplice do Paraná (estiramento crustal no Arco de Ponta Grossa); e os ramos “braço norte” e “braço sul seriam os ramos evoluídos para a ruptura crustal. Fonte da ilustração: Carreiro-Araújo (2012).

3) Estágio **Proto-Oceânico e Oceânico** (figura 12) – A etapa pós-*rift*, também conhecida por estágio *drift*, é caracterizada pela constante “fabricação” de assoalho oceânico (fase de acréscência de placa oceânica). É neste estágio também que ocorre rupturas ortogonais à linha de costa. Essas rupturas são acompanhadas por movimentação transcorrente causada pelos diferentes espasmos tectônicos ao longo da cadeia meso-atlântica (ASMUS, 1978; ASMUS & PORTO, 1980; ASMUS & GUAZELLI, 1981). Esses fendilhamentos da crosta oceânica atingem a crosta continental, coincidindo com os limites de crosta arqueada e crosta subsidida (ASMUS & PORTO, 1980).

Com a evolução da acrescência do assoalho oceânico ocorreram vários fendilhamentos (acima referidos) isolando e rotacionando os blocos crustais em *rift*, produzindo estruturas em *hemi-grabens*, nas quais, ocorrem os depósitos sedimentares da margem continental (Pelotas, Santos, Campos e Espírito Santo, com idade cretácea) e as bacias continentais (Curitiba, São Paulo, Taubaté e demais, no terciário), obviamente separadas por lapso temporal cujas explicações se dividem no tempo e no número de autores que se debruçaram sobre o tema, como Stanton (2009), Riccomini (1989). Este último autor sugere que no Terciário Inferior, uma extensão regional de direção NWE-SSE relacionada à inclinação termomecânica da Bacia de Santos, reativou zonas de cisalhamento de direção ENE no embasamento Pré-Cambriano, causando os semi-*grabens* continentais, onde também se localiza a Bacia de Curitiba no contexto do denominado “*Rift Continental do Sudeste do Brasil*” (RCSB) de Riccomini (1989).

Os pesquisadores da PETROBRAS (PONTE e ASMUS, 1976; ASMUS e GUAZELLI, 1981) interpretaram o tectonismo cenozóico na área de estudo, somente como um processo de distensão crustal. Asmus & Ferrari (1978), ao considerarem o arcabouço estrutural das bacias continentais como um conjunto de semi-*grabens* ligados ao basculamento, para NW, de blocos sobre a borda elevada da Bacia de Santos (figura 14), estavam propondo um esquema evolutivo onde haveria uma relação genética entre a Bacia de Santos e as bacias continentais; porém, com uma importante defasagem temporal. Neste modelo, há que admitir uma reativação das falhas somente no Período Terciário, durante o Oligoceno, enquanto nas demais bacias marinhas, na plataforma continental, são, via de regra, do Cretáceo Superior.

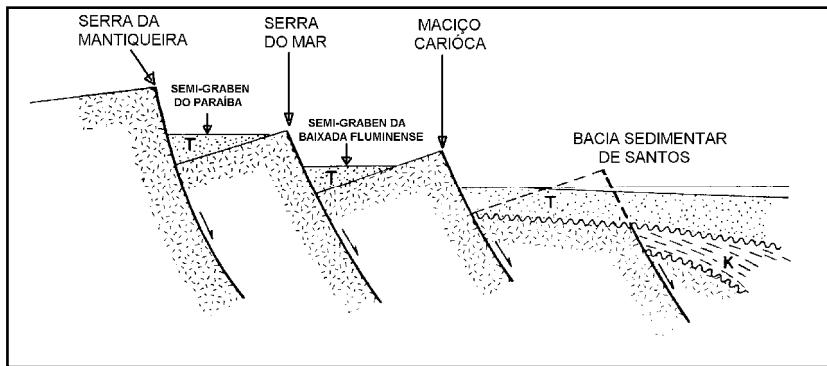


Figura 14 - Perfil geológico esquemático, sem escala, transversal à área afetada pelo tectonismo cenozóico, ressaltando o caráter escalonado das falhas e o basculamento dos blocos resultantes. Formaram-se, em consequência, áreas elevadas (hoje, já modeladas pela erosão: Serra do Mar, Serra da Mantiqueira, Maciço Carioca), e, entre estas, depressões em forma de semi-*grabens* (semi-*grabens* do Paraíba e Baixada Fluminense). Na plataforma continental é possível que a falha de Santos (falha no extremo leste da seção), que separa a porção rasa da porção mais profunda da bacia, também tenha resultado do tectonismo cenozóico. **K** - indica sedimentos cretáceos, e **T** - sedimentos terciários. Parcialmente modificado de Asmus e Ferrari (1978).

Melo *et al.* (1985a, 1985b), no entanto, propuseram um modelo evolutivo onde o desenvolvimento das falhas normais E-NE, de grande rejeto, teriam sido desenvolvidas já a partir do Cretáceo Médio (a partir do Neocomiano), após a fase de magmatismo que antecedeu a fase "rift" continental. Somente a partir do início do Terciário, com o deslocamento do pólo de rotação do Atlântico Sul (Santoniano), é que ocorreria o desenvolvimento de estruturas transversais à margem continental e, consequentemente, a geração de falhas normais, com direção preferencial N-NE, seccionando transversalmente as já pronunciadas falhas normais de direção preferencial E-NE e causando os represamentos da drenagem, então subsequente. As bacias sedimentares teriam se desenvolvido nesses compartimentos tectônicos.

Essa interpretação foi a conclusão a que chegaram após análises estruturais realizadas nas bacias de Resende, Volta Redonda e partes das bacias de Taubaté e São Paulo, onde os eixos de deformação se orientam segundo N-NW (estiramento máximo), E-NE (eixo intermediário) e vertical (encurtamento principal),

conforme Campanha *et al.* (1985). Outro suporte à hipótese de Melo *et al.* (1985a), são as idades sugeridas por Wickert (1974), para os depósitos mais inferiores da Bacia de Taubaté (profundidades entre 50 a 85 metros), aos quais inferiu idades do Terciário Inferior e do Cretáceo Superior, a partir de estudos palinológicos de gêneros contidos nessas profundidades.

Outra interpretação para a evolução tectônica regional, foi proposta por Zalán (1986). Nela, juntamente com os esforços distensivos, desenvolver-se-iam esforços compressivos responsáveis pelo aparecimento de falhas inversas e/ou transcorrentes. Ao estudar a tectônica reinante na Bacia de Taubaté, Zalán (1986) propôs o modelo de bacia transtensional, como ilustram os desenhos esquemáticos apresentados nas figuras: 15, 16, 17 e 18.

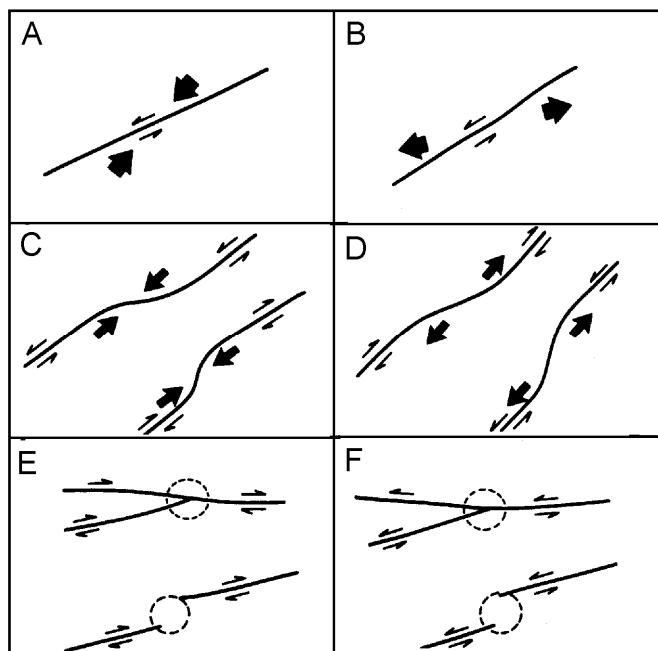


Figura 15 – Transpressão e transtensão (ou transtraçao). Setas convergentes indicam transpressão; setas divergentes indicam transtensão. **A** - transpressão relacionada à transcorrência convergente. **B** - transtensão relacionada à transcorrência divergente; **C** - transpressão em deflexões de falhas; **D** - transtensão em deflexões de falhas; **E** - transpressão (no círculo pontilhado) devido à convergência e terminações de falhas; **F** - transtensão (no círculo pontilhado) devido à divergência e terminações de falhas. Fonte: Zalán (1986).

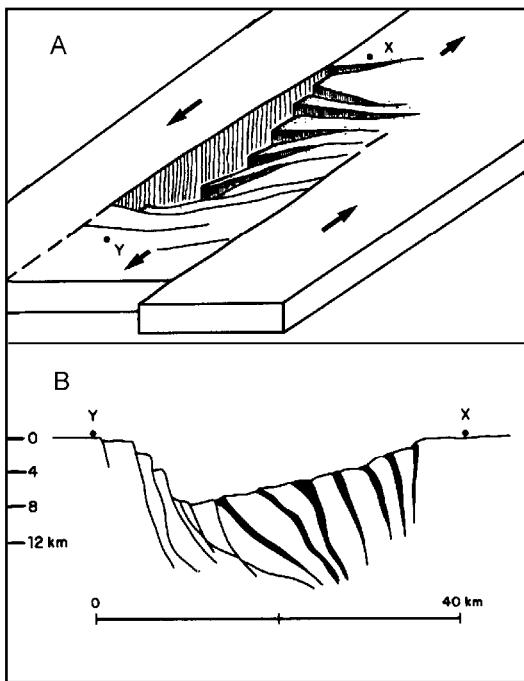


Figura 16 – Geometria típica do embasamento de uma bacia transtensional. Neste caso, desenvolvida em uma área de superposição de duas falhas transcorrentes levógiros. **A** - vista tridimensional e **B** - seção longitudinal esquemática entre os pontos X e Y. Áreas escuradas entre os blocos indicam cataclasitos. Notar tendência convergente dos blocos em profundidade. Uma seção transversal à bacia apresentaria uma geometria semelhante. Fonte: Zalán (1986).

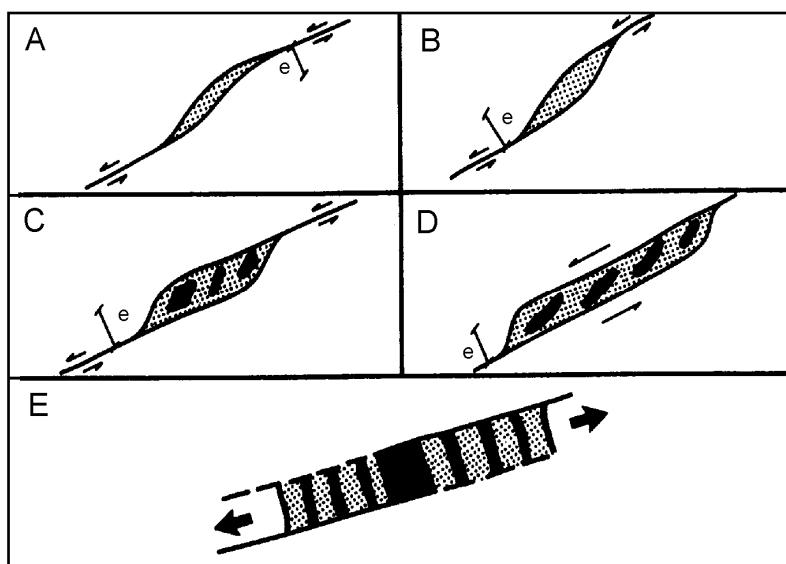


Figura 17 – Estágios evolutivos de uma bacia transtensional. Neste caso, desenvolvida em uma deflexão de uma falha transcorrente sinistral. **A** - estágio sigmoidal; **B** - estágio transitório; **C** - estágio romboidal (o mais comum). Áreas escuradas indicam depocentros em échelon; **D** - estágio de fossa alongada **E** - estágio final, com aparecimento de um centro de espalhamento oceânico. Áreas escuradas indicam crosta oceânica. Largura (e) da bacia tende a permanecer constante. Fonte: Zalán (1986).

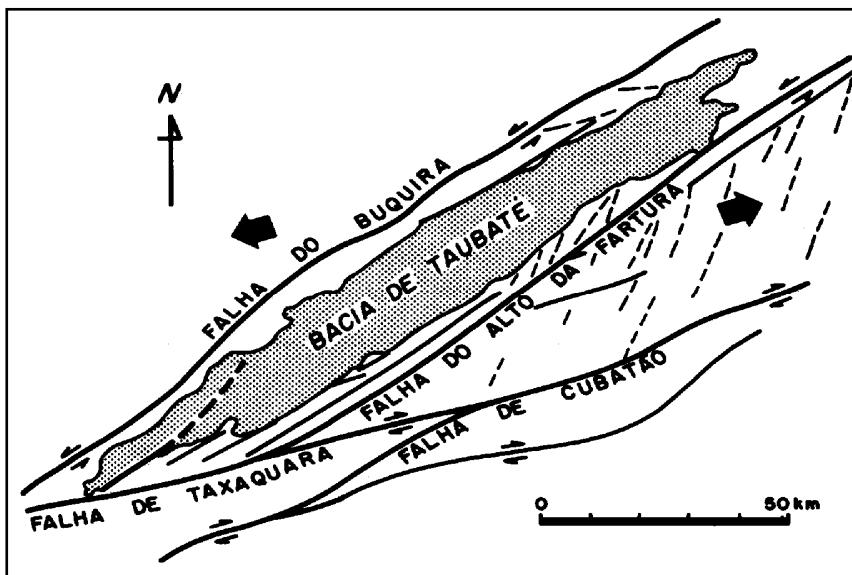


Figura 18 – Exemplo de provável bacia transtensional - Bacia de Taubaté (SP). O formato grosseiramente romboidal da bacia e a presença de diversas fraturas (tracejadas) dispostas em échelon, relativamente às grandes falhas, sugerem uma origem por cisalhamento sinistral divergente simples, entre blocos crustais ao longo de falhas transcorrentes antigas, reativadas durante o período Terciário. O movimento relativo dos blocos é o sugerido pelo autor. Fonte: Zalán (1986).

Essa hipótese revestiu-se de grande interesse pois, num regime transtensional, ligado à distensão crustal, é possível coexistirem esforços compressivos capazes de gerar falhas inversas e transcorrentes, como aquelas observadas em sedimentos das bacias continentais adjacentes à margem continental do sudeste brasileiro (figura 19).

Archela (1989, 1990), em estudo comparativo das feições estruturais maiores e dos modelos faciológicos deposicionais para a Bacia Sedimentar de Curitiba (PR) em relação às bacias de São Paulo (SP), Taubaté (SP), Resende (RJ) e Volta Redonda (RJ), encontrou similaridades muito interessantes, aludindo tentativamente, que a Bacia de Curitiba fizesse parte daquele mesmo contexto tectônico, modelado por Asmus e Ferrari (1978), Melo *et al.* (1985a), e Zalán (1986).

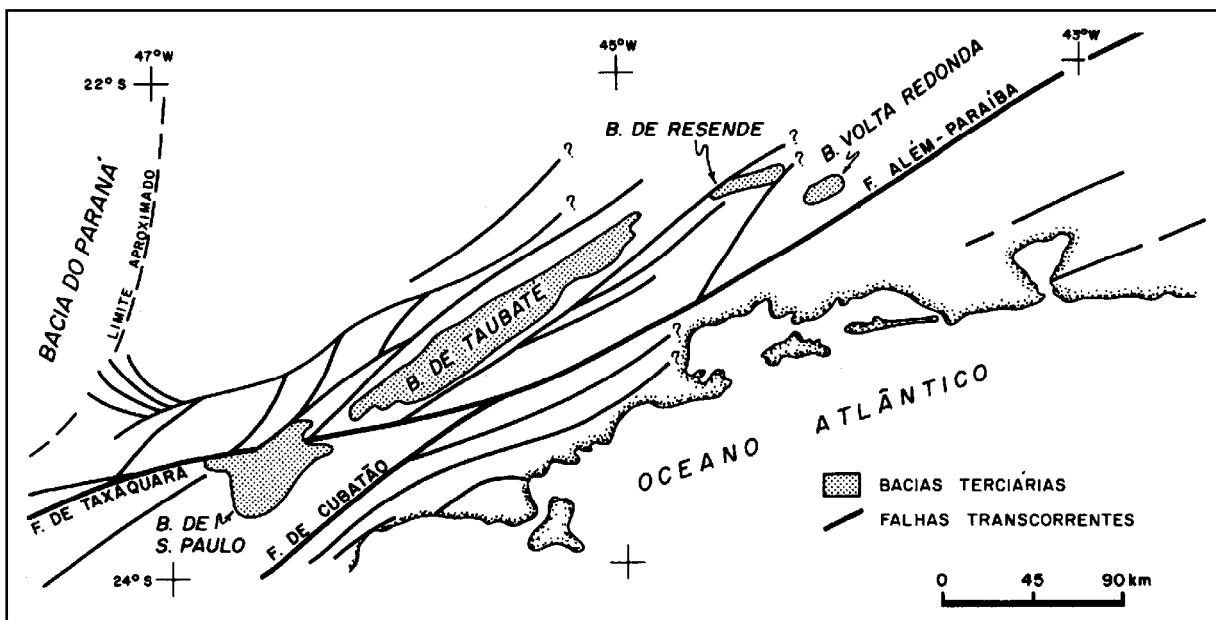


Figura 19 – Zona móvel transcorrente (ZMT) do sudeste do Brasil, ilustrando a geometria em blocos, típica de ZMT. O período de atividade principal desta zona se deu durante o final do “Ciclo Brasiliano” (Almeida et al., 1981), mas há evidências de fortes reativações durante o Paleozóico e Mesozóico (em subsuperfície na Bacia Sedimentar do Paraná). As bacias terciárias têm suas origens também relacionadas às reativações dessas falhas.
Fonte: Zalán (1986).

Na mesma linha interpretativa, Salamuni et al. (1997a, 1997b) e Salamuni et al. (1999) investigaram o caráter tectônico para a gênese e evolução da sedimentação na Bacia de Curitiba, deduzindo esforços tencionais reinantes nos sedimentos da Formação Guabirotuba, sendo dois pares com tensão máxima, nas direções ENE-WSW (baixo ângulo) e N-S (médio ângulo), um de tensão intermediária, com direção NW-SE (alto ângulo) e um de tensão mínima, variando entre NNW-SSE e N-S (horizontal). Esses esforços seriam resultantes de um evento de deformação por compressão generalizada acompanhados de alívios advindos de movimentos transtensionais e transpressionais. Os sedimentos teriam sido depositados, inicialmente, numa calha em forma de hemi-graben passando, posteriormente, para a conformação romboedral (SALAMUNI, 1999).

A confirmação de um mecanismo evolutivo para toda a região em questão, e o seu atual estágio de atividade, está sendo obtido gradativamente, graças aos estudos localizados, desenvolvidos em cada uma das bacias sedimentares que ocupam o sistema de *rifts* continentais do sudeste brasileiro. A presente pesquisa propõe um novo detalhe na evolução tectono-sedimentar da Bacia de Curitiba. As interpretações advindas do produto cartográfico, ora apresentado, permitem o estabelecimento de contemporaneidades entre os esforços transtensionais e transpressionais com aqueles predominantemente distensionais geradores de hemi-grabens; como veremos no capítulo vindouro da apresentação dos resultados.

5. MATERIAIS E METODOLOGIA DE PESQUISA

Inicialmente apresentamos os fluxogramas que sintetizam as atividades desenvolvidas na presente pesquisa. O fluxograma 1 demonstra os passos para se atingir os três pilares sustentadores da pesquisa, ou seja: O embasamento teórico (ou fundamentação teórica) que culmina com o completo domínio do “estado da arte” (aqui, também, denominado de “evolução dos conhecimentos”); os materiais e a metodologia de trabalho empregada nos trabalhos de pesquisa em campo (levantamento de dados); e os procedimentos de trabalho em gabinete e laboratório para se analisar e interpretar as informações obtidas, com consequente elaboração e apresentação dos resultados.



Fluxograma 1 - Etapas das atividades desenvolvidas na pesquisa.

O fluxograma 2 sintetiza os procedimentos laboratoriais para tratamento e análise dos sedimentos amostrados em campo. Etapa essencial para o perfeito conhecimento acerca das propriedades sedimentológicas e lito-faciológicas dos depósitos.



Fluxograma 2 - Etapas das atividades desenvolvidas em laboratórios.

5.1. Levantamento Bibliográfico

Foi realizada uma extensa e meticulosa pesquisa bibliográfica da documentação existente (mapas, cartas topográficas, fotografias aéreas, dados litológicos de subsuperfície a partir das informações provindas de poços tubulares

profundos para exploração de água subterrânea). A literatura foi obtida de acervos bibliográficos de universidades e institutos de pesquisas, entre os quais destacamos: o Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGUSP/SP); a Universidade Federal do Paraná (UFPR); o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT/SP); Serviço Geológico do Paraná (antiga MINEROPAR); Instituto das Águas do Paraná (antiga SUDERHSA); Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG); e a Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo São Paulo (SBG/SP). Todo o material foi analisado a fim de se obter o necessário referencial teórico, exposto nos capítulos: “Evolução dos conhecimentos sobre a Bacia Sedimentar de Curitiba”, “Estado da arte” e “Contexto tectono-geológico regional”; bem como, a necessária capacitação instrumental para as atividades de campo, laboratórios e gabinete.

Os dados geológicos de subsuperfície foram obtidos a partir da análise de planilhas de descrição litológica, contidas nos relatórios técnicos de perfurações de 276 poços tubulares profundos para exploração de água subterrânea, construídos pela extinta Companhia T. Janér. Atualmente, esses relatórios integram o “Cadastro Geral de Poços do Estado do Paraná”, cujo acervo encontra-se no Instituto das Águas do Paraná (na antiga Superintendência do Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - SUDERHSA), gentilmente cedidos para nossa pesquisa.

Os mapas geológicos, as cartas topográficas e as fotografias aéreas foram utilizadas nos trabalhos de pesquisa em campo. Quanto a estas últimas, anteriormente aos trabalhos de campo, foi realizada a fotointerpretação geológica visando distinguir os diferentes conjuntos litológicos, com ênfase aos sedimentos da Formação Guabirotuba, e lineamentos ou alinhamentos estruturais, indicativos de

ruptibilidade por esforços tectônicos. Essas informações foram checadas em campo, contribuindo assim para a elaboração dos produtos cartográficos presentes neste trabalho, com destaque ao mapa geológico da Bacia Sedimentar de Curitiba (figura 9).

5.2. Atividades Desenvolvidas em Campo

Com relação às atividades desenvolvidas em campo podemos destacar, inicialmente, os contatos efetuados com várias entidades, com o objetivo de se obter materiais bibliográficos, fotografias aéreas, imagens de satélite, cartas topográficas, dados de subsuperfície e informações gerais, além de apoio logístico. A autarquia estadual Minerais do Paraná S. A. (MINEROPAR), atualmente denominada **Serviço Geológico do Paraná** (que se encontra encampada ao Instituto de Terras, Cartografia e Geociências – ITC, constituindo o **Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná - ITCG**) forneceu as fotografias aéreas da região, nas escalas 1:25.000 e 1:60.000, bem como, mapas geológicos e literatura, além de disponibilizar sua biblioteca e seus laboratórios. O, então, Instituto de Terras e Cartografia - ITC, hoje incorporado ao ITCG, acima referido, também forneceu fotografias aéreas da região, nas escalas 1:25.000 e 1:60.000, a título de complementação de todo o mapa-índice da área pesquisada.

Nos trabalhos de campo, para efeito de localização precisa dos afloramentos; bem como, dos poços tubulares profundos e respectivas plotagens em mapas, foram utilizadas as folhas topográficas: A 097, A 100, A 103, A 106, A 059, A 098, A 101, A 104, A 107, A 060, A 099, A 102, A 105, A 108, A 070, A 133, A 136, A 139, A 142, A 134, A 137, A 140, A 143, A 135, A 138, A 141, A 144, A 148, e A 151

na escala 1:20.000, com curvas de nível de 5 em 5 metros, e as folhas topográficas: SG-22-X-C-III, SG-22-X-D-I, SG-22-X-C-VI, e SG-22-X-D-IV na escala 1:50.000, com curvas de nível de 20 em 20 metros, elaboradas pela Cruzeiro do Sul S.A. Serviços Aerofotogramétricos, Geofoto S.A. e Polycópias de Polyester Ltda., encomendadas pela Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (COMEC), a qual, gentilmente, nos disponibilizou seus originais em sépia para reprodução em cópias heliográficas (COMEC, 1986 e 2002).

Foram utilizados, também, para efeito de controle de campo e checagem dos contornos geológicos de detalhe existentes, os seguintes mapas geológicos: Folha Geológica de Curitiba XXIV-7 de 1965, Folha Geológica de Piraquara XXIV-8 de 1967, Folha Geológica de Araucária XXIV-11 de 1966, Folha Geológica de São José dos Pinhais XXIV-12 de 1967, Folha Geológica de Campo Largo XXIV-6 de 1965, Folha Geológica de Contenda XXIV-11 de 1967, e Folha Geológica de Tijucas do Sul XXIV-16 de 1969, todas na escala 1:50.000; elaborados pela Comissão da Carta Geológica do Paraná. Foram utilizados também, os mapas geológicos: Folha de Campo Largo SG-22-X-C-III, e Folha de Curitiba SG-22-X-D-I, do Projeto Leste do Paraná, ambos na escala 1:100.000 compilados e levantados pela Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM) e Comissão da Carta Geológica do Paraná, em 1967. O Mapa Geológico da Área do Escudo do Estado do Paraná de 1983, na escala 1:250.000, compilado e elaborado pela Minerais do Paraná (MINEROPAR) foi utilizado apenas para visualizações em contexto regional, nos trabalhos de gabinete.

Os trabalhos de levantamento geológico em campo (mapeamento geológico de superfície) foram desenvolvidos ao longo de décadas, iniciando-se nas pesquisas de mestrado em 1986 e, continuamente, desenvolvidos até a presente

data. O acesso à totalidade de afloramentos pesquisados, descritos e amostrados, realizou-se com veículos cedidos pela, então MINEROPAR, pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc/USP); pelo setor de transportes da Universidade Estadual de Londrina (UEL); bem como, com veículo particular deste pesquisador.

As incursões em campo foram realizadas através de estradas asfaltadas ou “chão batido”, caminhadas a pé por trilhas, margens de drenagens e vias férreas, as quais possibilitaram o acesso a todos os afloramentos e pontos de localização dos poços tubulares profundos mapeados. Grande parte dos depósitos sedimentares ocorre sob os centros urbanizados das cidades da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), devido a isso, pesquisas de geologia de superfície são praticamente impossíveis de serem realizadas nessas áreas. Dessa forma, procurou-se explorar ao máximo todos os afloramentos naturais possíveis; bem como, as exposições produzidas pelas atividades antrópicas (escavações para obras de engenharia).

Para a análise dos afloramentos, foi adotada uma postura sistemática de pesquisa, com a finalidade de se dar homogeneidade às descrições, amostragens e documentação fotográfica. Para tanto, foram construídas planilhas de descrição de afloramentos padronizadas, com os seguintes itens para coleta de informações: endereço da localização; localização em mapa topográfico; localização em mapa geológico; localização em fotografia aérea; tipo de afloramento (natural ou corte artificial); croquis de localização; cota topográfica; desenho esquemático do afloramento com escalas, localização e respectiva numeração da amostragem e documentação fotográfica; seção colunar; e descrição das litologias, com ênfase aos sedimentos e suas estruturas sedimentares, contatos, granulometrias, mineralogia,

arredondamento e esfericidade, seleção granulométrica e mineralógica, matriz, cimento, grau intempérico, cores, estruturas diastróficas e possíveis fósseis presentes. Em afloramentos do Embasamento Cristalino, além da descrição sistemática acima referida, em seus itens pertinentes, foram obtidas as orientações espaciais (atitudes) das foliações metamórficas, diáclases e falhas geológicas.

A amostragem litológica foi realizada de forma a tornar representativa a análise laboratorial, posteriormente realizada. Para isto, foram coletadas tantas amostras quanto necessárias em cada afloramento, objetivando investigar cada mudança estrutural, textural ou granulométrica, mesmo que recorrentes lateralmente (distribuição em área) ou verticalmente (variação temporal). Cada amostra foi acondicionada em saco plástico devidamente identificado por codificação sequencial. Este código de amostragem é formado por uma sequência de letras e números com o seguinte significado – uma primeira letra seguida de número (centena) refere-se à folha topográfica onde se localiza o afloramento; separado por um traço, segue uma segunda numeração que se refere ao número sequencial do afloramento; que por sua vez, está separado por mais um traço, seguido de letra, que se refere à localização sequencial da amostra naquele afloramento. Esta forma de codificação permite uma rápida identificação do afloramento ao qual pertence a amostra e sua pronta localização em mapa.

Além da descrição e amostragem desses afloramentos, sempre foram empreendidas incursões a pontos extremos da área em estudo, com objetivo de se avaliar as possíveis mudanças litológicas. Dessa forma, foram checados vários contatos limítrofes da Bacia Sedimentar de Curitiba com o embasamento Pré-Cambriano, principalmente nas regiões dos municípios de Quatro Barras, Piraquara,

São José dos Pinhais, Tijucas do Sul, Curitiba, Fazenda Rio Grande, Araucária e Campo Largo.

A documentação fotográfica foi realizada nos afloramentos que apresentaram as melhores exposições litológicas, tendo como objetivo principal a obtenção de material ilustrativo para o texto da tese. Para isto, foram fotografados os principais detalhes de cada afloramento, no que se refere às características mais importantes, atais como: estruturas sedimentares; mudanças lito-faciológicas, texturais e granulométricas.

5.3. Atividades Desenvolvidas em Laboratório: Metodologia Empregada na Análise Granulométrica e Mineralógica

A amostragem de sedimentos, obtida em campo, foi posteriormente submetida à análise granulométrica nos laboratórios de Sedimentologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (análise granulométrica). A análise mineralógica e petrográfica das mesmas amostragens, após separação granulométrica, foi realizada no Laboratório de Microscopia do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina (UEL). A análise dos minerais de argila foi realizada no Laboratório de Microscopia Eletrônica do Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista (UNESP) *Campus de Araraquara*.

A amostragem coletada nos trabalhos de campo foi inicialmente separada em grupos, com o objetivo de selecionar litologias previamente descritas em campo; sendo assim, foram obtidos três grupos distintos:

GRUPO 01 – Arenitos e lamitos arenosos;

GRUPO 02 – Argilitos, siltitos, lamitos finos (síltico-argilosos);

GRUPO 03 – Conglomerados.

Na sequência, cada grupo de amostras foi submetido a análises laboratoriais (descritas mais abaixo). A relação das amostras, com suas localizações em campo, suas descrições expeditas, o grupo a que pertencem, e as análises laboratoriais executadas, estão apresentadas no capítulo “Apresentação dos resultados”.

As análises granulométricas têm por finalidade permitir: a) a caracterização e classificação de sedimentos com um mínimo de subjetividade; b) correlacionar sedimentos de áreas diferentes por meio de tratamentos estatísticos adequados; c) interpretar, aproximadamente, os diferentes valores de permeabilidade e porosidade dos sedimentos; d) inferir idéias relativas à gênese dos sedimentos, no que diz respeito ao modo de transporte e deposição nos casos de sedimentos clásticos (detriticos); e) preparar os sedimentos para outros tipos de estudos, tais como: minerais pesados, textura superficial dos grãos, estudos de argilominerais, etc.

Trabalhando-se com sedimentos inconsolidados, como é o nosso caso, as amostras devem ser, inicialmente, secas em estufa, entre 105° a 110°C quando arenosas, e 50° a 60°C quando argilosas. Essas temperaturas devem ser respeitadas em razão de alguns minerais serem mais sensíveis ao aumento do calor, como, por exemplo, a halloysita, que desidrata parcialmente a 60°C; outra razão seria para se evitar o endurecimento (compactação) do material inconsolidado. Posteriormente, procedeu-se ao quarteamento para se obter porções adequadas e representativas com pesos de 50 gramas. Torrões foram então desagregados com auxílio de almofariz de madeira e pistilo de borracha.

Após o quarteamento e desagregação, as amostras foram colocadas em suspensão, em solução diluída de água destilada e pirofosfato de sódio, para se evitar a floculação. Procede-se então à homogeneização através de agitador mecânico rotativo.

Para separação das classes granulométricas menores que 0,062 milímetros utilizou-se o método da pipetagem, o qual se fundamenta na “Lei de Stokes” e baseia-se nas mudanças de concentração de partículas finas (menores que 1/16 mm) em suspensão ao longo do tempo. Se uma suspensão for bem agitada até que as partículas fiquem bem uniformemente distribuídas dentro de uma proveta (com 1 litro de volume), todas as partículas que possuírem velocidades de decantação maior que h/t terão afundado até abaixo de um plano de profundidade h , no final de um intervalo de tempo t (após repouso). As partículas com velocidades de decantação menores que h/t permanecerão em suspensão até a profundidade h , neste mesmo tempo t . Uma pequena amostra, tomada por pipeta, da profundidade h , no tempo t , possuirá um peso residual (após secagem em estufa) que multiplicado por um fator de proporcionalidade (baseado na razão do volume da pipeta para o volume total da suspensão) representará a quantidade total de material que tem velocidades de decantação menores que h/t (Calculada pela Lei de Stokes).

Na sequência, agita-se novamente a suspensão, e após um período de repouso maior que o primeiro, repete-se a operação. Logicamente, para um t maior, somente partículas menores em diâmetro que as anteriores se encontrarão em suspensão na profundidade h . O processo é repetido, sendo que cada vez mais as partículas pipetadas na solução terão granulometrias mais finas, com o aumento do tempo t para pipetagem.

A fração de sedimentos de granulometrias maiores que 0,062 mm é recuperada da solução através do método da elutriação, ao final do qual o material resultante é seco em estufa e separado em classes granulométricas (maiores que 0,062 mm) através do peneiramento, utilizando-se para tal, um conjunto de peneiras e vibrador específicos.

A escala granulométrica empregada foi a de Wentworth (1922, *apud* Suguiio, 1973), sendo que no peneiramento, foram utilizadas peneiras com 0,062, 0,088, 0,125, 0,177, 0,250, 0,354, 0,500, 0,707, 1,000, 1,410, 2,000, 2,830 e 4,000 mm de abertura.

5.4. Tratamento Estatístico da Granulometria

Os resultados dos pesos obtidos por intervalos granulométricos, na pipetagem e peneiramento são tratados de maneira a fornecer alguns parâmetros que descrevem quantitativamente os sedimentos.

Antes de se proceder aos cálculos dos parâmetros estatísticos, determina-se o fator de correção, dividindo-se o peso total inicial pelo peso total final. Quando este fator estiver entre 0,95 e 1,05, ou seja, com 5% de erro, a análise é considerada satisfatória, e prossegue-se aos demais cálculos. Em caso contrário, as análises são descartadas, sendo repetido o processo desde o início. A pipetagem é a principal fonte de erro, pois além da análise ser indireta (amostragem de 1/20 do volume total) ela depende de diversos outros fatores como: flocação, temperatura de suspensão, forma das partículas, e pipetagem de volumes diferentes de 50 ml. Por outro lado, o peneiramento é sempre uma análise direta, contribuindo com uma menor parcela de erro.

A distribuição granulométrica é obtida em classes sucessivamente menores de um fator igual a 2. Isto significa que as classes, quando medidas em milímetros, não são exatamente iguais em tamanho, necessitando de uma transformação para que as classes passem a ter o mesmo tamanho para permitir o tratamento estatístico dos dados de distribuições granulométricas. Essa transformação passa o diâmetro das partículas, em milímetros, para a unidade ϕ , tomando-se o logaritmo negativo na base 2 do diâmetro em milímetros das partículas.

O tratamento prossegue com o cálculo da distribuição granulométrica em porcentagens simples e acumuladas. O cálculo dos parâmetros estatísticos foi feito pelo método gráfico de Folk & Ward (1957, *apud* SUGUIO, 1973). Este método foi desenvolvido para substituir o “método dos momentos”, usualmente empregado na estatística clássica, pois este método exigia um volume muito grande de cálculos.

As porcentagens acumuladas foram lançadas em papel de probabilidade aritmética, unindo-se os pontos por segmentos de reta resultando no polígono de frequências acumuladas. Na curva acumulada, plotada em papel de probabilidade aritmética, interpolou-se as granulações 5, 16, 25, 50, 75, 84 e 95% da distribuição, denominados respectivamente ϕ_5 , ϕ_{16} , ϕ_{25} , ϕ_{50} , ϕ_{75} , ϕ_{84} , e ϕ_{95} ; ou simplesmente percentis. De posse dos percentis procedeu-se ao cálculo dos parâmetros estatísticos.

Ao se estudar um sedimento sob ponto de vista de sua composição granulométrica obtém-se, invariavelmente como resultado, uma tabela de distribuições de frequências granulométricas que pode ser, eventualmente, representada em forma de histograma.

A avaliação das características das amostras, quanto às distribuições de frequências granulométricas, torna-se impossível a partir de tabelas de distribuição de frequências, bem como de histogramas. Necessita-se, assim, de características numéricas associadas a essas distribuições, que podem, naturalmente, ser tratadas e interpretadas de maneira lógica. Por tratar-se de uma distribuição contínua de frequência, busca-se na estatística descritiva clássica medidas que caracterizem uma distribuição de frequência. As medidas numéricas: média, desvio padrão, assimetria, e curtose descrevem numericamente a distribuição granulométrica.

1) **Média** (diâmetro médio):

O diâmetro médio de uma distribuição granulométrica pode ser calculado pela relação:

$$Mz = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

O diâmetro médio representa a granulação predominante do sedimento e está diretamente associado ao nível de energia atuante nos diferentes ambientes sedimentares. Assim, os de alta energia terão sedimentos granulometricamente grossos, enquanto os de baixa energia terão, predominantemente, clastos finos. Por outro lado, a granulação média está fortemente vinculada às características da área fonte (litologia, clima e tectônica), ou seja, se não houver suprimento de classes texturais rudáceas, independente do nível de energia, o sedimento terá granulação fina.

2) Desvio padrão:

O desvio padrão na proposta de Folk & Ward (1957, *apud* SUGUIO, 1973) é calculado pela seguinte fórmula:

$$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_{05}}{6,6}$$

O desvio padrão representa o grau de seleção do sedimento e está relacionado com as condições de energia e viscosidade do ambiente deposicional, sofrendo também as influências da proveniência dos sedimentos.

3) Assimetria:

A assimetria de uma distribuição granulométrica é calculada pela relação:

$$SKI = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2 \cdot \phi_{50}}{2 \cdot (\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{5} + \phi_{95} - 2 \cdot \phi_{50}}{2 \cdot (\phi_{95} - \phi_{05})}$$

Assimetria é o grau de desvio ou afastamento da simetria de uma distribuição e representa o grau de normalidade (em relação a uma distribuição normal) de uma distribuição granulométrica, pois a distribuição normal é perfeitamente simétrica e tem assimetria nula. Se for o inverso, diz-se que ela é desviada para a esquerda, ou que tem assimetria negativa. Distribuições granulométricas com assimetria positiva representam desvios da normalidade no sentido de classes texturais finas, enquanto assimetrias negativas mostram os desvios no sentido das granulações grossas.

4) Curtose:

A curtose pode ser calculada pela relação:

$$KG = \frac{\phi_{95} - \phi_{05}}{2,44 \cdot (\phi_{75} - \phi_{25})}$$

A curtose é a medida do grau de achatamento de uma curva e relaciona-se com o grau de espalhamento ou seleção do ponto central e é obtida pela razão entre a seleção da parte central ($\phi_{75} - \phi_{25}$) com a seleção dos extremos ($\phi_{95} - \phi_{05}$).

Quando a distribuição é normal, a forma do pico não é nem pontiaguda nem muito achatada, e é denominada mesocúrtica. Quando a distribuição tem um pico relativamente alto, a curtose é leptocúrtica, e quando tem o topo achatado é chamada platicúrtica.

Nos cálculos dos parâmetros utilizaram-se as fórmulas propostas por Folk & Ward (1957, *apud* SUGUIO, 1973). Os cálculos foram efetuados através do software computacional, que utiliza como dados de entrada o peso total inicial e os pesos de cada classe textural. Caso o fator de correção ultrapasse 5%, a análise granulométrica será dada por inválida e a operação encerra-se.

Com base nos dados de entrada, o software computacional calcula a porcentagem individual e a acumulada de cada classe textural; os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957, *apud* SUGUIO, 1973) e o número de classes texturais, tanto para distribuição “total”, quanto para distribuição “areia”, se a porcentagem de areia for maior ou igual a 50. Além disso, para distribuição total, o software calcula a porcentagem de seixo, grânulo, areia, silte e argila da análise, e

classifica a amostra segundo o “diagrama de Shepard” (SHEPARD, 1954, *apud* SUGUIO, 1973).

5.5. Análises Mineralógicas

A composição mineralógica de uma rocha sedimentar é um dos parâmetros mais importantes para definir as propriedades dos agregados minerais, fornecendo a base para sua classificação. Os minerais acessórios (minerais pesados) são importantes na investigação das rochas fontes geradoras dos sedimentos, pois devido sua resistência ao intemperismo e transporte, podem persistir ao longo de vários ciclos, retratando através de suas assembléias as possíveis rochas geradoras que contribuíram para o fornecimento de detritos. Além disso, o grau de arredondamento dos minerais acessórios pode "dizer" se os sedimentos são de "primeira geração" ou resultantes do retrabalhamento de sedimentos anteriores.

5.5.1. Minerais Essenciais (minerais leves)

Após o peneiramento e separação por líquido pesado (bromofórmio), o material leve das frações areia fina (0,250 a 0,125 mm) foi utilizado para a determinação de sua composição mineralógica.

A determinação mineralógica foi feita a partir de estudos ópticos, em microscópio petrográfico, com luz transmitida e dois polarizadores de luz, utilizando-se montagens provisórias de lâminas com líquido preparado a partir de alfa-bromonaftaleno e Nujol. Este líquido, com índice de refração, $n = 1,547$ apresenta a vantagem de ser muito parecido com o índice de refração do quartzo ($n = 1,544$),

anulando o relevo e facilitando a sua individualização e separação óptica. Neste preparado, os feldspatos potássicos exibem relevo negativo, de fácil detecção, embora os plagioclásios sódicos, com índices próximos ao líquido, não se separam do quartzo em exame superficial. Para o último caso, a identificação óptica do mineral exigiu a observação complementar da presença e tipo de geminação, clivagem e alteração.

Os minerais micáceos foram desprezados pelo fato de que na separação por bromofórmio, parte fica no resíduo pesado e parte no material leve, pois, embora sejam mais densos que o bromofórmio, as formas placóides desses minerais não permitem uma separação completa.

5.5.2. Minerais Acessórios (minerais pesados)

Os minerais pesados ou acessórios, transparentes não micáceos, cujos pesos específicos são superiores a $2,6 \text{ g/cm}^3$, ocorrem com frequências muito baixas quando comparados aos essenciais (frequência de 0,005 a 3%), contudo sua importância reside na possibilidade de interpretação quanto à proveniência dos sedimentos e ciclos de transporte e intemperismo.

Os minerais pesados foram analisados nas frações 0,250 - 0,125 mm (areia fina) e 0,125 - 0,062 mm (areia muito fina). As frações acima e abaixo destes limites foram rejeitadas pelo fato de apresentarem minerais pesados em volume muito pequeno (frações grossas), ou por seu estudo óptico ficar dificultado (frações finas).

A separação gravitativa das frações leve e pesada foi efetuada em funis apropriados, utilizando-se o bromofórmio de $D = 2,89 \text{ g/cm}^3$ como líquido

pesado. O material permaneceu o tempo suficiente para que todos os minerais pesados decantassem. Foram colhidos em papel de filtro e lavados com álcool e levados a secar. Na sequência, foram montadas lâminas utilizando-se líquido com índice de refração $n = 1,547$ preparado a partir de Nujol e Alfa-bromonaftaleno. Essas lâminas não foram montadas de forma permanente, objetivando a possibilidade de rotação de grãos para posições mais favoráveis à observação de figuras de interferência, além da praticidade e economia no processamento; também nessa análise foi utilizado microscópio petrográfico, a exemplo dos minerais essenciais.

A frequência relativa de cada mineral, por fração, foi obtida após a contagem de, no mínimo, 100 grãos de minerais pesados, transparentes e não micáceos. Após a contagem, foi realizada varredura completa nas lâminas, e os minerais presentes, com frequências menores que 1%, foram marcados como “minerais traços” (TR). Algumas amostras não apresentaram material suficiente para a contagem. Para estas, foi feita apenas análise qualitativa, sendo marcados os minerais presentes por (P).

No que diz respeito à frequência dos minerais pesados, foi utilizado o método de Coimbra (1976) e de Coutinho & Coimbra (1974, *apud* COIMBRA, 1983) que estabelece as regras e limites, apresentados no quadro 1:

Frequência média	É a média aritmética das frequências do mineral de todas as amostras analisadas.
Frequência de ocorrência	Esta frequência percentual é obtida dividindo-se o número de amostras, nas quais o mineral está presente (mesmo como traços), pelo número total de amostras.
Frequências de classes	São obtidas a partir de amostras nas quais o mineral está presente, sendo uma classificação segundo a sua abundância. Foi considerado “superabundante” o mineral com frequência superior a 50%, “abundante” entre 10 e 50%, “comum” entre 2 a 10%, e “raro” entre maior que zero e menor ou igual a dois; conforme a classificação proposta por Coutinho & Coimbra (1974, <i>apud</i> COIMBRA, 1983).

Quadro 1 - Frequências de Minerais Pesados. Adaptado e modificado a partir de Coimbra (1976, 1983).

A maturidade textural foi definida em função do arredondamento dos minerais, enquanto para a maturidade mineralógica, por definição, foi baseada no número de espécies mineralógicas, calculado a partir da soma dos minerais com frequência superior a 1%. Utilizou-se, ainda, o índice ZTR (HUBERT, 1962, *apud* SUGUIO, 1973) representado pela soma de frequências percentuais do zircão, turmalina e rutilo. Para facilitar a análise de variação do ZTR, utilizou-se a classificação proposta por Coimbra (1976), apresentada no quadro 2:

Variação das frequências percentuais do índice ZTR (em %)	CLASSIFICAÇÃO
00 a 10	Superabundância de minerais instáveis
10 a 40	Abundância de minerais instáveis
40 a 60	Frequências iguais de minerais instáveis e estáveis
90 a 100	Superabundância de minerais estáveis

Quadro 2 - Classificação da variação do índice ZTR. Fonte: Coimbra (1976).

5.6. Tratamento das Informações Geológicas de Subsuperfície

O desenvolvimento dessa pesquisa baseou-se, fundamentalmente, na utilização de informações de subsuperfície. Dessa forma, foram utilizados os dados disponíveis nas planilhas de descrições de amostragens litológicas constantes dos relatórios técnicos efetuados por ocasião da perfuração de poços tubulares profundos para exploração de água.

As informações geológicas de subsuperfície foram obtidas a partir da análise dos relatórios técnicos de obras de perfuração e construção de mais de 600 poços tubulares profundos para exploração de água subterrânea na área em estudo. Apesar desse volume inicial de dados disponibilizados, e após rigorosa triagem, optamos em trabalhar apenas com 276 poços da Companhia T. Janér, pois são muito homogêneos e bem redigidos, contendo informações técnicas, relativamente, muito completas e de qualidade.

Todos os relatórios mencionados fazem parte do “Cadastro Geral de Poços do Estado do Paraná”, acervado pela antiga, Superintendência do Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), atualmente anexada administrativamente ao Instituto das Águas do Paraná, e gentilmente disponibilizados para nossa pesquisa.

De posse dos relatórios, previamente selecionados, passamos a construir uma planilha com as seguintes informações: número do poço; nome do contratante e endereço da obra; cidade, bairro e/ou localidade da obra; localização precisa em coordenadas UTM; cota altimétrica da “boca” do poço; descrição da litologia encontrada; profundidade do Embasamento Cristalino em cota altimétrica; espessura dos sedimentos pertencentes à Formação Guabirotuba; profundidade total do poço; porcentagens de ocorrências das diferentes litologias sedimentares, nível estático, nível dinâmico, vazão de teste, "entradas" de água e descrição das amostras de calha. Vale ressaltar que os poços não possuíam informações da localização geográfica; portanto, concomitantemente à elaboração da planilha, foi realizada a plotagem manual de todos os poços, em seus respectivos endereços, em carta base dotada de malha urbana, viária, hidrografia e linhas de altimetria, na escala 1:20.000. Com a correta plotagem de cada ponto no mapa, foi possível então obter as respectivas coordenadas em UTM, através de cuidadosa projeção cartesiana.

Essa foi a etapa de gabinete mais difícil de ser empreendida, pois muitos poços não possuíam endereços confiáveis, ou suas localizações não condiziam com a geologia local, levando-nos a empreender uma exaustiva checagem de suas reais localizações diretamente no campo. Mesmo assim, uma

considerável quantidade de poços foram descartados por não apresentarem localização confiável, a despeito de conterem informações, algumas bem relevantes.

Com a planilha de poços elaborada e os dados georreferenciados, passamos para a fase de elaboração de uma planilha eletrônica, a fim de se alimentar o banco de dados dos softwares computacionais utilizados nesse trabalho. Acrescentamos dados de controle topográfico ao banco de dados, a fim de se produzir uma representação topográfica do relevo em toda a área de estudo. Para tanto, foi realizada a plotagem manual de pontos de controle topográfico na mesma carta base adotada para a plotagem dos poços, acima referida. Utilizou-se, também, o mesmo procedimento na obtenção das respectivas coordenadas em UTM, através da projeção cartesiana. Dessa forma, o banco de dados totalizou 772 pontos de informações, entre pontos de controle topográfico e poços tubulares profundos.

Cada poço tubular profundo, reportado em uma linha horizontal da planilha eletrônica de dados, forneceu as seguintes informações, tabuladas em colunas: A) Numeração sequencial (ou número de ordem na planilha), B) Numeração dos poços tubulares profundos (número do poço), C) Coordenada abscissa, UTM, em metros, D) Coordenada ordenada, UTM, em metros, E) Cota topográfica altimétrica da “boca do poço” (em metros, acima do nível do mar), F) Cota topográfica altimétrica do embasamento (contato dos sedimentos com o embasamento cristalino; em metros, acima do nível do mar), G) Isópaca dos sedimentos (espessura dos sedimentos da Bacia de Curitiba no local; em metros), H) Vazão d’água do poço (em metros cúbicos por hora), I) Nível dinâmico (N.D. em metros), J) Nível estático (N.E. em metros), K) Diferença entre o nível dinâmico e estático (em metros), L) Entradas d’água no poço (E.A. em cotas métricas) ,M) Isólitas totais de regolito no poço (em metros), N) Isólitas total de fanglomerado no

poço (em metros), O) Isólitas totais de areia no poço (em metros), P) Isólitas totais de argila no poço (em metros), Q) Isólitas totais de aluvião no poço (em metros), R) Porcentagem total de regolito no poço (em metros), S) Porcentagem total de fanglomerado no poço (em metros), T) Porcentagem total de areia no poço (em metros), U) Porcentagem total de argila no poço (em metros), V) Porcentagem total de aluvião no poço (em metros), W) Coluna para separação dos dados, X) Isólitas de regolito entre as cotas 810 e 815 metros), Y) Isólitas de fanglomerado entre as cotas 810 e 815 metros), Z) Isólitas de areia entre as cotas 810 e 815 metros), AA) Isólitas de argila entre as cotas 810 e 815 metros), AB) Isólitas de aluvião entre as cotas 810 e 815 metros), e assim sucessivamente, colunas de AC) até HS) apresentam as respectivas isólitas (reg, fan, are, arg e aluv) para os intervalos de cotas de 5 em 5 metros de 815/820 a 1005/1010 metros. Na linha 153 e respectivas colunas foram calculados os valores **mínimos** para cada coluna. Na linha 155 e respectivas colunas foram calculados os valores **médios** para cada coluna (média aritmética simples). Na linha 157 e respectivas colunas foram calculados os valores **máximos** para cada coluna (média aritmética simples).

As cotas topográficas de “boca do poço” permitiram um controle topográfico básico que serviu de referencial para as delimitações espaciais das demais informações trabalhadas; ou seja, 1) produzimos um mapa temático das isolinhas topográficas altimétricas do embasamento da Bacia Sedimentar de Curitiba; ou seja, um mapa do **paleorelevo** da bacia, inclusive em 3D, 2) produzimos um mapa temático das isolinhas de espessura total de sedimentos na Bacia de Curitiba (mapa de **isópacas dos sedimentos**), 3) produzimos mapas temáticos das isolinhas de porcentagens de ocorrência das diferentes litofácies para os sedimentos

na Bacia de Curitiba (mapas de **isólitas de sedimentos rudáceos, arenáceos e lutáceos**).

Estes últimos, objetaram demonstrar as porcentagens de ocorrências ou razões entre ocorrências para diferentes litologias ou termos granulométricos restritos aos sedimentos, apresentando em mapa temático as porcentagem de areias que se referem à fácies fluvial entrelaçado; a porcentagem de termos essencialmente rudáceos referem-se à fácies leques aluviais proximais; na sequência, a porcentagem de areias e lamitos conglomeráticos refere-se à fácies leques aluviais medianos; a porcentagem de lamitos mais finos à fácies leques aluviais distais. Ou seja, estes mapas estabelecem o zoneamento faciológico para os sedimentos da Bacia de Curitiba, objetivo mor desta pesquisa.

Com essa premissa estabelecida foi possível fazer interpretações e conclusões analógicas acerca das vazões auferidas nos estudos precedentes (ARCHELA, 2004), além de interpretações e conclusões para os demais objetivos propostos neste estudo.

5.7. Tratamento Geoestatístico para Informações Geológicas de Subsuperfície

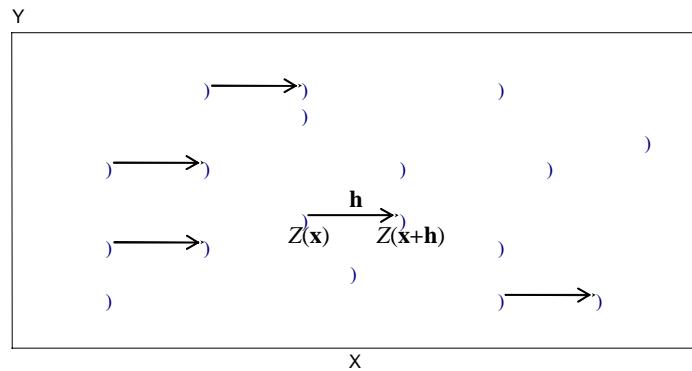
Sabemos que a distribuição dos poços tubulares profundos na área estudada não é regular. Há uma concentração nas áreas centrais da capital curitibana e em outros centros urbanizados dos demais municípios que compõem a Região Metropolitana de Curitiba, em detrimento de zonas pouco urbanizadas ou rurais. Sendo assim, houve a necessidade de se pesquisar qual o melhor ajuste e consequente método de interpolação para a adequada modelagem geoestatística destes dados.

As áreas com pouca ou nenhuma amostragem são regiões de incertezas; porém, a geoestatística baseia-se em modelos probabilísticos que levam em conta essas incertezas, extrapolando e interpolando os valores conhecidos para as áreas onde são desconhecidos. A fidelidade dos resultados dependerá, muito, da qualidade das informações numéricas trabalhadas e do conhecimento, prévio, do contexto temático trabalhado.

A geoestatística parte da premissa de que dois dados numéricos possuem valores cada vez mais semelhantes quanto mais os dois estiverem próximos no espaço (inferência Bayesiana). Por consequência, quanto mais distantes estiverem, um do outro, dependendo das características ambientais, maior será a discrepância, sendo que a partir de certa distância os valores podem ser totalmente discrepantes, ou seja, aleatórios. Nesse sentido, a geoestatística propõem, através de um conjunto de ferramentas apropriadas, trabalhar a aparente aleatoriedade dos dados (variáveis regionalizadas), tornando possível uma estruturação espacial. É estabelecida, desse modo, uma função para a correlação espacial (variograma). Esta função representa a base da estimativa da variabilidade espacial em geoestatística.

Em outras palavras, “o variograma é a ferramenta básica que permite descrever quantitativamente a variação no espaço de um fenômeno regionalizado” (HUIJBREGTS, 1975, *apud* YAMAMOTO, 2001).

Supondo que $Z(x)$ represente o valor de uma variável para um local x , onde x é o vetor (x,y) ; e que $Z(x+h)$ represente o valor da mesma variável para uma determinada distância h , em qualquer direção. O variograma resume a continuidade espacial para todos os pareamentos (comparação de dois valores) e para todos os h significativos.



A dependência espacial é analisada, segundo Isaaks & Srivastava (1989, *apud* YAMAMOTO *et al.*, 2006), pela função:

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n [Z(x + h) - Z(x)]^2$$

onde:

$2\gamma(h)$ é a função variograma; n é o número de pares de pontos separados por uma distância h;

$Z(x+h)$ é o valor da variável regionalizada no ponto (x+h);

$Z(x)$ é o valor da variável regionalizada no ponto x.

Ou pela simplificação da função:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2 N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

onde:

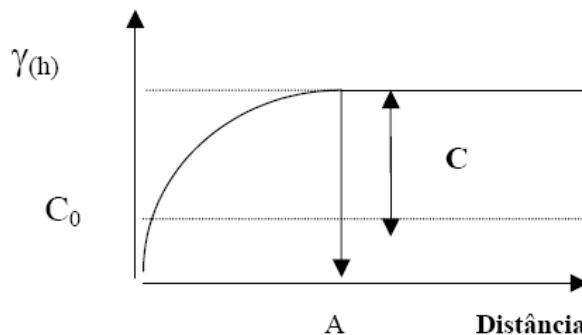
$\gamma(h)$ é o valor do **semivariograma** estimado para a distância h;

x é a medida de posição;

h é a distância entre medições.

O modelo de semivariograma representa a estrutura de correlação espacial que será usada nos procedimentos de krigagem e simulação.

Denomina-se de Análise Estrutural à análise e ajuste de um semivariograma experimental a um teórico, o qual pode ser representado pelo gráfico a seguir:



onde:

γ(h) é a semivariância;

C₀ é o efeito pepita;

C é a semivariância estrutural ou espacial;

C+C₀ é o patamar ou soleira;

A é o alcance.

O “efeito pepita” (**C₀**) corresponde à cota do ponto onde o semivariograma corta o eixo das ordenadas. Esse ponto reflete as microestruturas não captadas pela menor escala da amostragem, erros de amostragem, de análises laboratoriais, etc.

O “alcance” (**A**) corresponde ao conceito da “Zona de Influência” ou de “Dependência Espacial” de uma amostra, marcando a distância a partir da qual as amostras tornam-se independentes.

O “patamar” (**C+C₀**) corresponde ao ponto onde toda semivariância da amostra é de influência aleatória.

Quando o “efeito pepita” (**C₀**) for aproximadamente igual ao patamar (**C+C₀**), denominamos de “efeito pepita puro”, e a amostra não recebe influência espacial.

A técnica da confecção dos mapas de isolinhas, onde são geradas estimativas de dados de pontos não amostrados a partir de pontos amostrados, é denominada de interpolação de dados. A Krigagem constitui-se num excelente método de interpolação de dados, pois, faz uma descrição mais acurada da estrutura espacial dos dados e produz valiosa informação sobre a distribuição da estimativa do erro.

Landim (1998) descreve a Krigagem como uma série de técnicas de análise de regressão que procura minimizar a variância estimada, a partir de um modelo prévio, que leva em conta a dependência estocástica entre os dados distribuídos no espaço.

Rossi *et al.* (1994, *apud* ZIMBACK, 2003), destaca três características que distinguem a Krigagem dos outros métodos de interpolação: 1^{a)} a Krigagem pode fornecer uma estimativa que é maior ou menor do que os valores da amostra, sendo que as técnicas tradicionais estão restritas à faixa de variação das amostras; 2^{a)} enquanto os métodos tradicionais usam distâncias Euclidianas para avaliar as amostras, a Krigagem tem a vantagem de usar a distância e a geometria

(relação de anisotropia) entre as amostras; 3^{a)} diferente dos demais métodos, a Krigagem leva em conta a minimização da variância do erro esperado, por meio de um modelo empírico da continuidade espacial existente ou do grau de dependência espacial com a distância ou direção, isto é, através do variograma, covariograma ou correlograma.

A Krigagem Ordinária, que é a variação mais utilizada da Krigagem simples, é descrita como sendo o valor interpolado $\hat{Z}(x_0)$ de uma variável regionalizada Z , num local x_0 ; podendo ser determinada por:

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n [\lambda_i \cdot Z(x_i)]$$

onde:

$\hat{Z}(x_0)$ é o valor estimado para o local x_0 não amostrado;

$Z(x_i)$ é o valor obtido por amostragem no campo;

n é o número de amostras vizinhas;

λ_i são pesos aplicados em cada $Z(x_i)$, ou seja, ponderadores obtidos pela resolução do sistema linear de equações.

O sistema de Krigagem Ordinária tem solução única se o modelo de variograma for válido. A Krigagem, além de ser um estimador não tendencioso, é um interpolador exato, isto é, se o ponto a ser estimado coincidir com um dos pontos amostrados, o valor estimado deverá ser igual ao valor amostrado (YAMAMOTO, 2000).

6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentaremos todos os resultados obtidos na presente pesquisa, acompanhados dos devidos comentários e conclusões. Iniciaremos com a explanação dos resultados das análises laboratoriais concernentes à granulometria e mineralogia das amostragens litológicas efetuadas em campo. Em seguida, faremos uma caracterização faciológica dos sedimentos presentes na bacia, utilizando as informações obtidas nos trabalhos de mapeamento de superfície, em campo. Posteriormente faremos a exposição comentada do produto cartográfico temático elaborado a partir das informações litológicas de superfície e de subsuperfície; estas últimas, obtidas nos relatórios técnicos de perfurações de poços tubulares profundos.

6.1. Análise Granulométrica

A granulometria de um sedimento é perfeitamente descrita por intermédio de sua quantificação estatística. As expressões numéricas (estatísticas) que permitem a quantificação e consequente qualificação da distribuição granulométrica presente em uma amostra são: 1) a média ou **diâmetro médio** dos clastos; 2) o desvio padrão ou **grau de seleção granulométrico**; 3) o grau de anormalidade da curva representativa da distribuição granulométrica em relação à moda, ou **assimetria**; 4) o grau de achatamento da curva de distribuição granulométrica, ou **curtose**.

A seguir, apresentaremos os resultados do tratamento estatístico das análises granulométricas (diâmetro médio, grau de seleção, assimetria e curtose) para cada litofácie presente na Bacia de Curitiba.

A) Distribuições granulométricas totais para a fácies leques aluviais proximais:

A granulometria dominante é a areia muito fina, com 33,33% de frequência de ocorrência; seguida pela areia fina, com 25,93%; também ocorrem silte grosso, silte médio e silte muito fino com 11,11% de frequência cada um e, finalmente, ocorre areia média com 7,41% de frequência de ocorrência (figura 20).

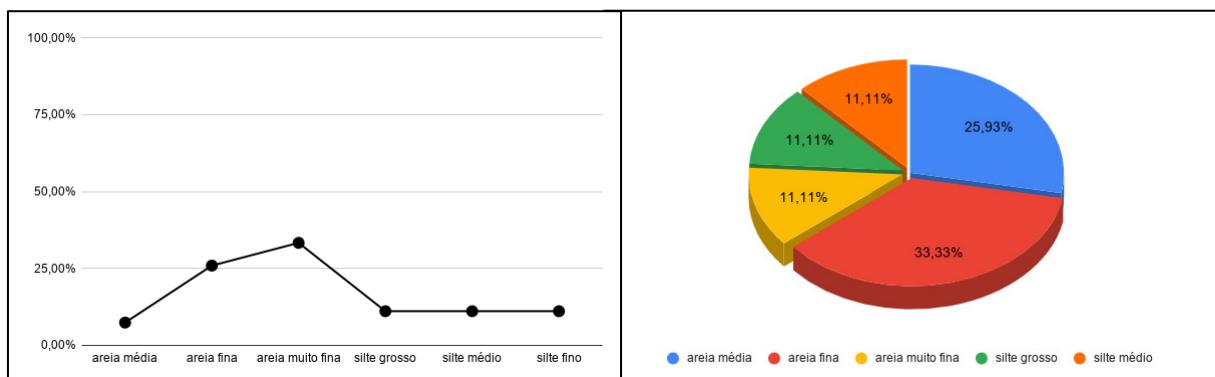


Figura 20 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácies leques aluviais proximais. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto ao **desvio padrão** ou **grau de seleção granulométrica** dos mesmos (figura 21) os resultados evidenciam que 51,86% dos sedimentos são “muito bem selecionados”, 22,22% são bem selecionados, 11,11% são medianamente selecionados, 11,11% são pobramente selecionados, e 3,70% são muito pobramente selecionados.

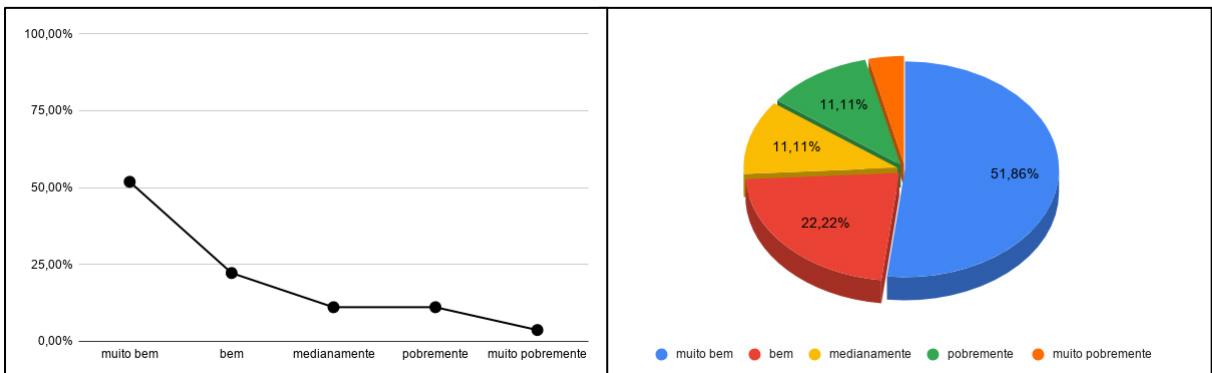


Figura 21 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do grau de seleção granulométrica dos sedimentos provindos da fácies leques aluviais proximais. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

A **assimetria** revela que 51,86% das distribuições são assimetricamente muito negativas e 22,22% possuem assimetria negativa, 11,11% são aproximadamente simétricas, 11,11% apresentam assimetria positiva, e apenas 3,70% possuem assimetria muito positiva (figura 22).

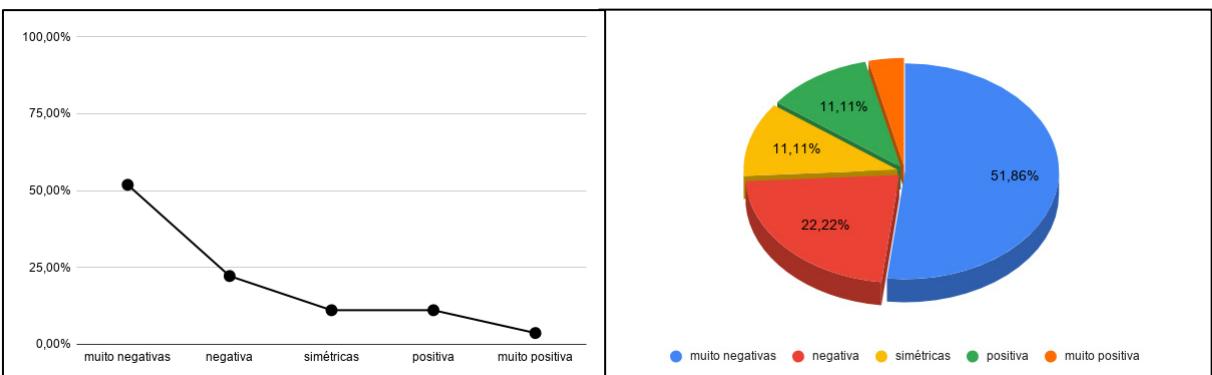


Figura 22 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da assimetria das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácies leques aluviais proximais. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto à **curtose**, 51,86% das distribuições são muito platicúrticas; 22,22% são platicúrticas, 11,11% são mesocúrticas, 11,11% são leptocúrticas, e apenas 3,70% apresentaram-se muito leptocúrticas (figura 23).

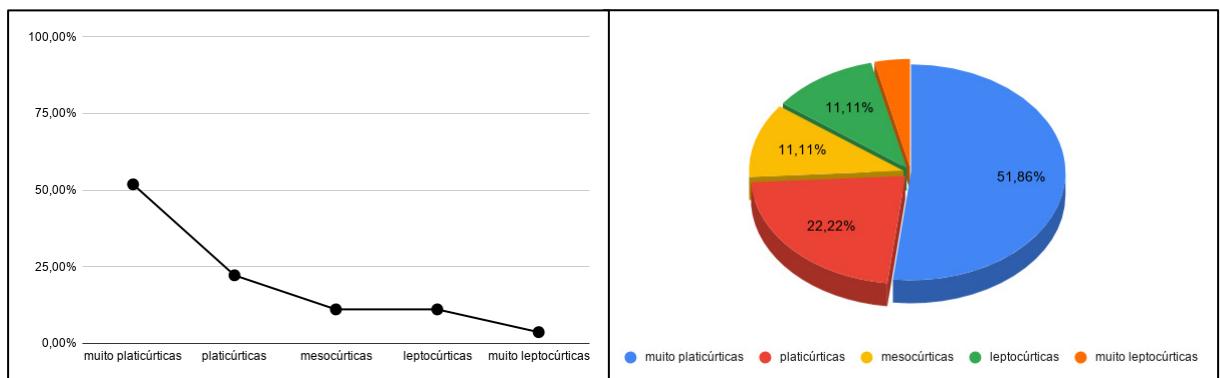


Figura 23 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da curtose das distribuições granulométricas totais provindas da fácies leques aluviais proximais. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

B) Distribuições granulométricas para a fração areia da fácies leques aluviais proximais, calculadas separadamente:

A granulometria dominante é a areia é a fração areia grossa, com 70,37% de ocorrência, seguida por 22,22% da fração areia média, e por 7,41% de frequência da fração areia fina (figura 24).

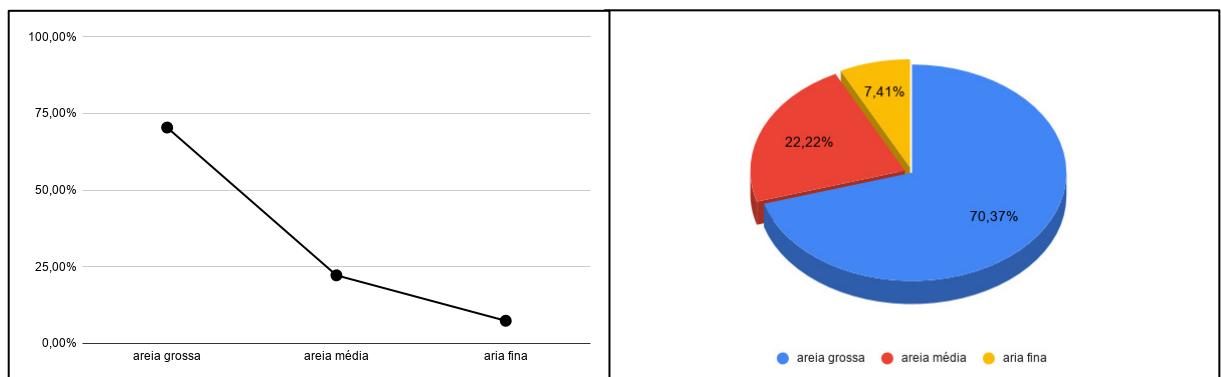


Figura 24 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácies leques aluviais proximais. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto ao **desvio padrão** da mesma, 33,33% das areias são “pobremente selecionadas”, 33,33% são medianamente selecionadas, 22,22% são bem selecionadas, e 11,11% são muito pobremente selecionadas (figura 25).

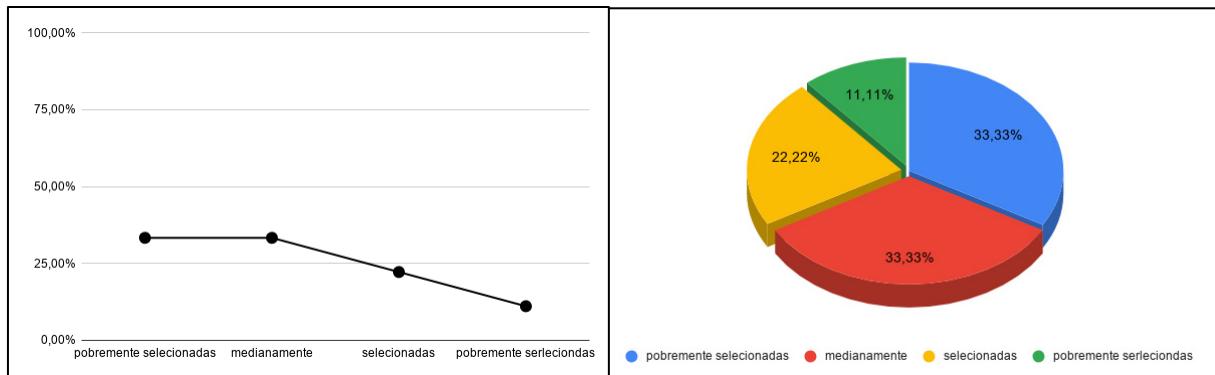


Figura 25 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do **desvio padrão** das distribuições granulométricas da **fração areia** provindas da **fácies leques aluviais proximais**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Com relação à **assimetria** da mesma, 40,75% das distribuições são assimetricamente positivas, 33,33% são aproximadamente simétricas, 22,22% são assimetricamente negativas, e apenas 3,70% possuem assimetria muito positiva (figura 26).

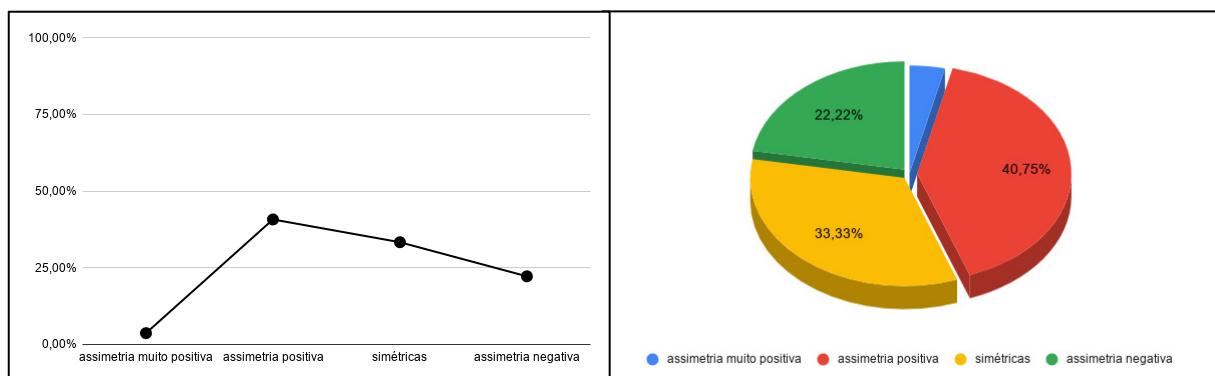


Figura 26 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do **grau de assimetria** das distribuições granulométricas da **fração areia** provindas da **fácies leques aluviais proximais**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto à **curtose**, 33,33% das distribuições são leptocúrticas; 33,33% são mesocúrticas, 22,22% são platicúrticas, e apenas 11,11% apresentaram-se muito leptocúrticas (figura 27).

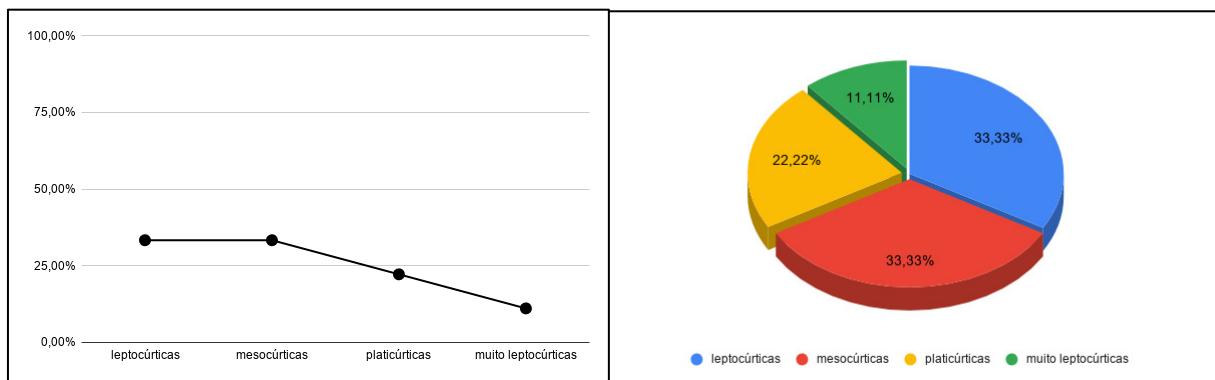


Figura 27 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da curtose das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais proximais. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

C) Distribuições granulométricas totais para os sedimentos provindos da fácie leques aluviais medianos:

A granulometria dominante é o silte fino, com 40,00% de frequência, seguido pela fração silte muito fino, com 26,68%; em seguida ocorre silte médio na proporção de 20,00% de frequência; silte grosso e areia muito fina também ocorrem com 06,66% de frequência cada um (figura 28).

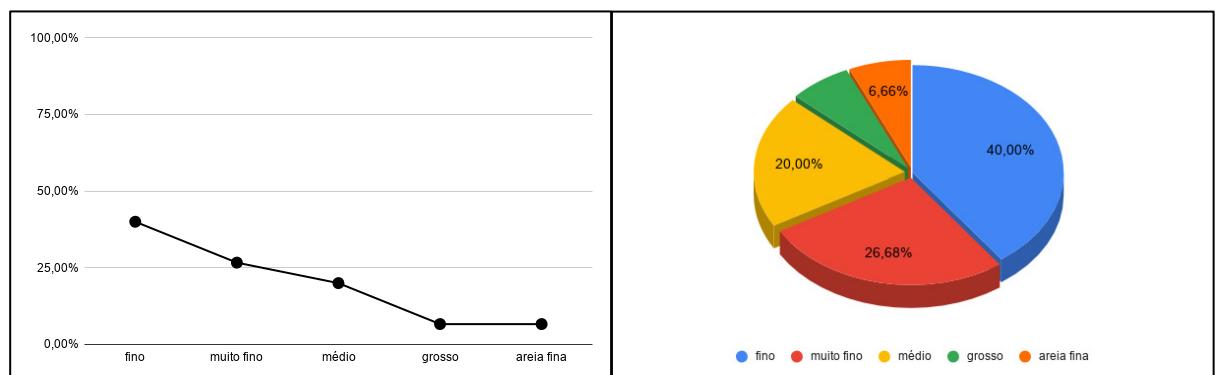


Figura 28 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácie leques aluviais medianos. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto ao **desvio padrão ou grau de seleção granulométrica**, os resultados mostram que 33,33% dos sedimentos são “bem selecionados”, 26,68% são “muito bem selecionados”, 20,00% são “medianamente selecionados”, 20,00% são “muito pobremente selecionados” (figura 29).

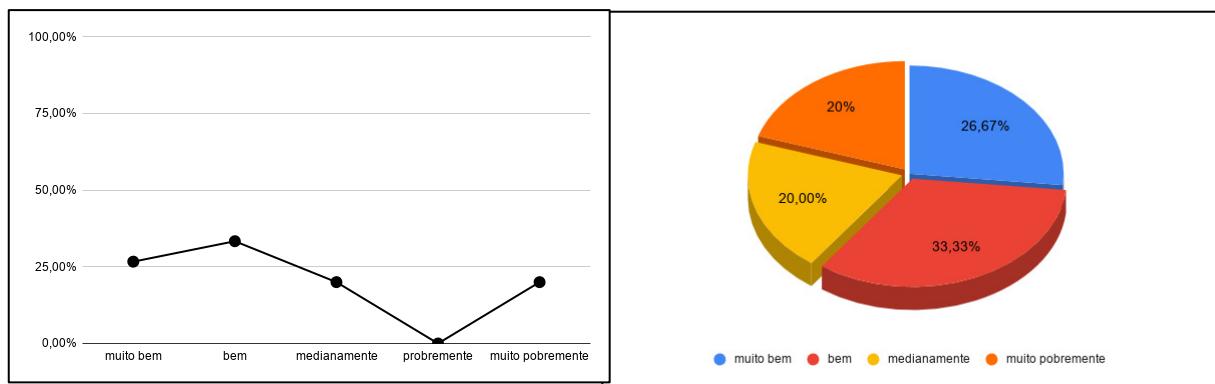


Figura 29 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do **grau de seleção granulométrica** dos sedimentos provindos da **fácies leques aluviais medianos**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

A **assimetria** revela que 33,33% das distribuições são assimetricamente negativas e 26,67% possuem assimetria muito negativa, 20,00% são aproximadamente simétricas, 20,00% apresentam assimetria muito positiva (figura 30).

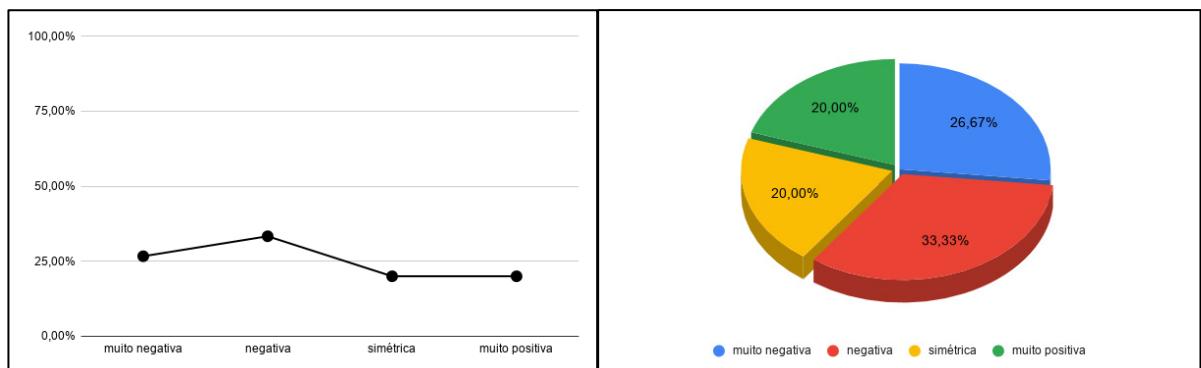


Figura 30 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da **assimetria** das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da **fácies leques aluviais medianos**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto à **curtose**, 33,33% das distribuições são platicúrticas; 26,67% são muito platicúrticas, 20,00% são mesocúrticas, e 20,00% são muito leptocúrticas (figura 31).

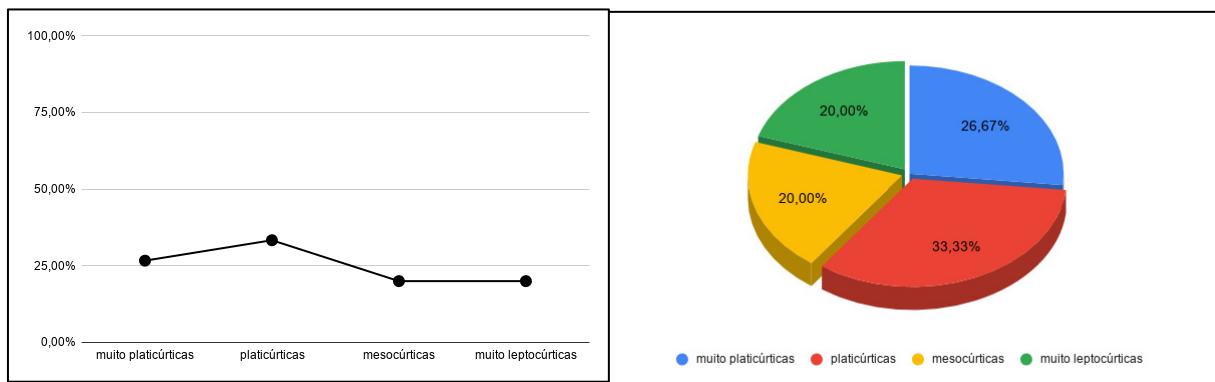


Figura 31 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da **curtose** das distribuições granulométricas totais provindas da **fácie leques aluviais medianos**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

D) Distribuições granulométricas para a **fração areia** da **fácie leques aluviais medianos**, calculadas **separadamente**:

A frequência dominante da fração areia grossa, possui 73,34% de ocorrência, seguida por 13,33% da fração areia média, e por 13,33% de frequência da fração areia fina (figura 32).

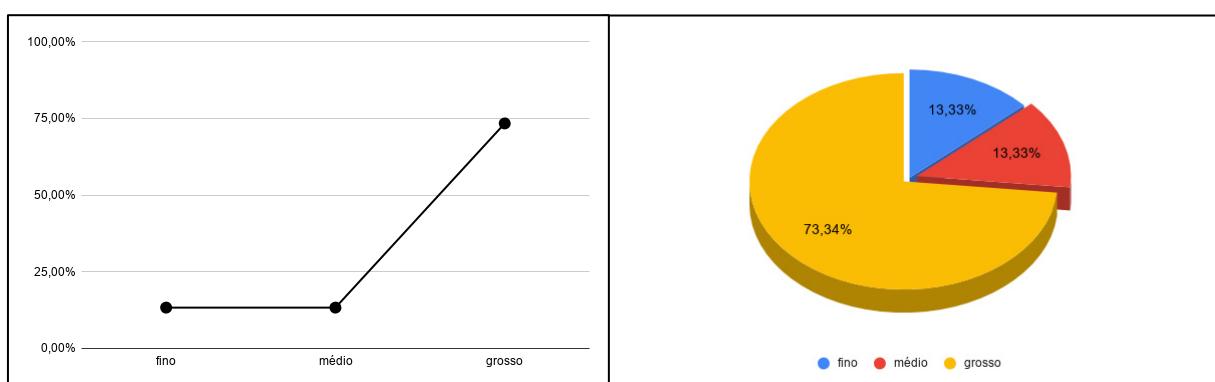
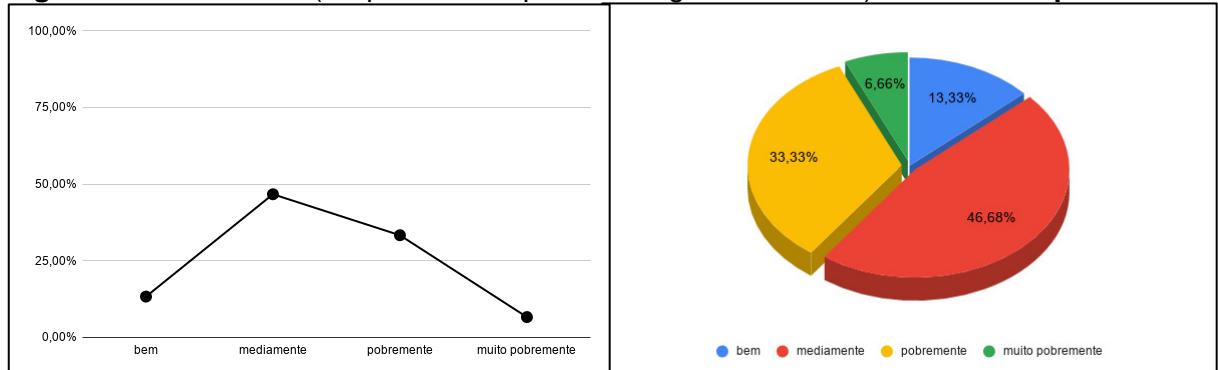


Figura 32 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas da **fração areia** provindas da **fácie leques aluviais medianos**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto ao **desvio padrão** da mesma, 46,68% das areias são “medianamente selecionadas”, 33,33% são pobramente selecionadas, 13,33% são bem selecionadas, e 06,66% são muito pobramente selecionadas (figura 33).

Figura 33 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do desvio padrão das



distribuições granulométricas da **fração areia** provindas da **fácies leques aluviais medianos**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Com relação à **assimetria** da mesma, 46,68% das distribuições são aproximadamente simétricas, 33,33% possuem assimetria positiva, 13,33% são assimetricamente negativas, e apenas 06,66% possuem assimetria muito positiva (figura 34).

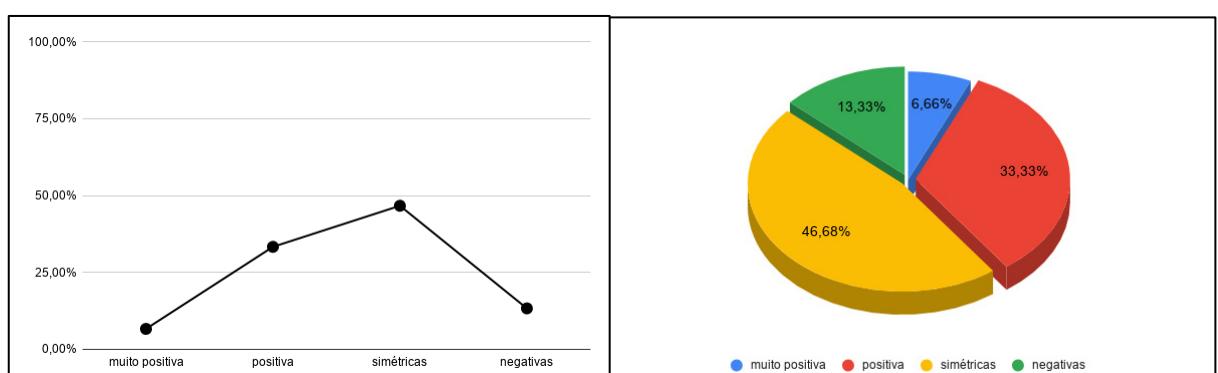
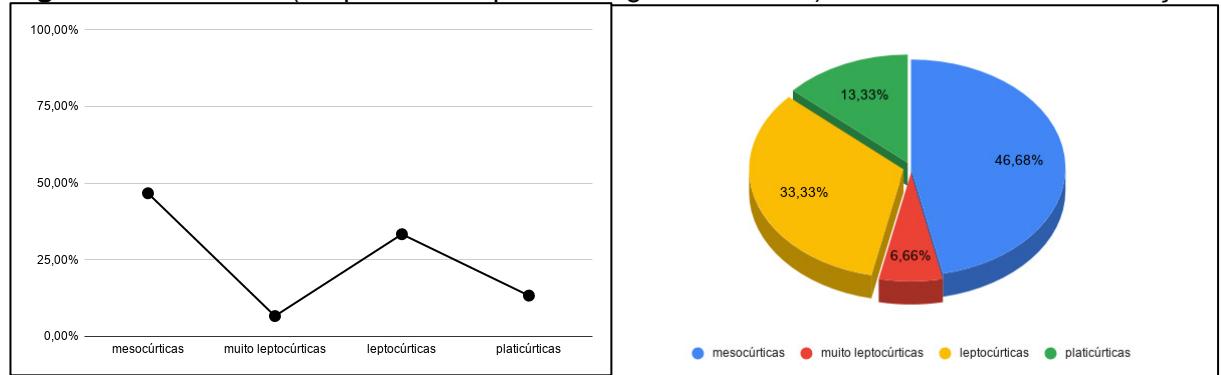


Figura 34 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do grau de assimetria das distribuições granulométricas da fração areia provindas da fácie leques aluviais medianos. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto à **curtose**, 46,68% das distribuições são mesocúrticas; 33,33% são leptocúrticas, 13,33% são platicúrticas, e apenas 06,66% apresentaram-se muito leptocúrticas (figura 35).

Figura 35 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da curtose das distribuições



granulométricas da **fração areia** provindas da **fácies leques aluviais medianos**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

E) Distribuições granulométricas totais para a fácie leques aluviais distais:

Os parâmetros estatísticos revelam que a granulometria predominante, com base no diâmetro médio, é o silte muito fino, com 53,57% de frequência, seguido pela fração silte fino, com 25,00%; em seguida ocorre silte médio na proporção de 10,72% de frequência, argila com 07,14% de frequência; e o silte grosso com apenas 03,57% (figura 36).

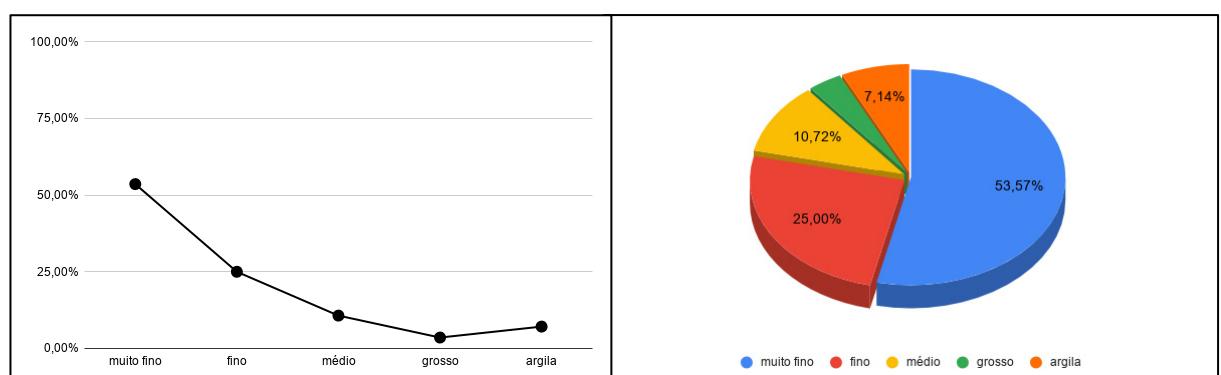


Figura 36 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácie leques aluviais distais. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto ao **desvio padrão ou grau de seleção granulométrica**, das mesmas, os resultados mostram que, 32,14% dos sedimentos são “bem selecionados”, 25,00% são medianamente selecionados, 17,86% são pobramente selecionados, 14,28% são muito bem selecionados, e 10,72% são muito pobramente selecionados (figura 37).

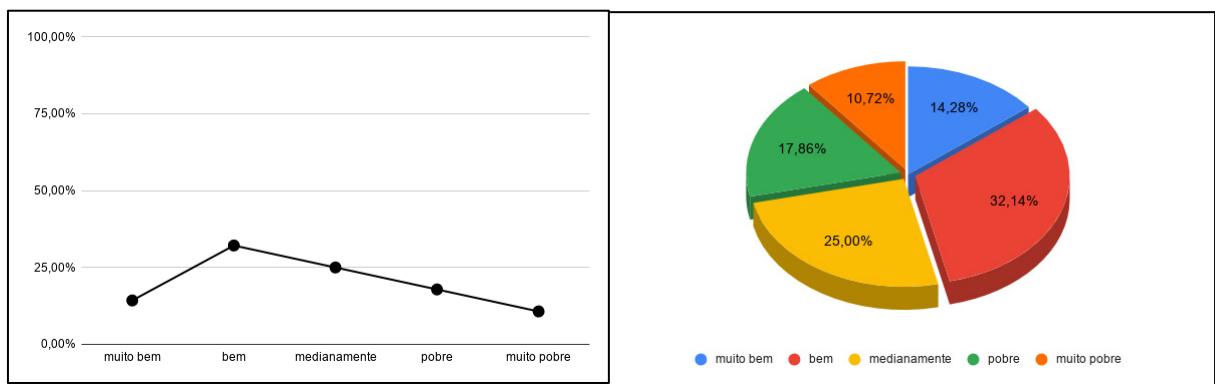


Figura 37 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do grau de seleção granulométrica dos sedimentos provindos da fácies leques aluviais distais. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Com relação à **assimetria**, as análises revelam que 32,14% das distribuições são assimetricamente negativas e 25,00% são aproximadamente simétricas, 17,86% possuem assimetria positiva, 14,28% apresentam assimetria muito negativa, e 10,72% possuem assimetria muito positiva (figura 38).

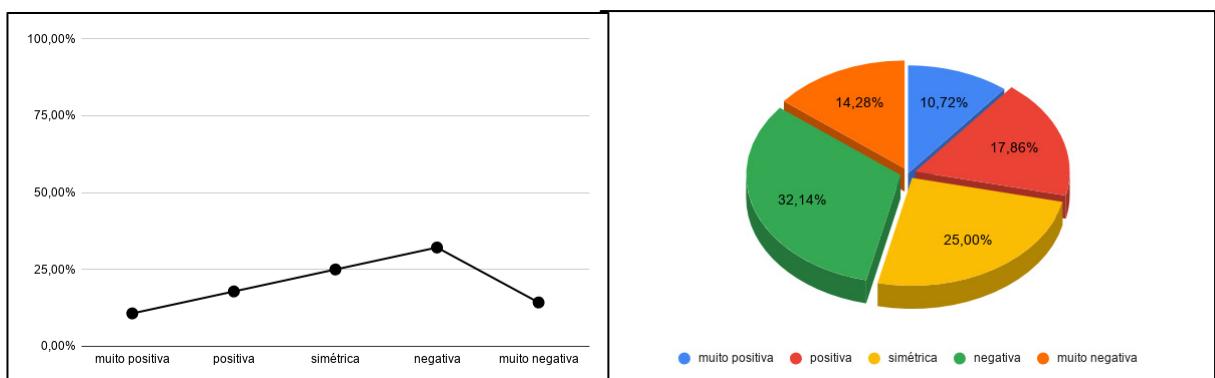


Figura 38 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da assimetria das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácies leques aluviais distais. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto à **curtose**, 32,14% das distribuições são platicúrticas; 25,00% são mesocúrticas, 17,86% são leptocúrticas, 14,28% são muito platicúrticas, e 10,72% são muito leptocúrticas (figura 39).

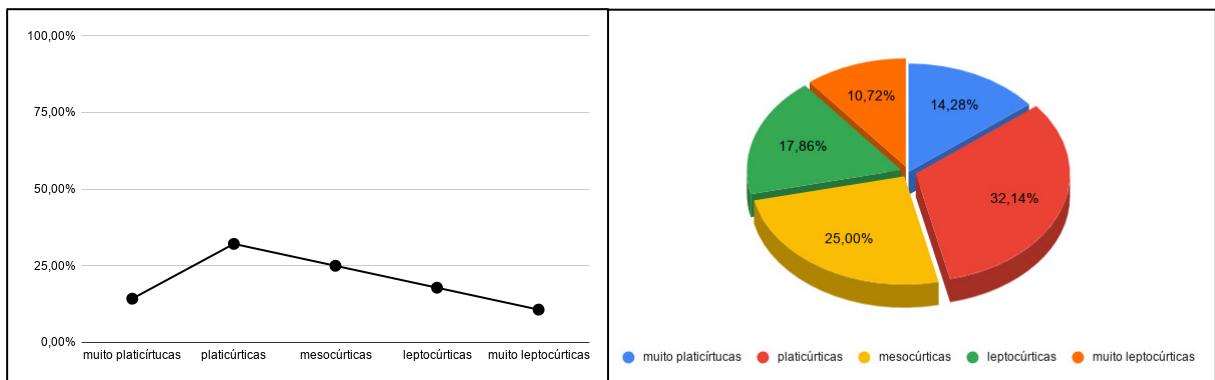


Figura 39 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da **curtose** das distribuições granulométricas totais provindas da **fácies leques aluviais distais**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

F) Distribuições granulométricas para a **fração areia** da **fácie leques aluviais distais**, calculadas **separadamente**:

A análise revelou a frequência dominante da fração areia grossa, com 57,14% de ocorrência, seguida por 39,29% da fração areia média, e por apenas 03,57% de frequência da fração areia fina (figura 40).

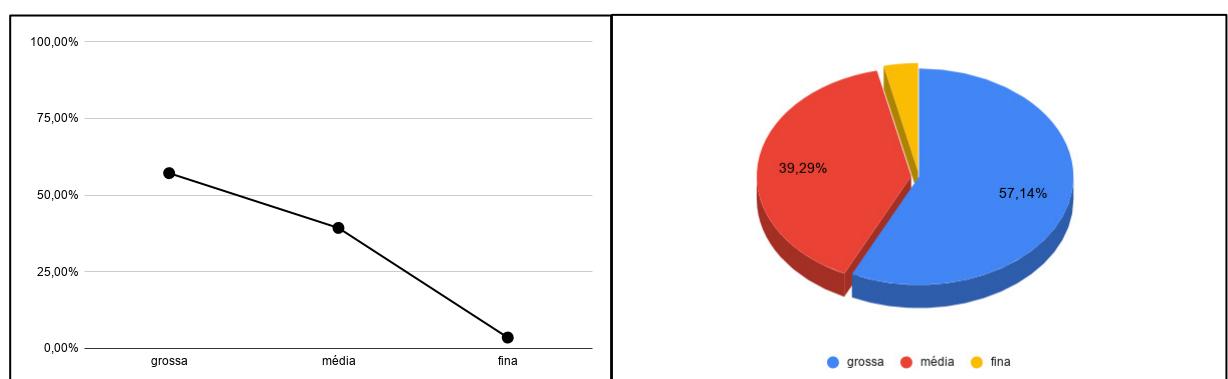


Figura 40 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas da **fração areia** provindas da **fácie leques aluviais distais**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto ao **desvio padrão** da mesma, 46,43% das areias são “medianamente selecionadas”, 25,00% são pobramente selecionadas, 21,43% são bem selecionadas, e 07,14% são muito pobramente selecionadas (figura 41).

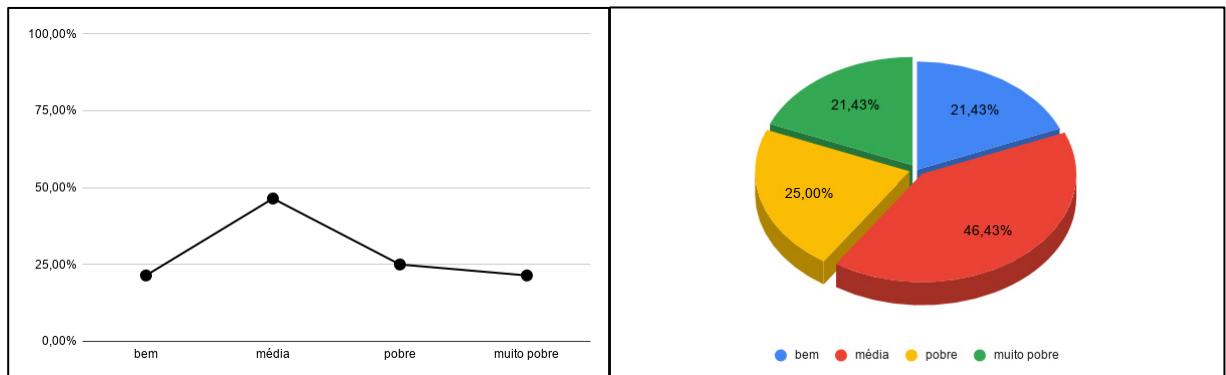


Figura 41 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do **desvio padrão** das distribuições granulométricas da **fração areia** provindas da **fácies leques aluviais distais**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Com relação à **assimetria** da mesma, 46,43% das distribuições são aproximadamente simétricas, 25,00% possuem assimetria positiva, 21,43% possuem assimetria negativa, e apenas 07,14% possuem assimetria muito positiva (figura 42).

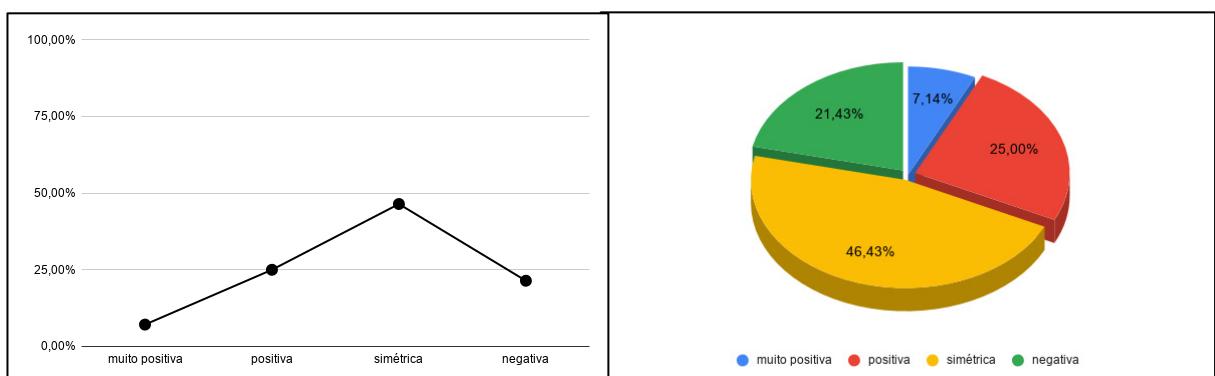


Figura 42 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do **grau de assimetria** das distribuições granulométricas da **fração areia** provindas da **fácies leques aluviais distais**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto à **curtose**, 46,43% das distribuições são mesocúrticas; 25,00% são leptocúrticas, 21,43% são platicúrticas, e apenas 07,14% apresentaram-se muito leptocúrticas (figura 43).

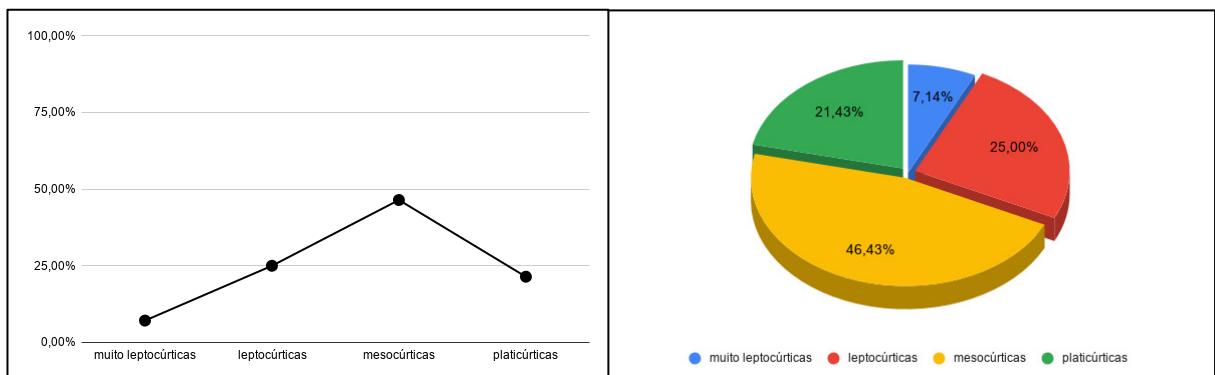


Figura 43 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da **curtose** das distribuições granulométricas da **fração areia** provindas da **fácie leques aluviais distais**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Os parâmetros estatísticos que caracterizam as **distribuições granulométricas totais** dos sedimentos provindos da **fácie fluvial entrelaçado** (figura 44) revelam que a granulometria é composta por silte grosso, com 26,10% de frequência; silte médio e areia muito fina na proporção de 21,74% cada um; areia fina, com 17,39%; silte fino, na proporção de 08.70% de frequência, e areia média com 04,35% de frequência.

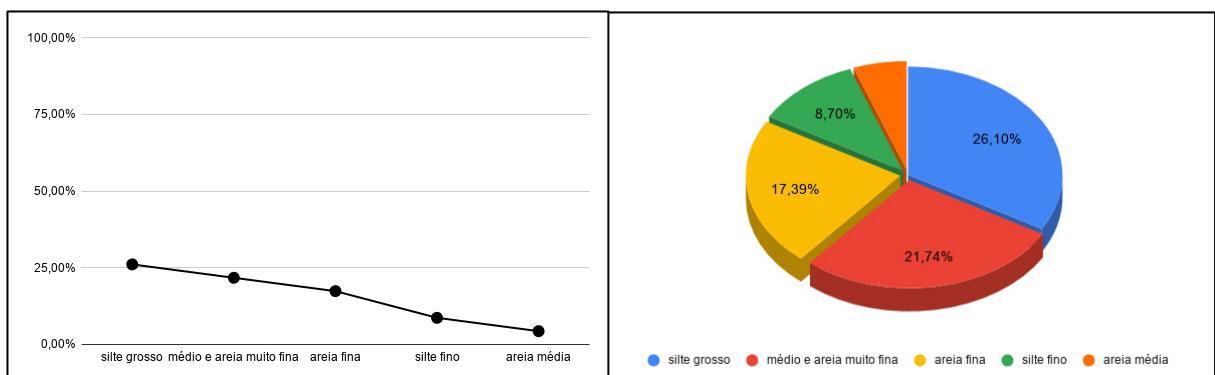


Figura 44 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das **distribuições granulométricas totais** dos sedimentos provindos da **fácie fluvial entrelaçado**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto ao **desvio padrão ou grau de seleção granulométrica**, das mesmas, os resultados mostram que, 60,87% dos sedimentos são “muito bem selecionados”, 17,39% são “bem selecionados”, 08,70% são “pobremente selecionados”, 08,70% são “muito pobremente selecionados”, e 04,35% “medianamente selecionados” (figura 45).

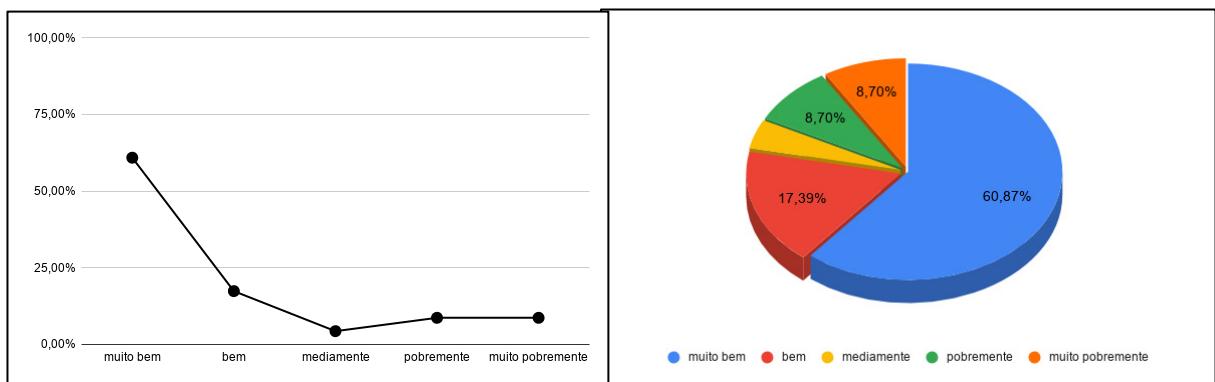


Figura 45 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do grau de seleção granulométrica dos sedimentos provindos da fácie fluvial entrelaçado. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Com relação à **assimetria**, 60,87% das distribuições são assimetricamente muito negativas e 17,39% possuem assimetria negativa, 08,70% possuem assimetria positiva, 08,70% apresentam assimetria muito positiva, e 04,35% são aproximadamente simétricas (figura 46).

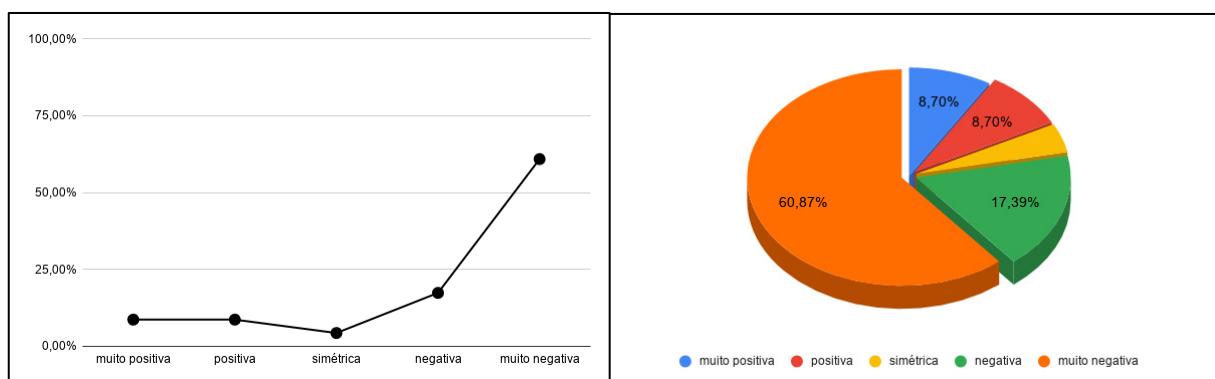


Figura 46 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da assimetria das distribuições granulométricas totais dos sedimentos provindos da fácie fluvial entrelaçado. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto à **curtose**, 60,87% das distribuições são muito platicúrticas; 17,39% são platicúrticas, 08,70% são leptocúrticas, 08,70% são muito leptocúrticas, e 04,35% são mesocúrticas (figura 47).

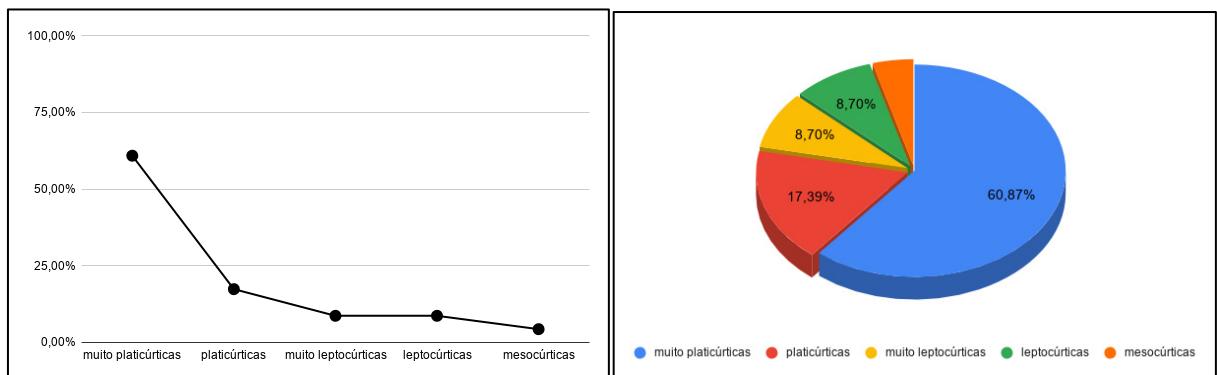


Figura 47 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da **curtose** das distribuições granulométricas totais provindas da **fácie fluvial entrelaçado**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

G) Distribuições granulométricas para a **fração areia** da **fácie fluvial entrelaçado**, calculadas **separadamente**:

A frequência dominante é da fração areia média, com 65,22% de ocorrência, seguida por 30,43% da fração areia grossa, e por apenas 04,35% de frequência da fração areia fina (figura 48).

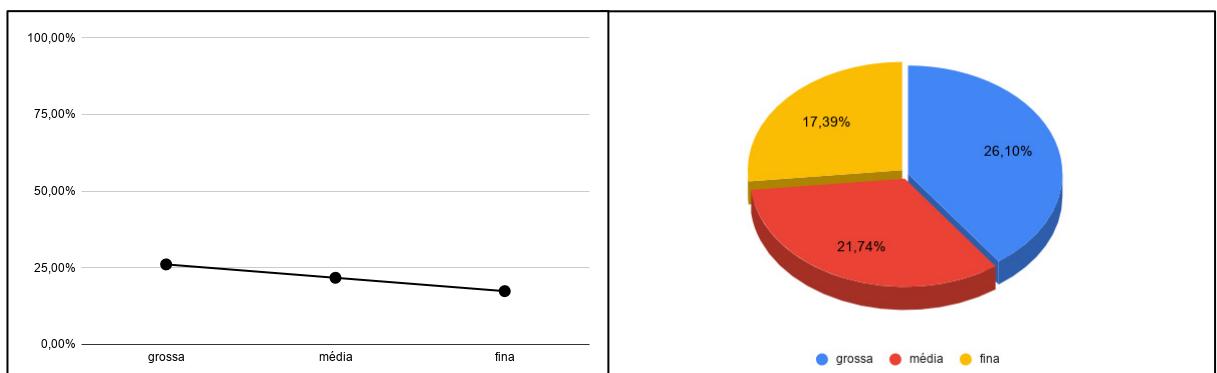


Figura 48 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) das distribuições granulométricas da **fração areia** provindas da **fácie fluvial entrelaçado**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto ao **desvio padrão**, 65,22% das areias são “medianamente selecionadas”, 30,43% são pobramente selecionadas, e 04,35% são muito pobramente selecionadas (figura 49).

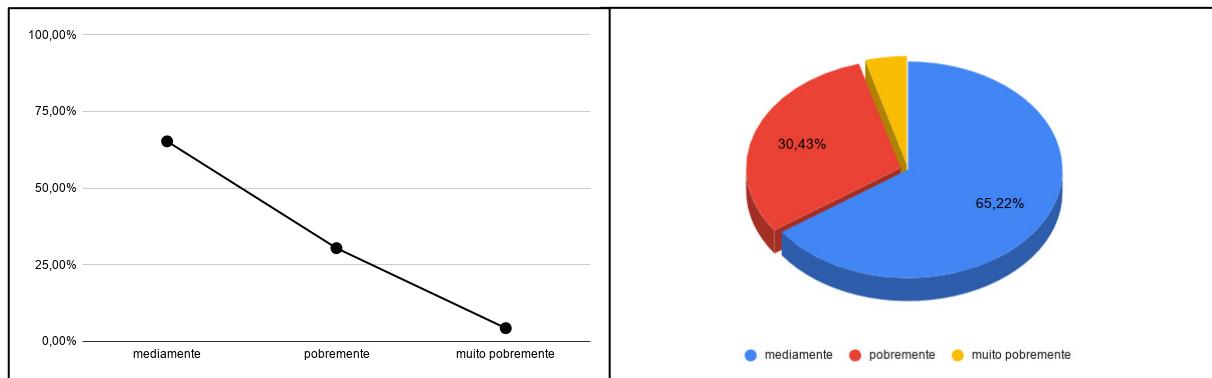


Figura 49 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do **desvio padrão** das distribuições granulométricas da **fração areia** provindas da **fácie fluvial entrelaçado**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Com relação à **assimetria**, 60,87% das distribuições são aproximadamente simétricas, 34,78% possuem assimetria positiva, e apenas 04,35% possuem assimetria muito positiva (figura 50).

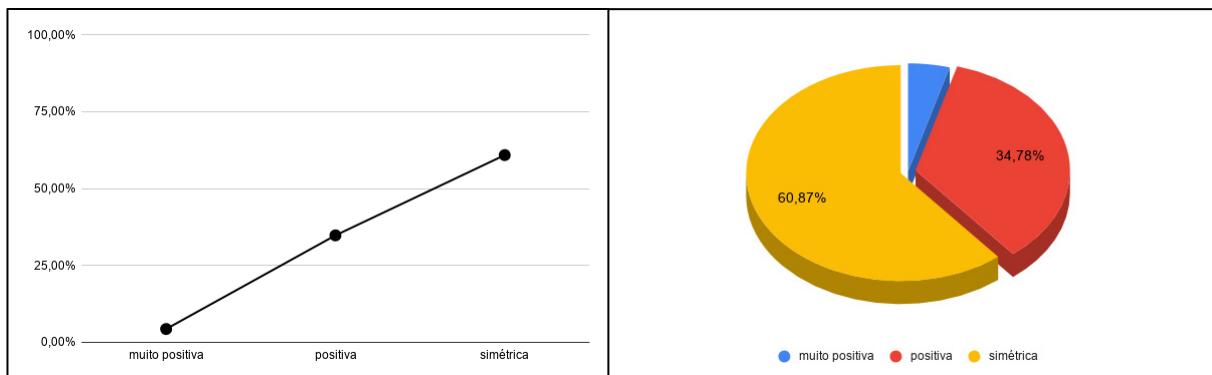


Figura 50 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) do **grau de assimetria** das distribuições granulométricas da **fração areia** provindas da **fácie fluvial entrelaçado**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quanto à **curtose**, 60,87% das distribuições são mesocúrticas; 34,78% são leptocúrticas, 21,43% são platicúrticas, e apenas 04,35% apresentaram-se muito leptocúrticas (figura 51).

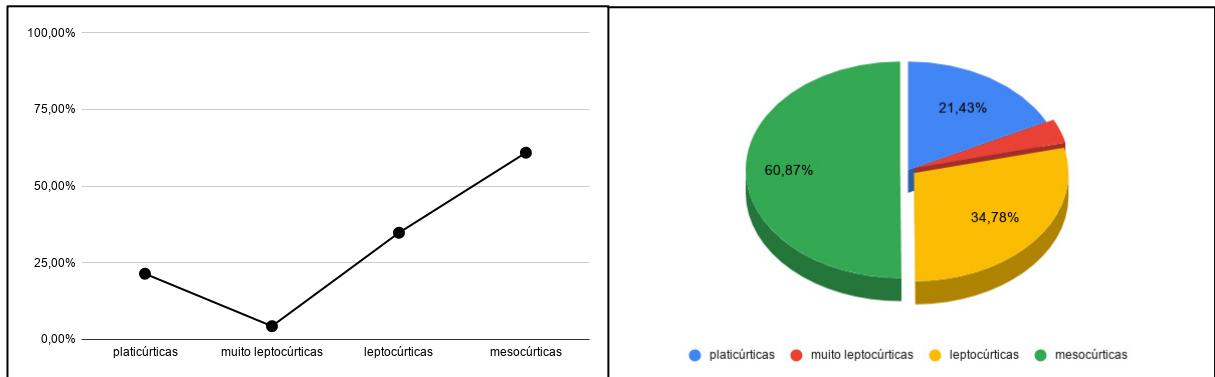


Figura 51 – Gráfico (frequência simples e diagrama circular) da **curtose** das distribuições granulométricas da **fração areia** provindas da **fácie fluvial entrelaçado**. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Nos gráficos a seguir (figura 52 A, B, C e D) apresentamos uma síntese das frequências encontradas para cada item calculado em cada parâmetro estatístico. Essa forma de apresentação permite uma leitura mais centrada do comportamento granulométrico geral para os sedimentos da Formação Guabirotuba.

O quadro 3, mostra a **média aritmética** e o **desvio padrão**, calculados para cada parâmetro estatístico, com base em Folk & Ward (1957, *apud* SUGUIO, 1973).

Tanto a figura 52 quanto o quadro 3, também apresentam cálculos para a fração areia, isoladamente.

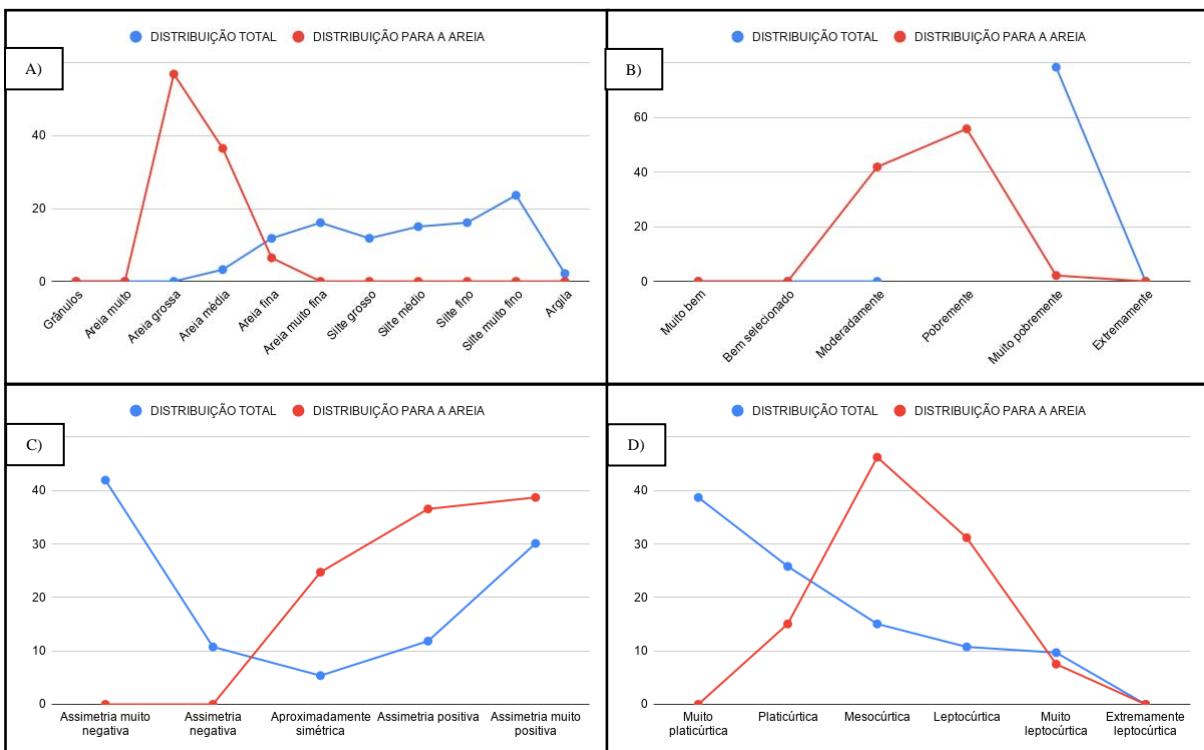


Figura 52 – Síntese da análise de frequência para a Formação Guabirotuba para os parâmetros: A) Diâmetro Médio, B) Seleção granulométrica, C) Assimetria e D) Curtose. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Além dessas informações, foi incluída a razão entre as frações grossa e fina, o número de classes texturais presentes em cada amostra, e a classificação, segundo Shepard (1954, *apud* SUGUIO, 1973).

Uma análise global e resumida dos dados granulométricos ora apresentados nos permite as seguintes considerações:

Os depósitos sedimentares pertencentes à Bacia de Curitiba mostraram-se **imaturos** quanto às suas granulometrias. O tratamento estatístico revelou que 78,49% das amostras analisadas classificam-se em “**muito pobremente selecionadas**” e o restante, 21,51%, classificam-se em “**pobremente selecionadas**”. A heterogeneidade litológica varia desde areia média até argila. Os espalhamentos das caudas das distribuições confirmam a grande heterogeneidade granulométrica, revelando uma alta tendência para os dois lados da moda: cerca de 42% de

amostras apresentam assimetria muito negativa (cauda espalhada para o lado de frações mais grossas); e cerca de 30% de amostras apresentam assimetria muito positiva (cauda espalhada para o lado das frações mais finas). Quanto à curtose, há uma presença de curvas variando desde muito platicúrticas até muito leptocúrticas, com ligeira tendência para as curvas muito platicúrticas.

PARÂMETROS		DISTRIBUIÇÃO TOTAL	DISTRIBUIÇÃO PARA A AREIA
Diâmetro médio	Valor médio	5,34	0,89
	Desvio padrão	1,89	0,56
Seleção	Valor médio	2,64	1,08
	Desvio padrão	0,70	0,34
Assimetria	Valor médio	-0,05	0,31
	Desvio padrão	0,50	0,26
Curtose	Valor médio	0,92	1,16
	Desvio padrão	0,46	0,37

Quadro 3 - Média aritmética e desvio padrão dos parâmetros, segundo Folk & Ward (1957). Dados obtidos através de análises laboratoriais.

Quando consideramos apenas a distribuição da areia, há um predomínio da fração “areia grossa” (57%), seguida da “areia média” com 37% de frequência e o restante na fração “areia fina”. A seleção granulométrica varia de “pobremente selecionada” (56%) a “moderadamente selecionada” (42%); sendo o restante considerado “muito pobremente selecionado” (2%). Quanto à assimetria, há uma tendência para o espalhamento da cauda para os lados das frações mais finas, variando de aproximadamente “simétrica” (24,73%) até “assimétrica muito positiva”

(38,71%). As curvas variam de “plasticúrticas” a “muito leptocúrticas”, com predominância das “mesocúrticas” (46,24%).

Seguindo a classificação de Shepard (1954, *apud* SUGUIO, 1973), dividimos as granulometrias dos sedimentos da bacia em dois grupos: o primeiro apresenta uma granulação mais grossa constituída por areias, areias silticas, e areias siltico-argilosas; o segundo apresenta uma granulação mais fina, constituído por argilas silticas e silte argiloso. Também, segundo os parâmetros de Folk & Ward (*op cit.*), situamos os sedimentos da bacia na classe dominante de “silte médio”, apresentando-se “muito pobemente selecionados”, com um grau de assimetria “muito negativa” e curva mesocúrtica apresentando valores médios em cada parâmetro (figura 52).

6.2. Análise Mineralógica

As análises mineralógicas dos minerais “essenciais”; ou minerais “leves”, foram realizadas em microscópio petrográfico simples observando grãos de sedimentos dispostos em lâminas montadas conforme descrito no capítulo anterior. Essas análises revelaram grande heterogeneidade mineralógica dos sedimentos. Foram observadas amostras relativamente “maturas”, com predominância quase que total de quartzo; porém, as amostras “imaturas” são predominantes, onde observam-se altas porcentagens de feldspato, ultrapassando 50% em frequência de ocorrência, permitindo sua classificação como arcóseos.

A presença do mineral feldspato num sedimento pode estar ligada a dois fatores: - o primeiro, ligado às condições climáticas semiáridas a áridas; pois em climas com pouca presença de água ocorre o predomínio do intemperismo físico

(que causa a desagregação das rochas com baixíssima, ou praticamente inexistente, decomposição). - o segundo fator pode estar ligado a processos de rápido soterramento em evento tectônico. As características dos depósitos sedimentares na Bacia de Curitiba, não afastam nenhuma das duas hipóteses; pelo contrário, há fortes indícios de que ambos os fatores possam ter atuado, senão em toda a história deposicional, ao menos em boa parte dela, como veremos ainda neste capítulo.

As análises mineralógicas dos minerais “pesados” também foram realizadas em microscópio petrográfico simples, através da observação dos grãos dispostos, também, em lâminas montadas conforme descrito no capítulo anterior. Os minerais pesados identificados nas amostras encontram-se dispostos em ordem decrescente de importância no quadro 4.

GRANULOMETRIA	MINERAIS PESADOS PRESENTES
Fração 0,250 - 0,125 mm (areia fina)	Epídoto, zircão, cianita, granada, turmalina, estaurolita, rutilo, andalusita e alteritos
Fração 0,125 - 0,062 mm (areia muito fina)	Zircão, turmalina, cianita, epídoto, granada, estaurolita, rutilo, alteritos e anatásio

Quadro 4 - Minerais pesados encontrados nas amostras selecionadas. Dados obtidos através de análises laboratoriais.

A **frequência de ocorrência média** dos mesmos está apresentada no gráfico da figura 53; onde observamos que em 92,9% das amostras analisadas ocorre apenas três minerais pesados na fração 0,250 - 0,125 mm (areia fina): epídoto, zircão e cianita. Já na fração 0,126 - 0,062 mm (areia muito fina) estes mesmos minerais, na mesma ordem, representam 92,8% das amostras analisadas.

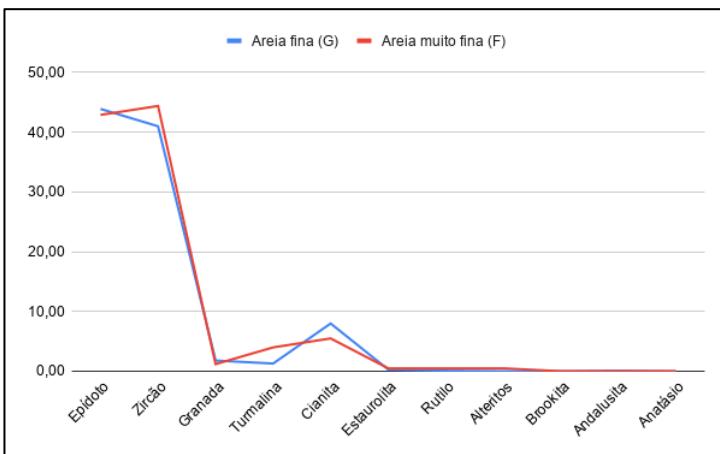


Figura 53 – Frequência média de ocorrência de minerais pesados na fração areia fina (gráfico de cor azul) e na fração areia muito fina (gráfico de cor vermelha). A abscissa exibe a relação de minerais pesados observados. A ordenada exibe as porcentagens de frequência com que ocorrem nos sedimentos analisados. Dados obtidos através de microscopia óptica em laboratório.

Por outro lado, a **frequência de ocorrência** apresentada na figura 54, mostra que na fração 0,250 - 0,125 mm (areia fina) ocorrem oito minerais: epídoto, zircão, granada, turmalina, cianita, estaurolita, rutilo e andalusita; cuja frequência representa mais de 15% das amostras analisadas. Na fração 0,125 - 0,062 mm (areia muito fina), por sua vez, são observados oito minerais: epídoto, zircão, granada, turmalina, cianita, estaurolita, rutilo e alteritos; os quais estão presentes em mais de 20% das amostras analisadas; sendo que o mineral zircão está presente em 100% das amostras analisadas desta fração.

Concernente à **frequência de classe** (figura 54), observou-se que o epídoto é um mineral superabundante na fração areia fina; porém, na fração areia muito fina ele varia de superabundante a raro. Já o zircão varia de superabundante a raro nas duas frações. O mineral granada varia de comum a raro nas duas frações analisadas. A turmalina varia de abundante a rara na fração areia fina, e de comum

a rara na fração areia muito fina. Já a cianita varia de abundante a rara nas frações de areia fina e areia muito fina. Por fim, os minerais estaurolita, brookita, andalusita e anatásio são raros nas duas frações analisadas, enquanto os minerais rutilo e alteritos são raros na fração areia fina, e comuns a raros na fração areia muito fina.

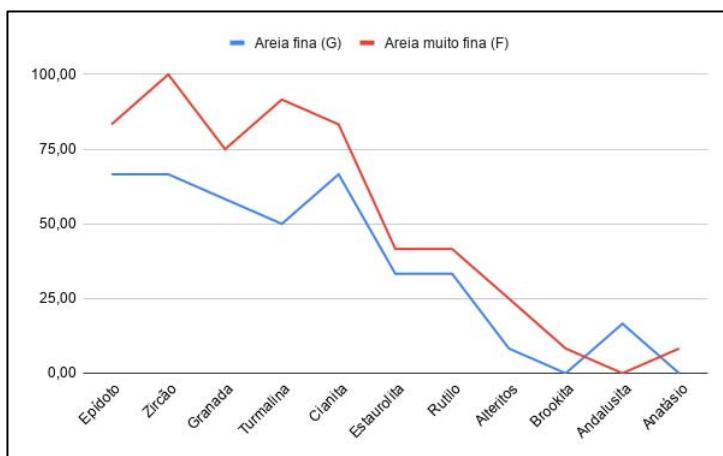


Figura 54 – Frequência de ocorrência dos minerais pesados na fração areia fina (gráfico de cor azul) e na fração areia muito fina (gráfico de cor vermelha). A abscissa exibe a relação de minerais pesados observados. A ordenada exibe as porcentagens de frequência com que os mesmos ocorrem nos sedimentos analisados. Dados obtidos através de microscopia óptica em laboratório.

A **maturidade mineralógica (índice ZTR)** é uma medida da maturidade de um sedimento, e é obtida pelo índice ZTR; ou seja, a frequência de ocorrência dos minerais zircão, turmalina e rutilo presentes na amostra. Nas análises mineralógicas realizadas, observou-se que na fração areia fina (0,250 a 0,125 mm) o índice ZTR indica uma superabundância em minerais instáveis; sendo que, em apenas uma amostra, o índice revela uma superabundância para os minerais estáveis. Quanto à fração areia muito fina (0,125 a 0,062 mm) o índice ZTR indica uma superabundância em minerais estáveis.

Os minerais pesados são particularmente úteis nas investigações da rocha fonte (ou área-fonte) dos sedimentos. Por serem minerais acessórios (não

obrigatoriamente presentes na assembleia mineralógica do sedimento) e relativamente resistentes ao intemperismo; os mesmos são ferramenta para indicar o(s) local(is) de origem dos sedimentos. No tocante à amostragem por nós analisada, confirmamos que a proveniência dos sedimentos é compatível com a mineralogia presente nas rochas que compõem o substrato e envoltório pré-cambriano da Bacia de Curitiba.

Os minerais pesados encontrados nos sedimentos analisados são também constituintes da composição de migmatitos embrechíticos e estromáticos do envoltório e sotopostos aos sedimentos; assim como nos xistos, metassedimentos pelíticos, quartzitos e mármore, presentes ao noroeste da área estudada; bem como nos granitos, a leste; nas metabásicas e serpentinitos pertencentes ao Complexo Pien; além de diabásios formadores de diques que cortam as litologias pré-cambrianas já referidas.

Quanto à composição dos grânulos e seixos polimíticos, formadores dos paraconglomerados e ortoconglomerados presentes, principalmente, nos leques aluviais proximais e, secundariamente, nos materiais de lavagem dos sedimentos, observou-se inteiramente compatibilidade destes com as litologias do Embasamento pré-Cambriano já referidas.

Um curto transporte de material detrítico, como o aqui evidenciado para a Bacia Sedimentar de Curitiba, propicia uma imaturidade mineral e granulométrica dos sedimentos depositados. O material não classificado (regolito) que ocorre como manto intempérico sobre a rocha-fonte, não experimenta uma efetiva segregação durante um curto transporte, mesmo que o meio de transporte seja fluido; pois, se por um lado não há “tempo” para um bom processo seletivo de partículas por decantação conforme a densidade e tamanho dos clastos; por outro

lado, via de regra, há muita carga de sedimento a ser transportado, em relação ao meio fluido transportador - que é o caso típico de leques aluviais.

Finalizando este tópico, teceremos breve (mas não menos importante) comentário sobre os resultados das análises realizadas nos argilominerais. As amostras submetidas a difração de raios-X e microscopia eletrônica revelaram a presença dos seguintes argilominerais: montmorillonita, caulinita, haloisita, e principalmente esmectita. A esmectita é o argilomineral mais abundante na matriz dos lamitos que predominam sobre as litologias da Bacia de Curitiba. Sua importância reside no fato de ser um importante indutor das características genéticas do sedimento. Conforme Sant'Anna (1999), as argilas esmectitas de origem detritica possuem sua gênese ligada a processos neoformadores que atuaram em solos residuais nas rochas do Embasamento Cristalino, em **condições climáticas áridas a semiáridas**. Portanto, a abundante presença de esmectita nos sedimentos da Bacia de Curitiba reforçam as conclusões sobre o aspecto paleoclimático evidenciado no estudo dos minerais pesados, no texto logo acima.

6.3. Caracterização Faciológica dos Sedimentos da Bacia de Curitiba

O estudo individual dos afloramentos da Formação Guabirotuba em pesquisas de campo revela, *a priori*, uma distribuição relativamente caótica para as diferentes litologias encontradas. As recorrências horizontais e verticais, nas disposições dos corpos, mostram que os depósitos da Bacia Sedimentar de Curitiba, em sua quase totalidade, não são passíveis de serem individualizados estratigraficamente. Quando determinadas associações de litofácies tornam-se um

pouco mais persistentes, podemos então inferir um ambiente cujos processos deposicionais coadunam-se com as litologias presentes.

Dessa forma, decidiu-se interpretar as propriedades sedimentológicas intrínsecas em associação às análises descritivas dos afloramentos em campo; tendo como parâmetro litológico distintivo o conceito de fácies sedimentar. As cinco fácies sedimentares individualizadas em trabalhos de campo e corroboradas nas análises do produto cartográfico, a ser apresentado ainda neste capítulo, são: (1) fácies leques aluviais proximais, (2) fácies leques aluviais medianos, (3) fácies leques aluviais distais, (4) fácies fluvial entrelaçado (*braided*) e (5) fácies fluvial meandrante.

Uma discreta tendência na ocorrência mais concentrada de areias retrabalhadas por água corrente pôde ser interpretada com a ajuda das informações de subsuperfície (obtidas pela análise das descrições dos perfis geológicos provindos da perfuração de poços tubulares profundos). Essa tendência também foi observada, de modo muito sutil, nas pesquisas de campo em superfície. As ocorrências mais concentradas dessas areias localizam-se estruturalmente nas principais depressões tectônicas da Bacia de Curitiba (figuras 75, 76, 95, 102 e 103). De igual forma, foi observada uma nítida tendência na ocorrência de termos mais grossos, (paraconglomerados e, não raras vezes, ortoconglomerados - mais propriamente denominados por cascalhos por apresentarem-se sempre incoesos), junto às bordas tectonicamente ativas da bacia (figuras 75, 76, 88, 89, 93, 96, 97, 100 e 101).

As argilas representadas pelos lamitos mais “limpos”, por sua vez, possuem ampla ocorrência em distribuições geográficas e intensivas intercalações nas distribuições verticais temporais (figuras 104 e 105).

Nos levantamentos geológicos efetuados em campo seguimos a metodologia descrita no capítulo anterior, procurando sempre enfocar a identificação e separação dos corpos litologicamente mais homogêneos, observando suas disposições espaciais e suas relações de contato, com o objetivo de se interpretar os processos e ambientes de deposição.

(1) Fácies leques aluviais proximais:

A fácie leques aluviais proximais é composta por fanglomerados (figuras 55, 56 e 57), que apresentam grande variação em suas composições granulométricas e mineralógicas. Paraconglomerados e até ortoconglomerados (figura 58) ocorrem em estruturas de corte e preenchimento (figuras 59 e 60), denotando fluxo energético em regime torrencial de chuvas com dispersão de material menos denso. As espessuras desses corpos individualizados variam de decímetros a cerca de um metro, e suas ocorrências laterais podem ser pouco ou mais persistentes, dependendo dos mesmos apresentarem-se, respectivamente, mais distantes ou mais próximos às bordas tectonicamente mais ativas da bacia. Ocorrem, frequentemente, dispostos em formas de cunhas em camadas irregulares. Apresentam matriz arenosa a argilo-arenosa, além de níveis carbonáticos (calcretes, figuras 61 e 62). O arcabouço é constituído por grânulos e seixos polimíticos de origem compatível com as litologias do Embasamento pré-Cambriano.



Figura 55 – Fanglomerado apresentando arcabouço quartzo-feldspático e polimítico facetado em matriz arenosa. O afloramento localiza-se no bairro do Atuba, próximo à estrada da Ribeira (Estrada velha Curitiba-São Paulo). Foto do autor.

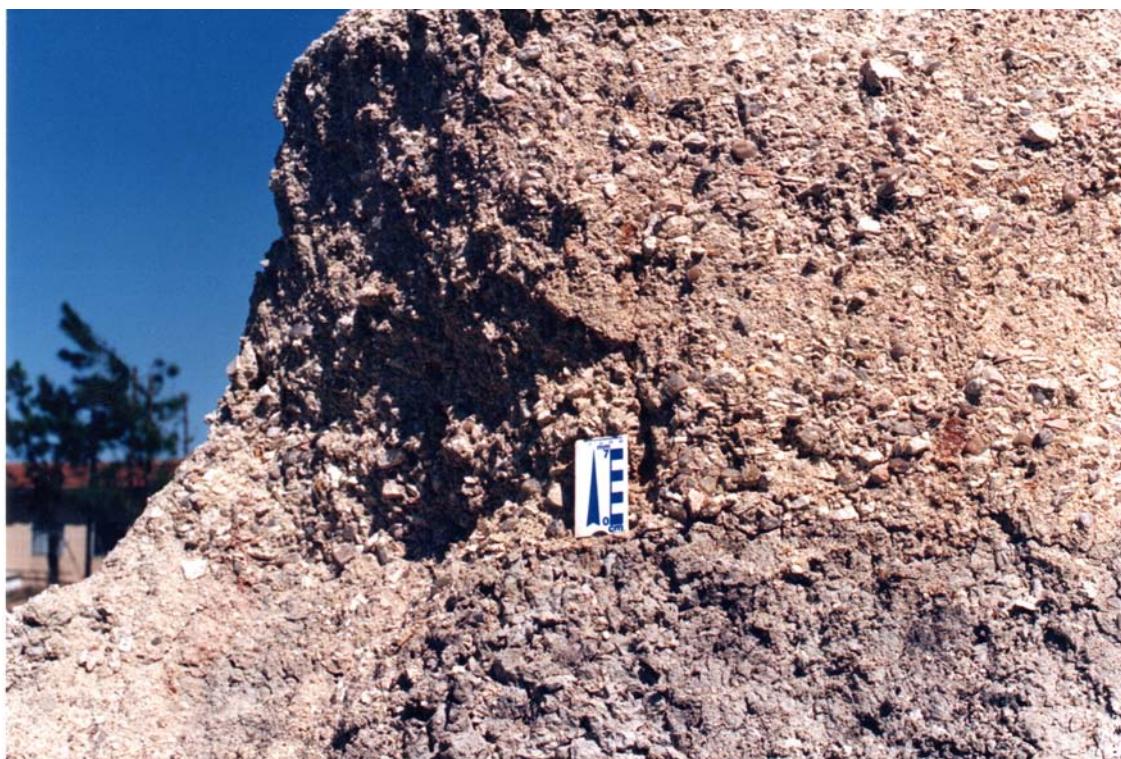


Figura 56 – Fanglomerado apresentando arcabouço quartzo-feldspático e polimítico facetado em matriz arenosa. O afloramento localiza-se no início da rua Vicente Micheloto na Cidade Industrial. Foto do autor.



Figura 57 – Paraconglomerado apresentando arcabouço quartzo-feldspático e polimítico facetado em matriz silto-arenosa. O afloramento localiza-se na Avenida Paraná, próximo ao Terminal de ônibus Santa Cândida. Foto do autor.



Figura 58 – Orthoconglomerado apresentando arcabouço quartzo-feldspático e polimítico facetado. O afloramento localiza-se no contorno leste de Curitiba (tombado pelo patrimônio público por conter fósseis). Foto de autoria de Mário Sérgio de Melo, gentilmente cedida para este trabalho.



Figura 59 – Conglomerado arenoso em estrutura de corte e preenchimento no lamito arenoso (nas porções inferiores do afloramento) e em lente de arenito mais “limpo”, produto de retrabalhamento por drenagem fluvial episódica (porção superior do afloramento). O afloramento localiza-se no contorno sul de Curitiba, em corte de estrada. Foto do autor.



Figura 60 – Conglomerado apresentando matriz lamítica em estrutura de corte e preenchimento em banco arenoso. O afloramento localiza-se no contorno sul de Curitiba, em corte de estrada. Foto do autor.



Figura 61 – Horizontes carbonáticos (calcretes). O afloramento localiza-se atrás do *pool* de combustíveis de Araucária em corte de antiga ferrovia. Foto do autor.



Figura 62 – Detalhe dos calcretes. O afloramento localiza-se atrás do *pool* de combustíveis de Araucária em corte de antiga ferrovia. Foto do autor.

(2) Fácies leques aluviais medianos:

A fácie leques aluviais medianos é representada por lamitos que apresentam composições intermediárias entre os materiais presentes nos leques aluviais proximais e leques aluviais distais. São compostos predominantemente por matriz siltica fina, ocorrendo também o silte grosso e a areia muito fina em casos mais esporádicos (figuras 63 e 64). Por vezes, estes lamitos ostentam, também, arcabouço grânulo-seixoso muito disperso (figura 65). Não conseguimos identificar em campo, zonas preferenciais mapeáveis de sua ocorrência. Por esta razão não os incluímos no produto cartográfico a ser apresentado ainda neste capítulo.



Figura 63 – Lamito silto-arenoso contendo arcabouço granulo-seixoso. O afloramento localiza-se atrás do pool de combustíveis de Araucária em corte de antiga ferrovia. Foto do autor.



Figura 64 – Camadas de lamitos conglomeráticos sobrepostos. Disposição recorrente dos lamitos na bacia. Afloramento localiza-se na BR-116, próximo ao trevo para Quatro Barras. Foto do autor.



Figura 65 – Lamitos medianos (conglomeráticos) ostentando bolsão fanglomerático (paraconglomerado) na parte inferior da foto, e lente de ortoconglomerado na porção central da foto. Ambos em estruturas de corte e preenchimento. Afloramento localizado atrás do pool de combustíveis de Araucária em corte de antiga ferrovia. Foto do autor.

(3) Fácies leques aluviais distais:

A fácie leques aluviais distais é representada por lamitos mais “limpos” constituídos por densa matriz argilo-siltosa (figura 66, 67 e 68), por vezes permeada por clastos arenosos, granulares e até seixosos. Os depósitos desta fácie correspondem às porções terminais dos leques. Estes, por sua vez, são ocasionalmente retrabalhados por drenagens episódicas, típicas de rios entrelaçados.



Figura 66 – Lamito argiloso contendo silte. Litologia típica da fácie distal dos leques aluviais. O afloramento localiza-se no bairro do Guabirota, próximo à BR-116. Foto do autor.



Figura 67 – Lamito silto-argiloso contendo incrustações carbonáticas (caliche). Afloramento localizado no corte da BR-116, nas proximidades da indústria Selectas. Foto do autor.



Figura 68 – Paisagem panorâmica típica da fácie distal, apresentando lamitos silto-argiloso de colorações cinza-esverdeadas a cinza-amarronzado. Afloramento localizado no corte da Rodovia do Xisto, nas proximidades do Contorno Sul. Foto do autor.

(4) Fácies fluvial entrelaçado:

Os leques aluviais são, ocasionalmente, retrabalhados por drenagens episódicas, típicas de rios entrelaçados, cujo produto vem a se constituir em lentes ou camadas arenosas maciças ou estratificadas (figuras 69, 70), normalmente arcoseanas, às quais corresponde a fácie fluvial entrelaçado.

Porém, a fácie fluvial entrelaçado, composta por areias mais bem selecionadas, dispostas em leitos ou camadas geometricamente mais bem definidas e mais persistentes, representando barras longitudinais produzidas pelo retrabalhamento de material oriundo dos leques aluviais pelos fluxos d'água episódicos; constitui-se em corpos mais porosos e com melhor permeabilidade.

O modelo faciológico, aqui proposto, apontou para uma coalescência ou predomínio da fácie fluvial entrelaçado (*braided*) em direção ao depocentro da bacia. As informações de subsuperfície, provindas dos dados da perfuração de poços tubulares profundos para exploração de água, não só confirmaram essa tendência como possibilitaram a detecção de vários depocentros alinhados segundo a direção NNE-SSW; em cujas litologias observou-se nítido predomínio da fácie fluvial, em configuração de persistentes bancos arenosos interconectados (figuras 71 e 72).



Figura 69 – Banco de areia selecionada exibindo estratificação cruzada, areia típica da fácie fluvial entrelaçado. Afloramento em corte de terreno (área de empréstimo) ao lado da linha ferrea, atrás do entreposto da Refinaria de Petróleo de Araucária. Foto do autor.



Figura 70 – Areia de granulação média, granulometricamente selecionada exibindo estratificação cruzada de pequeno porte ressaltada por colorações avermelhadas de oxidação. Afloramento em corte de terreno (área de empréstimo) ao lado da linha ferrea, atrás do entreposto da Refinaria de Petróleo de Araucária. Foto do autor.



Figura 71 – Panorâmica de afloramento típico da Bacia Sedimentar de Curitiba exibindo camadas acunhadas e cunhas de areias mais bem selecionadas da fácie fluvial entrelaçado intercaladas em lamitos da fácie leques aluviais distais. O afloramento localiza-se em barranco atrás do entreposto da Refinaria de Petróleo de Araucária. Foto do autor.



Figura 72 – Detalhe exibindo três litofácies distintas – na parte de baixo da foto ocorre uma camada de lamitos distais esverdeados, sobreposto, em contato brusco e erosivo, por cunha de areia bem selecionada da fácie fluvial entrelaçado que por sua vez encontra-se sobreposta, também em contato brusco e erosivo por areia conglomerática. O afloramento localiza-se em barranco atrás do entreposto da Refinaria de Petróleo de Araucária. Foto do autor.

(5) Fácies fluvial meandrante:

A fácie fluvial meandrante ocorre nos afloramentos, normalmente representada por disposição vertical de areias relativamente bem selecionadas sobrepostas por argilas finas em sucessivas recorrências (figuras 59 e 60). As colorações das areias são esbranquiçadas podendo ocorrer um avermelhamento nas porções superiores dos afloramentos devido à pedogênese. Os contatos com os leques aluviais podem se apresentar bruscos ou transicionais. A fácie fluvial meandrante apresenta estruturas sedimentares do tipo estratificação plano-paralela; por vezes ostentando textura granodecrescente da areia gradando à argila (sugestiva de rompimento de diques marginais fluviais), estrutura esta compatível com o processo de transporte em ambiente fluvial meandrante (*crevasse splay*, figura 73).



Figura 73 – Detalhe exibindo estruturas de sobrecarga das areias de rompimento de dique marginal sobre argilas de planícies de inundação. O afloramento localiza-se próximo ao centro do município de Quatro Barras. Foto do autor.

6.4. Comunicação Cartográfica

O mapa geológico completo (figura 9) e o mapa geológico simplificado (contendo apenas os limites da Formação Guabirotuba e as aluviões holocênicas), usado como mapa base para diversos mapas temáticos, foram construídos nos softwares *AutoCAD* e *Corel Draw*. Os demais mapas temáticos com seus tratamentos geoestatísticos foram elaborados no software GEOVISUAL.

Para a elaboração dos mapas temáticos apresentados neste trabalho procedemos a alimentação da planilha eletrônica do GEOVISUAL com as coordenadas geográficas em UTM de todos os poços tubulares profundos e pontos de controle de campo devidamente georreferenciados; conforme metodologia descrita no capítulo anterior. A partir da malha irregular de pontos fornecida, o software constrói uma malha regular denominada “grid” específica para cada mapa temático apresentado neste trabalho.

O primeiro mapa que apresentamos mostra a distribuição dos pontos na área de estudo (figura 74).

A seguir, apresentamos o mapa do relevo do Embasamento Cristalino onde repousam os sedimentos da Bacia Sedimentar de Curitiba (figura 75). Este mapa possibilitou a visualização dos depocentros da bacia. Três depocentros principais alinhados segundo a direção NNE-SSW podem ser observados. Na região central da bacia ocorre o mais profundo, seguido por outros dois menos profundos na direção nordeste.

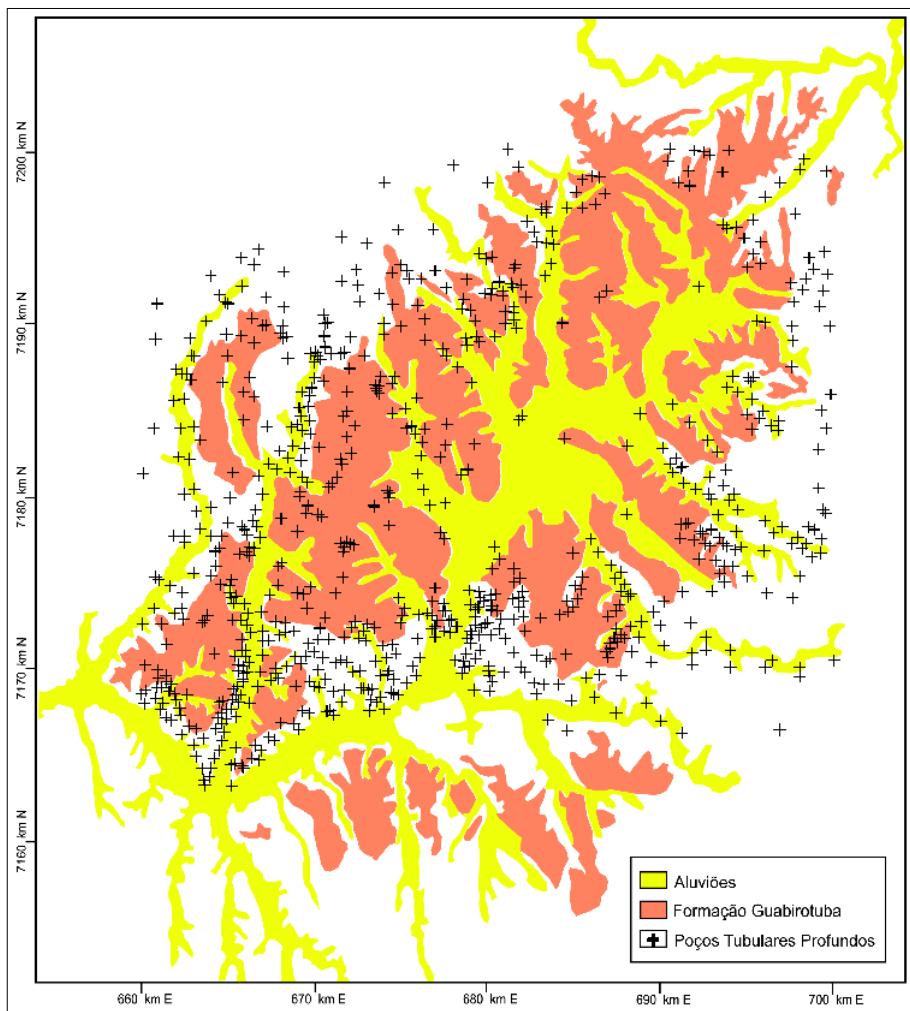


Figura 74 – Localização dos poços tubulares profundos e pontos de controle de campo plotados sobre mapa geológico simplificado.

A figura 76 exibe as mesmas informações presentes na figura anterior; porém, construída em relevo no bloco diagrama. Esse tipo de ilustração denominada por modelo digital de elevação (MDE) facilita a visualização de detalhes do relevo. O software empregado para a construção deste mapa permite a rotação de 360° do bloco, bem como a elevação do observador de 0 a 90°.

A maior depressão do embasamento atinge a cota 825m, sendo que a cota média está em torno dos 892,44m. O relevo atual, como elemento comparativo, possui altitude média ao redor de 905,31m; chegando a 839m como cota mínima topográfica, e atingindo 1009m de altitude, dentro da área pesquisada.

Outro dado importante é o padrão estrutural observado no relevo do embasamento, reflexo da tectônica reinante durante sua evolução.

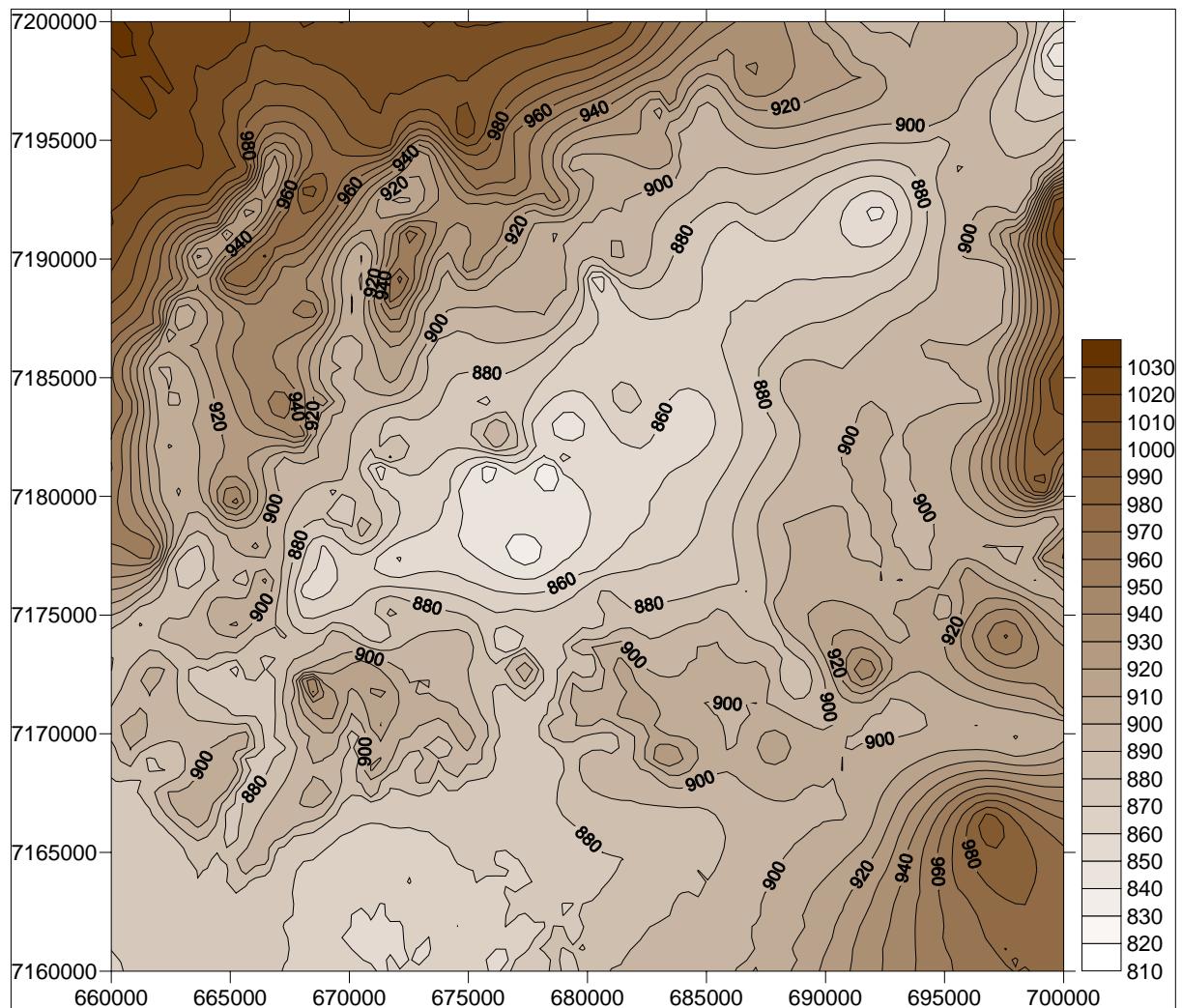


Figura 75 – Mapa da topografia do Embasamento Cristalino (substrato da Bacia Sedimentar de Curitiba). As isolinhas de níveis topográficos estão plotadas de 10 em 10 metros. As regiões de maiores altitudes ostentam colorações mais escuras que gradam para colorações mais claras, representando as maiores depressões.

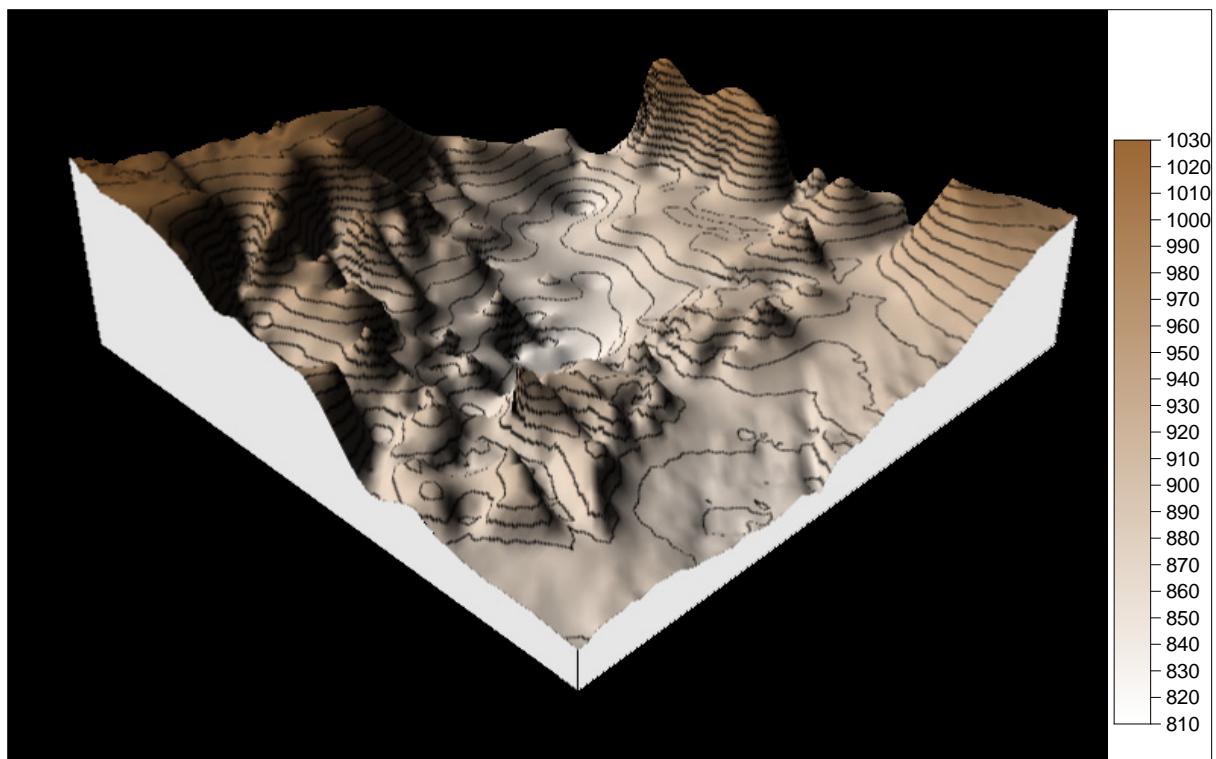


Figura 76 – Mapa em 3D da topografia do Embasamento Cristalino (substrato da Bacia Sedimentar de Curitiba). As isolinhas de níveis topográficos estão plotadas de 10 em 10 metros. As regiões de maiores altitudes ostentam colorações mais escuras que gradam para colorações mais claras, representando as maiores depressões.

Com referência às espessuras de sedimentos e suas localizações altimétricas, podemos ressaltar alguns dados notórios. O poço tubular profundo que se encontra nas coordenadas 678.460 Km/L e 7.181.120 Km/N UTM (figuras 77 e 78) atingiu a cota topográfica de maior profundidade do Embasamento Cristalino da bacia; ou seja, 825 metros. Como a “boca” deste poço encontra-se a 885 metros (na superfície do relevo atual) e toda essa metragem perfurada é constituída por depósitos da Bacia Sedimentar de Curitiba, isso perfaz uma coluna de 60 metros contínuos de sedimentos nessa localidade.

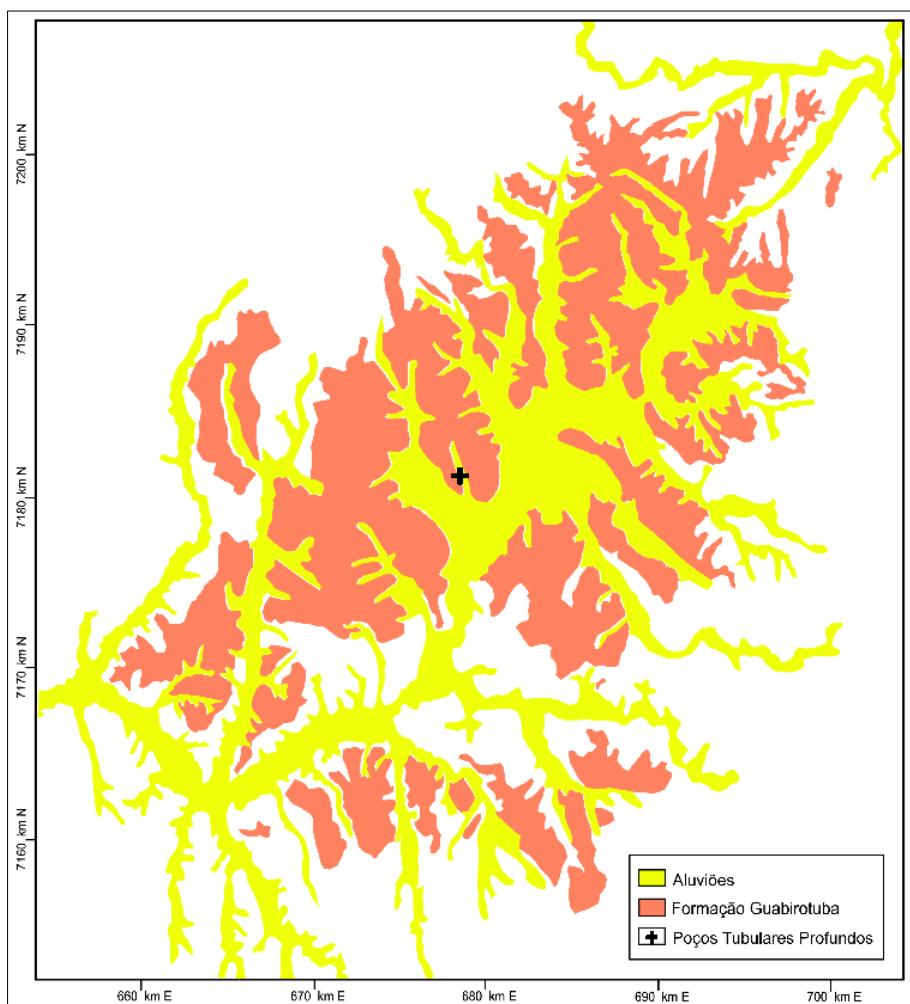


Figura 77 – Localização do poço tubular profundo (678.460 Km/L e 7.181.120 Km/N UTM) que atingiu a menor cota altimétrica (825 metros) com presença de sedimentos na Bacia de Curitiba. Local do poço plotado sobre mapa geológico.



Figura 78 – Localização do poço tubular profundo (678.460 Km/L e 7.181.120 Km/N UTM) que atingiu a menor cota altimétrica (825 metros) com presença de sedimentos na Bacia de Curitiba, plotado sobre imagens de satélite. Imagem do canto inferior direito - panorâmica de toda a área de pesquisa. Imagem do canto superior esquerdo - detalhe da malha urbana (escalas gráficas no canto inferior direito de cada imagem). Elaborado através do software “Google Earth Pro”.

Porém, a maior espessura contínua de sedimentos da Bacia de Curitiba, ainda preservada da erosão, localiza-se nas coordenadas 671.280 Km/L e 7.181.000 Km/N UTM (figuras 79 e 80). O poço tubular profundo, ali perfurado, permitiu vislumbrar uma coluna de 84 metros de sedimentos depositados desde o contato com o Embasamento Cristalino, na cota de 840 metros, até a cota 924 metros da “boca” do mesmo (superfície do relevo atual).

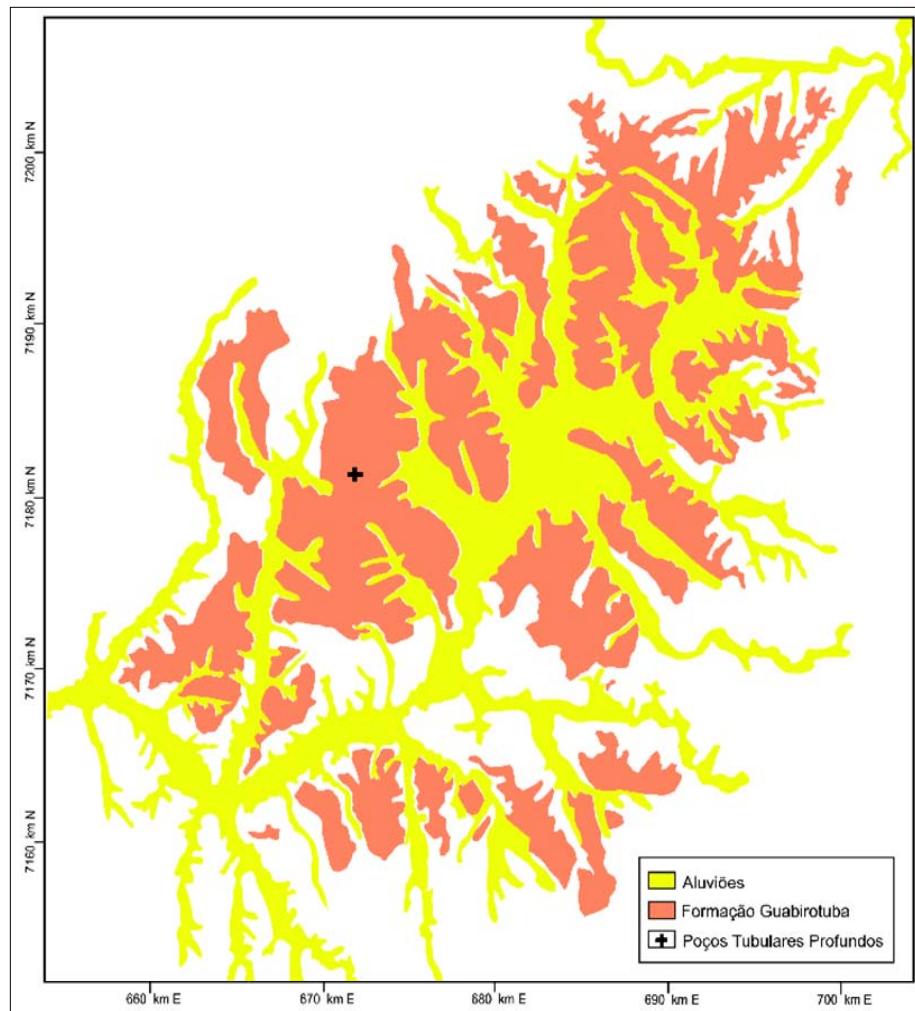


Figura 79 – Localização do poço tubular profundo (671.280 Km/L e 7.181.000 Km/N UTM) que possui a maior espessura contínua de sedimentos na Bacia de Curitiba (84 metros). Locação plotada sobre mapa geológico.



Figura 80 – Localização do poço tubular profundo (671.280 Km/L e 7.181.000 Km/N UTM) que possui a maior espessura contínua de sedimentos na Bacia de Curitiba (84 metros), plotado sobre imagens de satélite. Imagem do canto inferior direito - panorâmica de toda a área de pesquisa. Imagem do canto superior esquerdo - detalhe da malha urbana (escalas gráficas no canto inferior direito de cada imagem). Elaborado através do software “Google Earth Pro”.

Nos trabalhos de investigação geológica de superfície, realizados em campo, já tínhamos interpretado as possíveis disparidades entre as espessuras dos depósitos sedimentares, devido aos desnívelamentos de blocos do embasamento (notadamente visíveis nos limites sudoeste e oeste da bacia, ver figura 9) promovidos pela tectônica regional; bem como, a intensa erosão ocorrida em toda a área estudada. Erosão esta, evidenciada pelo intenso “recorte” de

sedimentos observados, principalmente nas bordas leste e sudeste da bacia; assim como, em várias localidades e até nas porções mais centrais da mesma, onde ocorrem exposições de migmatitos; ou seja, “janelas” do Embasamento Cristalino exposto, obviamente também reforçado em decorrência da dinâmica topográfica do paleorelevo do embasamento (figuras 9 e 76).

Considerando o acima exposto, podemos extrapolar, interpretativamente, uma espessura contínua de sedimentos maior que os 84 metros preservados e constatados para a atualidade na Bacia de Curitiba.

Levando-se em consideração que a maior depressão visualizada até então, pelos poços tubulares ora analisados, encontra-se na cota topográfica 825 metros (paleorelevo do embasamento enterrado), e que constatamos sedimentação contínua em cotas mais altas, situadas de 925 até 970 metros em referência ao relevo atual; conforme gráficos (A, B, C, D e E) e respectivos poços plotados no mapa geológico (figuras 81, 82, 83, 84 e 85); e que tais sedimentações, em sua totalidade, são, litofaciologicamente, semelhantes àquelas descritas nas porções mais centrais da bacia; como depósitos de corte e preenchimento (exibindo fanglomerados sobrepostos por gradação granulométrica normal “*fining up*”) em canais de escavação sobre lamitos mais “limpos” (leques aluviais médios e até distais). Podemos extrapolar espessuras contínuas de sedimentações pretéritas, na ordem de 1 a 27 metros, acima da cota 924 metros; ou seja, espessuras pretéritas de 85 a 111 metros, no mínimo.

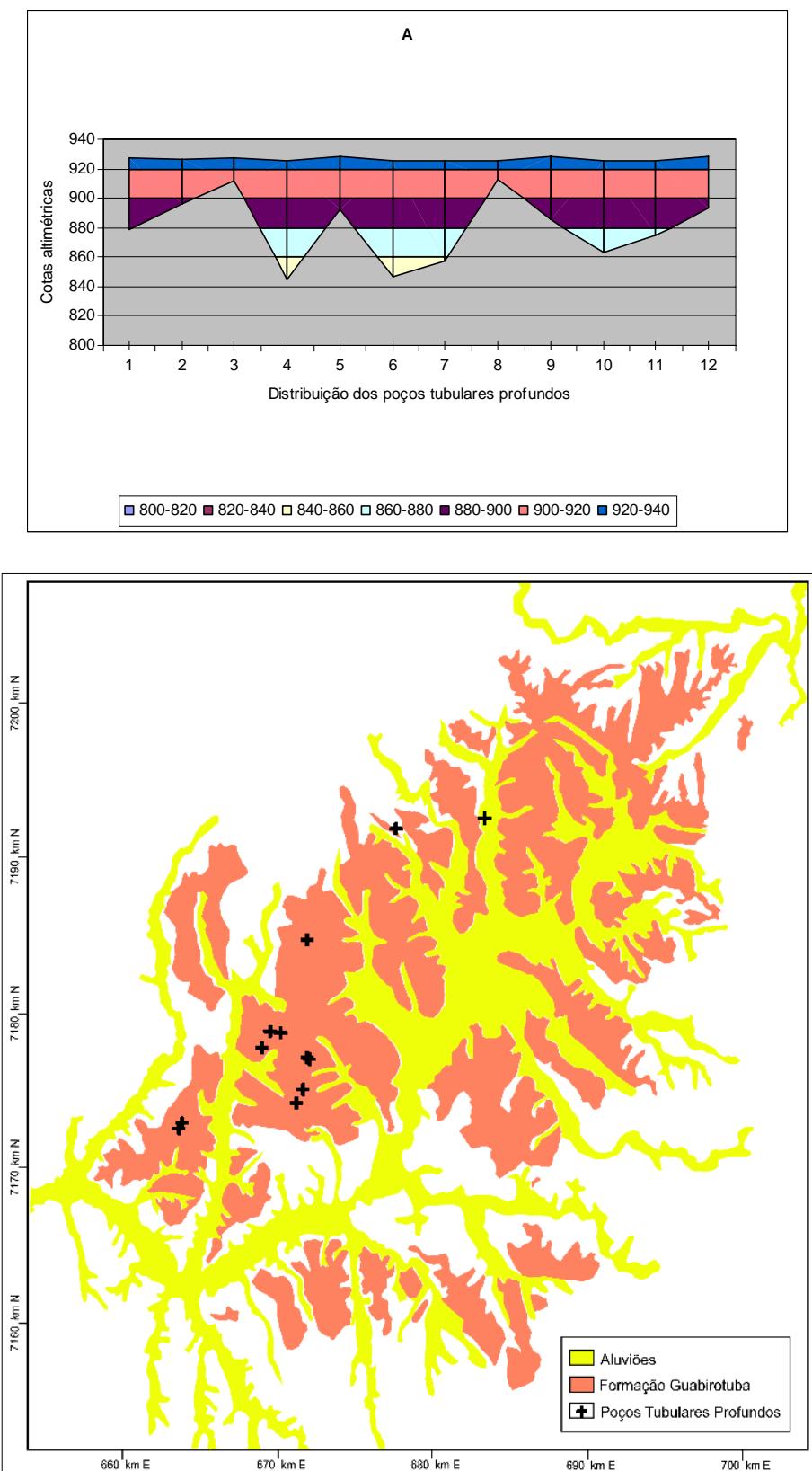


Figura 81 – O gráfico “A” apresenta os poços tubulares profundos com cotas das “bocas” entre 925 a 929 metros (superfície topográfica atual), bem como seus respectivos contatos com o embasamento da bacia; os quais evidenciam as nítidas discrepâncias do relevo pretérito. Outra importante evidência observada no gráfico é a continuidade lateral da sedimentação entre esses poços. O mapa geológico simplificado, por sua vez, apresenta a distribuição geográfica dos poços na área estudada.

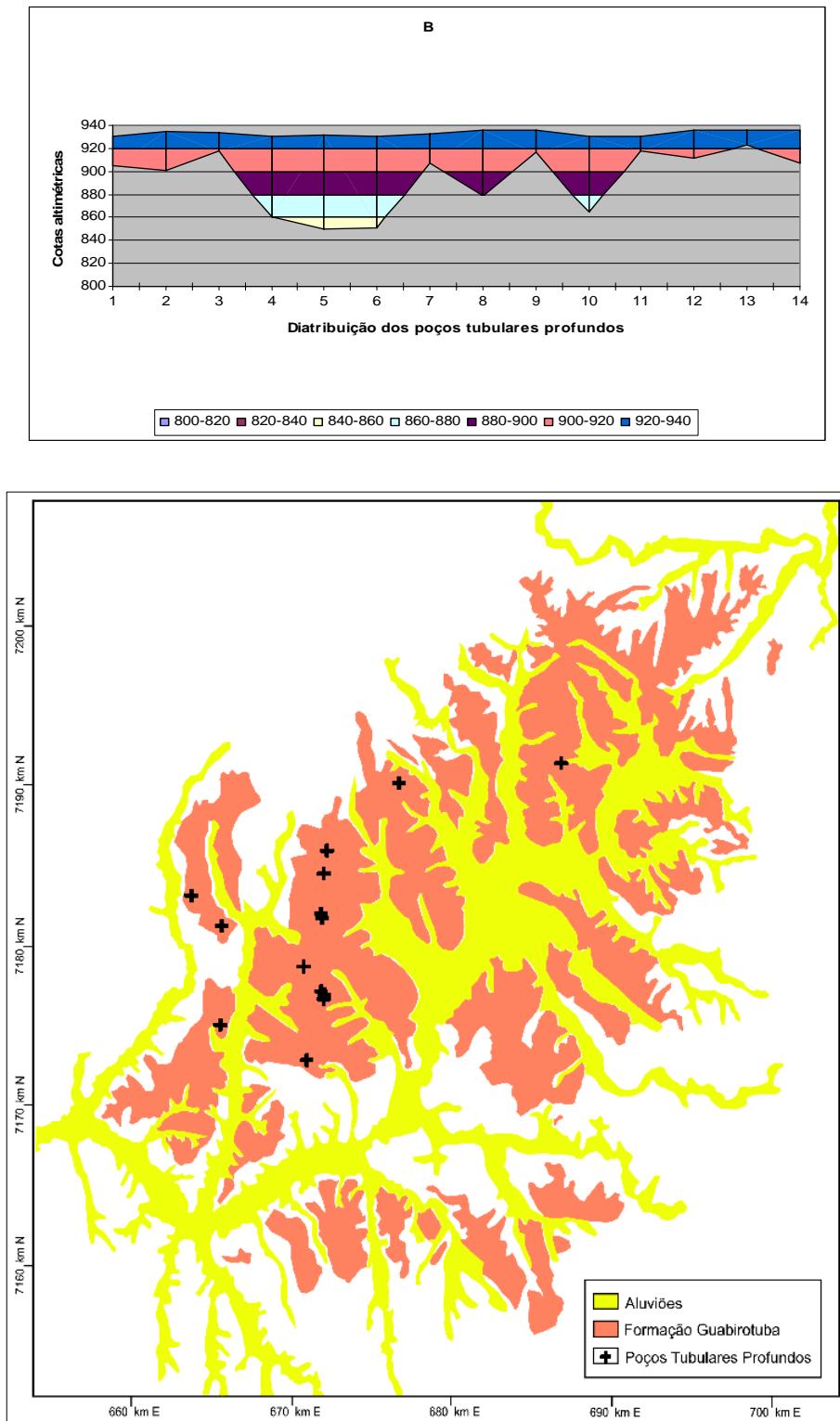


Figura 82 – O gráfico “B” apresenta os poços tubulares profundos com cotas das “bocas” entre 930 a 939 metros (superfície topográfica atual), bem como seus respectivos contatos com o embasamento da bacia; os quais evidenciam as nítidas discrepâncias do relevo pretérito. Outra importante evidência observada no gráfico é a continuidade lateral da sedimentação entre esses poços. O mapa geológico simplificado, por sua vez, apresenta a distribuição geográfica dos poços na área estudada.

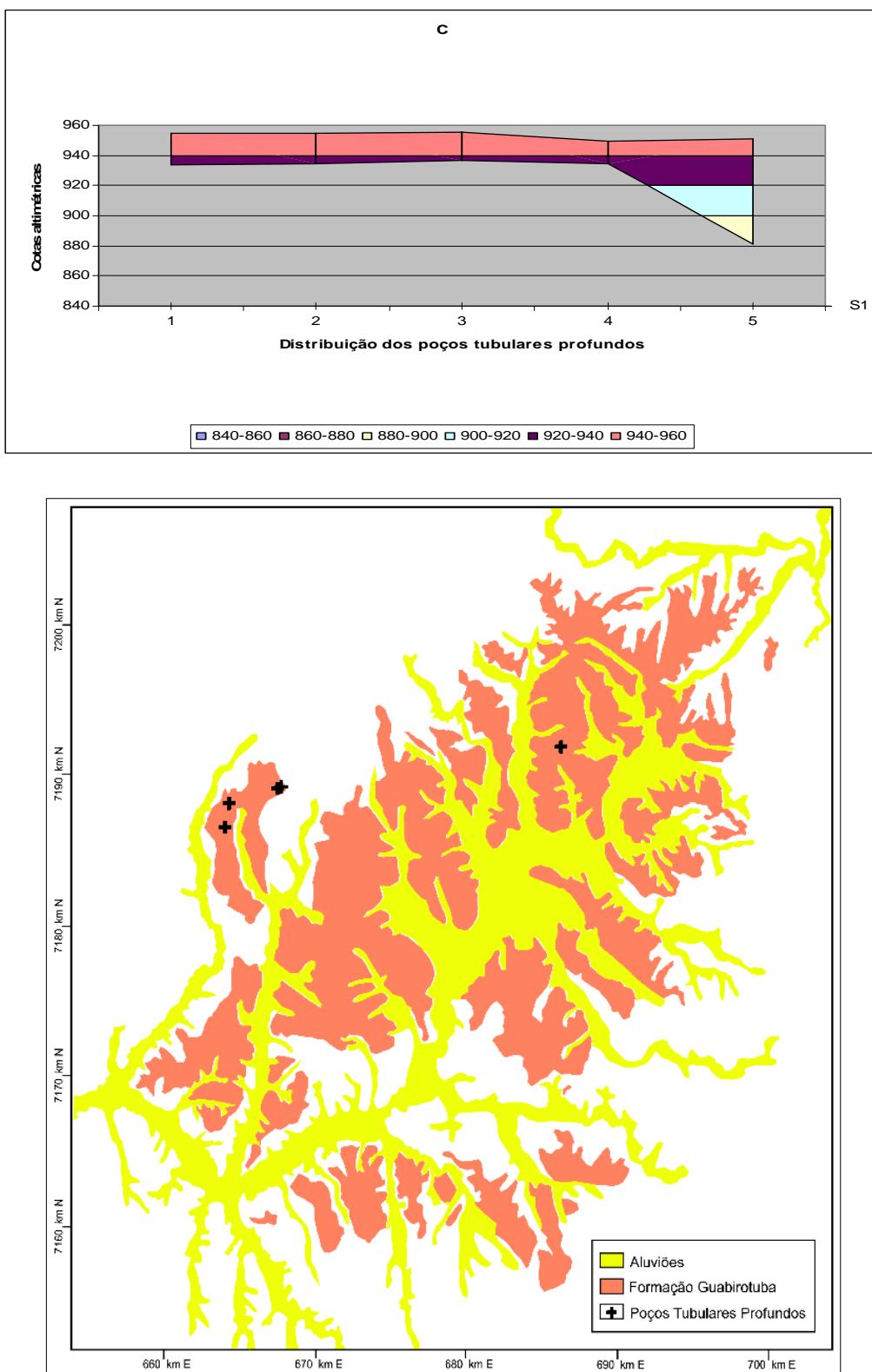


Figura 83 – O gráfico “C” apresenta os poços tubulares profundos com cotas das “bocas” entre 950 a 959 metros (superfície topográfica atual), bem como seus respectivos contatos com o embasamento da bacia; os quais evidenciam pequenas discrepâncias do relevo pretérito. Outra evidência observada no gráfico é a continuidade lateral da sedimentação entre esses poços. O mapa geológico simplificado, por sua vez, apresenta a distribuição geográfica dos poços na área estudada.

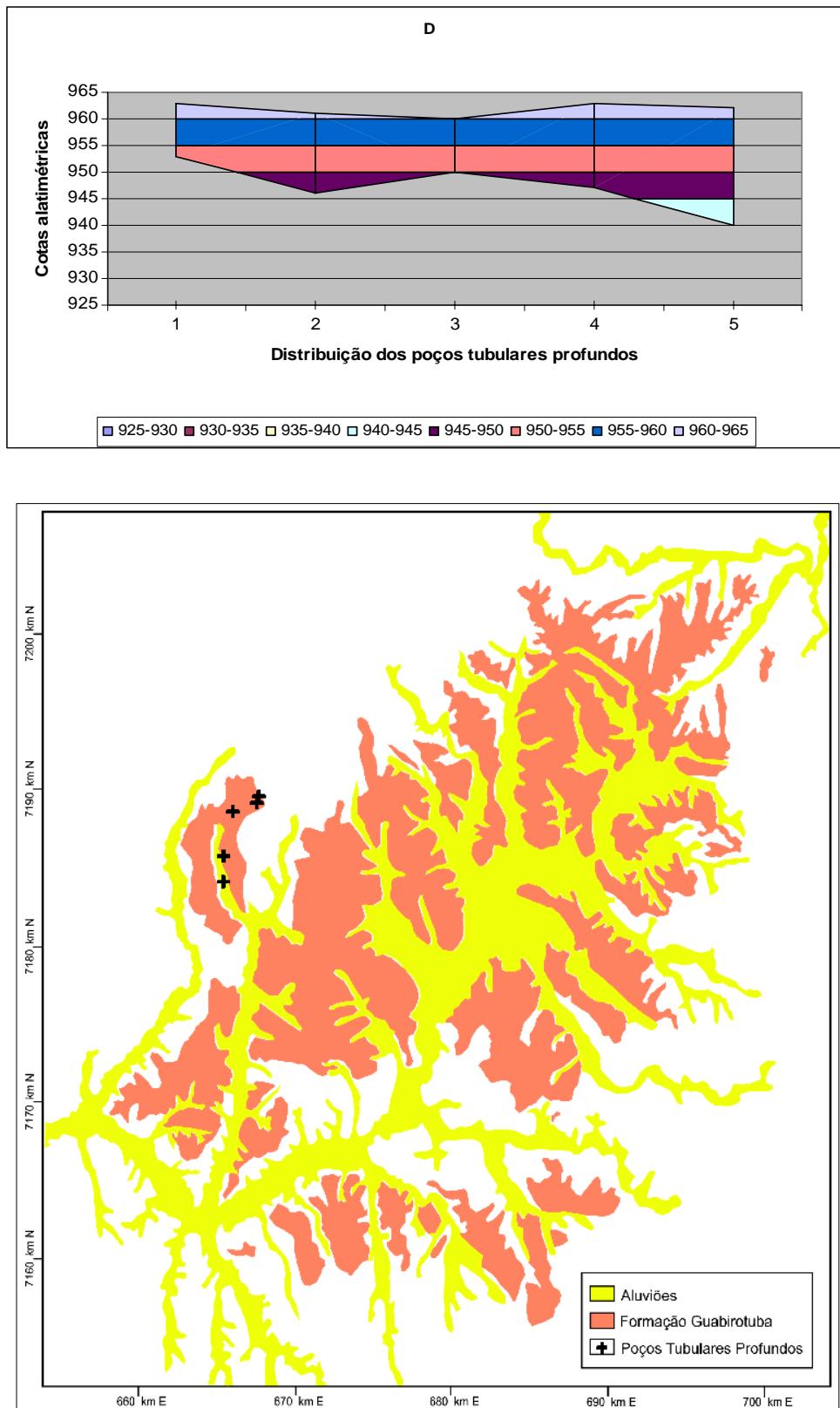


Figura 84 – O gráfico “D” apresenta os poços tubulares profundos com cotas das “bocas” entre 960 a 969 metros (superfície topográfica atual), bem como seus respectivos contatos com o embasamento da bacia. Nota-se, também nesta cota altimétrica, a perfeita continuidade lateral da sedimentação entre esses poços. O mapa geológico simplificado, por sua vez, apresenta a distribuição geográfica dos poços.

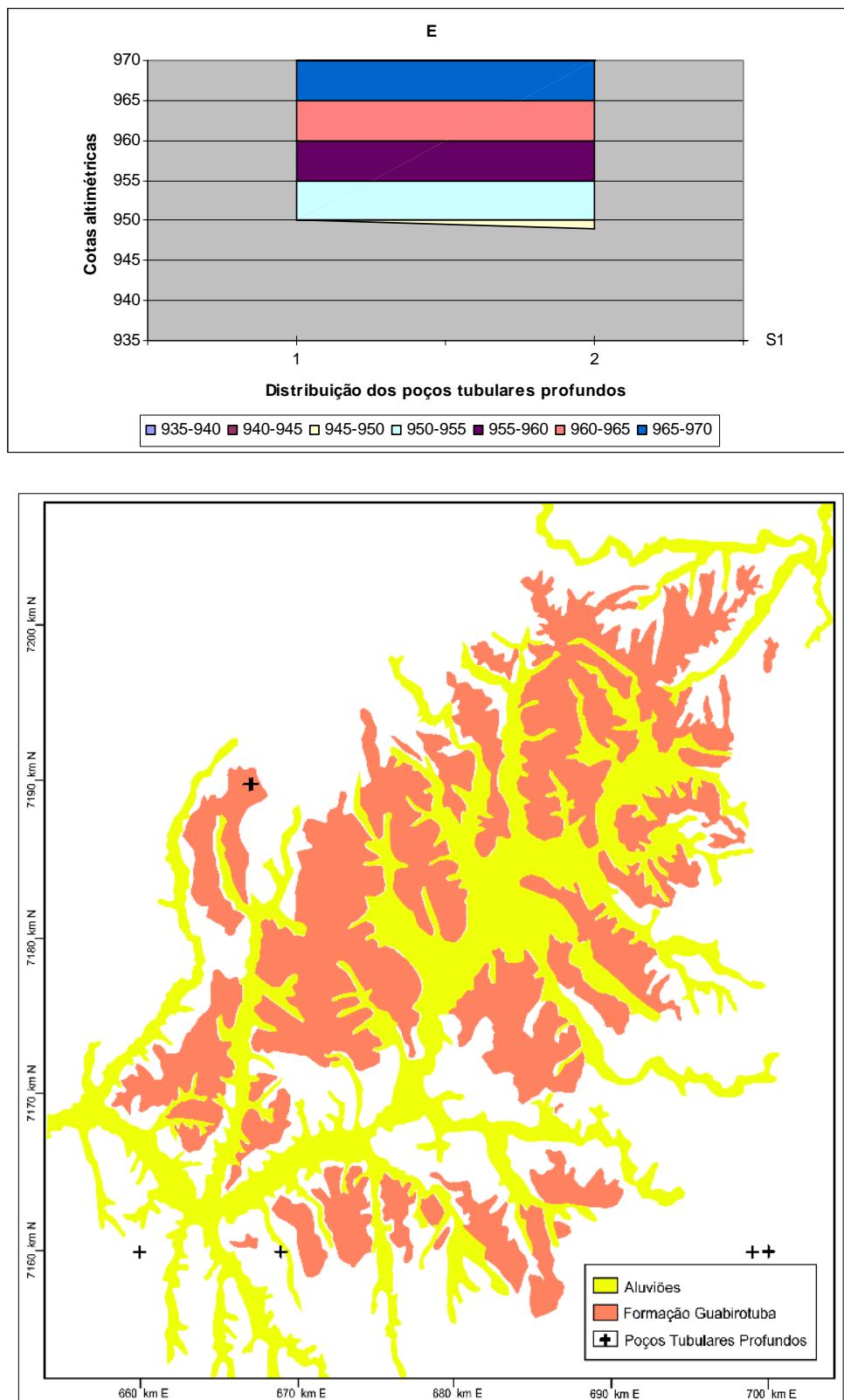


Figura 85 – O gráfico “E” apresenta os poços tubulares profundos com cotas das “bocas” entre 970 a 979 metros (superfície topográfica atual), bem como seus respectivos contatos com o embasamento da bacia. Nota-se, também, nesta cota altimétrica mais alta, a perfeita continuidade lateral da sedimentação entre esses poços. O mapa geológico simplificado apresenta a distribuição geográfica dos poços.

Levando-se em consideração que as médias das espessuras, calculadas para todos os poços nas mesmas situações de cotas altimétricas anteriores (figuras 81, 82, 83, 84 e 85), encontram-se entre 2,18 e 26 metros; é absolutamente plausível os valores acima referidos para as espessuras máximas pretéritas para a Bacia Sedimentar de Curitiba.

Obviamente, temos que observar que a evolução geomorfológica de uma bacia sedimentar é muitas vezes complexa; pois depende de três fatores dominantes em sua história evolutiva: o primeiro fator condicionante é o tectônico, que dependendo da velocidade e intensidade dos esforços reinantes na área promoverá a produção de um palco depressivo de sedimentação que refletirá no meio e modo de transporte e, consequentemente, na qualidade e na taxa de sedimentação reinante.

O segundo fator condicionante é a disponibilidade (quantidade e qualidade) de material da rocha ou área-fonte. Isso implica na tipologia litológica presente nas rochas da área fonte (quimicamente mais ou menos estável ao intemperismo), nas condições climáticas reinantes (clima frio ou quente, seco ou úmido) e nos condicionantes locais, como: agente geológico transportador, vegetação e disponibilidade de água. Esse fator irá influenciar expressivamente a tipologia litológica dos sedimentos depositados na bacia.

Finalmente, o terceiro fator condicionante é o erosivo que, por sua vez, é ditado pelo clima dominante na história evolutiva da bacia e pelo relevo (condicionante local). Indubitavelmente, o poder (intensidade) e a velocidade erosiva presente na evolução sedimentar poderá propiciar amplos hiatos deposicionais locais, ou na totalidade de uma bacia sedimentar, prejudicando ou até impossibilitando estudos estratigráficos ou sedimentológicos.

Por outro lado, uma interpretação axiomática (mas, infelizmente, muitas vezes esquecida ou ignorada) é a de que os três fatores condicionantes, acima referidos, não atuam independentes no processo e no tempo deposicional de uma bacia sedimentar. O tectonismo pode atuar durante uma fase ou na totalidade da história deposicional de uma bacia, e esta atuação irá influir em seu produto deposicional, o qual poderá ser investigado e interpretado à luz de estudo estrutural, sedimentológico e estratigráfico dos depósitos. Na presente pesquisa, concluímos que a atividade tectônica esteve presente em toda a história deposicional da Bacia Sedimentar de Curitiba, conforme explanação, mais à frente, neste mesmo capítulo.

Assim, também, os dois outros fatores condicionantes irão interagir durante a evolução da bacia. Ou seja, o palco deposicional não é preparado anteriormente à sedimentação e, também, não deixa de se modificar durante este. A erosão, por sua vez, não “espera” a bacia se depositar para então atuar. Obviamente, ela atua durante todo o processo deposicional, ora menos ora com mais intensamente, ora com menor, ora com maior velocidade, podendo suplantar a velocidade de sedimentação; produzindo discordâncias ou mesmo hiatos erosivos, parciais ou totais.

Isto posto, e voltando especificamente ao enfoque da Bacia Sedimentar de Curitiba, procederemos à análise interpretativa de sua evolução tectono-sedimentar e, por consequência, de sua evolução paleogeomorfológica. Para isto, utilizaremos as informações contidas nos mapas temáticos (Apêndice “1”) gerados a partir das informações obtidas nos relatórios de perfuração dos poços tubulares profundos (Apêndice “3”).

No Apêndice “1”, encartado no final deste volume, apresentamos uma seqüência de mapas pareados segundo seus temas e dispostos conforme suas

profundidades na bacia, segundo suas cotas altimétricas. Ou seja, para o estudo das disposições espaciais tridimensionais das litofácies sedimentares presentes na Bacia de Curitiba, procedemos a um “fatiamento” altimétrico da mesma, obtendo 29 trios de mapas (num total de 87 mapas temáticos), sendo apresentado em cada um desses trios (cada coluna de mapas exibida no Apêndice “1”) um mapa temático.

O primeiro (ou a primeira coluna de mapas, disposta à esquerda no Apêndice “1”) apresenta a distribuição espacial de **fanglomerados (fácie leques aluviais proximais)** presente em cada “fatia” topográfica com espessura de 5 metros; desde a cota mais profunda, 825 metros, até a cota mais alta, 970 metros.

Semelhantemente, a segunda coluna (coluna central disposta no Apêndice “1”) apresenta a distribuição espacial de **areias (fácie fluvial entrelaçado - *braided fluvial*)** presente em cada “fatia” topográfica com espessura de 5 metros, desde a cota mais profunda, 825 metros, até a cota mais alta, 970 metros. E, igualmente, a terceira coluna (coluna disposta à direita no Apêndice “1”) apresenta a distribuição espacial das **argilas (fácie leques aluviais medianos e distais).**

Discorreremos, a partir de agora, sobre a gênese e evolução da Bacia Sedimentar de Curitiba começando pela camada (“fatia”) altimétrica mais inferior, e assim sucessivamente até a camada altimétrica superior; analisando, sempre, os três mapas temáticos apresentados em cada uma das camadas.

Camada altimétrica 825 a 830 metros: (mapas “A1”, “A2” e “A3”)

Na camada altimétrica de 825 a 830 metros (camada mais inferior) não há registro de sedimentos **fanglomeráticos** (mapa “A1”), representantes da

fácies leques aluviais proximais. Isto não significa que os mesmos não tenham ocorrido. Pelo contrário, ocorreram com toda a certeza, porém foram totalmente erodidos pelas sucessões de corridas de detritos (*debris flow*) e fluxos de lamas (*mud flow*) que caracterizam as fácies leques aluviais.

Um termo mais genérico (ou abrangente), “deslizamento de terras” (*landslide*), também pode ser utilizado para o conjunto de processos sedimentares, reinantes nesses locais. Eles ocorrem como consequência da erosão e transporte de clastos das mais variadas granulometrias (desde a argila até matacões) em zonas de falhas com desnivelamento e/ou basculamento de blocos causados pela inclinação do terreno e fortes chuvas. Os leques aluviais (principalmente os proximais) constituem-se numa corrente (ou fluxo) incrivelmente forte, capaz de erodir amplos tratos outrora depositados, remobilizando-os e aglutinando-os no fluxo atuante. Temporalmente, esse processo pode ocorrer em alguns minutos ou pode chegar a horas, dependendo da inclinação do terreno e da extensão temporal do aguaceiro. Podendo culminar por depósitos mais próximos (fácies proximais dos leques) ou mais longínquos (fácies medianas e distais dos leques) em relação à distância da fonte de sedimentos.

Por outro lado, o mapa “A2”, posicionado também nesta primeira camada basal em análise (camada altimétrica de 825 a 830 metros), exibe a presença de **areias** representantes da **fácie fluvial entrelaçado**. Essas areias são mais bem selecionadas que os leques aluviais; tanto em termos granulométricos (variando de areia muito fina a areia muito grossa, por vezes podendo conter grânulos) quanto em termos mineralógicos (areias quartzosas, normalmente contendo grãos de feldspato potássico e líticos, muitas vezes classificada como subarcosiana a arcósios).

Essa litofácies arenosa origina-se quando os leques aluviais proximais e medianos, interceptam corpos d'água em movimento ou estáticos; onde ocorre uma “lavagem” do material, segregando granulometrias maiores das menores. Os próprios leques aluviais possuem em suas configurações a presença de fluxos aquosos típicos, classificados como entrelaçados. Seus depósitos são muito mais selecionados, pois a quantidade de água presente no processo de transporte agora é dominante (figura 86).

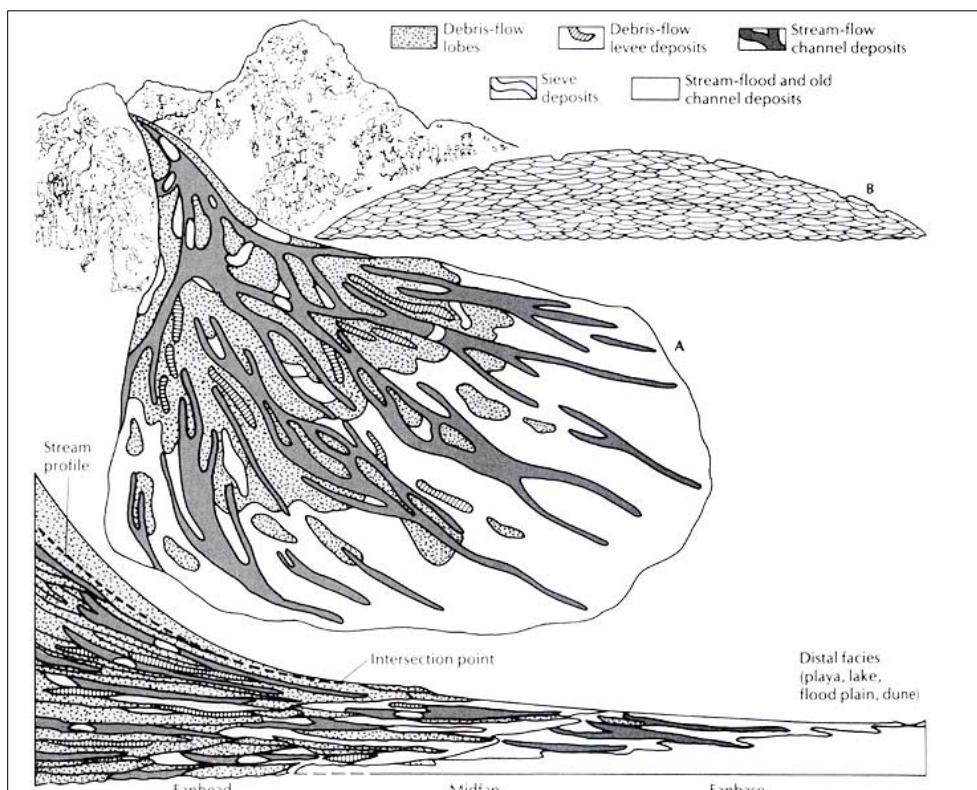


Figura 86 – Desenho esquemático de um leque aluvial (*alluvial fan*) onde se nota no desenho central o leque com seus depósitos típicos (fluxo de detritos - *debris flow*; fluxo de lamas - *mud flow* e canais fluviais entrelaçados sobre o leque - *stream flow*). O desenho inferior ilustra o perfil de um corte longitudinal ao leque aluvial, onde nota-se as porções: proximal, mediana e distal do leque. Fonte: Prothero & Schwab (2013).

A fácie fluvial entrelaçado é identificável, em afloramentos da Formação Guabirotuba, ocorrendo como camadas ou bancos com espessuras

normalmente centimétricas a decimétricas e, invariavelmente, intercaladas em lamitos, pertencentes à fácies leques aluviais (figura 87). Em alguns afloramentos ocorrem nos topos de camadas conglomeráticas exibindo gradação granulométrica normal (*fining up*) e muito raramente na base de camadas conglomeráticas exibindo gradação granulométrica inversa.



Figura 87 – Afloramento exibindo intercalações recorrentes, na sucessão temporal, onde as camadas de areias arcoseanas, típicas de *stream flows*, se sobrepõem aos lamitos. Observar que as camadas de areias (camadas brancas) sobressaem sobre os lamitos. O afloramento localiza-se nas proximidades do aeroporto Afonso Pena em São José dos Pinhais. Foto do autor.

A presença da fácies fluvial entrelaçado, na base da Bacia Sedimentar de Curitiba, reforça o acima exposto com relação à pré-existência da fácies leque aluvial proximal, pois foi este que forneceu material sedimentar para ser retrabalhado por aquele.

A localização dessas areias em mapa (na camada altimétrica basal; mapa “A2”), sobreposto ao mapa do Embasamento Cristalino, permite-nos indicar a gênese sedimentar da Bacia de Curitiba associando-a ao início das movimentações tectônicas reinantes regionalmente, as quais geraram o primeiro e mais profundo depocentro.

Na figura 88 indicamos a localização do início da tafrogenia geradora da bacia e, coincidente, o primeiro e mais profundo depocentro. A figura 89 ilustra, esquematicamente, a provável paleogeomorfologia primitiva para área.

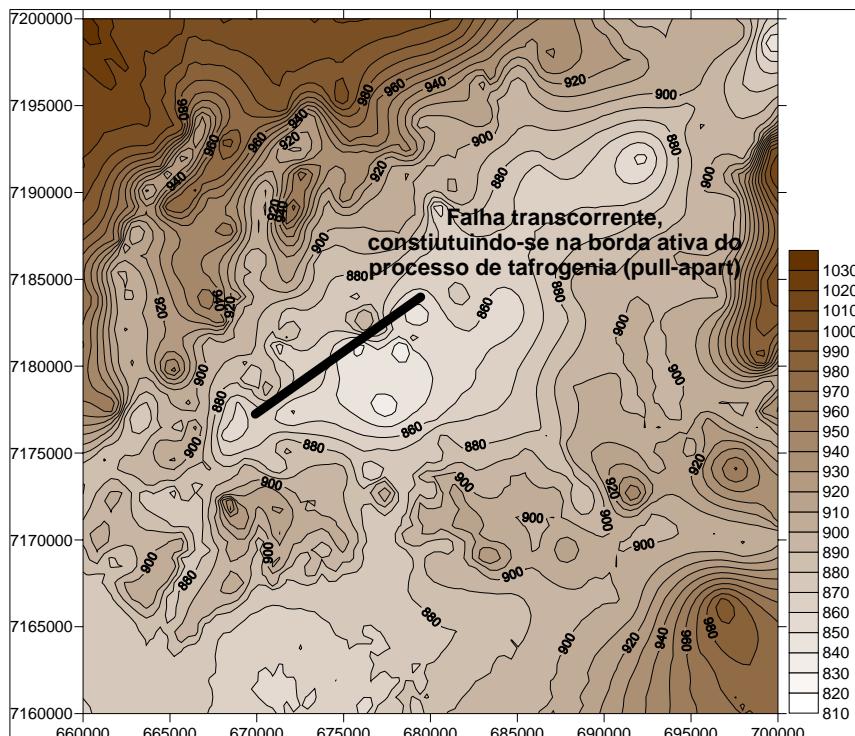


Figura 88 – Localização de falha transcorrente na bacia *pull apart*. A linhareta grafada em negrito com direção NE-SW indica o local mais provável para a ruptura no início do processo da tafrogenia da Bacia Sedimentar de Curitiba. Logo à sudeste desta linha instala-se o primeiro e mais profundo depocentro sedimentar com os primeiros depósitos de leques aluviais (bacia *pull apart*). A linha está plotada sobre mapa do paleorelevo do Embasamento Cristalino com isolinhas de níveis topográficos de 10 em 10 metros. As regiões de maiores altitudes ostentam colorações mais escuras que gradam para colorações mais claras, representando as maiores depressões.

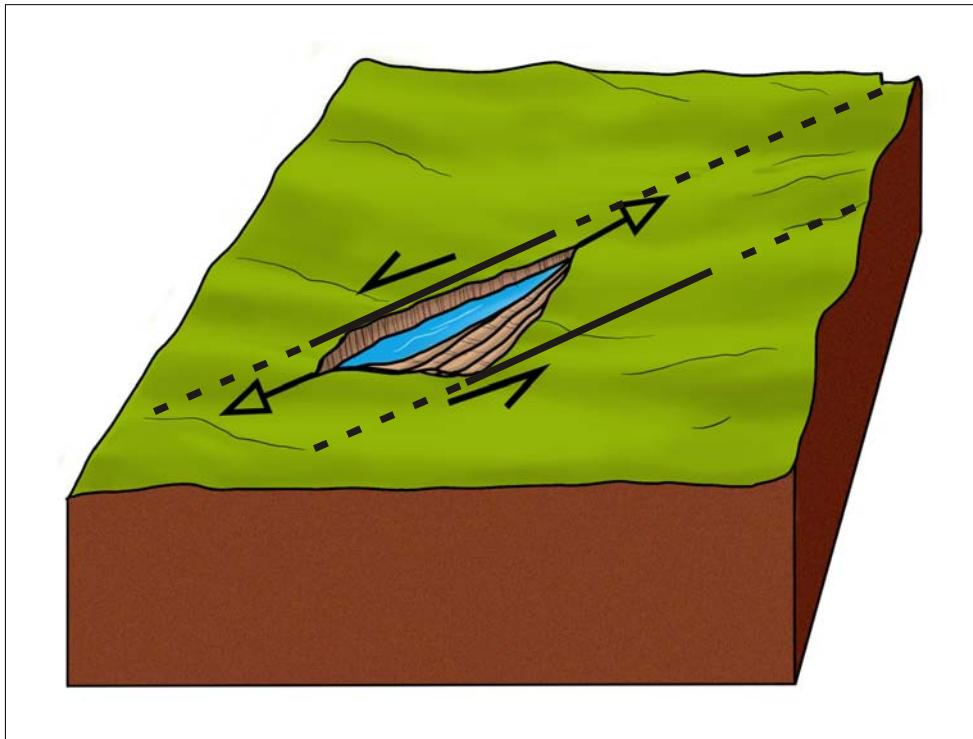


Figura 89 – Bloco diagrama esquemático mostrando as possíveis linhas de falhas transcorrentes, seus sentidos de deslocamentos e consequente abertura da bacia tafrogênica (*pull apart*). Não se descarta componente de distensão regional NW-SE, embora menos atuante nestes estágios iniciais da Bacia Sedimentar de Curitiba.

A bacia *pull apart* surge, basicamente, numa zona de transcorrência onde a falha principal não possui geometria retilínea; ou seja, sua sinuosidade ou complexidade geométrica estrutural promove dobras, degraus e depressões ao longo de sua movimentação. Surgem, portanto, curvas e desvios onde reinam esforços extensionais, compressionais, transtensionais e transpressionais. As depressões estruturais (bacias ***pull apart***) surgem no ambiente extensional a transtensional. As bacias *pull apart* são consideradas como uma derivação na evolução de bacias tipo *rift*; embora o termo tenha sido consagrado, posteriormente, para designar bacias desenvolvidas em sistemas transcorrentes (CLEMME, 1980; *apud* MARTINS-NETO, 2006).

Analisando-se este cenário tectono-sedimentar, inicial e local (figura 89) para a Bacia Sedimentar de Curitiba, somos impelidos, necessariamente, a buscar similitudes estruturais, de evolução tectônica regional e litoestratigráficas nas demais bacias sedimentares pertencentes ao “*Rift* Continental do Sudeste do Brasil” (RCSB) para efeitos, principalmente, de correlação cronológica.

Riccomini (1989), ao estudar a evolução tectono-sedimentar das bacias presentes no RCSB, focando com maior detalhamento as bacias de São Paulo e Taubaté, propôs um modelo tectônico evolutivo subdividido em sete fases. A primeira delas denominou “fase extensional NNW-SSE inicial”, associando-a aos depósitos do sistema de leques aluviais, recorrentes durante o Oligoceno, de 33,9 Ma a 23,03 Ma; a qual corresponde à terceira época da Era Cenozóica, atualmente subdividida nos períodos Paleogeno – 65,5 Ma a 23,03 Ma; Neogeno – 23,03 Ma a 2,6 Ma e Quaternário – 2,6 Ma a atual (quadro 5). Essa fase extensional inicial é caracterizada pela distensão regional do *rift*, associada ao basculamento de blocos; o que produz a feição geomorfológica de *hemi-graben*, bem visível na Bacia de Curitiba; porém, não nestes estágios iniciais acima descritos, onde as características estruturais e de deposição mais localizada são mais compatíveis com a gênese de bacias *pull-apart*. A essa feição geomorfológica Riccomini faz a seguinte consideração:

[...] A assimetria do *rift*, manifestada sobretudo nas bacias de Taubaté e Resende, leva a crer que as falhas situadas na borda norte da depressão original tiveram comportamento lístrico, como no esquema de Bally *et al.* (1981). O basculamento dos blocos para NNW seria fruto da atenuação do mergulho dos planos dessas falhas para SSE (RICCOMINI, 1989).

ERA	PERÍODOS	ÉPOCA	IDADE
Cenozóica	Quaternário	Holoceno	Hoje
		Pleistoceno	2,6 milhões de anos
	Neogeno	Plioceno	2,6 milhões de anos
		Mioceno	23,03 milhões de anos
	Paleogeno	Oligoceno	23,03 milhões de anos
		Eoceno	
		Paleoceno	65,5 milhões de anos

Quadro 5 - Cronologia do Cenozóico. Informações das idades obtidas no Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

De posse das informações auferidas no presente estudo e, como já referido no terceiro parágrafo deste capítulo, podemos incluir a Bacia de Curitiba ao rol de bacias citadas (Taubaté e Resende) na frase, acima, de Riccomini. Por outro lado, Riccomini também deixa claro que esse mecanismo de tectônica distensiva, produzindo leques aluviais, ocorre em outras fases do sistema evolutivo por ele apregoado, até na sétima fase final, ao qual denomina “extensão final”; o que parece ser o caso na Bacia de Curitiba. Não nos estágios finais, nem tampouco nos iniciais, mas logo depois do primeiro estágio tafrogênico, gerador de uma bacia típica *pull apart*, como vimos neste texto na página anterior.

O mapa “A3”, posicionado também nesta primeira camada basal em análise (camada altimétrica de 825 a 830 metros), exibe a presença das **argilas**, representantes da **fácies leques aluviais distais**; que se localizam, espacialmente, sobrepostas às areias já referidas; porém, se estendem em uma área maior; limitada a NW (no mesmo limite das areias sotopostas), mas estendendo-se nitidamente para SE onde se apresenta cada vez mais adelgaçada em sua espessura. Esses lamitos mais “limpos”, apresentando densa matriz argilosa, notadamente, são produtos de

depoimentos mais longínquas (relativo à distância de transporte a partir da fonte). Por vezes, quando as argilas são bem selecionadas, podem ocorrer localmente, com muito menor distribuição areal (desde camadas decimétricas a vários metros de extensão) e vertical (decimétricas), como produto de deposição em granodecrescência ascendente (ou gradação normal - “fining up”). As argilas mais selecionadas podem, ainda, ocorrer como depósitos de materiais em suspensão nas porções mais centrais de corpos d’água. Obviamente, pequenas porções de corpos d’água, momentaneamente represados, também propiciarião deposições de argilas; sem, contudo, caracterizar um estrato representativo de uma fácie lacustre mais persistente, no tempo e espaço. Como já anteriormente referido, não encontramos um ambiente lacustre típico nos sedimentos da Bacia de Curitiba.

A descrição dos estratos perfurados pelo poço tubular profundo nº 193 (Apêndice “3” – planilha resumo) revelam que os sedimentos argilosos representados no mapa A3 são mais condizentes com depósito em corpo d’água com represamento efêmero (figura 90). Eles ocorrem nos três metros finais da camada; sendo que nos dois metros iniciais (basais) ocorrem as areias já referidas, do mapa “A2”.



Figura 90 – Foto de detalhe de uma camada de argila típica da Bacia de Curitiba. Observar alguns planos cujas paredes apresentam lustro. O afloramento localiza-se nas coordenadas 696432/7193062 UTM, na jazida da Bentonita do Paraná, na saída para São Paulo. Foto de autoria de Mário Sérgio de Melo, gentilmente cedida para este trabalho.

Camada altimétrica 830 a 835 metros: (mapas “B1”, “B2” e “B3”)

A camada altimétrica de 830 a 835 metros apresenta o primeiro registro basal (preservado da erosão) de sedimentos **fanglomeráticos** (ver mapa “B1” do Apêndice “1”), representantes da **fácies leques aluviais proximais** (figuras 91 e 92). Esses sedimentos localizam-se na borda noroeste do primeiro e principal depocentro da bacia (figura 89), o que nos permite situar o plano principal de falha da depressão *pull apart* nestas proximidades (figura 88). Trata-se de 1 metro de fanglomerados preservados da erosão, sotopostos às areias e argilas.



Figura 91 – Detalhe de um fanglomerado típico da Bacia Sedimentar de Curitiba. Observar o arcabouço constituído de fragmentos muito angulosos e mineralogicamente imaturos. O afloramento localiza-se na avenida das Torres nas fundações da construção da Fiat Barigui, nas coordenadas 678884/7180454 UTM. Foto de autoria de Mário Sérgio de Melo, gentilmente cedida para este trabalho.



Figura 92 – Idem à figura 91, com maior aproximação. O afloramento localiza-se na avenida das Torres nas fundações da construção da Fiat Barigui, nas coordenadas 678884/7180454 UTM. Foto de autoria de Mário Sérgio de Melo, gentilmente cedida para este trabalho.

O mapa “B2” do Apêndice “1” mostra a distribuição paleogeográfica das **areias** representantes da **fácie fluvial entrelaçado** para esta camada altimétrica. Seu depocentro atinge 2 metros de espessura, adelgacando-se perifericamente. É interessante notar a coincidência vertical (temporal) entre o depocentro do fanglomerado, sotoposto, com o depocentro das areias, sobrepostas; evidenciando um processo de retrabalhamento do material preteritamente depositado, bem como possível retrabalhamento de materiais fanglomeráticos de camadas altimétricas superiores. Digno de nota, ainda, é a disposição espacial do leque de areias, possibilitando inferir um sentido de fluxo de noroeste para sudeste; o que coaduna-se com a arquitetura estrutural paleogeomorfológica (figura 89).

O mapa B3, por sua vez, presente também nesta mesma camada altimétrica em análise, exibe a presença das **argilas**, representantes da **fácie leques aluviais distais**; que se localizam, espacialmente, sobrepostas às areias já referidas no parágrafo anterior. Essas argilas atingem a espessura de 2 metros em seu depocentro, adelgacando-se perifericamente segundo um eixo maior, com direção noroeste/sudeste (a exemplo das areias sotopostas); porém, sobrepondo-se, tanto para sudeste como para noroeste, aos depocentros dos fanglomerados e areias sotopostos, presentes nesta camada altimétrica.

Isso conduz a duas interpretações para o processo deposicional de então: o primeiro implica numa deposição seqüencial onde o topo desde nível altimétrico é colmatado por argilas decantadas de um paleolago episódico e efêmero. A segunda interpretação diz respeito a uma deposição de argilas de leques aluviais distais; obviamente provenientes de leques mais longínquos (nesta mesma camada altimétrica) e/ou provenientes de camadas altimétricas superiores (já erodidas). As descrições litológicas dos poços tubulares não permitiram uma definição mais exata.

Ainda digno de nota, é a disposição espacial dessas argilas; pois além da direção noroeste-sudeste já referida acima, ocorre uma inflexão de 90 graus a sudeste, onde os depósitos agora seguem rumo a sudoeste. Este fato ocorre devido à geometria deste primeiro depocentro da bacia onde as águas de chuvas torrenciais escoam do alto estrutural recém construído (a noroeste do depocentro) para a principal área de drenagem que se encaixa na direção NE-SW, com sentido de fluxo incipiente para sudoeste.

Camada altimétrica 835 a 840 metros (mapas “C1”, “C2” e “C3”):

A sucessão cronológica dos processos deposicionais reinantes na Bacia de Curitiba evidenciam-se nesta camada altimétrica (835 a 840 metros) com uma ligeira mudança do *trend* dos sedimentos **fanglomeráticos** (ver mapa “C1” do Apêndice “1”). Ainda no primeiro e mais profundo depocentro da bacia, esses depósitos fanglomeráticos fluem da borda SSW para NNE em direção à maior depressão tectônica, evidenciando a terminação meridional da depressão *pull apart* geradora dos primórdios da Bacia Sedimentar de Curitiba e, coincidente, da extensão do “*Rift Continental do Sudeste do Brasil*” (RCSB) no Primeiro Planalto Paranaense. Esses fanglomerados atingem a espessura de 3 metros, sendo colmatados pelas areias nos últimos 2 metros da camada em análise (conforme mapas “C1” e “C2” do Apêndice “1” e planilha do Apêndice “3”).

O mapa “C2” mostra a disposição espacial das **areias**. Seu depocentro atinge 2 metros de espessura, adelgacando-se radialmente para a periferia, o que tipifica um segundo núcleo mais deprimido dentro do mais profundo depocentro até agora focado em nossas análises. Também neste caso, é interessante notar a coincidência vertical (temporal) entre o depocentro do fanglomerado, sotoposto, com o depocentro das areias, sobrepostas; a exemplo do descrito em nossa análise da camada altimétrica anterior.

O mapa “C3”, por sua vez, que exibe a distribuição espacial das **argilas**, é muito semelhante ao mapa “B3”. Essas argilas atingem a espessura total da camada altimétrica em estudo (5 metros) em três núcleos mais profundos dentro do depocentro inicial até aqui apresentado; adelgacando-se perifericamente segundo um eixo maior, com direção noroeste/sudeste, o qual, a exemplo de “B3”, sofre, em sua terminação sudeste, inflexão de 90 graus para sudoeste. A geometria

espacial das argilas, apresentada nesta camada altimétrica, a exemplo da camada anteriormente analisada (830 a 835), corrobora a interpretação já explanada de que as águas de chuvas torrenciais escoam dos altos estruturais recém construídos (a noroeste e sudoeste do depocentro) para a principal área de drenagem que se encaixa na direção NE-SW. As mesmas análises e interpretações já descritas para as argilas de “B3” são, agora, acentuadas para as argilas de “C3”.

Camada altimétrica 840 a 845 metros (mapas “D1”, “D2” e “D3”):

Nesta camada altimétrica, os processos deposicionais reinantes na protobacia mantém-se semelhantes aos descritos nos estratos anteriores. Apenas, os três atores (fanglomerados, areias e argilas) mudam sutilmente de locais (área) e *trend* (tendência de rumo do fluxo). Agora os **fanglomerados** voltam a localizar-se na borda noroeste do depocentro (ver mapa “D1” do Apêndice “1”); ainda o primeiro depocentro e mais profundo da bacia, e único existente até então. Eles atingem a espessura de 3 metros, sendo parcialmente colmatados pelas areias nos últimos 2 metros da camada em análise. Também aqui o adelgaçamento do depósito se faz radialmente para a periferia, conforme mapa “D1”.

Com relação às areias, o mapa “D2” apresenta quatro depósitos isolados geograficamente uns dos outros. Como dito no parágrafo anterior, uma das ocorrências, com 2 metros de espessura, colmata os fanglomerados. As outras duas pequenas ocorrências localizam-se no depocentro inicial; porém, a quarta ocorrência, muito maior que as demais, localiza-se fora do depocentro inicial e único até agora. Isso denota uma evolução da tafrogenia com o aparecimento de um palco deposicional anexo ao primeiro (segunda depressão do relevo) localizado em

alinhamento ao RCSB, mais a nordeste (figura 93). Neste local, os depósitos de areia chegam a quatro metros de espessura.

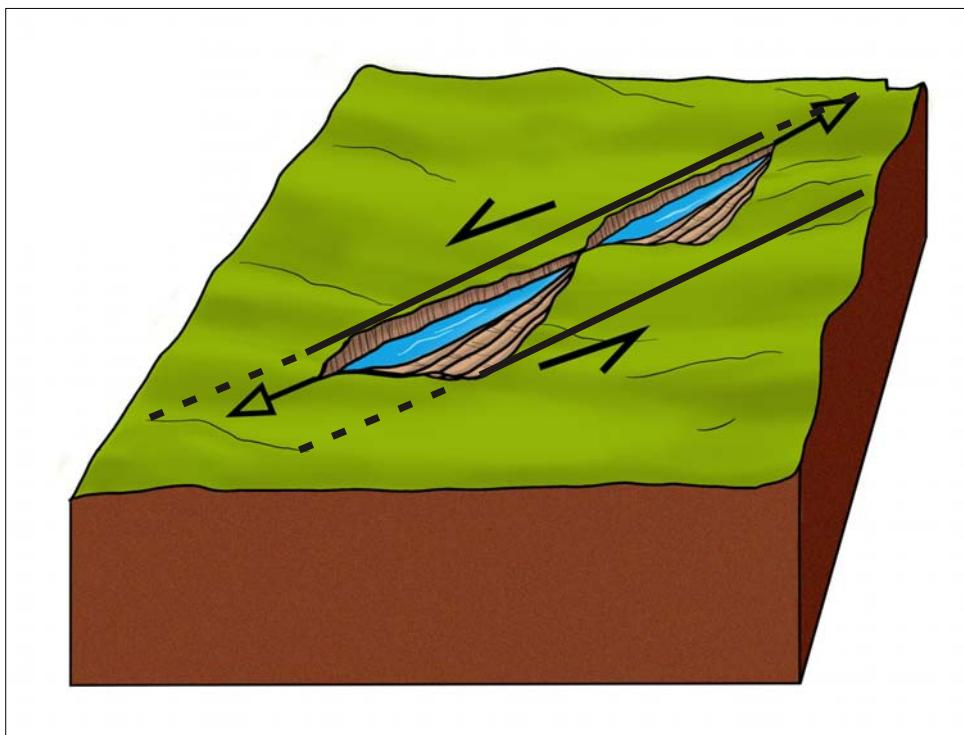


Figura 93 – Bloco diagrama esquemático mostrando a ampliação das possíveis linhas de falhas transcorrentes, seus sentidos de deslocamentos e consequente abertura de uma segunda depressão estrutural ou ampliação da primeira, onde se localiza o segundo depocentro mais profundo da Bacia Sedimentar de Curitiba. Nesta fase já está ocorrendo distensão regional NW-SE, com consequente desnivelamento e basculamento do bloco oriental formando o hemigraben que se estende até os contrafortes da Serra do Mar.

Por sua vez, o mapa “D3” exibe a distribuição espacial das **argilas**, ocupando todo o depocentro inicial da deposição sedimentar e extravasando sobre os depósitos arenosos alinhados mais a noroeste, onde atingem a espessura de quatro metros. Interessante notar que os depósitos mais argilosos (argilas de decantação e leques aluviais distais) são sempre mais abrangentes e contínuos quanto às suas disposições espaciais, quer na distribuição em área, quer na persistência temporal (vertical). Essa informação visual, tridimensional, das disposições espaciais das litofácies (e aqui, principalmente das fácies leques aluviais

distais) corroboram as descrições feitas por diversos pesquisadores sobre os depósitos sedimentares da Bacia de Curitiba, baseados em trabalhos investigativos apenas de superfície, entre os quais destacamos: Bigarella *et al.* (1961), Bigarella & Salamuni (1962), Becker (1982), Archela (1990, 2004) e Salamuni (1998).

Uma síntese das descrições dos autores citados revela uma interpretação relativamente comum com relação aos processos e ambientes de sedimentação para a Bacia de Curitiba: - a sedimentação ocorreu predominantemente sob clima semi-árido, num ambiente de extensos leques aluviais coalescentes, marcados por canais divagantes de dimensões variadas e circulação periódica, ora mais fanglomerático, ora pouco mais selecionado (quartzo-feldspatico) ocorrendo dispersamente sobre as **argilas dominantes**. Areias mais bem selecionadas com estruturas pertinentes a ambiente fluvial são produto de retrabalhamento dos leques aluviais pelas drenagens fluviais. Com relação às **maiores espessuras das argilas** presentes nas **partes mais centrais da bacia**, os autores interpretam-nas como porções mais distais de corridas de lama, depositadas nas maiores e mais planas depressões, num ambiente tipo "playa".

A geometria espacial das argilas nesta camada altimétrica é ligeiramente amebóide com eixo maior na direção NE-SW, coincidente com a direção geral do RCSB. As mesmas análises e interpretações já descritas para as argilas de "B3" e "C3" estão agora bem mais acentuadas para "D3".

Camadas altimétricas de 845 a 890 metros (mapas: “E1”, “E2”, “E3”; “F1”, “F2”, “F3”; “G1”, “G2”, “G3”; “H1”, “H2”, “H3”; “I1”, “I2”, “I3”; “J1”, “J2”, “J3”; “K1”, “K2”, “K3”; “L1”, “L2”, “L3” e “M1”, “M2”, “M3”)

A evolução tectono-sedimentar da Bacia de Curitiba apresenta, a partir deste momento, uma importante segunda área-fonte de sedimentação decorrente da evolução do processo tafrogênico regional. O modelo deposicional que se instala na bacia, a partir deste nível cronológico, representado pela camada altimétrica de 845 a 850 metros, perdura, temporalmente, até a deposição da camada altimétrica de 885 a 890 metros; ou seja, nos próximos 45 metros de “fatiamentos” altimétricos.

Até a cota topográfica de 845 metros percebemos uma área fonte de sedimentação preenchendo a depressão instalada nos processos iniciais de tafrogenia; onde os leques aluviais proviam das bordas noroeste e sudoeste da depressão inicial (a qual nos referimos por depocentro). Já na camada altimétrica de 840 a 845 metros percebemos um avanço da sedimentação para fora desse depocentro inicial, rumo a nordeste do mesmo. Esse fato deve ser interpretado como produto da evolução tafrogênica. Em outras palavras, um novo pulso tectônico promove a ampliação da tafrogenia regional, alongando a depressão segundo o eixo NNE-SSW. Essa interpretação é corroborada pelas disposições espaciais das litofácies a partir da camada altimétrica dos 845 metros, onde os núcleos de sedimentação multiplicam-se ao longo da borda noroeste e se estendem geograficamente rumo a nordeste no RCSB, evidenciando uma contínua abertura linear do tipo *pull apart* na Bacia de Curitiba.

Concomitante a este processo dominantemente transcorrente, até o momento, ocorre agora uma distensão NW-SE; produzindo um desnívelamento e basculamento generalizado do bloco oriental ao RCSB, formando um *hemi-graben*

com declividade de leste para oeste. Os limites geográficos deste hemi-*graben* se estendem até as proximidades do rio Capivari ao norte, aos contrafortes da Serra do Mar (granitos e migmatitos) a leste, e aos desnivelamentos em migmatitos ao sul e sudoeste; na região em que o rio Iguaçu sofre um desvio de aproximadamente 90 graus em seu curso, ao sul do município de Araucária (figura 9).

É neste hemi-*graben* que ocorre a segunda área-fonte de sedimentos, a qual nos referimos no início deste subitem. Esse novo fluxo de sedimentação tem origem em toda a região leste, nos contrafortes da Serra do Mar, desde o município de Campina Grande do Sul até o município de Campo Largo da Roseira.

O novo fluxo de sedimentação inicia-se com a geração de leques aluviais coalescentes com extensa deposição de fanglomerados sobrepostos por depósitos de areias; estas, produto de retrabalhamento dos fanglomerados, operado pelas drenagens do tipo entrelaçado (mapas “E1” e “E2”). Observa-se que os depósitos são mais espessos nas proximidades da Serra do Mar, adelgacando-se rumo a oeste (fato que comprova a direção de fluxo de leste para oeste); sem misturar-se (ou alcançar), entretanto, aos depósitos sedimentares que continuam sendo processados na depressão *pull apart* mais a oeste, junto à borda noroeste do *rift* (mapas “E1”, “E2” e “E3” e figura 94).

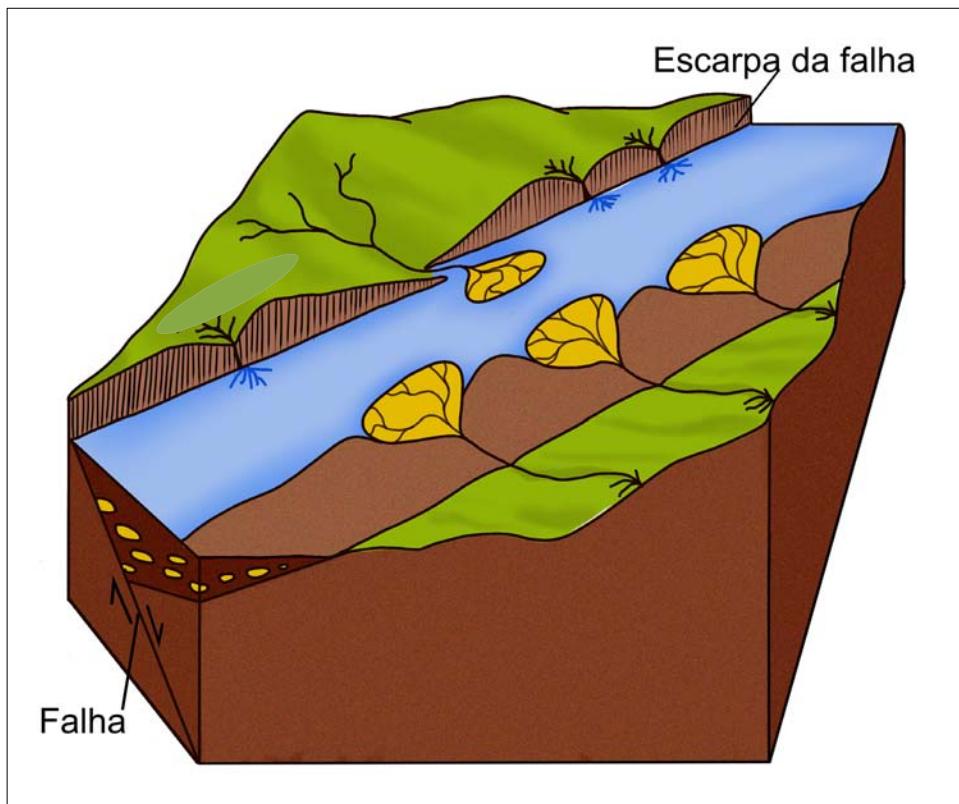


Figura 94 – Bloco diagrama esquemático mostrando a localização da nova fonte de fluxo de sedimentação na Bacia de Curitiba. Com o início da formação do hemi-graben ocorre a geração de leques aluviais coalescentes com extensa deposição de fanglomerados sobrepostos por depósitos de areias de retrabalhamento em ambiente fluvial entrelaçado. Com o início desta fase de basculamento de bloco a oriente da falha principal ocorre também a ampliação vertical e geográfica dos depósitos nos depocentros principais da bacia.

Quanto a estes últimos, podemos visualizar vários focos de sedimentação fanglomerática sobrepostos por sedimentação de areias. Os quatro focos ocorrem nas bordas noroeste, sudoeste e sul da principal depressão (mapas “E1” e “E2”). O mapa “E3”, por sua vez, permite observar que a deposição de argilas ocorre somente no principal depocentro, colmatando os depósitos arenáceos.

A partir da camada altimétrica de 850 a 855 metros e, sucessivamente, até a camada de 885 a 890 metros observa-se, nitidamente, um aumento no volume de sedimentação, tanto de fanglomerados como de areias e também de argilas. Isto pode ser explicado por dois enfoques: o primeiro seria o

produto de uma aceleração no ritmo do processo de tafrogenia (um pulso), provocando um maior aporte de sedimentos nas áreas fontes. O segundo enfoque seria climático, onde o aumento das torrentes ou mesmo a duração mais prolongada de um período de chuvas torrenciais poderia, também, aumentar o aporte de sedimentos.

Observando-se os mapas de “F2 a M2” e de “F3 a M3”, optamos pela interpretação de uma aceleração no processo tafrogênico, uma vez que os depósitos processados nas bordas ativas do *hemi-graben* agora avançam na direção NNE-SSW e também N-S evidenciando ramificações secundárias da tafrogenia da bacia (figura 93).

Melo *et al.* (1985b) ressalta que abatimentos de blocos situados a sudeste dos falhamentos ENE a E-W que ocorrem nas bordas norte das demais bacias do RCSB estariam acompanhados de basculamentos no sentido NNW; sendo que esse processo já ocorreria nas fases tectônicas iniciais. Melo ressalta, ainda, que associado a esse processo, ocorreriam depósitos de cunhas clásticas; além disso o processo ensejaria a formação de *hemi-grabens*.

Modelos tectônicos evolutivos para outras bacias do RCSB foram propostos por Melo (1984, 1985b), Sadowski & Dias-Neto (1981), Zalán (1986), Riccomini (1989) e, para o arcabouço tectônico da Bacia de Curitiba, (SALAMUNI *et al.*, 1999 e 2004). Todos esses pesquisadores propõem processos de transcorrência já para os estágios iniciais das sedimentações. As movimentações tectônicas de transcorrência envolvem pares de esforços ora transtensionais, ora transtracionais, ora sinistrais (levógiros) ora destrais (destrógiros), conforme as orientações geográficas dos pares de esforços em jogo.

Salamuni, et al. (1999), ao estudar a tectônica do Embasamento da Bacia de Curitiba e seus reflexos na sedimentação, propôs a seguinte cronologia evolutiva:

[...] a. evento de deformação (D1): extensão generalizada (σ_1) vertical e (σ_3) horizontal, direção aproximada E-W ou ENE-WSW e alívios através de falhas normais, estriadas, direcionadas para NE-SW, com altos a médios mergulhos, blocos basculados e rotacionados gerando hemi-grábens. Esta tectônica afetou com maior intensidade o embasamento e tardivamente, os sedimentos sobrepostos, com restrita tectônica sin-sedimentar *(nem tão restrita como atesta a documentação cartográfica nesta pesquisa). b. evento de deformação (D2): compressão generalizada, com tensão máxima orientada para de E-W a NW-SE, com (σ_1) horizontal e (σ_3) vertical. Os alívios ocorreram através de falhas transcorrentes (transtensionais/transpressionais) com binário dextral NE-SW a NNE-SSW, desde o Mioceno até o fim do Pleistoceno, podendo haver falhas normais e transcorrentes de direção NW-SE. Estrias revelam reativação de planos mais antigos. A progressividade desta tectônica gera falhas predominantemente inversas que afetam com intensidade os sedimentos da bacia. (SALAMUNI, et al., 1999).

***Comentário nosso!**

Fato extremamente interessante é a ausência de depósitos fanglomeráticos, provindos da região leste a partir dos contrafortes da Serra do Mar, no hemi-*graben* recém-formado. Com exceção da camada altimétrica 845 a 850 metros; todo o pacote sedimentar, a partir da cota 850 até a cota 970 metros (última cota altimétrica com registros de depósitos na Bacia de Curitiba) não apresenta depósitos fanglomeráticos (ver mapas “F1”, “G1”, “H1”...“Ac1”). Além disso, os depósitos arenosos provenientes, também, a leste do hemi-*graben*; apresentam-se discretamente diferentes daqueles provenientes de noroeste-oeste junto às bordas ativas da bacia *pull apart*. Esses depósitos arenosos são menos arcosianos e mais selecionados granulométrica e mineralogicamente. Exibem estratificação plano-paralela, muitas vezes granodecrescência ascendente com areias na base e argilas muito limpas no topo, apresentando-se com cores normalmente brancas a cinza-esbranquiçadas. Localmente, camadas ou lentes arenosas intercalam-se nas argilas

(estrutura sugestiva de rompimento de dique), e vice-versa. Diques clásticos (areias intrudindo em argilas) podem ser notados em afloramentos locais no município de Quatro Barras.

Essas características distintivas são sugestivas de processos de transporte menos turbulento (ou menos energético) onde drenagens aquosas mais perenes e divagantes por terrenos mais planos retrabalham os sedimentos transportados, depositando-os com melhor seleção e estruturas characteristicamente típicas de ambiente fluvial meandrante. Quanto a isto, Coimbra *et al.* (1996) relatam:

[...] sobre a Formação Guabirotuba, em contatos bruscos a transicionais, são encontrados sedimentos com estratificação plano-horizontal, granodecrescentes de areias a argilas, com marcas de raízes, de cores avermelhadas a esbranquiçadas, por vezes intercalados a camadas arenosas em arranjo sigmoidal. Estes depósitos são atribuídos a sistema fluvial meandrante, contendo argilas de planície de inundação intercaladas a areias de rompimento de dique marginal, sendo aqui proposto para eles a designação de Formação Piraquara. Esta unidade resta como pacotes delgados (3-5m) em testemunhos isolados, sempre em posição de topo de colinas na área da Bacia de Curitiba. Quando a passagem da Formação Guabirotuba para os sedimentos meandrantes da Formação Piraquara é gradacional ocorrem intercalações de níveis centimétricos de areias arcoseanas (15-20cm) com níveis argilosos esbranquiçados (5-10cm). A unidade proposta, Formação Piraquara, não se confunde com a unidade definida por Becker (1982), Formação Tinguis, que corresponde a produto de alteração intempérica da Formação Guabirotuba (COIMBRA *et al.*, 1996).

Sem dúvida, trata-se de uma fácie fluvial meandrante que não havia sido considerada como tal em trabalhos anteriores a 1996. Quanto à designação de Formação Piraquara, estratigraficamente um grau hierárquico superior, os autores supracitados deveriam ter elevado o conjunto (formações Guabirotuba e Piraquara) a nível de Grupo; em obediência ao Código Estratigráfico Brasileiro.

Na presente pesquisa não entraremos em discussão quanto à hierarquização dos sedimentos da Bacia de Curitiba; preferindo tratar os depósitos em questão apenas como uma fácie; ou seja, fácie fluvial meandrante. Os mapas “F2” e “F3”, “G2” e “G3”, “H2” e “H3”, “I2” e “I3”, “J2” e “J3”, “K2” e “K3”, “L2” e “L3”, e “M2” e “M3”, exibem as distribuições espaciais das areias intercaladas às argilas, respectivamente colunas “2” e “3” do Apêndice 1. Nestes, é notável a dispersão (ou distribuição) dos depósitos em área; tanto das areias como das argilas; bem como, menores espessuras dos depósitos; quando comparados aos depósitos dos leques aluviais (fanglomeráticos, arenosos e argilosos) com localização restrita à maior depressão tafrogênica junto à borda noroeste do *rift*. Observação, esta, que corrobora o ambiente distinto de deposição (plano com declive mais suave do hemi-*graben*) da fácie fluvial meandrante.

Voltando a discorrer sobre os leques aluviais proximais, medianos e distais; e seus retrabalhamentos pelas drenagens fluviais entrelaçadas, podemos observar que a distribuição dos núcleos mapeados das litofácies fanglomeráticas é cada vez mais esparsa e dispersa, porém avançando em um eixo nitidamente balizado pela orientação principal do RCSB. Os mapas “H1”, “I1”, “J1”, “K1”, “L1”, “M1”, “N1” e “O1” evidenciam essa evolução no tempo e espaço (a sucessão das camadas altimétricas representam, na prática, fatias da sucessão cronológica temporal no espaço vertical). A interpretação deste fato é compatível com uma evolução da tafrogenia nessa região; ou seja, a depressão está sendo linearmente ampliada e aprofundada segundo o eixo do RCSB (NE-SW). Os mapas citados mostram o preenchimento sedimentar de novos depocentros; ao todo, reconhecemos três depocentros principais alinhados à orientação geral do RCSB (figuras 95 e 96).

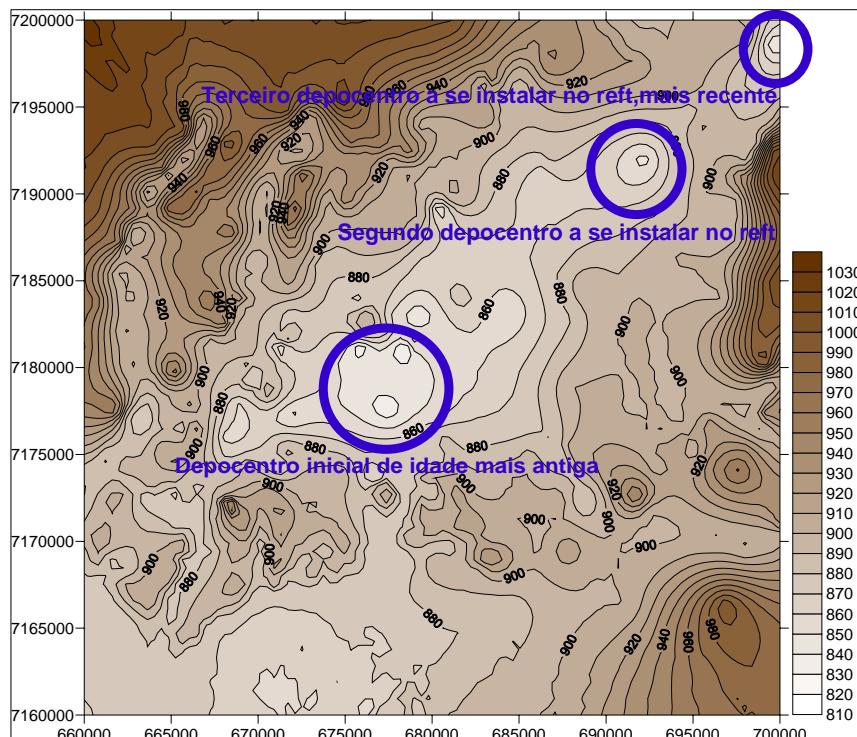


Figura 95 – Localização dos depocentros em mapa do paleorelevo da Bacia Sedimentar de Curitiba. Os círculos azuis indicam os três depocentros sedimentares principais (maiores depressões) originados cronologicamente da esquerda para a direita durante toda a fase tafrogênica do RCSB na região da Bacia Sedimentar de Curitiba. Os círculos foram plotados sobre mapa do paleorelevo do Embasamento Cristalino com isolinhas de níveis topográficos de 10 em 10 metros. As regiões de maiores altitudes ostentam colorações mais escuras que gradam para colorações mais claras, representando as maiores depressões.

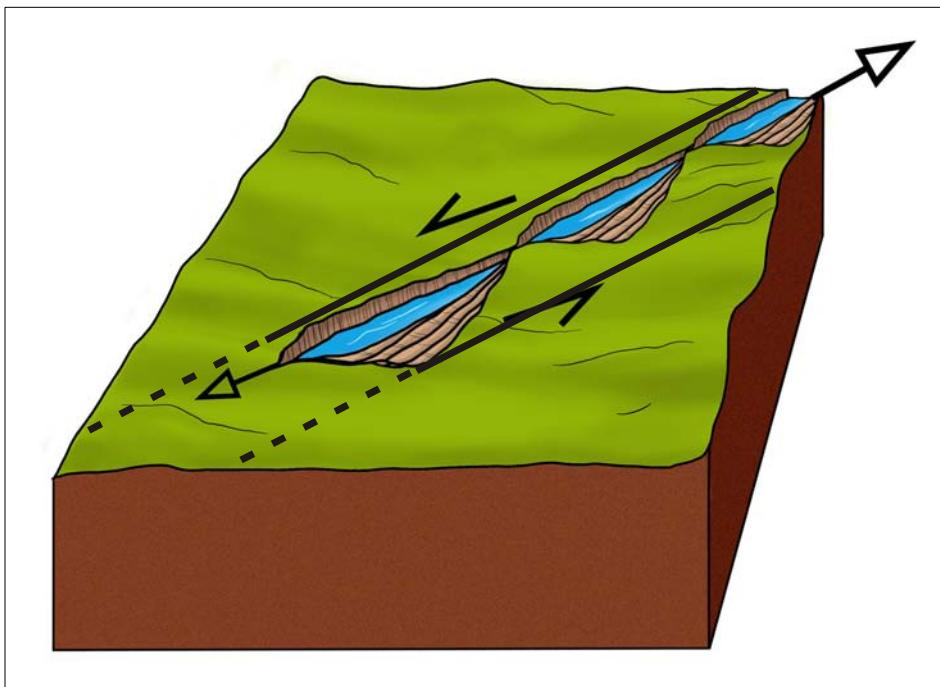


Figura 96 – Bloco diagrama esquemático mostrando a ampliação das prováveis linhas de falhas transcorrentes, seus sentidos de deslocamentos e consequente abertura de uma terceira depressão estrutural (ou ampliação da primeira e segunda), onde se localiza o terceiro depocentro mais profundo da Bacia Sedimentar de Curitiba. Nesta fase continua a ocorrer a distensão regional NW-SE, com desnivelamento e basculamento do bloco oriental responsável pela conformação do hemi-graben que se estende até os contrafortes da Serra do Mar.

Quanto aos depósitos arenosos, análise idêntica pode ser aplicada.

Os mapas “F2”, “G2”, “H2”, “I2”, “J2”, “K2”, “L2”, “M2”, “N2”, “O2”, “P2” e “Q2” também evidenciam essa evolução no tempo e espaço.

Camadas altimétricas de 890 a 970 metros (mapas: “N1”, “N2”, “N3”; “O1”, “O2”, “O3”; “P1”, “P2”, “P3”; “Q1”, “Q2”, “Q3”; “R1”, “R2”, “R3”; “S1”, “S2”, “S3”; “T1”, “T2”, “T3”; “U1”, “U2”, “U3”; “V1”, “V2”, “V3”; “W1”, “W2”, “W3”; “X1”, “X2”, “X3”; “Y1”, “Y2”, “Y3”; “Z1”, “Z2”, “Z3”; “Aa1”, “Aa2”, “Aa3”; “Ab1”, “Ab2”, “Ab3”; e “Ac1”, “Ac2”, “Ac3”)

Nas camadas altimétricas mais altas, onde ainda verificamos níveis de deposição sedimentar da Bacia de Curitiba (figuras 81, 82, 83, 84 e 85), pudemos vislumbrar que esses depósitos, de litofácies aluviais e fluvial entrelaçado, possuem

uma tendência a emigrar da principal depressão com eixo NE-SW. Notamos que esses depósitos migram para uma disposição geográfica que coincide com vales retilíneos e aproximadamente paralelos entre si; cujo paralelismo forma uma angulação padrão de aproximadamente 50 graus com o eixo da tafrogenia principal NE-SW (ver mapas de “P1” até “Aa1”; de “O2” até “Ab2”; e de “O3” até “Ac3”); ou seja, são vales topograficamente mais elevados, em *rift* (atualmente ocupados por leitos fluviais do Passaúna, Barigui, Prensa, Padilhas, Belém e Atuba) com orientação aproximadamente norte-sul; cujas drenagens possuem as montantes ao norte e as jusantes ao sul, afluentes do rio Iguaçu, principal drenagem atual na região estudada (figura 97).

Interpretações importantes podem ser feitas acerca desse quadro estrutural/deposicional. O fato de os sedimentos estarem registrados nesses vales, com orientação aproximadamente N-S, somente nos estágios mais tardios da evolução tectono-sedimentar, é muito sugestivo de que os mesmos tenham gênese contemporânea aos depósitos sedimentares que os ocupam. Desta maneira, esses vales estruturais ocupariam lineamentos de ruptura mais tardia do embasamento; o que, necessariamente, exige a existência de esforços transpressionais e/ou transtensionais nesses estágios de evolução tectônica da bacia.

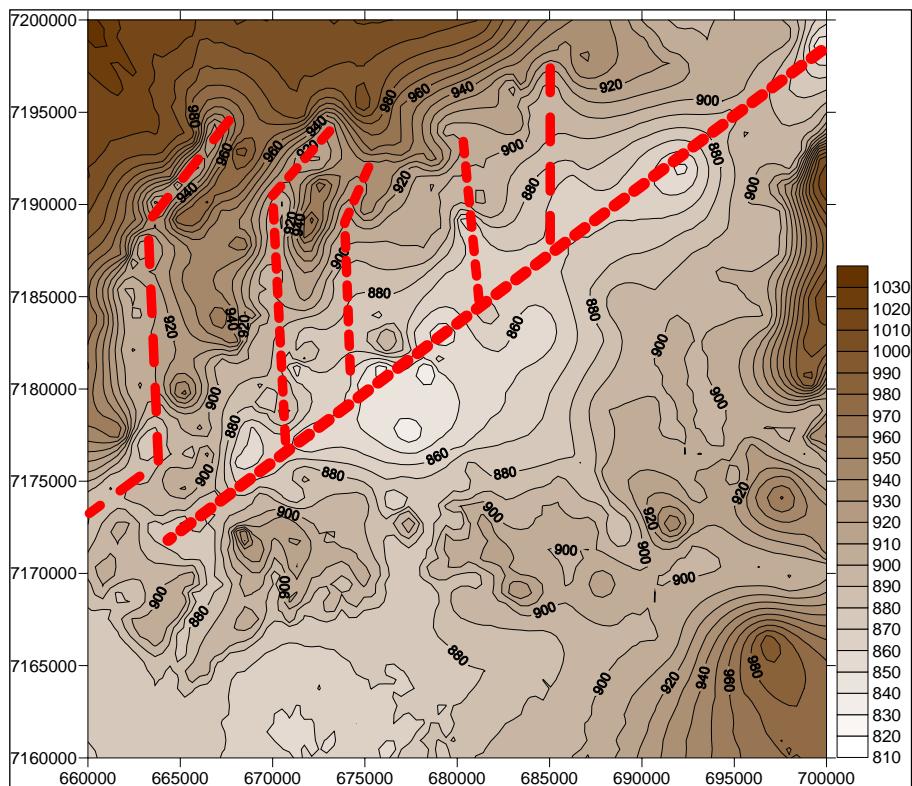


Figura 97 – Localização de falhas N-S em mapa do paleorelevo da Bacia Sedimentar de Curitiba. As linhas tracejadas em vermelho, com orientações aproximadamente norte-sul, ressaltam um conjunto de fraturamentos do embasamento (falhas estruturais), originadas nas fases média a tardia da evolução tectônica do RCSB na região de Curitiba. A linha tracejada em vermelho, com orientação nordeste-sudoeste, ressalta a principal depressão alinhada que evoluiu junto à borda ativa do *rift*. As linhas tracejadas estão plotadas sobre mapa do paleorelevo do Embasamento Cristalino com isolinhas de níveis topográficos de 10 em 10 metros. As regiões de maiores altitudes ostentam colorações mais escuras que gradam para colorações mais claras, representando as maiores depressões.

Vários estudos realizados por diversos pesquisadores nas demais bacias tafrogênicas do RCSB; principalmente na Bacia de Resende (MELO, *et al.*, 1984 e 1985b) cujo comportamento tectônico-estrutural é relativamente semelhante ao de Curitiba, apontam para, além de uma fase extensional inicial, fases de transcorrência sinistral e/ou dextral. Salamuni (1998), por sua vez, estudando mais detalhadamente a tectônica do embasamento da Bacia de Curitiba, concluiu que as evidências, por ele levantadas, permitem uma interpretação de modelo de bacia extensional ou de uma bacia hemi-graben, com posterior evolução final transtensional (romboédrica) e transpressional.

Corroborando com essas interpretações, em nossas pesquisas de campo encontramos evidências de deformações tectônicas em sedimentos; entre os quais destacamos um afloramento na região noroeste do município de Araucária (figura 98). O afloramento exibe rocha do embasamento da bacia coberta por camada de espessura variada de sedimentos, variando de decímetros a quase metro. O conjunto apresenta várias falhas com atitude 354°/43° (respectivamente, rumo e ângulo de mergulho) em vários blocos desnivelados e basculados. Sem dúvida, trata-se de uma evidência da atividade tectônica epigenética à sedimentação da Bacia de Curitiba.

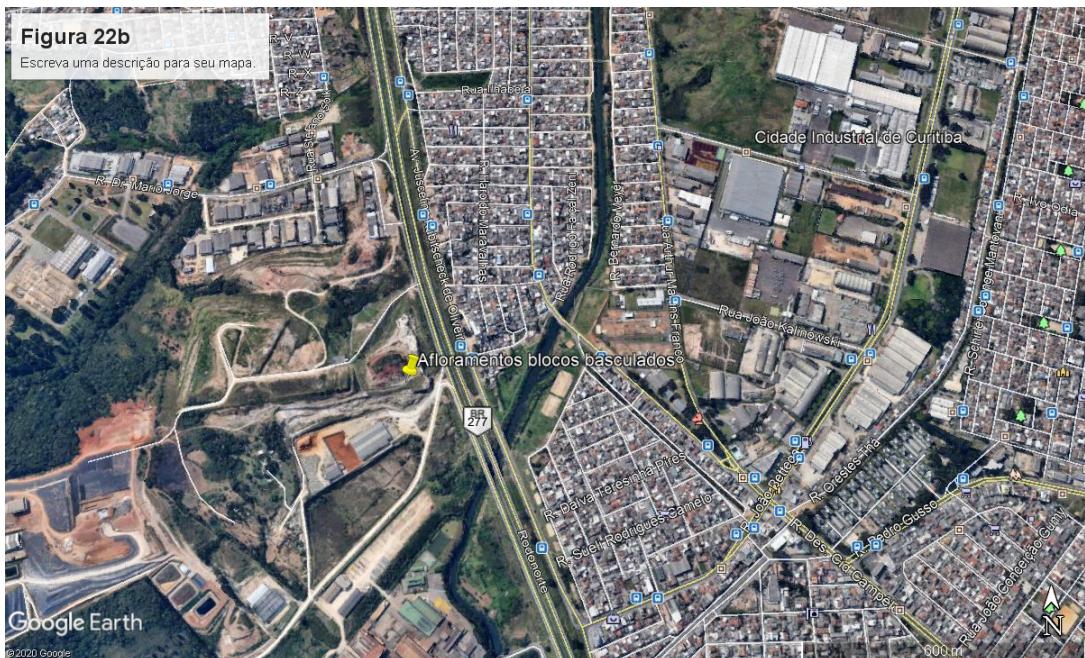
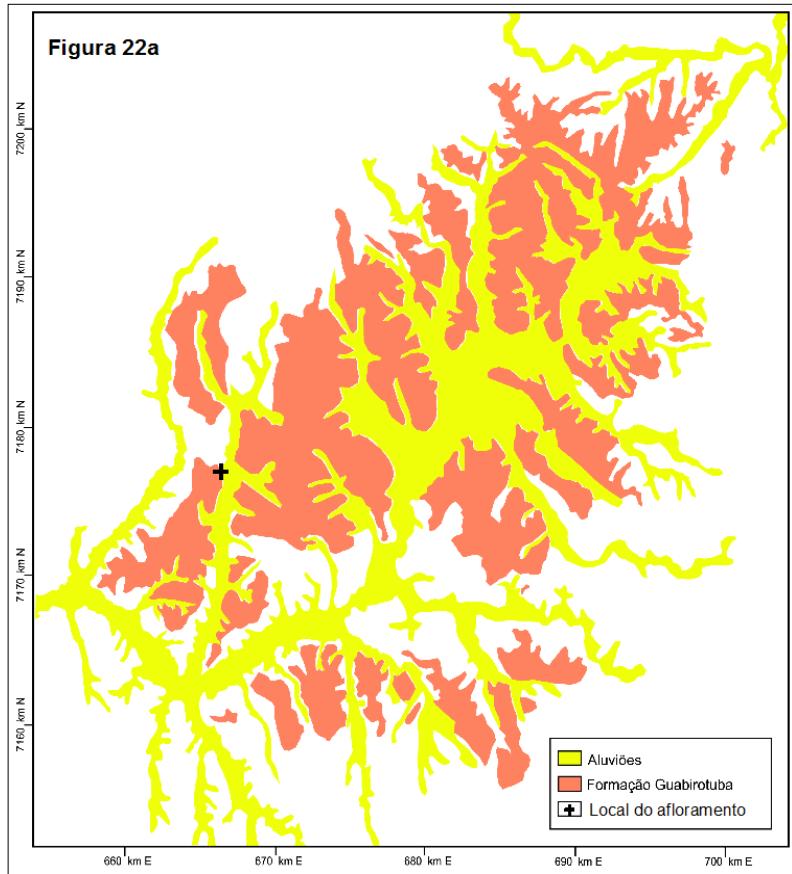


Figura 98 – Localização do afloramento (666.762 Km/L e 7.177.629 Km/N UTM) onde se observa rocha do embasamento coberta por camada de espessura variada de sedimentos, onde podem ser observadas falhas de altitude 354°/43° (respectivamente, rumo e ângulo de mergulho) produzindo vários blocos desnivelados e basculados. A figura 98a mostra a localização do afloramento plotada no mapa geológico simplificado da Bacia de Curitiba. A figura 98b mostra a mesma plotada sobre imagem de satélite. A escala gráfica encontra-se no canto inferior direito da imagem. Figura 98b laborada através do software “Google Earth Pro”.

Um detalhamento tectônico-estrutural mais minucioso para o Embasamento Cristalino da Bacia Sedimentar de Curitiba foge ao escopo da presente pesquisa; uma vez que nosso objetivo é apresentar uma documentação cartográfica que se constitua, como material contributivo para análises, interpretações e elucidações acerca da evolução morfoestrutural da região, a partir de uma visão espacial tridimensional das disposições das litofácies sedimentares ali presentes.

Na figura 99 pode ser observado o mapa de isópacas para a Bacia Sedimentar de Curitiba. As linhas representantes das isoespessuras foram plotadas de 5 em 5 metros para uma melhor observação de detalhes; sendo este, o limite possível para não prejudicar a visibilidade total do mapa. Apesar da espessura máxima atingir 84 metros ao sul de Curitiba em direção a Tatuquara, a espessura média dos sedimentos encontra-se ao redor de 28,18 metros.

A análise do mapa revela um espessamento principal dos depósitos na região central da bacia, seguido por outros núcleos mais espessos conforme o alinhamento NE-SW. Essa conformação das isópacas corrobora perfeitamente os dados e informações estruturais do arcabouço deposicional, da tectônica reinante e da evolução da sedimentação na área; confirmando um modelo padrão e compatível com as explanações e interpretações feitas até aqui.

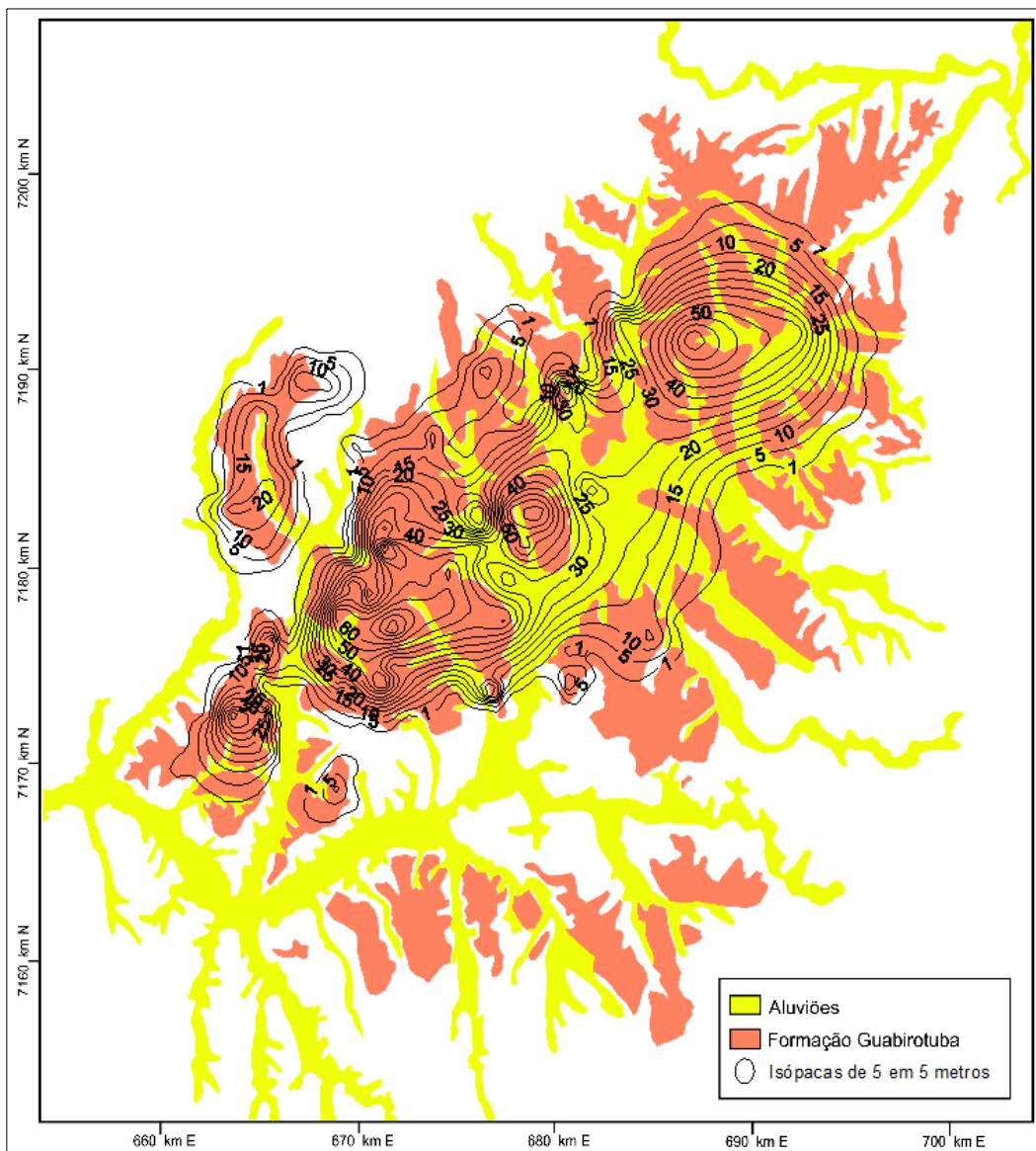


Figura 99 – Mapa de isópacas dos depósitos sedimentares da Bacia de Curitiba. As isolinhas estão plotadas de 5 em 5 metros sobre o mapa geológico simplificado.

As figuras 100, 101, 102, 103, 104 e 105 ilustram as isólitas para as espessuras individualizadas das litofácies fanglomerados (figuras 100 e 101), para as areias (figuras 102 e 103) e para as argilas (figuras 104 e 105).

A figura 100 exibe as isólitas de porcentagens de ocorrência para os fanglomerados isoladamente para melhor visualização de seu comportamento

intrínseco; ao passo que a figura 101 apresenta somente as isólitas plotadas no mapa geológico simplificado para observação em contexto.

Semelhantemente, procedemos da mesma forma para as litofácies areias, ilustradas nas figuras 102 e 103, e para as argilas, ilustradas nas figuras 104 e 105.

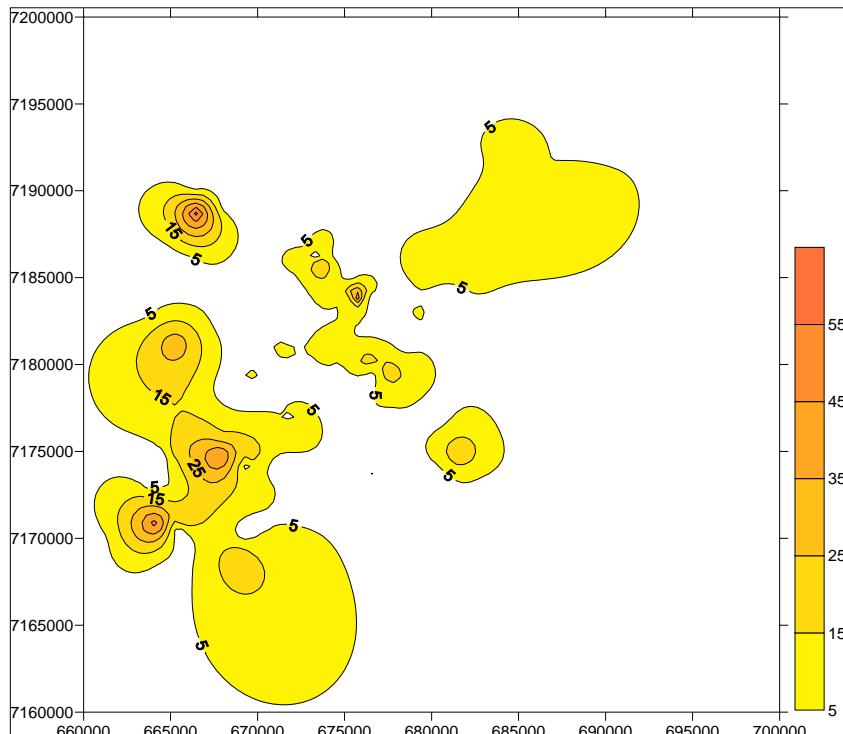


Figura 100 – Mapa de isólitas de porcentagem de ocorrência de fanglomerados na Bacia Sedimentar de Curitiba. As isolinhas foram plotadas de 10 em 10 metros.

No mapa de isólitas de porcentagem de ocorrência dos fanglomerados (figura 100) é importante observar o nítido padrão linear de distribuição desses depósitos. Podemos visualizar um padrão linear com direção NW-SE para as isólitas no canto inferior esquerdo, e para as três “manchas” na porção central do plano coordenado georreferenciado. Essa disposição geométrica dos depósitos encaixa-se perfeitamente no padrão estrutural do embasamento

ilustrado na figura 97 e indica uma sincronização da deposição desta fácie sedimentar com a fase tardia da evolução tectônica do RCSB na região de Curitiba; já comentada anteriormente neste capítulo.

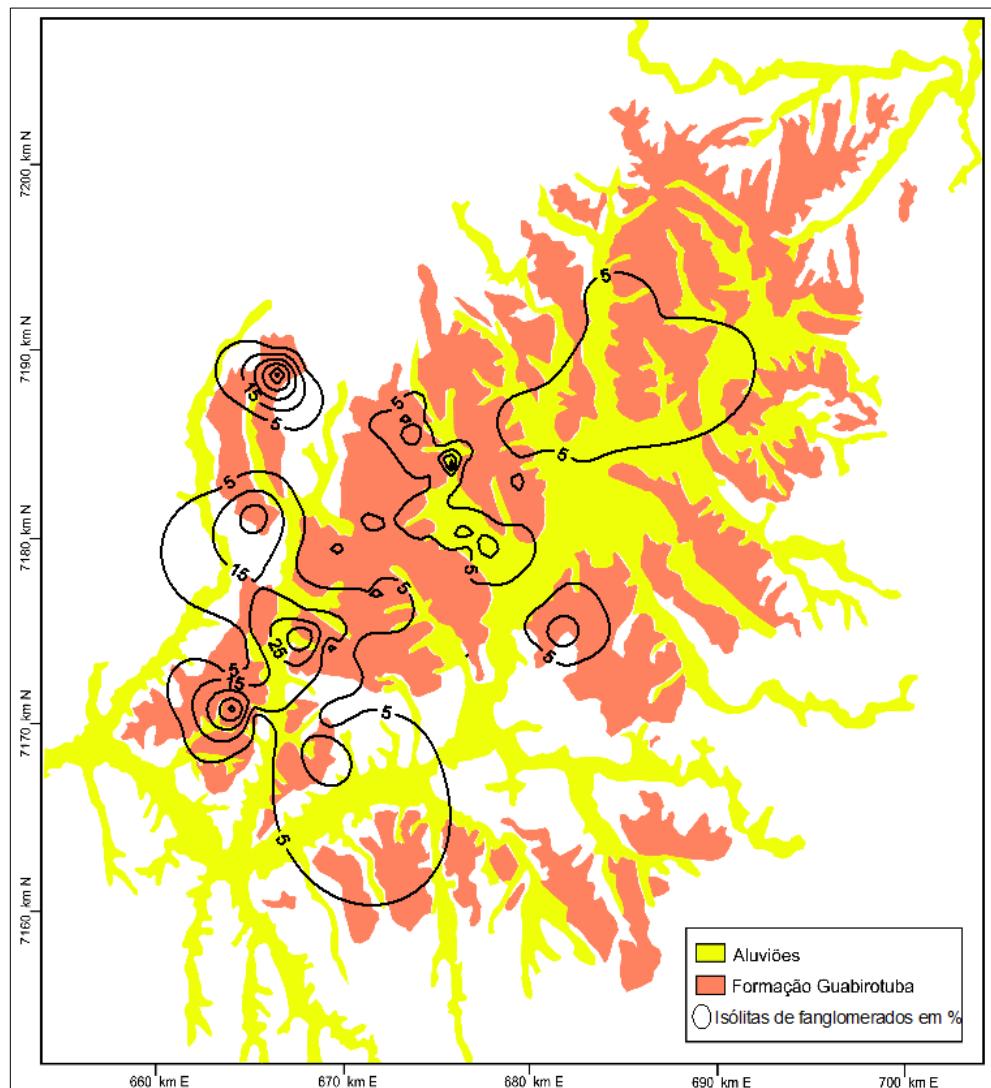


Figura 101 – Mapa de isólitas de porcentagem de ocorrência de fanglomerados na Bacia Sedimentar de Curitiba. As isolinhas foram plotadas de 10 em 10 metros sobre o mapa geológico simplificado.

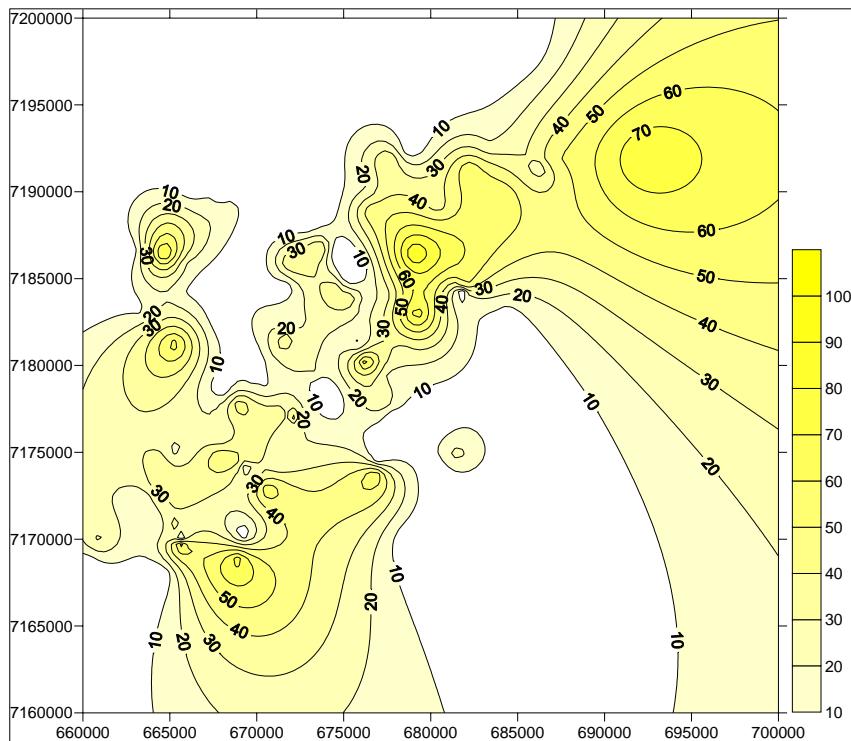


Figura 102 – Mapa de isólicas de porcentagem de ocorrência de areias na Bacia Sedimentar de Curitiba. As isolinhas foram plotadas de 10 em 10 metros.

Neste mapa de isólicas de porcentagem de ocorrência para as areias (figura 102) o padrão linear de distribuição dos depósitos não é tão visível, pois encontra-se obliterado em razão do modelo genético das areias não ser setorizado (como no caso dos fanglomerados que ocorrem preferencialmente junto às bordas tectonicamente ativas da bacia). Por serem retrabalhadas, na maioria das vezes, por drenagens fluviais entrelaçadas e meandrantes, estas se distribuem por uma maior área na bacia. Mesmo assim, é possível visualizar, de maneira mais sutil, o padrão linear com direção NW-SE e, principalmente, o padrão linear NE-SW do RCSB.

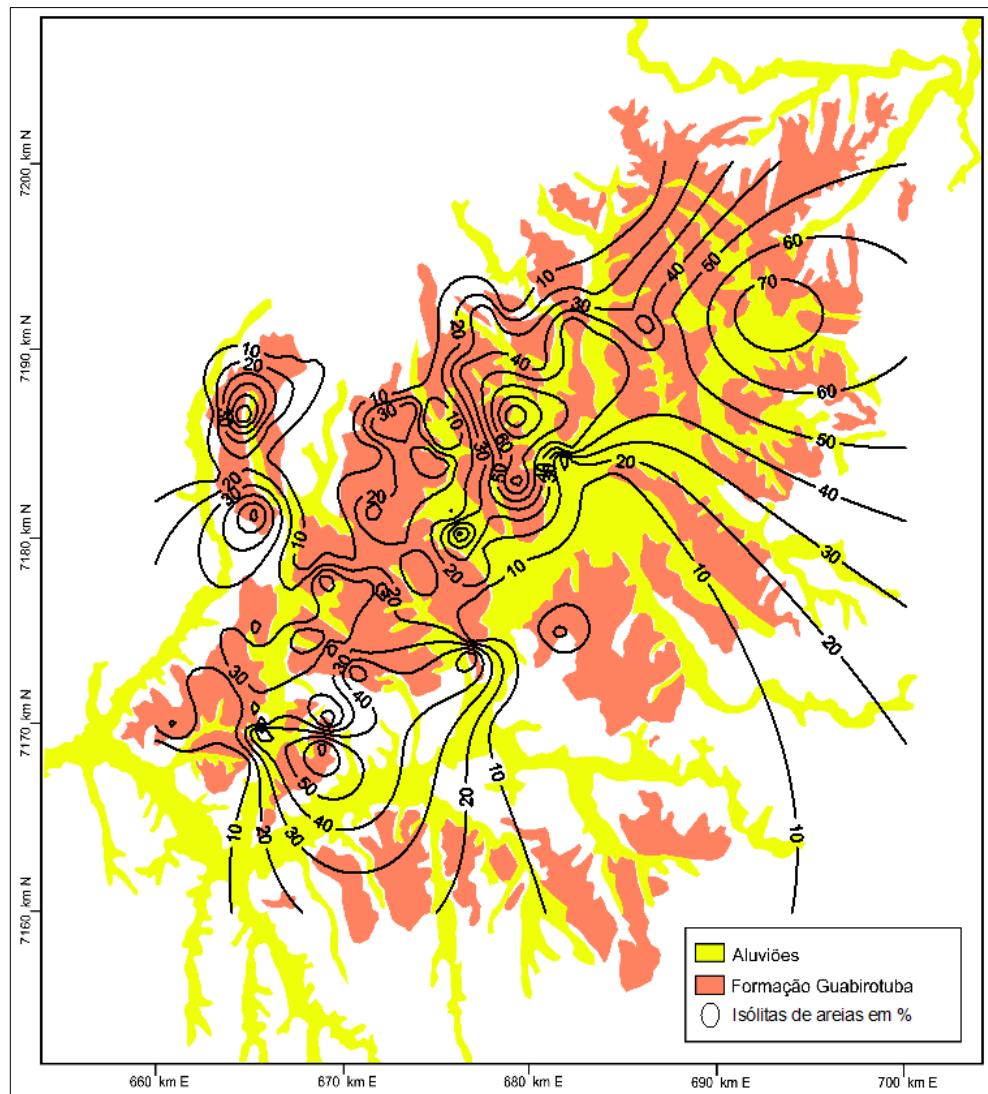


Figura 103 – Mapa de isólinas de porcentagem de ocorrência das areias na Bacia Sedimentar de Curitiba. As isolinhas foram plotadas de 10 em 10 metros sobre o mapa geológico simplificado.

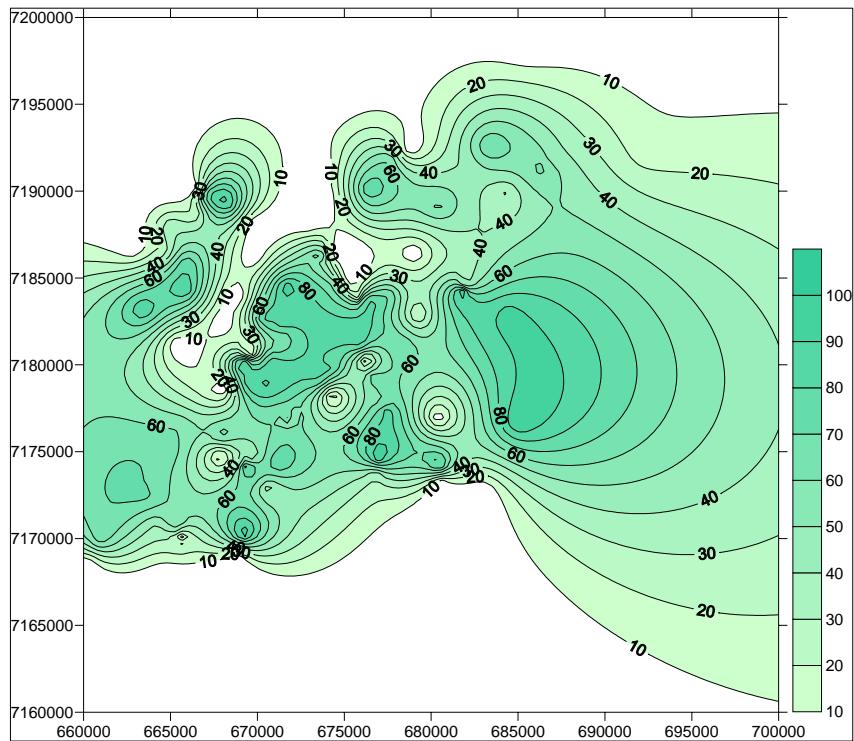


Figura 104 – Mapa de isólicas de porcentagem de ocorrência das argilas na Bacia Sedimentar de Curitiba. As isolinhas foram plotadas de 10 em 10 metros.

A exemplo do mapa de isólicas das areias; o mapa de isólicas de porcentagem de ocorrência para as argilas (figura 104) também reflete o padrão linear de distribuição destes sedimentos. Como as argilas são sempre produto de deposição em meio fluido, bem menos energético e/ou, principalmente, por decantação em águas tranquilas nas drenagens fluviais meandrantes, estas mostram uma distribuição muito mais ampla.

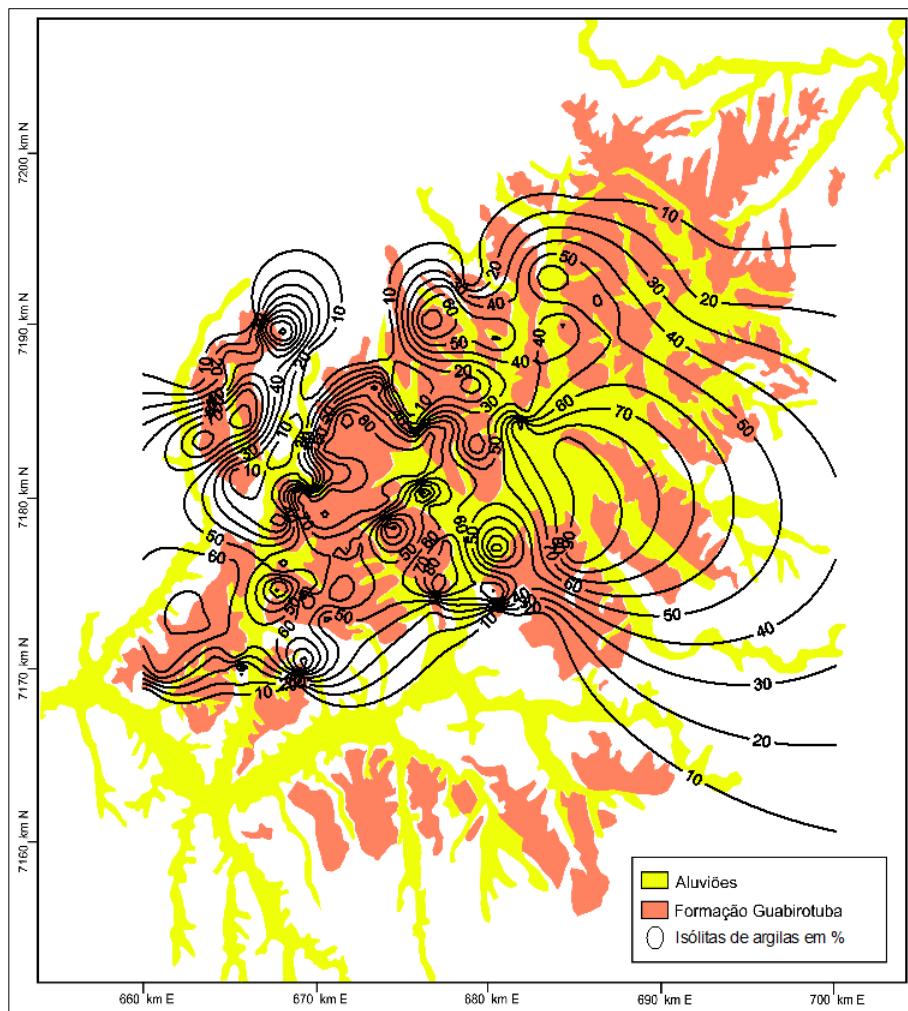


Figura 105 – Mapa de isólitas de porcentagem de ocorrência das areias na Bacia Sedimentar de Curitiba. As isolinhas foram plotadas de 10 em 10 metros sobre o mapa geológico simplificado

De posse do volume de informações obtidas através dos mapas temáticos aqui apresentados e discutidos, encerramos este capítulo propondo uma síntese através de um quadro evolutivo para a Bacia Sedimentar de Curitiba (quadro 6).

ATIVIDADES TECTÔNICAS	PALEOGEOGRAFIA	SEDIMENTAÇÃO	CRONOLOGIAS
Diminuição e provável paralização dos esforços tectônicos transtensionais e/ou transpressionais	Diminuição e provável paralização dos processos de falhamentos com orientação aproximada N-S	Sedimentação exclusivamente nos rifts com orientação aproximada N-S	Plioceno a Pleistoceno
Continuidade dos esforços tectônicos transtensionais e/ou transpressionais	Ampliação dos falhamentos com orientação aproximada N-S em formato de <i>rift</i>	Sedimentação preferencial nos <i>rifts</i> com orientação aproximada N-S	Mioceno
Aumento ou maior pulso dos esforços tectônicos transtensionais e/ou transpressionais	Ampliação da bacia <i>pull apart</i> com surgimento do terceiro depocentro da BSC + Surgimento de falhamentos com orientação aproximada N-S e consequente “rifteamento”	Ampliação generalizada da deposição sedimentar na bacia <i>pull-apart</i> + Início da sedimentação nos <i>rifts</i> com orientação aproximada N-S	Mioceno
Aumento ou maior pulso dos esforços tectônicos transtensionais + Diminuição e encerramento dos esforços distensionais NE-SW	Ampliação da bacia <i>pull apart</i> com surgimento do segundo depocentro da BSC + Diminuição e paralização do processo de basculamento em <i>hemi-graben</i>	Ampliação da deposição sedimentar na bacia <i>pull-apart</i> + Diminuição e paralização da sedimentação a partir do Leste do <i>hemi-graben</i>	Mioceno
Aumento ou maior pulso dos esforços tectônicos transtensionais + Continuidade dos esforços distensionais NE-SW	Ampliação da bacia <i>pull apart</i> + Continuação do abatimento em <i>hemi-graben</i>	Ampliação da deposição sedimentar na bacia <i>pull-apart</i> + Continuidade na sedimentação a partir do Leste do <i>hemi-graben</i>	Oligoceno
Início ou aumento dos esforços distensionais NE-SW + Continuidade dos esforços tectônicos transtensionais	Abatimento e basculamento do bloco oriental gerando <i>Hemi-graben</i>	Continuação da sedimentação no 1º depocentro + início da sedimentação a partir do Leste do <i>hemi-graben</i>	Oligoceno
Início dos esforços tectônicos transtensionais	Implantação da bacia <i>pull apart</i> responsável pelo aparecimento do primeiro depocentro da BSC*	Deposição dos primeiros tratos sedimentares na BSC – 1º depocentro	Oligoceno de 36 a 26 milhões de anos atrás
Superfície do Alto Iguaçu de Ab'Saber & Bigarella (1961)	Pediplanização do Embasamento Cristalino	Erosão generalizada	Cretáceo Superior a Paleoceno Aproximadamente até 40 milhões de anos atrás

Quadro 6 – Síntese da evolução morfoestrutural da Bacia Sedimentar de Curitiba.

*Bacia Sedimentar de Curitiba.

7. CONCLUSÕES

Os sedimentos pertencentes à Bacia de Curitiba apresentaram-se, globalmente, muito heterogêneos quanto à granulometria, variando desde areia média até argila; mostrando-se imaturos, muito pobremente selecionados e com grande dispersão granulométrica tanto para as frações muito grossas como para as muito finas. A fração rudácea apresentou-se de orto a paraconglomerática, polimítica e com matrizes extremamente heterogêneas.

Quanto à composição mineralógica, os sedimentos também revelaram-se globalmente muito heterogêneos, apresentando corpos litológicos ora maduros (para algumas areias), ora totalmente imaturos (predominante). De maneira geral são classificados como subarcóseos e arcóseos.

Estas quantificações granulométricas e qualificações mineralógicas revelam que os depósitos da Bacia Sedimentar de Curitiba sofreram curto transporte entre a área-fonte e a bacia deposicional, o que é compatível com o modelo genético tectônico e estrutural revelado pelo produto cartográfico aqui apresentado. Além disso o conteúdo mineralógico sugere um ambiente climático árido a semiárido reinante na maioria da história deposicional, senão em sua totalidade.

As análises mineralógicas também revelaram que as rochas do embasamento e do entorno próximo ao sítio deposicional são as rochas-fonte dos sedimentos da bacia.

Os sedimentos provenientes dos sítios deposicionais onde o processo sedimentar efetuou-se em ambiente fluvial meandrante (a partir da área à leste, desde os contrafortes da Serra do Mar até o centro deposicional da bacia) mostraram-se diferentes, quando analisados separadamente, tanto em suas

seleções granulométricas (maior maturidade) quanto em suas composições mineralógicas (areias mais quartzosas, e argilas mais seletas); o que inteiramente compatível com o processo de deposição sedimentar reinante ali.

Quando analisados sob enfoque faciológico, os depósitos da Bacia de Curitiba revelaram conter cinco fácies sedimentares individualizadas, a saber: fácies leques aluviais proximais, fácies leques aluviais medianos, fácies leques aluviais distais, fácies fluvial entrelaçado (*braided*) e fácies fluvial meandrante.

As três primeiras fácies dos leques aluviais ocorrem, grosso modo, depositadas sequencialmente da borda para o depocentro da bacia *pull apart*, numa sucessão interdigitada de fácies proximais, seguidas das medianas, finalizada pelas distais. Todo o conjunto ocorre lateralmente coalescente a outras sequências com interdigitações laterais entre as fácies. Os sedimentos desses conjuntos de leques aluviais sofrem retrabalhamento por drenagens entrelaçadas, tendo como produto desse retrabalhamento os depósitos arenosos mais bem selecionados; os quais denominamos por fácies fluvial entrelaçado. Finalmente, em uma superfície maisplainada, no bloco estrutural basculado em disposição de hemi-*graben*, ocorrem os depósitos arenosos intercalados por argilas de decantação, depositados em ambiente fluvial meandrante; os quais denominamos por fácies fluvial meandrante.

Salientamos que, ao contrário das conclusões de Becker (1982), não encontramos evidências litológicas ou estruturais nos sedimentos da bacia que confirmem a existência da “Formação Tinguis”. Ao que tudo indica, o reconhecimento desta, em campo, seria possível somente pela sua coloração avermelhada; na qual observamos tratar-se apenas de processo de pedogênese em sedimentos da Formação Guabirotuba.

Sendo assim, orientamos o retorno da nomenclatura clássica nos futuros trabalhos; ou seja, a Bacia Sedimentar de Curitiba é composta apenas pela Formação Guabirotuba, sendo que na paisagem atual ocorre retrabalhamento dos sedimentos antigos pelos canais fluviais modernos, os quais constituem as aluviões holocênicas que os margeiam.

Quanto aos depósitos da fácie fluvial meandrante, Coimbra *et al.* (1996) denominaram-na por “Formação Piraquara”; elevando esses depósitos, estratigráficamente, a um grau hierárquico superior. Não entraremos em discussão quanto a essa proposta; até porque verificamos no presente estudo que a fácie fluvial meandrante possui gênese distinta (no tempo e no espaço) do restante dos depósitos da bacia. Porém, os autores supracitados deveriam ter elevado o conjunto (formações Guabirotuba e Piraquara) a nível de Grupo; em obediência ao Código Estratigráfico Brasileiro.

O volume de informações obtido pela análise dos mapas temáticos produzidos nesta pesquisa levou-nos a concluir pela comprovação de algumas propostas formuladas por pesquisadores que se debruçaram sobre o tema; mas levou-nos, também, a interpretações e formulações de propostas inéditas que, certamente, contribuirão para a evolução de um modelo mais próximo da realidade para gênese e evolução da Bacia Sedimentar de Curitiba.

O quadro 6, apresentado no final do capítulo anterior, sintetiza as principais conclusões evidenciadas pelo produto cartográfico apresentado e analisado neste trabalho. Além dele, outras informações sintetizadas em mapas temáticos permitiram várias conclusões interessantes, as quais passaremos a explanar:

O mapa geológico completo da Bacia Sedimentar de Curitiba (figura 9) assim como o mapa geológico simplificado, que serviu de mapa base para sobreposição de vários outros mapas temáticos, permitiram a visualização dos limites dos depósitos; os quais revelaram uma borda noroeste extremamente retilinizada; o se interpreta como um controle nitidamente estrutural tectônico para esses sedimentos.

O mapa do relevo do Embasamento Cristalino (figuras 75 e 76) possibilitou a confirmação do exposto no parágrafo anterior com a visualização de uma bacia estruturalmente compatível com uma depressão tectônica do tipo *pull apart*; além disso, permitiu a visualização dos depocentros sedimentares da Bacia de Curitiba onde os três principais depocentros encontram-se alinhados segundo a direção NNE-SSW, a mesma orientação do RCSB.

As plotagens das localizações de alguns poços efetuadas nos mapas ilustrados nas figuras 77, 79, 81, 82, 83, 84 e 85 permitiram interpretações acerca das reais espessuras do pacote sedimentar para cerca de 111 metros, sem considerar os estratos já erodidos.

O mapa de isópacas totais para os sedimentos (figura 99) evidencia o controle morfoestrutural que o embasamento imprime na história deposicional da bacia. Além disso permite a visualização das espessuras do pacote sedimentar em toda a Bacia de Curitiba. Sua aplicação prática pode ser de grande interesse nas diferentes obras de engenharia civil (estradas, pontes, túneis, fundações para construções diversas, etc.)

Os mapas de isólitas percentuais calculas para cada litofácies (fanglomerados, areias e argilas) ilustrados nas figuras 101, 103 e 105; permite a localização geográfica preferencial de cada um desses depósitos. Estes mapas

oferecem aplicação prática em diversas outras áreas do conhecimento técnico entre as quais destacamos: a ambiental, na gestão do uso e ocupação do solo, bem como nas remediações de áreas contaminadas; a hidrogeologia, na prospecção de águas subterrâneas; e engenharia civil, nas mesmas especificidades já citadas no parágrafo anterior.

A sucessão de mapas ilustrados no Apêndice 1; elaborados a partir do “fatiamento” topográfico, e que na prática se revela num “fatiamento” cronológico evolutivo do tempo, evidenciaram:

A gênese da sedimentação na Bacia de Curitiba ocorreu a partir de esforços transcorrentes, com orientação NE-SW, que produziram o primeiro abatimento de bloco compatível com uma bacia *pull apart* que corresponde ao primeiro e mais profundo depocentro ilustrado na figura 89;

Os esforços transcorrentes NE-SW perduraram do Oligoceno (idade muito provável para a gênese do Bacia de Curitiba) até o final do Plioceno ou Pleistoceno. Esses esforços, muito provavelmente, não foram contínuos; mas as evidências deposicionais ao longo do tempo sugerem aumentos e diminuições de esforços em espasmos, nos quais ocorrem o aumento sistemático da bacia *pull apart* na direção NE-SW gerando, sucessivamente, o segundo e terceiro depocentros principais na bacia (figuras 93 e 96);

Após os momentos iniciais de tafrogenia e durante a vigência dos esforços transcorrentes NE-SW, a bacia sofre o início (ou aumento significativo) de esforços distensivos NW-SE (quadro 6 e figura 94); os quais produziram um desnivelamento e basculamento na área a oriente da borda ativa do RCSB, formando um *hemi-graben* com declividade de leste para oeste. Os limites geográficos deste *hemi-graben* se estendem até as proximidades do rio Capivari ao

norte, aos contrafortes da Serra do Mar (granitos e migmatitos) a leste, e aos desnivelamentos em migmatitos ao sul e sudoeste; na região em que o rio Iguaçu sofre um desvio de aproximadamente 90 graus em seu curso, ao sul do município de Araucária;

Com a inclinação do bloco para oeste, surge a partir do Leste um segundo *trend* de sedimentação (ou segunda área-fonte), independente daquele instalado dentro da bacia *pull apart*, (figura 94). Essa sedimentação inicia-se com a geração de leques aluviais coalescentes, mas logo instalam-se fluxos fluviais mais volumosos e o ambiente deposicional passa a ser fluvial meandrante.

Essa segunda área-fonte se mantém ativa, porém cada vez menos atuante, até o início do Mioceno quando deixa de ocorrer. Disto se deduz que o basculamento de blocos não foi tão ativo na região meridional do RCSB;

Nos estágios finais da sedimentação, provavelmente no Plio-Pleistoceno, ocorrem falhamentos transversais ao RCSB (figura 97) de direção aproximada N-S resultantes de esforços transtensionais e/ou transpressionais na bacia. Ao longo destes falhamentos, em *rift*, ocorrem as últimas deposições da Formação Guabirotuba. Atualmente esses alinhamentos estão ocupados por leitos dos rios Passaúna, Barigui, Prensa, Padilhas, Belém e Atuba.

Finalizando essas considerações, entendemos que a presente pesquisa será útil, como fonte de novas informações e idéias, para futuras pesquisas em enfoque: tectônico, sedimentar, geomorfológico e geográfico. Além disso, como já frisado, o produto cartográfico, aqui produzido, poderá servir de material de consulta e apoio em aplicações práticas nas áreas de engenharia civil, gestão territorial e ambiental e na prospecção de recursos naturais.

8. REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. 1966. Notas a respeito do sítio urbano de Curitiba-PR. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 3.
- AB'SABER, A. N.; BIGARELLA, J. J. 1961. Superfícies aplainadas no Primeiro Planalto do Paraná. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 4/5, p. 116-125.
- ALMEIDA, F. F. M. 1952. Novas ocorrências de camadas supostas pliocênicas nos estados de São Paulo e Paraná. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 53-58.
- Almeida, F. F. M. 1955. As camadas de São Paulo e a tectônica da Serra da Cantareira. **Boletim Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 23-40.
- ALMEIDA, F. F. M. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, n. 48, p. 15-26.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. 1984. **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher.
- ARCHELA, E. 1989. **O sistema de "rifts" da Serra do Mar e as bacias sedimentares associadas**. São Paulo: IGUSP, 42 f. (mimeo).
- ARCHELA, E. 1990. **Faciologia e ambientes de sedimentação da Bacia de Curitiba**. São Paulo: IGUSP, 167 f. (relatório científico FAPESP).
- ARCHELA, E. 2004. **Disponibilidade hídrica subterrânea na área de abrangência da Bacia Sedimentar de Curitiba-PR: uma contribuição da faciologia sedimentar para a caracterização do Aquífero Guabirotuba, corroborada por análises estatísticas das vazões**. 270 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina. Londrina.
- ARCHELA, E. 2006. Relações entre a faciologia e a disponibilidade hídrica subterrânea na Bacia Sedimentar de Curitiba. *In: SIMPÓSIO DO CRETÁCEO DO BRASIL, 7 / SIMPÓSIO DO TERCIÁRIO DO BRASIL, 1, 2006, Serra Negra. Boletim de Resumos...* Rio Claro: UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, v. 1, p. 13-13.
- ARCHELA, E.; COIMBRA, A. M. 2006. Faciologia e ambientes de sedimentação da Bacia de Curitiba. *In: GEOPAR I - SIMPÓSIO AMBIENTES GEOLÓGICOS DOS RECURSOS NATURAIS DO PARANÁ, 2006, Curitiba. Boletim de Resumos...* Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Paraná, v. 1, p. 47-48.
- ARCHELA, E.; COSTA, S. C.; RAMINELLI, J. A. 2013. Aplicação de modelagem geoestatística por krigagem para mapeamento do relevo exposto e do paleo-relevo sotoposto à Bacia Sedimentar de Curitiba (PR). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 69-79.
- ARCHELA, E.; STIPP, N. A. F. 2016a. Aspectos geomorfológicos e geológicos da área de exposição da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR). *In: ENCONTRO DE TECNOLOGIAS GEOGRÁFICAS E CONTEMPORANEIDADES, 1º & SEMANA DE*

GEOGRAFIA DA UEL, 32^a, Londrina. **Anais...** Londrina: Universidade Estadual de Londrina. v. único, p. 324-339.

ARCHELA, E.; STIPP, N. A. F. 2016b. Tendência de vazões hídricas subterrâneas no Aquífero Cristalino na R. M. de Curitiba (PR): Atualização a partir de novos dados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 48, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia/SBG - Núcleo São Paulo, 2016. v. único, p. ID: 8037.

ARCHELA, E.; YAMAMOTO, J. K. 2007. Avaliação hídrica subterrânea na Região Metropolitana de Curitiba-PR. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REGENERAÇÃO AMBIENTAL DE CIDADES - ÁGUAS URBANAS II, 2, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Geociências, p. 506-525. CD-ROM.

ARCHELA, E.; YAMAMOTO, J. K. 2008a. Identificação e tendência na distribuição das fácies sedimentares presentes na Bacia de Curitiba-PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44, 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia.

ARCHELA, E.; YAMAMOTO, J. K. 2008b. Modelagem do paleorelevo do embasamento da Bacia Sedimentar de Curitiba-PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44, 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia.

ARCHELA, E.; YAMAMOTO, J. K. 2008c. Avaliação hídrica subterrânea do Aquífero Cristalino na Região Metropolitana de Curitiba-PR. In: **Águas Urbanas:** memória, gestão, riscos e regeneração. Londrina: EDUEL.

ARCHELA, E.; YAMAMOTO, J. K. 2009. Avaliação hídrica subterrânea do Aquífero Cristalino na Região Metropolitana de Curitiba-PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18, 2009, Campo Grande-MS. **Anais...** Campo Grande: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. único.

ASMUS, H. E. 1975. Controle estrutural da deposição mesozóica nas bacias da margem continental brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 160-175.

ASMUS, H. E. 1978. Hipóteses sobre a origem dos sistemas de zonas de fratura oceânica/alinhamentos continentais que ocorrem nas regiões sudeste e sul do Brasil. **Projeto REMAC**, Rio de Janeiro, n. 4, p. 39-73.

ASMUS, H. E.; FERRARI, A. L. 1978. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozoico na região sudeste do Brasil. **Projeto REMAC**, Rio de Janeiro, n. 4, p. 75-88.

ASMUS, H. E.; GUAZELLI, W. 1981. Descrição sumária das estruturas da margem continental brasileira e das áreas oceânicas e continentais adjacentes: hipótese sobre o tectonismo causador e implicações para os prognósticos do potencial de recursos minerais. **Projeto REMAC**, Rio de Janeiro, n. 9, p. 187-269.

ASMUS, H. E.; PORTO, R. 1980. Diferenças nos estágios iniciais da evolução da margem continental brasileira: possíveis causas e implicações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Camboriú, **Anais...** Camboriú: SBG, v. 1, p. 225-239.

- AZEVEDO, F. F. 1981. Thecamoebianos e organófitos na Formação Guabirotuba. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, 1981, Curitiba, **Atas...** Curitiba: SBG, v. 2, p. 226-242.
- BATOLLA JR. F. 1977a. **Geologia da folha de Curitiba. Relatório Final.** Projeto Leste do Paraná. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. SUREG-SP, 177 f. (mimeo).
- BATOLLA, JR. F. (Coord.) 1977b. **Mapa geológico da folha de Curitiba,** Projeto Leste do Paraná. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. SUREG-SP. Escala 1:100.000.
- BECKER, R. D. 1982. **Distribuição dos sedimentos cenozóicos na região metropolitana de Curitiba e sua relação com a estrutura geológica e geomorfológica regional.** 1982. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BERG, E. A. T.; LOURENÇO, O. B. 1973. Sobre a composição mineralógica de argilas dos solos do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências.** Curitiba, n. 31, p. 13-30.
- BIGARELLA, J. J. (Coord.) 1965a. **Folha geológica de Curitiba.** Comissão da Carta Geológica do Paraná. Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná - CODEPAR. Escala 1:50.000.
- BIGARELLA, J. J. (Coord.) 1965b. **Folha geológica de Campo Largo.** Comissão da Carta Geológica do Paraná. Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná - CODEPAR. Escala 1:50.000.
- BIGARELLA, J. J. (Coord.) 1966. **Folha geológica de Araucária.** Comissão da Carta Geológica do Paraná. Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná - CODEPAR, Curitiba: Escala 1:50.000.
- BIGARELLA, J. J. (Coord.) 1967a. **Folha geológica de Piraquara.** Comissão da Carta Geológica do Paraná. Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná - CODEPAR, Curitiba. Escala 1:50.000.
- BIGARELLA, J. J. (Coord.) 1967b. **Folha geológica de São José dos Pinhais.** Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná - CODEPAR. Curitiba. Escala 1:50.000.
- BIGARELLA, J. J. 1948. Depósitos de carbonatos na Bacia de Curitiba. Estudos preliminares na série Açungui 2. rochas calcárias. **Arquivos de Biologia e Tecnologia,** Curitiba, n. 3, p. 325-327.
- BIGARELLA, J. J. 1956. **Planta geológica (provisória) da cidade de Curitiba e arredores.** (1:50.000). *Boletim do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas,* Curitiba.
- BIGARELLA, J. J. 1964. Variações climáticas no quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. **Boletim Paranaense de Geografia,** Curitiba, n. 10/15, p. 211-231.
- BIGARELLA, J. J. 1971. Variações climáticas no quaternário superior do Brasil e sua datação Radiométrica pelo Método do Carbono 14. **Paleoclimas - USP,** São Paulo, n. 1, p. 1-22.

- BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R. 1965. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 16/17, p. 154-197.
- BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. 1965. Pediplanos pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 16/17, p. 117-151.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. 1957. **Aspectos geográficos e geológicos da cidade de Curitiba e arredores**. Contribuição n. 2 das Cadeiras de Mineralogia-Petrografia e Geologia-Paleontologia. Faculdade de Filosofia de Curitiba. (Separata).
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. 1958a. Considerações sobre o paleoclima da Bacia de Curitiba. **Boletim do Instituto de História Natural**, Curitiba, n. 1, p. 1-10.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. 1958b. Notas sobre o significado paleoclimático da Bacia de Curitiba. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 14-17.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. 1958c. Sinopse da geologia do estado do Paraná. **Boletim do Instituto Histórico Geográfico e Etnográfico Paranaense**, Curitiba, n. 7, p. 5-21.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. 1959. Notas complementares à planta geológica da cidade de Curitiba e arredores. **Boletim do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas**, Curitiba, n. 40, p. 1-14.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. 1962. Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, n. 7, p. 1-164.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R.; AB'SABER, A. 1961. Origem e ambiente de deposição da Bacia de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 4/5, p. 71-81.
- BIONDI, J. C. 1983a. **Mapa geológico do estado do Paraná**. MINEROPAR - Minerais do Paraná. Escala 1:500.000. Curitiba.
- BIONDI, J. C. 1983b. **Mapa geológico da área do escudo do estado do Paraná**. MINEROPAR - Minerais do Paraná. Escala 1:250.000. Curitiba.
- CAINELLI, C., MOHRIAK, W. U. 1999. General evolution of the eastern Brazilian continental margin. **The Leading Edge**, 18(7): 800-804.
- CAMPANHA, G. A. C.; RICCOMINI, C.; MELO, M. S.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F. F. M.; DEHIRA, L. K. 1985. Análise do padrão de fraturamento Mesozóico-Cenozóico de bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5, 1985. São Paulo. **Atas...** São Paulo: SBG, v. 1, p. 337-350.
- CANALI, N. E.; MURATORI, A. M. 1981. Síntese da evolução geomorfológica da Bacia Sedimentar de Curitiba. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3. 1981, Curitiba. **Atas...** Curitiba: SBG, v. 1, p. 363-371.
- CARREIRO-ARAÚJO, S. A. 2012. **Métodos potenciais aplicados ao estudo do arcabouço crustal da porção meridional da faixa ribeira, margem continental da Bacia de Santos**. 2012. XVIII, 140 f., il. Dissertação (Mestrado em Geologia) Universidade de Brasília, Brasília.
- CARVALHO, P. F. 1936. Geologia do município de Curitiba. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, Rio de Janeiro, n. 82, p. 1-37.

- CHAVEZ-KUS, L.; SALAMUNI, E. 2003. Análise estatística de dados hidrogeológicos de poços tubulares profundos do município de Curitiba-Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 53, p. 59-79.
- COIMBRA, A. M. 1976. **Arenitos da formação Bauru: estudo de áreas fonte**. 2 v. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- COIMBRA, A. M.; COUTINHO, J. M. V.; ATENCIO, D. 1989. Lanthanite (Nd) From Santa Isabel, State of São Paulo: Second brasiliian and world occurrence. The Canadian Mineralogist, **Journal of the Mineralogical Association of Canadá**, v. 27, march.
- COIMBRA, A. M.; RICCOMINI, C. 1985. Considerações paleoambientais sobre as ocorrências de caliche nas bacias de Curitiba (PR), Taubaté (SP) e Resende (RJ). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, n. 54, v. 4, p. 517-518.
- COIMBRA, A. M.; RICCOMINI, C.; SANT ANNA, L. G.; VALARELLI, J. V. 1996. Bacia de Curitiba: estratigrafia e correlações regionais. XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, SALVADOR, **Anais...** Salvador: SBG/BA.
- COIMBRA; A. M. 1983. **Estudo sedimentológico e geoquímico do Permo-Triássico da Bacia do Maranhão**. 2 v. Tese. (Doutorado em Geologia) Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- COLTRINARI, L. 2011. Geomorfologia e dinâmica quaternária no sudeste do brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, 6, 7-16.
- COMECA - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. 1986. **Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba.
- COMECA - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. 2002. **Mapa Digital da Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba. CD-ROM.
- COMECA/SEPL - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba & Secretaria de Planejamento. 2000. **Diretrizes de Gestão para o Sistema Viário Metropolitano**. Curitiba.
- COUTINHO, J. M. V. 1955a. Geologia e petrologia da região de Pirai do Sul, Paraná. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 49-65.
- COUTINHO, J. M. V. 1955b. Lantanita de Curitiba, Paraná. **Mineralogia - USP**, São Paulo, n. 13, p. 119-126.
- DAVINO, A. 1980. Análise preliminar do mapa gravimétrico de Curitiba (PR). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21, Camboriú. 1980. **Anais...** Camboriú, v. 2, p. 350.
- ESTRELLA, G. O. 1972. O estágio *rift* nas bacias marginais do leste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. **Anais...** Belém, SBG, v. 3, p. 29-34.
- FUCK, R. A. 1966. Nota explicativa da folha geológica de Quero-Quero. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, n. 19, p. 1-21.
- FUCK, R. A. 1967a. **Geologia da folha de Piraquara**. Curitiba: UFPR, 64 f. (mimeo).

- FUCK, R. A. 1967b. **Geologia da folha de São José dos Pinhais**. Curitiba: UFPR, 46 f. (mimeo).
- FUCK, R. A. 1971. Geologia do leste paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo. 1971. **Anais...** São Paulo, v. 1, p. 121-130.
- FUCK, R. A.; TREIN, E.; MURATORI, A.; RIVEREAU, J. C. 1969. Mapa geológico preliminar do litoral, da Serra do Mar e parte do Primeiro Planalto no estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 27, p. 123-153.
- FUJIMORI, K. 1981. "Lantanita" de Curitiba, novo mineral de Lantânia. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, n. 53, v. 1, p. 147-152.
- FULFARO, V. J. 1985. A evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, n. 57, v. 4, p. 519.
- GEMAEL, C.; DOUBEK, A. 1975. Levantamento gravimétrico do município de Curitiba. **Boletim de Ciências Geodésicas**. Curitiba, n. 17, p. 3-7.
- GIRÃO NERY, G.; ROSA FILHO, E. F. 1994, Hidrogeofísica do poço da fazenda Canguiri-PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HIDROGEOLOGIA, 8, 1994, Recife. **Anais...** São Paulo: ABAS, v. 1, p. 363-371.
- GIUSTI, D. A. 1989. **Contribuição à geologia ambiental no município de Curitiba-PR**. 115 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GUIA GEOGRÁFICO. 2003. **Mapa da região metropolitana de Curitiba**. Curitiba. Disponíveis em: <http://www.curitiba-parana.com/geografia-mapas/mapa-regiao-curitiba.htm>. Acesso em 07/10/2003.
- HASUI, Y.; ALMEIDA, M. A. 1978. Aspectos estruturais na geomorfologia da área cristalina de São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. **Anais...** Recife: SBG, v. 1, p. 360-367.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 1999. **Mapa do estado do Paraná com divisões em mesorregiões, microrregiões e municípios**.
- LANDIM, P. M. B. 1998. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Ed. UNESP.
- LAVORANTE, L. P.; EBERT, H. D.; SALAMUNI, E. 2000. Visualização de dados volumétricos com o programa VIS5D. In: SIMPÓSIO DE QUANTIFICAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS, 8, 2000, Rio Claro. **Boletim de Resumos Expandidos...** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Geociências e Ciências Exatas, v. 1, p. 121-123.
- LICCARDO, A.; WEINSCHÜTZ, L. C. 2010. Registro inédito de fósseis de vertebrados na bacia sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências**, 40:330-338.
- LOPES, J. A. V. 1966. Nota explicativa da folha geológica de Curitiba. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, n. 20, p. 1-20.
- MAACK, R. 1947. Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, n. 2, v. 7, p. 63-154.

- MAACK, R. 1953. **Mapa geológico do estado do Paraná**. Curitiba, Serviço de Geologia do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas. (Escala 1:750.000).
- MAACK, R. 1968. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: BADEP.
- MARINI, O. J. 1967. Geologia da folha de Araucária. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, n. 24, p. 1-22.
- MARTINS-NETO, M. A. 2006. Classificação de bacias sedimentares: uma revisão comentada. **Revista Brasileira de Geociências**, volume 36, número 1.
- MELO, M. S. 1984. - **Géologie du bau in deResende et contribution à l'évolution du Sy st ême de Rift du SE du Bresil**. Marseille, Université d'Aix-Marsejille I et II. 62p.
- MELO, M. S.; RICCOMINI, C.; ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. 1985b. Sedimentação e tectônica da Bacia de Resende RJ. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, n. 57, p. 467-479.
- MELO, M. S.; RICCOMINI, C.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F. F. M.; COIMBRA, A. M. 1985a. Geologia e evolução do sistema de bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 193-201.
- MINEROPAR - Minerais do Paraná S. A. 1986a. **Mapa geológico do estado do Paraná**. Escala 1:1.400.000. Curitiba: MINEROPAR/ITCF.
- MINEROPAR - Minerais do Paraná S. A. 1986b. **Mapa de ocorrências de depósitos minerais**. Escala 1:1.400.000. Curitiba: MINEROPAR/ITCF.
- MINEROPAR - Minerais do Paraná S. A. 1989. **Mapa geológico do estado do Paraná**. Escala 1:650.000. Curitiba: MINEROPAR/DNPM.
- MINEROPAR - Minerais do Paraná S. A. 2001. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR. (CD-ROM).
- MINEROPAR - Minerais do Paraná S. A. 2006. **Mapa geológico do Paraná**. Escalas 1:650.000 e 1:250.000. Curitiba: MINEROPAR. (CD-ROM).
- MOUSINHO, M. R.; BIGARELLA, J. J. 1965. Movimentos de massa no transporte dos detritos da meteorização das rochas. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 16/17, p. 43-84.
- MÜLLER, C. V. 2007. **Análise hidrogeoquímica no município de Curitiba-Paraná**. 151 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- MÜLLER, C. V.; ROSA FILHO, E. F. da; ATHAYDE, G.; BITTENCOURT, A. V. L.; MANTOVANI, L. E.; HINDI, E. C. 2007. Tipologia química e influências antrópicas na água subterrânea do município de Curitiba PR **Águas Subterrâneas** (São Paulo).
- MURATORI, A. M. 1966. Nota explicativa da folha geológica de Campo Largo. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, n. 21, p. 1-31.
- MURATORI, A. M.; GIUSTI, D. A.; CANALI, N. E. 1982. Interpretação gravimétrica preliminar da configuração topográfica do embasamento cristalino no município de Curitiba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. **Anais...** Salvador: SBG, v. 4, p. 1576-1580.

- NASCIMENTO, V. H. 2008. **Proposta para implantação de sistemas de infiltração de águas pluviais para minimização de enchentes em áreas urbanizadas na cidade de Curitiba.** 81 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- NOGUEIRA FILHO, J. 1997. **A bacia hidrogeológica de Curitiba.** 159 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- OKA-FIORI, C. (Coord.). 2006. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná: Escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000.** Minerais do Paraná; Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- OLIVEIRA, A. I.; LEONARDOS, O. H. 1943. **Geologia do Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, p. 774.
- OLIVEIRA, E. P. 1925. **Mapa geológico do estado do Paraná.** Rio de Janeiro: Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Escala I: 1.000.000.
- OLIVEIRA, E. P. 1927. **Geologia e recursos minerais do estado do Paraná.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, v. 6, p. 98-99.
- PONTE, F. C.; ASMUS, H. E. 1976. The brazilian marginal basins: current state of knowledge. **Anais da Academia Brasileira de Ciências.** Rio de Janeiro, n. 48, (suplemento), p. 215-239.
- PROTHERO, D. R. & SCHWAB, F. 2013 **Sedimentary Geology**, 3^a ED., W. H. Freeman; Third Edition, 593 Pages.
- REGO, L. F. M.; ALMEIDA, F. F. M. 1946. Seção geológica de Capela da Ribeira a Curitiba. **Geologia e Metalurgia - USP**, São Paulo, n. 3, p. 5-31.
- RIBEIRO, M. C. S. 2007. **Termocronologia e história denudacional da Serra do Mar e implicações no controle deposicional da Bacia de Santos.** 227 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.
- RICCOMINI, C. 1988. **São Paulo and Curitiba basins.** 7 th. Gondwana Symposium. July 18-22. São Paulo, Brasil.
- RICCOMINI, C. 1989. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil.** 256 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- RICCOMINI, C.; COIMBRA, A. M.; SANT'ANNA, L. G.; BRANDT NETO, M.; VALARELLI, J. V. 1996. Argilominerais do paleolago Tremembé e sistemas deposicionais relacionados (Paleógeno, Rift Continental do Sudeste do Brasil). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 26, n. 3, p. 167-180.
- RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. 2004. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B. B. (Org.) **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** São Paulo: Beca, p. 383-405.
- RIFFEL, S. B. 2005. **Curva hipsométrica no mapeamento de paleosuperfícies: abordagem quantitativa.** 76 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

- RODRIGUES, J. C. 1977a. **Mapa geológico da folha de Campo Largo.** Projeto Leste do Paraná. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. SUREG-SP. Escala 1:100.000.
- RODRIGUES, J. C. 1977b. **Geologia da folha de Campo Largo. Relatório Final.** Projeto Leste do Paraná. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. SUREG-SP, p. 132-135.
- ROGÉRIO, D. W.; DIAS, E. V.; SEDOR, F. A.; WEINSCHÜTZ, L. C.; MOURO, L. D.; WAICHEL, B. L. 2012. Primeira ocorrência de Pleurodira (Testudines) para a Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba, Paraná, Brasil. **Journal of Geoscience**, vol. 8, n. 2, jul/dez, p. 42-46.
- ROSA FILHO, E. F. 1993. Caracterização da depleção de um aquífero através do coeficiente de descarga α , de Maillet. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 41, p. 125-144.
- ROSA FILHO, E. F. 1996b. Considerações sobre aspectos físicos e hidráulicos da Formação Guabirotuba. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 44, p. 1-23.
- ROSA FILHO, E. F. 1997. Disponibilidade das águas subterrâneas na bacia hidrográfica do Iraí. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 45, p. 149-160.
- ROSA FILHO, E. F. da; HINDI, E. C.; LUCENA, L. R. F. 2002. Os aquíferos que contribuem no abastecimento da cidade de Curitiba-Paraná. **Águas Subterrâneas** (São Paulo), Curitiba, v. 16, p. 97-102.
- ROSA FILHO, E. F.; LISBOA, A. A.; SCHONAU, O. 1996a. O Abastecimento de Água de Curitiba: Situação atual e Proposta de Solução. In: SEMINÁRIO E WORKSHOP INTERNACIONAL DE ÁGUA POTÁVEL PARA GRANDES METRÓPOLES - ESTRATÉGIA PARA O PRÓXIMO SÉCULO, 1996, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, v. 1. p. 1-32.
- SADOWSKI, G. R.; DIAS NETO, C. M. 1981 O lineamento sismo-tectônico de Cabo Frio. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 209-212.
- SALAMUNI, E. 1998. **Tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR).** 215 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.
- SALAMUNI, E.; EBERT, H. D. 1994. Estudo da neotectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba: dados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Camboriú. **Anais...** Camboriú: SBG, v. 1.
- SALAMUNI, E.; EBERT, H. D. 1997. A influência da neotectônica na implantação da drenagem atual da Bacia Sedimentar de Curitiba. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 6, 1997, Curitiba. **Resumos...** Curitiba, p. 244-248.
- SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; BERNARDI, J. V. E.; BORGES, M. S. 1997a. Mapeamento do contorno estrutural do embasamento da Bacia Sedimentar de Curitiba-PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 45, p. 133-148.
- SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; HASUI, Y. 1997b. As estruturas tectônicas e atectônicas da Bacia Sedimentar de Curitiba. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 6, 1997b, Curitiba. **Resumos...** Curitiba, p. 249-253.

- SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; HASUI, Y. 2004. Morfotectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 4, p. 469-478.
- SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; KROLL, G. H. S. 1994. Análise morfotectônica da Bacia de Curitiba a partir da modelagem digital de terreno (MDT). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Camboriú. **Anais...Camboriú**: SBG, v. 2.
- SALAMUNI, E.; SALAMUNI, R.; EBERT, H. D. 1999. Contribuição à geologia da Bacia Sedimentar de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 47, p. 123-142.
- SALAMUNI, E.; STELLFELD, M. C. 2001. Banco de dados geológicos geo-referenciados da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR) como base de Sistema de Informação Geográfica (SIG). **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 49, p. 21-31.
- SALAMUNI, R. 1981. Geologia das águas subterrâneas na região metropolitana de Curitiba. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, 1981, Curitiba. **Atas...Curitiba**: SBG, v. 1, p. 372-389.
- SALVADOR, E. D. 1994. **Análise neotectônica da região do vale do rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ)**. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SALVI, R. F.; ARCHELA, E.; ARCHELA, R. S. 2002. Breve descrição da formação do território paranaense. In: FRESCA, T. M; SALVI, R. F.; ARCHELA, R. S (Org.) **Dimensões do espaço paranaense**. Londrina: EDUEL.
- SANSONOWSKI, R. C. 2003. **A modelagem numérica como instrumento de apoio à avaliação ambiental**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Petróleo) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- SANT'ANNA, L. G. 1999. **Geologia, mineralogia e gênese das esmectitas dos depósitos paleogênicos do rift continental do sudeste do Brasil**. 293 f. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SANT'ANNA, L. G. ; RICCOMINI, C. ; VALARELLI, J. V. 1999. Ocorrência de fosfato de terras raras na Formação Resende, Paleógeno do Rift Continental do Sudeste do Brasil. **Revista do Instituto Geológico**, v. 20, p. 37-47.
- SANT'ANNA, L. G.; RICCOMINI, C. 2001. Cimentação hidrotermal em depósitos sedimentares paleogênicos do Rift Continental do Sudeste do Brasil: mineralogia e relações tectônicas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, n. 2, p. 231-240.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). s.d. Cronologia do Cenozóico. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Breve-Historia-da-Terra-1094.html>> acesso em 09/04/2020
- SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM). USGS. 2002
- SIEDLECKI, K. N. 1998. **Respostas de um solo residual da Formação Guabirotuba (PR) à interação com soluções contaminantes**. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- SILVA, P. C. S. 1999. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.** Curitiba, Folha SG.22-X-D-I, Escala 1:100.000 Brasília: CPRM, (CD-ROM).
- SIRTOLI, A. E.; SILVEIRA, C. T.; MANTOVANI, L. E.; SIRTOLI, A. R. A.; OKA-FIORI, C. 2008. Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 317-329.
- Stanton, N. 2009. **Caracterização Crustal da Margem Sudeste Brasileira através de magnetometria e suas implicações tectônicas.** Tese (Doutorado em Geologia), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 170 p.
- SUGUIO, K. 1973. **Introdução à sedimentologia.** São Paulo: Edgard Blücher / EDUSP, 317 p.
- SVISERO, D. P.; MASCARENHAS, Y. 1981. Dados químicos e cristalográficos da "Lantanita" de Curitiba (PR). *In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA*, 3, 1981, Curitiba. **Atas...**Curitiba: SBG, v. 1, p. 295-304.
- TAKEUCHI, H.; KANAMORI, H.; UYEDA, S. 1974 **A Terra, um planeta em debate:** introdução à geofísica pela análise da deriva continental. São Paulo: EDART/EDUSP.
- TREIN, E. 1969. **Folha geológica de Tijucas do Sul. Paraná.** Comissão da Carta Geológica do Paraná. Banco de Desenvolvimento do Paraná S/A. Escala 1:70.000.
- WICKERT, W. Q. 1974. **Contribuição ao estudo da paleontologia da Bacia de Taubaté, estado de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro.
- YAMAMOTO, J. K. 1988. Representações gráficas de modelos digitais de terrenos. *In: CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA*, 21, 1988, Rio de Janeiro. **Anais...** RIO DE JANEIRO: SUCESU, v. 1, p. 924-929.
- YAMAMOTO, J. K. 2000. An alternative measure of the reliability of ordinary kriging estimates. **Mathematical Geology**, EUA, v. 32, n. 4, p. 489-509.
- YAMAMOTO, J. K. 2001. Análise geoestatística. *In: YAMAMOTO, J. K. Avaliação e classificação de reservas minerais.* São Paulo: EDUSP, (Acadêmica; 38).
- YAMAMOTO, J. K.; CONDE, R. P.; YOSHIKAWA, P. S.; HUBNER, A. M. 2006. **Geoestatística on line.** Disponível em <<http://www.igc.usp.br/subsites/geoestatistica/index.html>> Acesso em: abril/maio 2015.
- ZALÁN, P. V. 1986. A Tectônica transcorrente na exploração de petróleo: uma revisão. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 245-257.
- ZIMBACK, R. C. L. 2003. **Geoestatística.** Botucatu: GEPAC-FCA-UNESP.

EDISON ARCHELA

**MAPEAMENTO FACIOLÓGICO DA BACIA SEDIMENTAR DE
CURITIBA (PR):
CONTRIBUIÇÃO DA CARTOGRAFIA TEMÁTICA À
EVOLUÇÃO MORFOESTRUTURAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Prof^a Dr^a Nilza Aparecida Freres Stipp

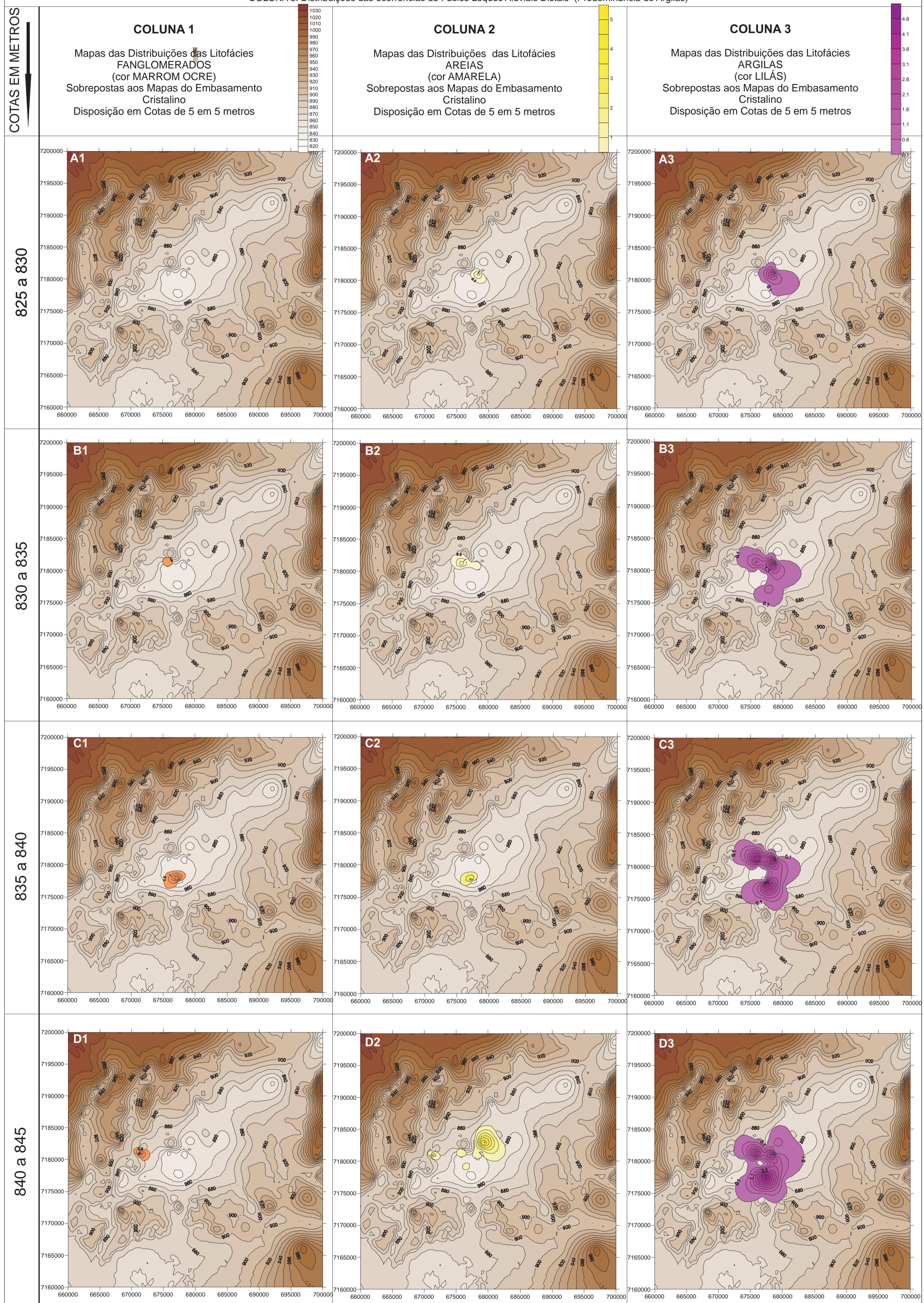
VOLUME 2

Londrina
2020

APÊNDICE 1

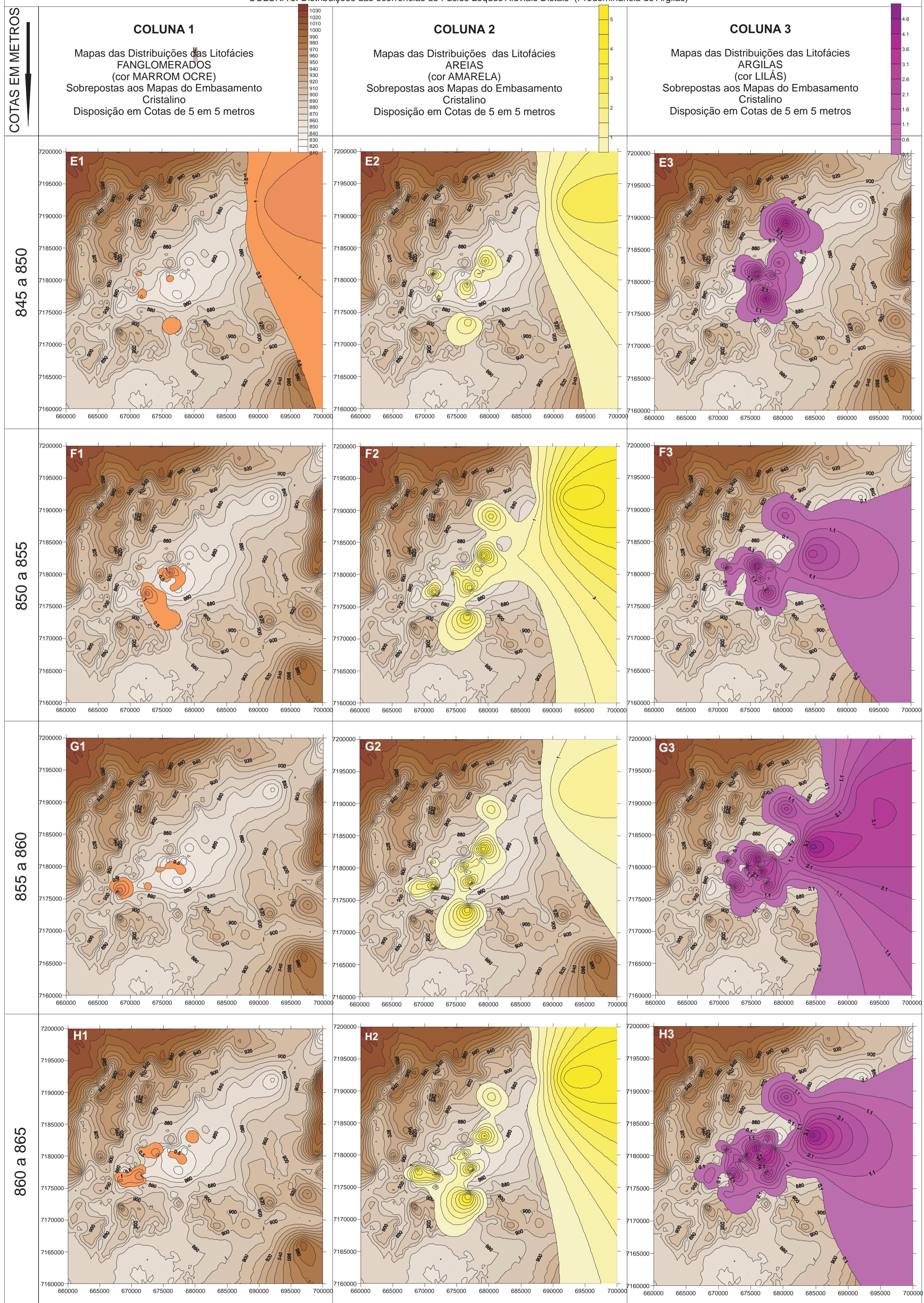
Mapas Temáticos Emparelhados Por Seus Posicionamentos, Conforme Nível Topográfico, Em Cotas de 5 Em 5 Metros

- COLUNA 1: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)
- COLUNA 2: Distribuições das ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (*Braided*) (Areias "lavadas", retrabalhadas por drenagens fluviais, por vezes exibindo estratificações cruzadas acanaladas)
- COLUNA 3: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)



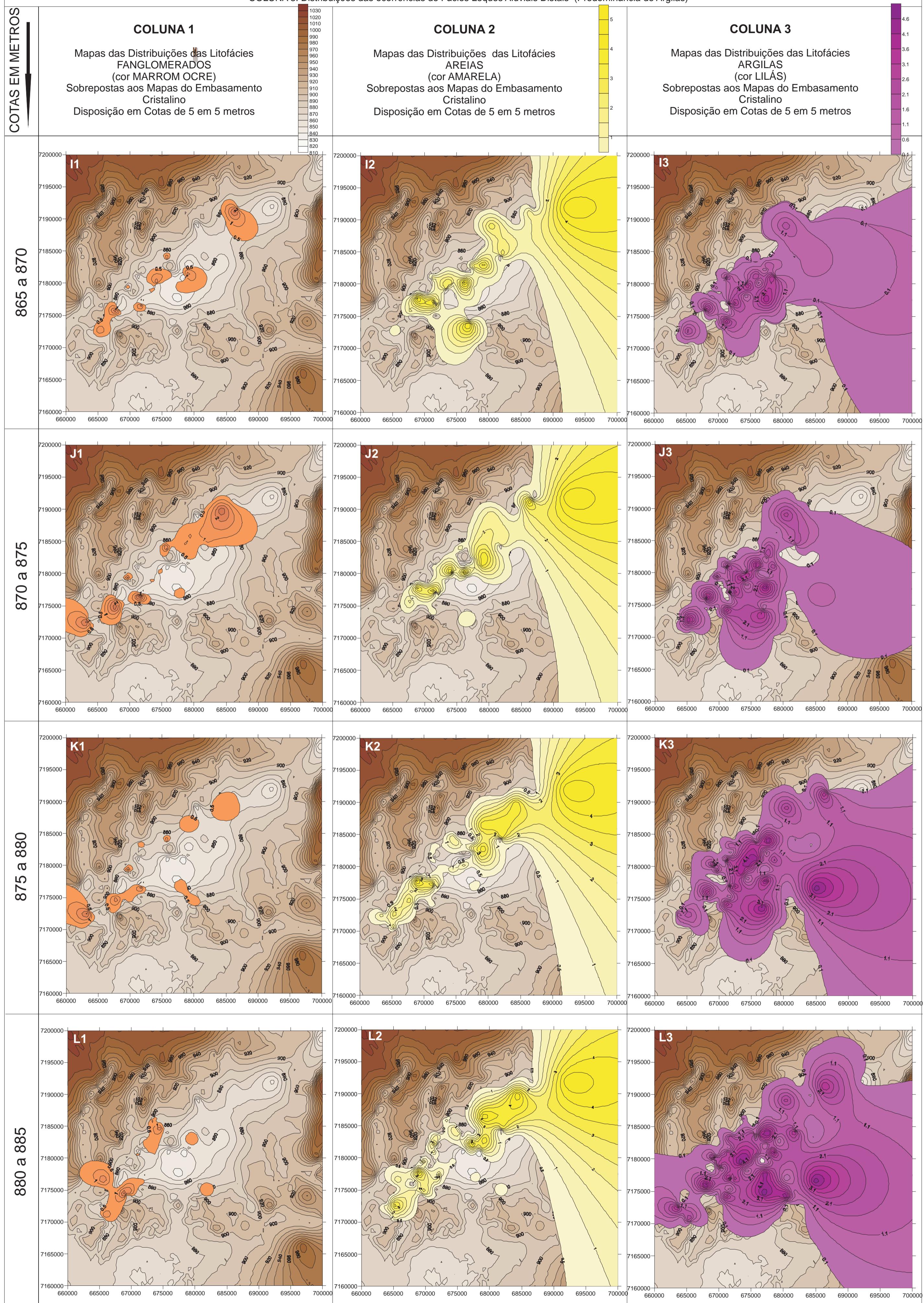
Mapas Temáticos Emparelhados Por Seus Posicionamentos, Conforme Nível Topográfico, Em Cotas de 5 Em 5 Metros

- COLUNA 1: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)
- COLUNA 2: Distribuições das ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (Braded) (Areias "lavadas", retrabalhadas por drenagens fluviais, por vezes exibindo estratificações cruzadas acanaladas)
- COLUNA 3: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)



Mapas Temáticos Emparelhados Por Seus Posicionamentos, Conforme Nível Topográfico, Em Cotas de 5 Em 5 Metros

- COLUNA 1: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)
- COLUNA 2: Distribuições das ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (Braded) (Areias "lavadas", retrabalhadas por drenagens fluviais, por vezes exibindo estratificações cruzadas acanaladas)
- COLUNA 3: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)



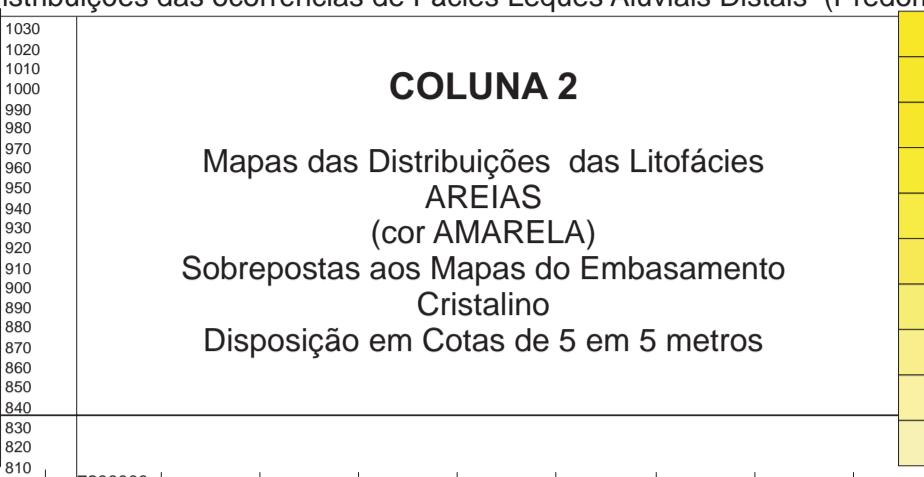
Mapas Temáticos Emparelhados Por Seus Posicionamentos, Conforme Nível Topográfico, Em Cotas de 5 Em 5 Metros

- COLUNA 1: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)
- COLUNA 2: Distribuições das ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (*Bradified*) (Areias "lavadas", retrabalhadas por drenagens fluviais, por vezes exibindo estratificações cruzadas acanaladas)
- COLUNA 3: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)

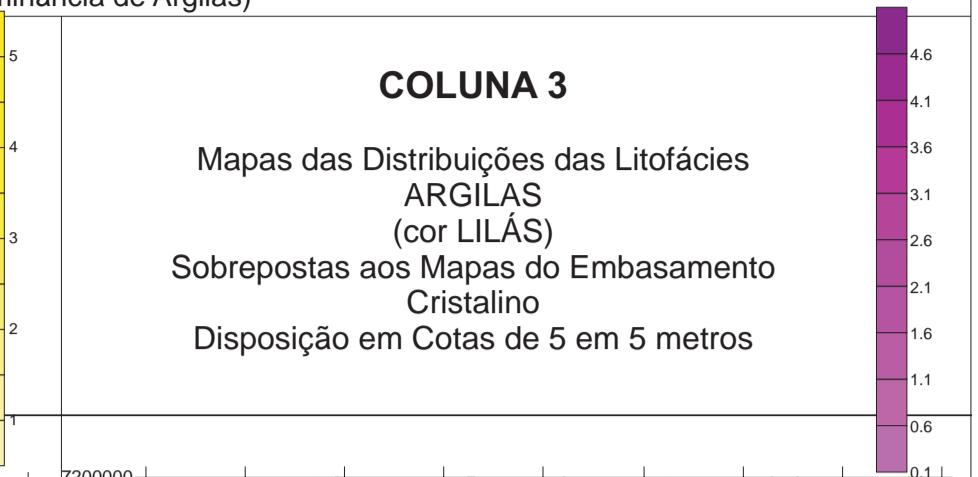
COTAS EM METROS

COLUNA 1

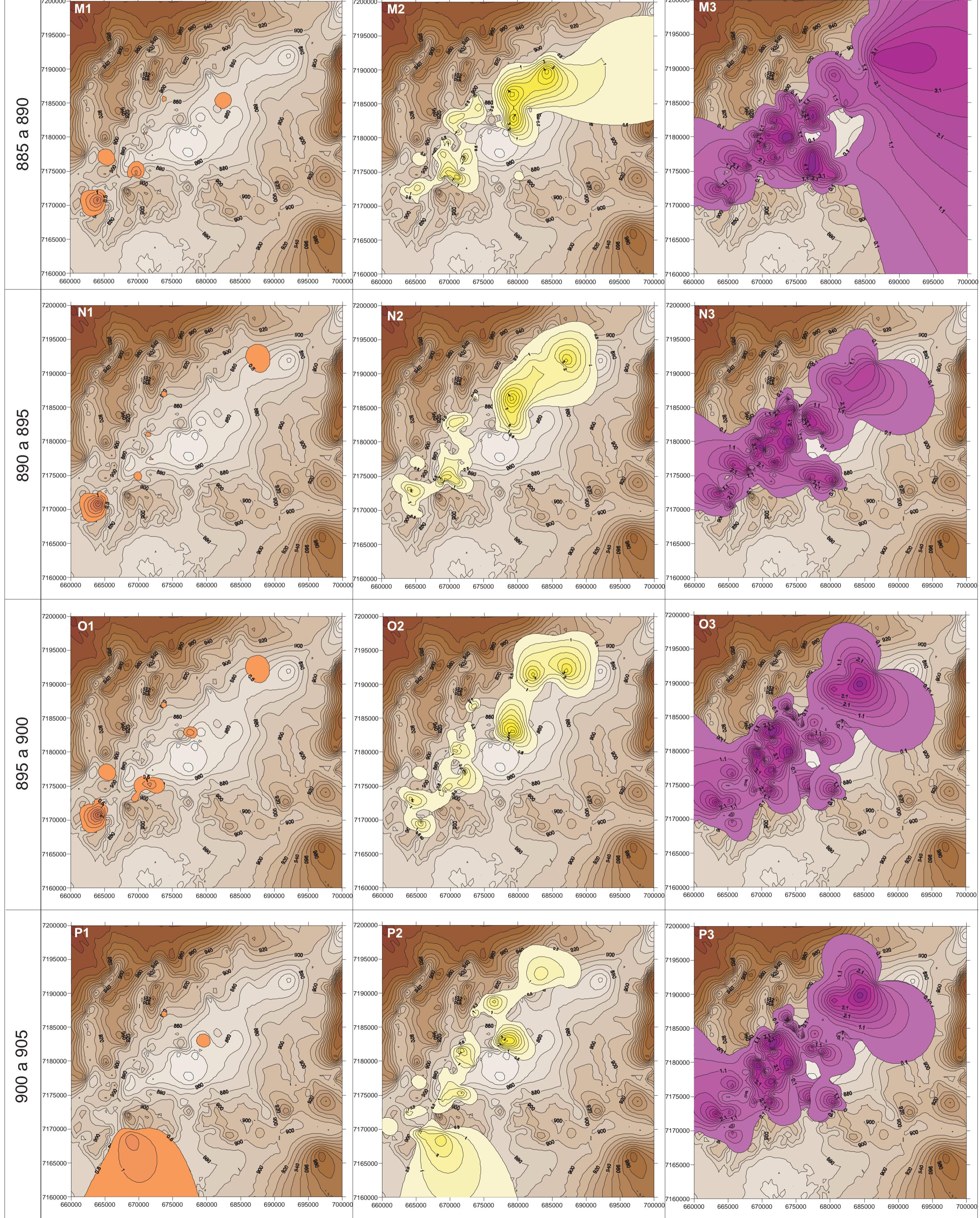
Mapas das Distribuições das Litofácies
FANGLOMERADOS
(cor MARROM OCRE)
Sobrepostas aos Mapas do Embasamento
Cristalino
Disposição em Cotas de 5 em 5 metros

**COLUNA 2**

Mapas das Distribuições das Litofácies
AREIAS
(cor AMARELA)
Sobrepostas aos Mapas do Embasamento
Cristalino
Disposição em Cotas de 5 em 5 metros

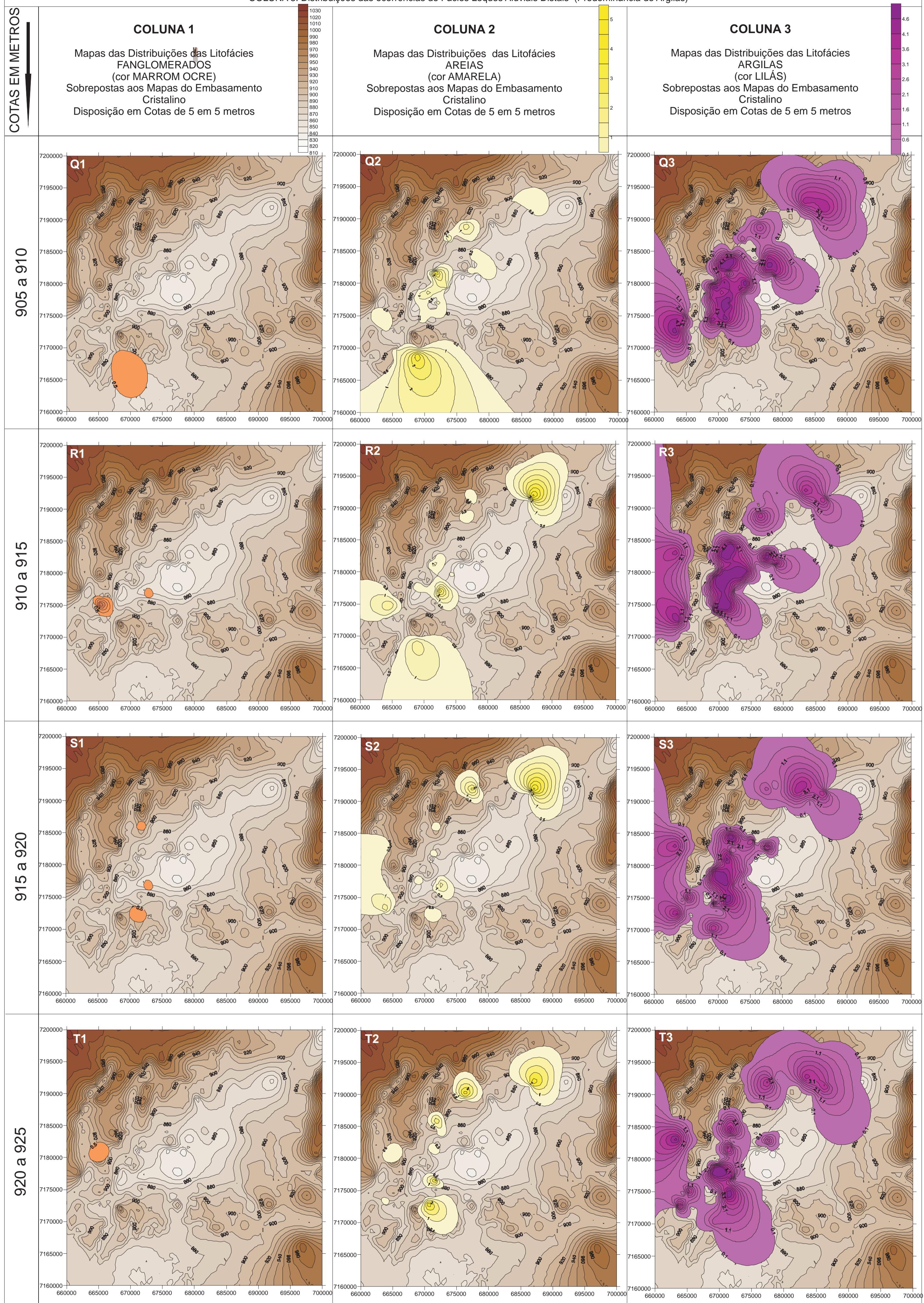
**COLUNA 3**

Mapas das Distribuições das Litofácies
ARGILAS
(cor LILÁS)
Sobrepostas aos Mapas do Embasamento
Cristalino
Disposição em Cotas de 5 em 5 metros



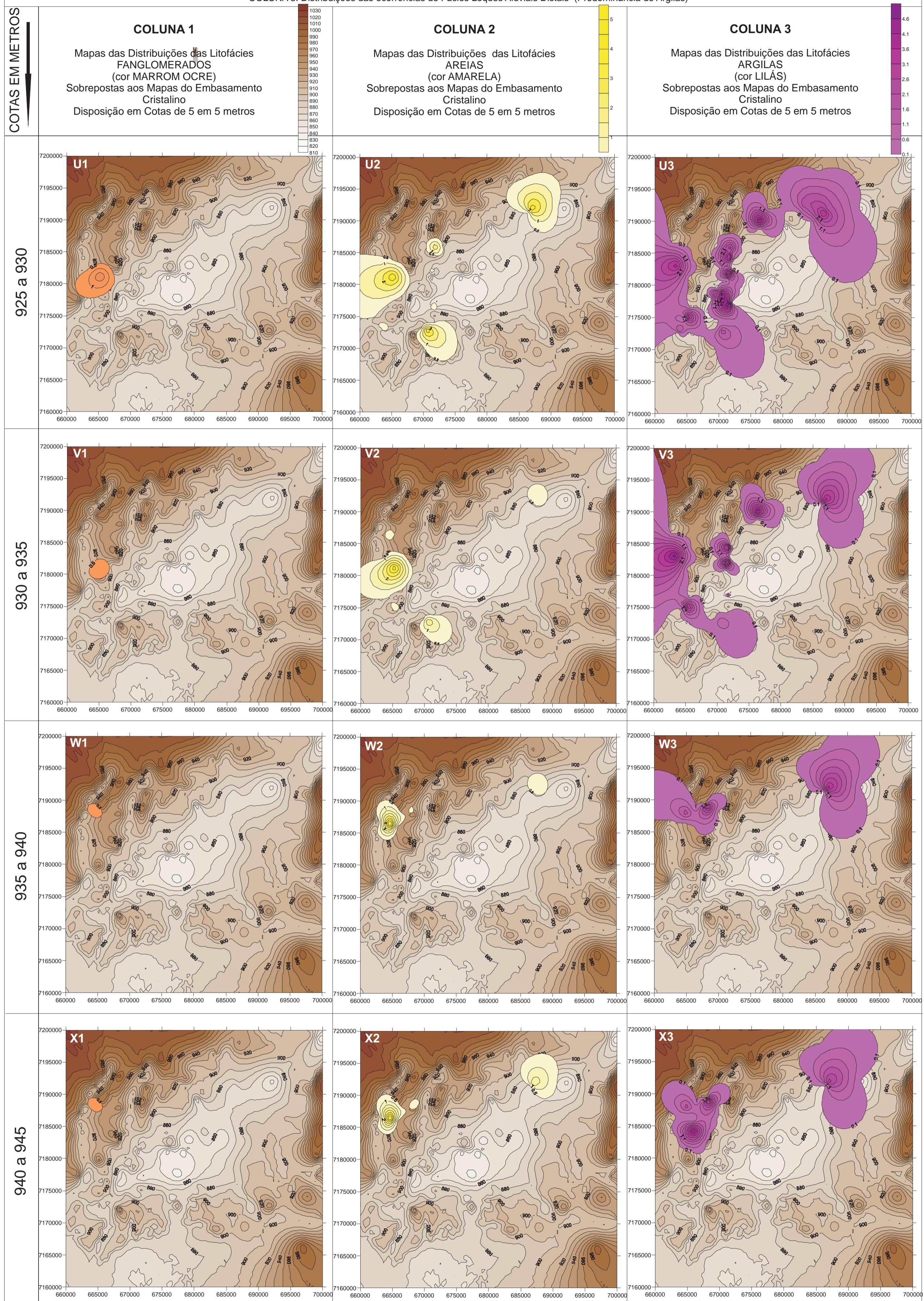
Mapas Temáticos Emparelhados Por Seus Posicionamentos, Conforme Nível Topográfico, Em Cotas de 5 Em 5 Metros

- COLUNA 1: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)
- COLUNA 2: Distribuições das ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (Braded) (Areias "lavadas", retrabalhadas por drenagens fluviais, por vezes exibindo estratificações cruzadas acanaladas)
- COLUNA 3: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)



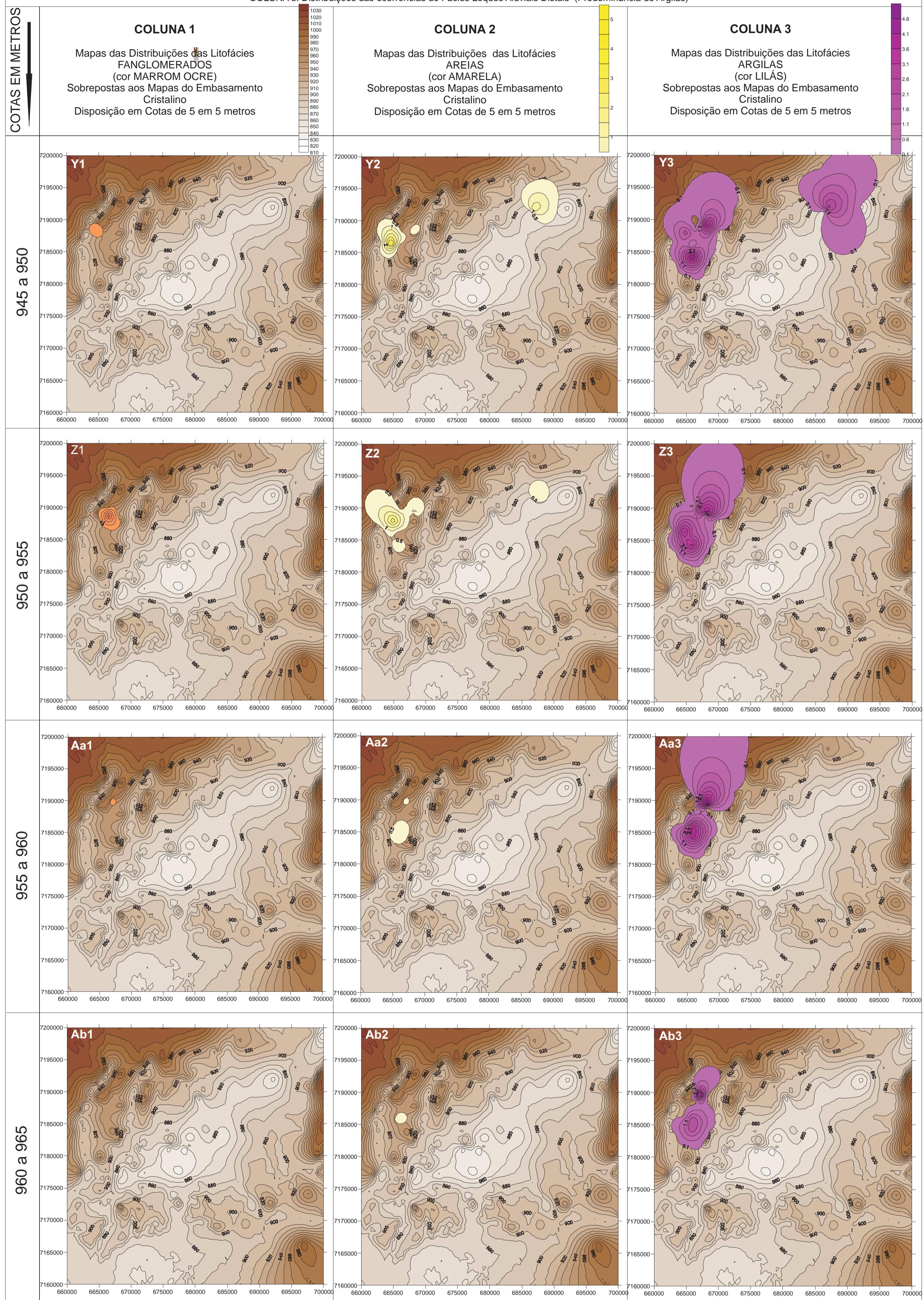
Mapas Temáticos Emparelhados Por Seus Posicionamentos, Conforme Nível Topográfico, Em Cotas de 5 Em 5 Metros

- COLUNA 1: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)
- COLUNA 2: Distribuições das ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (Braded) (Areias "lavadas", retrabalhadas por drenagens fluviais, por vezes exibindo estratificações cruzadas acanaladas)
- COLUNA 3: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)



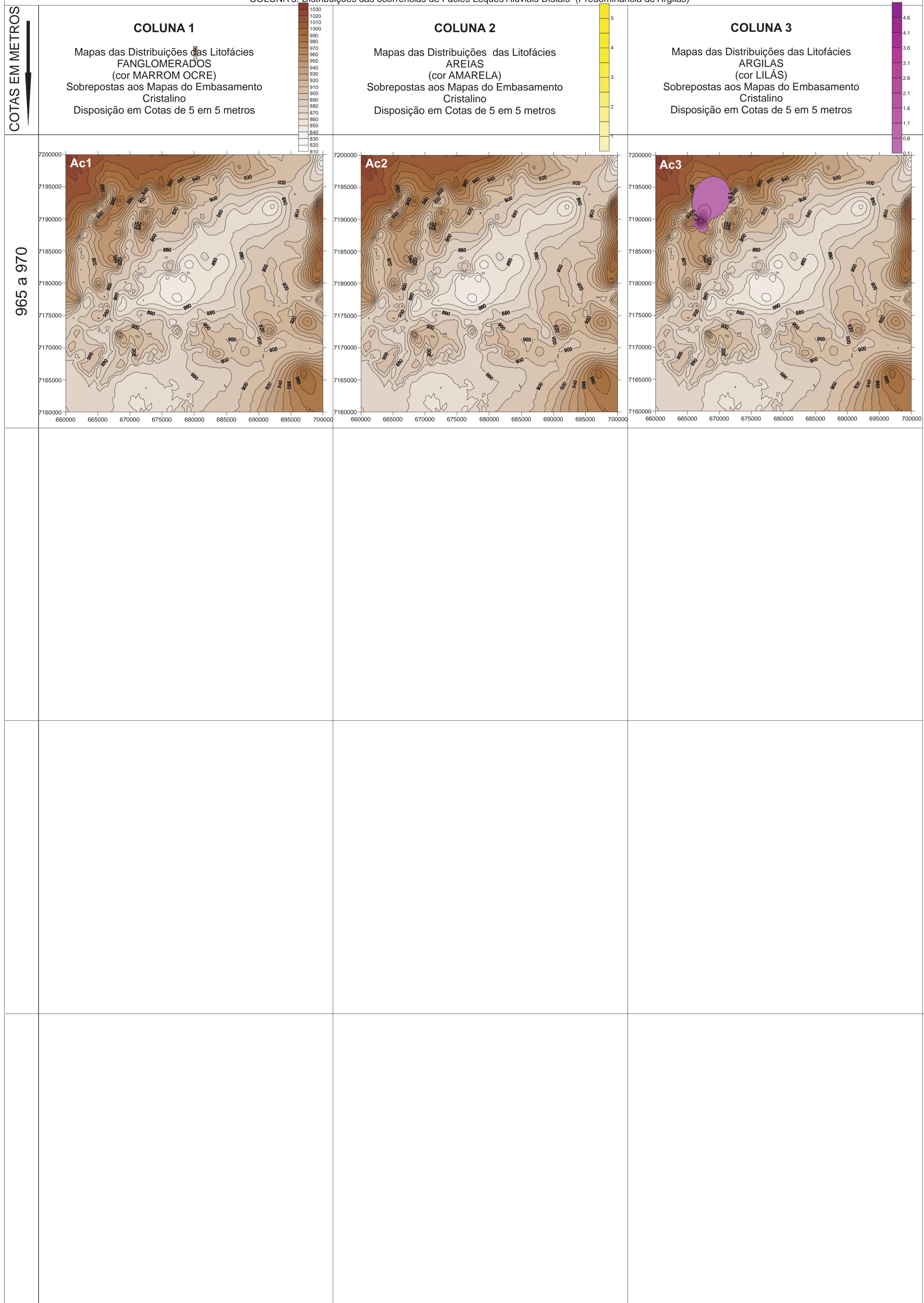
Mapas Temáticos Emparelhados Por Seus Posicionamentos, Conforme Nível Topográfico, Em Cotas de 5 Em 5 Metros

- COLUNA 1: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)
- COLUNA 2: Distribuições das ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (Braded) (Areias "lavadas", retrabalhadas por drenagens fluviais, por vezes exibindo estratificações cruzadas acanaladas)
- COLUNA 3: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)



Mapas Temáticos Emparelhados Por Seus Posicionamentos, Conforme Nível Topográfico, Em Cotas de 5 Em 5 Metros

- COLUNA 1: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)
- COLUNA 2: Distribuições das ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (*Bradified*) (Areias "lavadas", retrabalhadas por drenagens fluviais, por vezes exibindo estratificações cruzadas acanaladas)
- COLUNA 3: Distribuições das ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)



APÊNDICE 2

APÊNDICE 2

Mapas Temáticos Apresentados Com Projeções Em Perspectivas Angulares, Dispostos Conforme Nível Topográfico De 5 Em 5 Metros

COLUNA 1: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)

COLUNA 2: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (*Braided*) (Areias retalhadas por drenagens fluviais, exibindo estratificações cruzadas acanaladas)

COLUNA 3: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)

COLUNA 1

Mapas das Distribuições das Litofácies

FANGLOMERADOS (cor MARROM OCRE)

Sobrepostos aos Mapas do Embasamento

Cristalino Dispostos em **Projeções com**

Perspectiva de Observação Com Elevação de 15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste



845-850 metros



840-845 metros



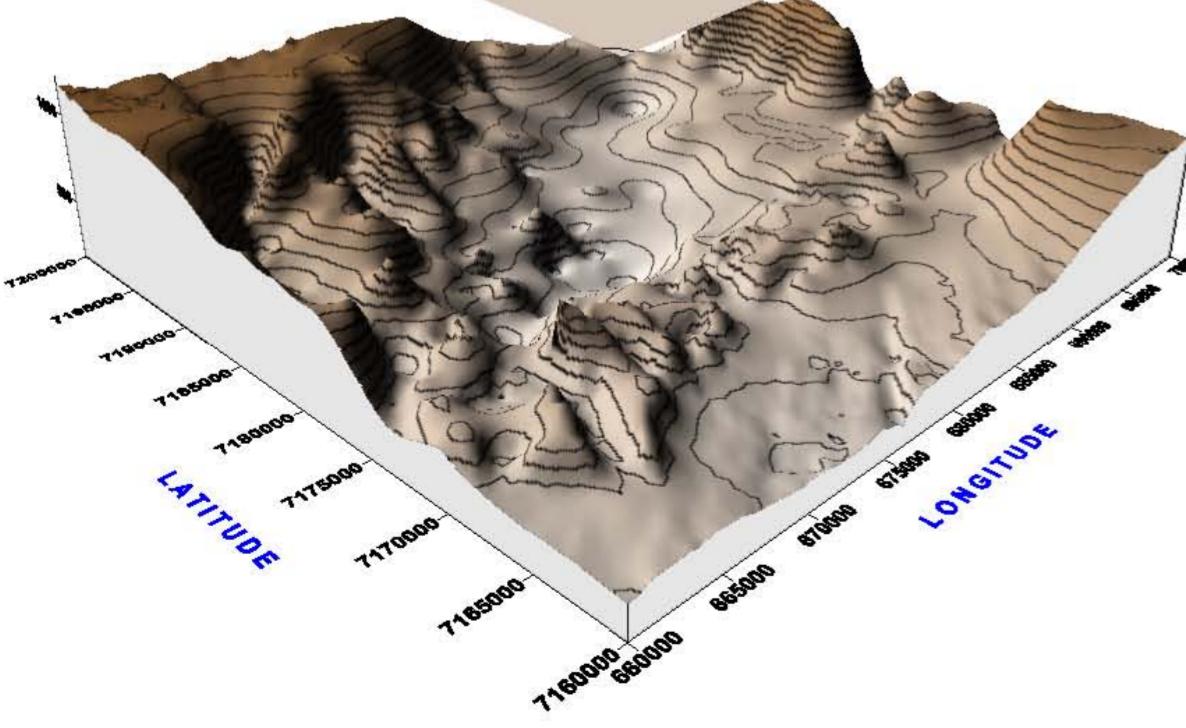
835-840 metros



830-835 metros



825-830 metros



810
820
830
840
850
860
870
880
890
900
910
920
930
940
950
960
970
980
990
1000
1010
1020
1030

LATITUDE
7160000 7165000 7170000 7175000 7180000 7185000 7190000
7160000 7165000 7170000 7175000 7180000 7185000 7190000
LONGITUDE
660000 670000 680000 690000 700000 710000 720000

COLUNA 2

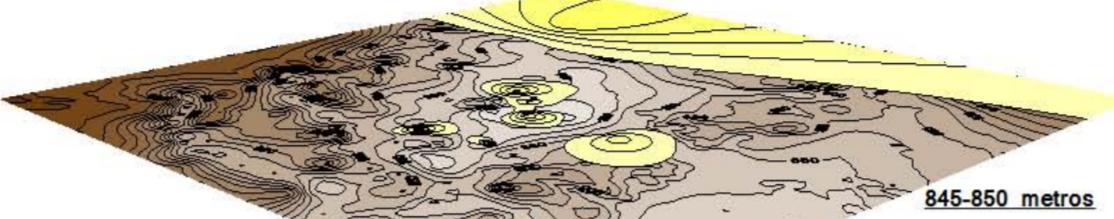
Mapas das Distribuições das Litofácies

AREIAS (cor AMARELA)

Sobrepostos aos Mapas do Embasamento

Cristalino Dispostos em **Projeções com**

Perspectiva de Observação Com Elevação de 15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste



845-850 metros



840-845 metros



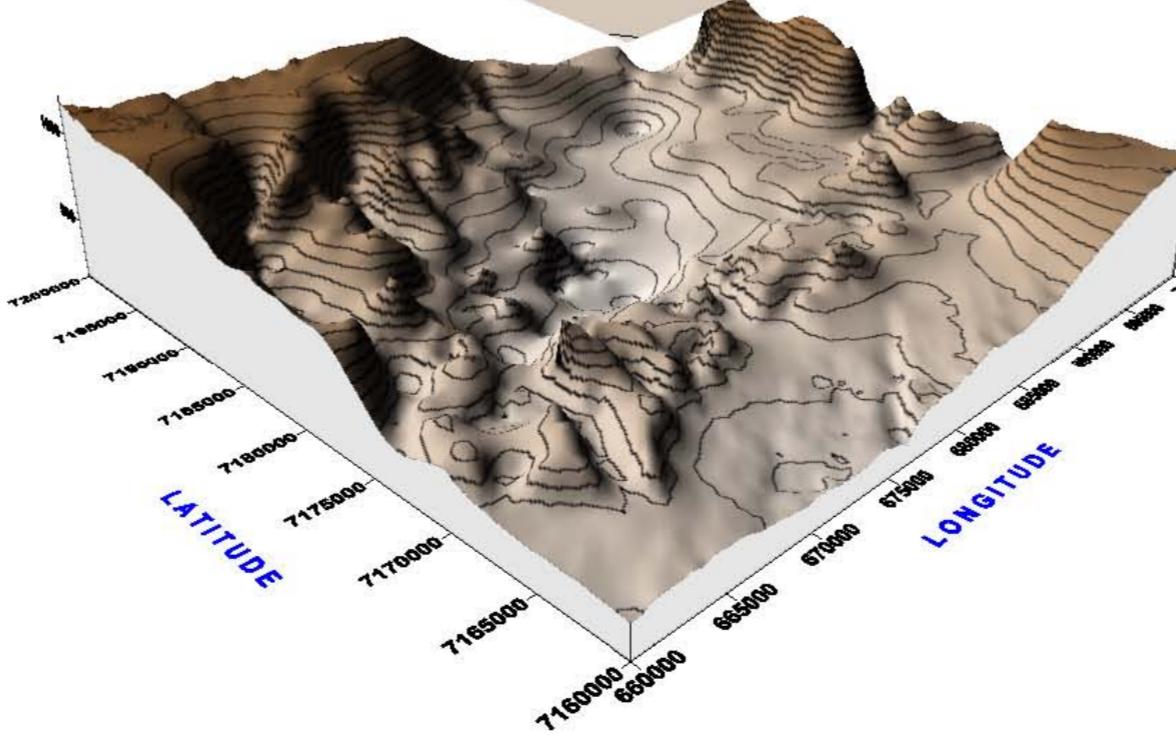
835-840 metros



830-835 metros



825-830 metros



810
820
830
840
850
860
870
880
890
900
910
920
930
940
950
960
970
980
990
1000
1010
1020
1030

LATITUDE
7160000 7165000 7170000 7175000 7180000 7185000 7190000
7160000 7165000 7170000 7175000 7180000 7185000 7190000
LONGITUDE
660000 670000 680000 690000 700000 710000 720000

COLUNA 3

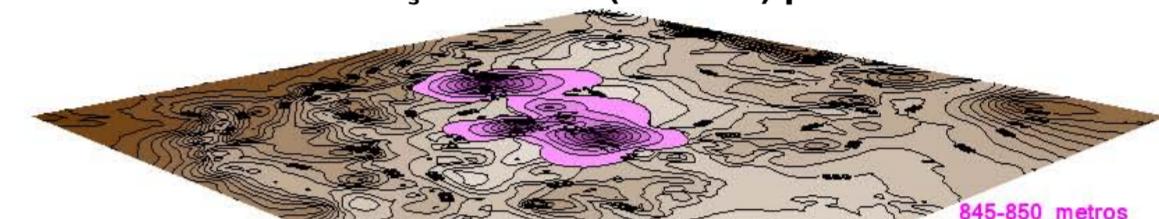
Mapas das Distribuições das Litofácies

ARGILAS (cor LILÁS)

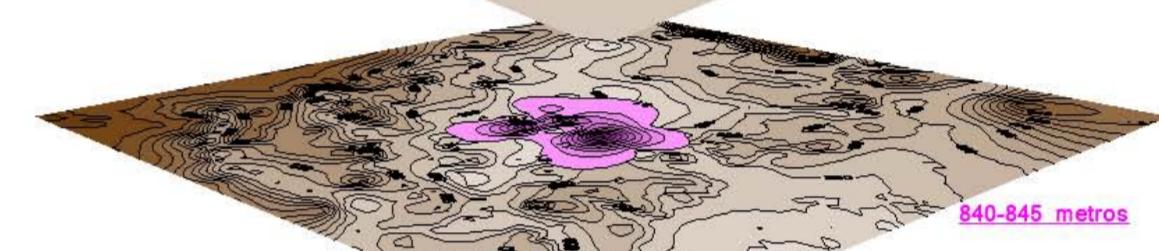
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento

Cristalino Dispostos em **Projeções com**

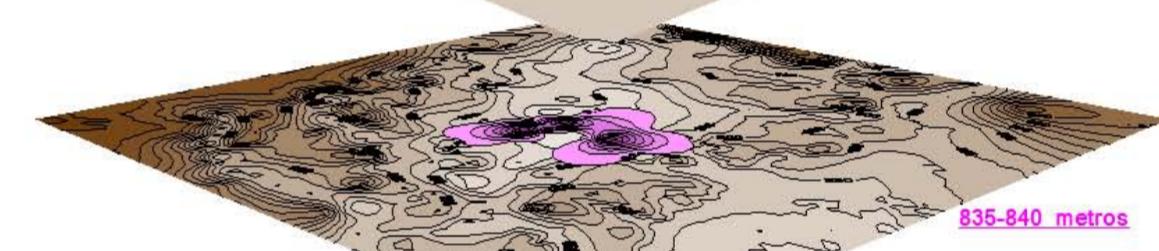
Perspectiva de Observação Com Elevação de 15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste



845-850 metros



840-845 metros



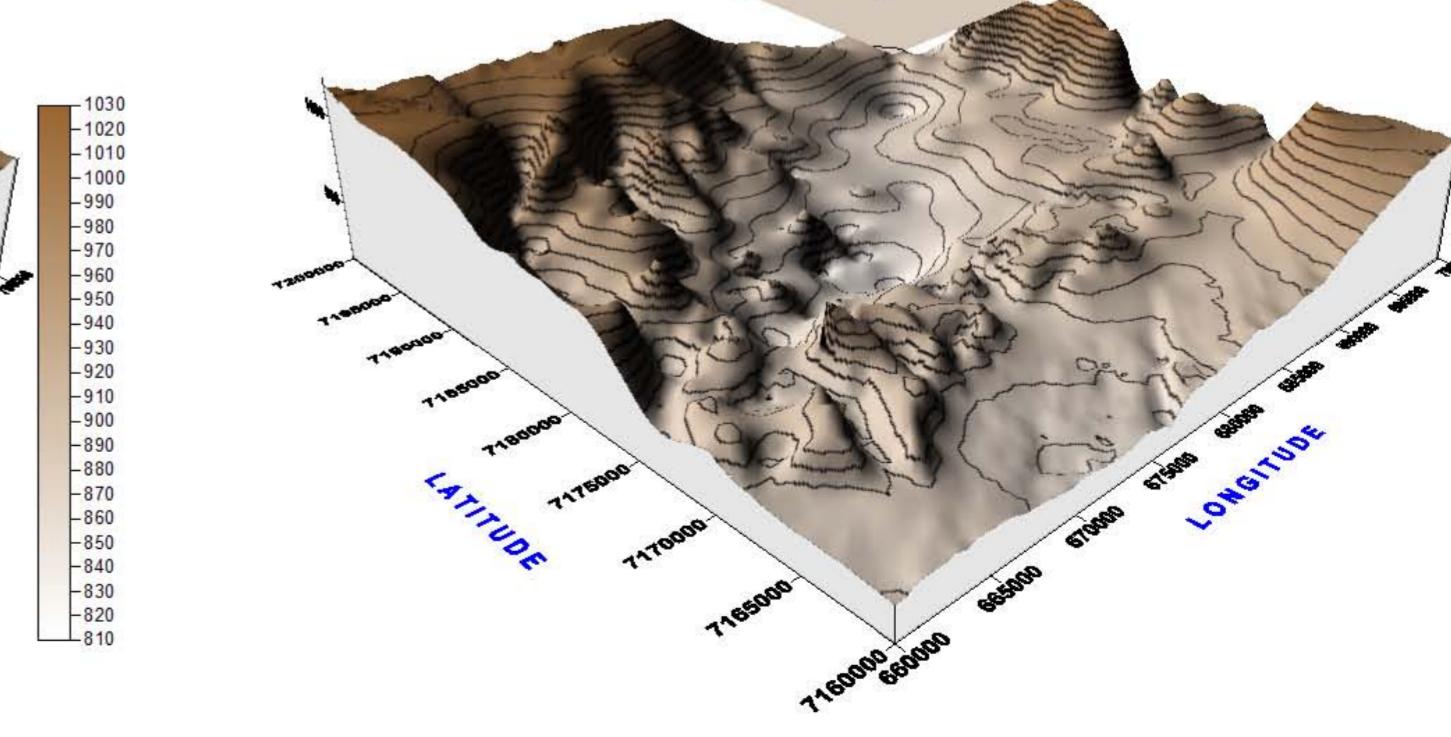
835-840 metros



830-835 metros



825-830 metros



810
820
830
840
850
860
870
880
890
900
910
920
930
940
950
960
970
980
990
1000
1010
1020
1030

LATITUDE
7160000 7165000 7170000 7175000 7180000 7185000 7190000
7160000 7165000 7170000 7175000 7180000 7185000 7190000
LONGITUDE
660000 670000 680000 690000 700000 710000 720000

APÊNDICE 2

Mapas Temáticos Apresentados Com Projeções Em Perspectivas Angulares, Dispostos Conforme Nível Topográfico De 5 Em 5 Metros

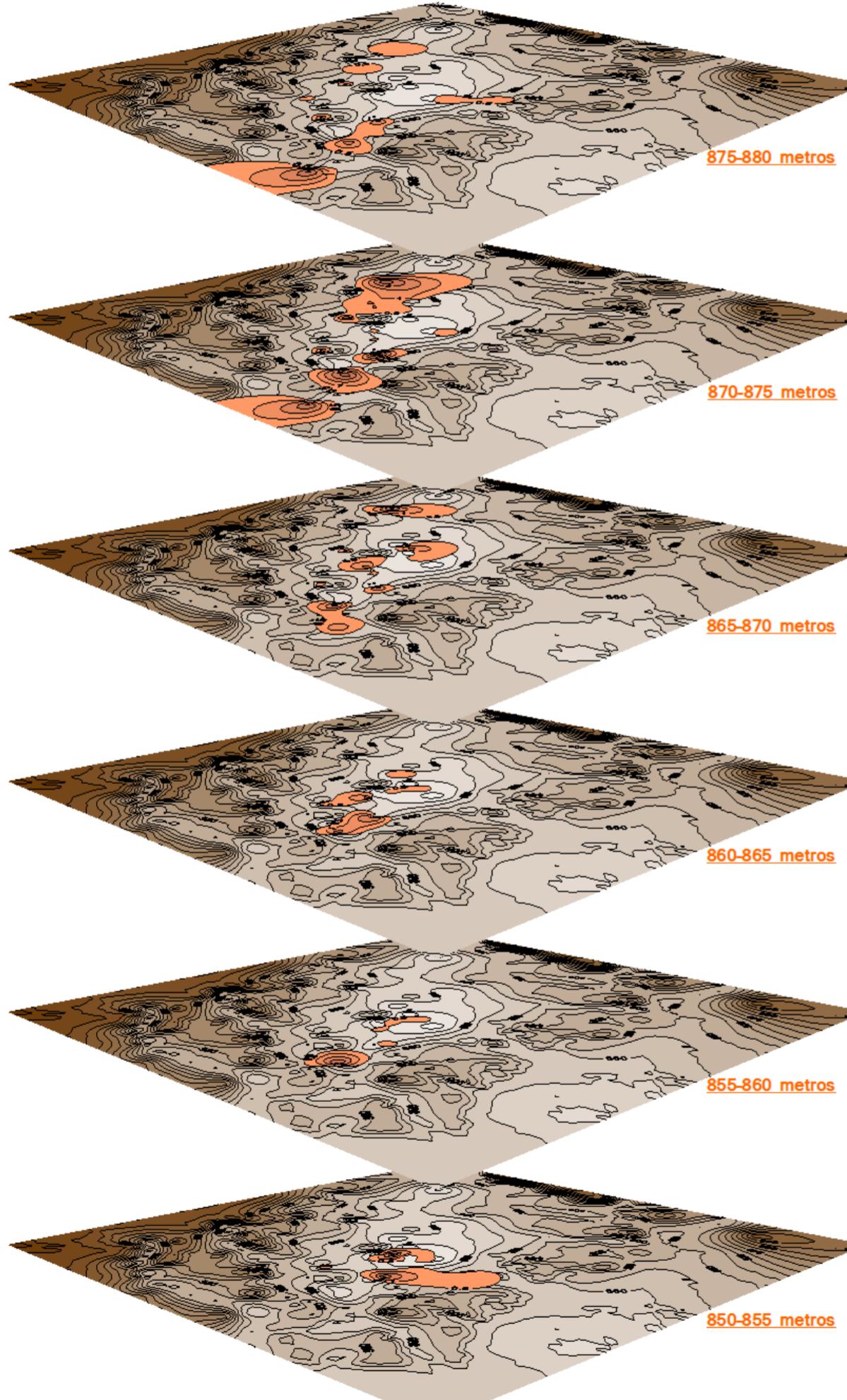
COLUNA 1: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)

COLUNA 2: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (*Braided*) (Areias retalhadas por drenagens fluviais, exibindo estratificações cruzadas acanaladas)

COLUNA 3: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)

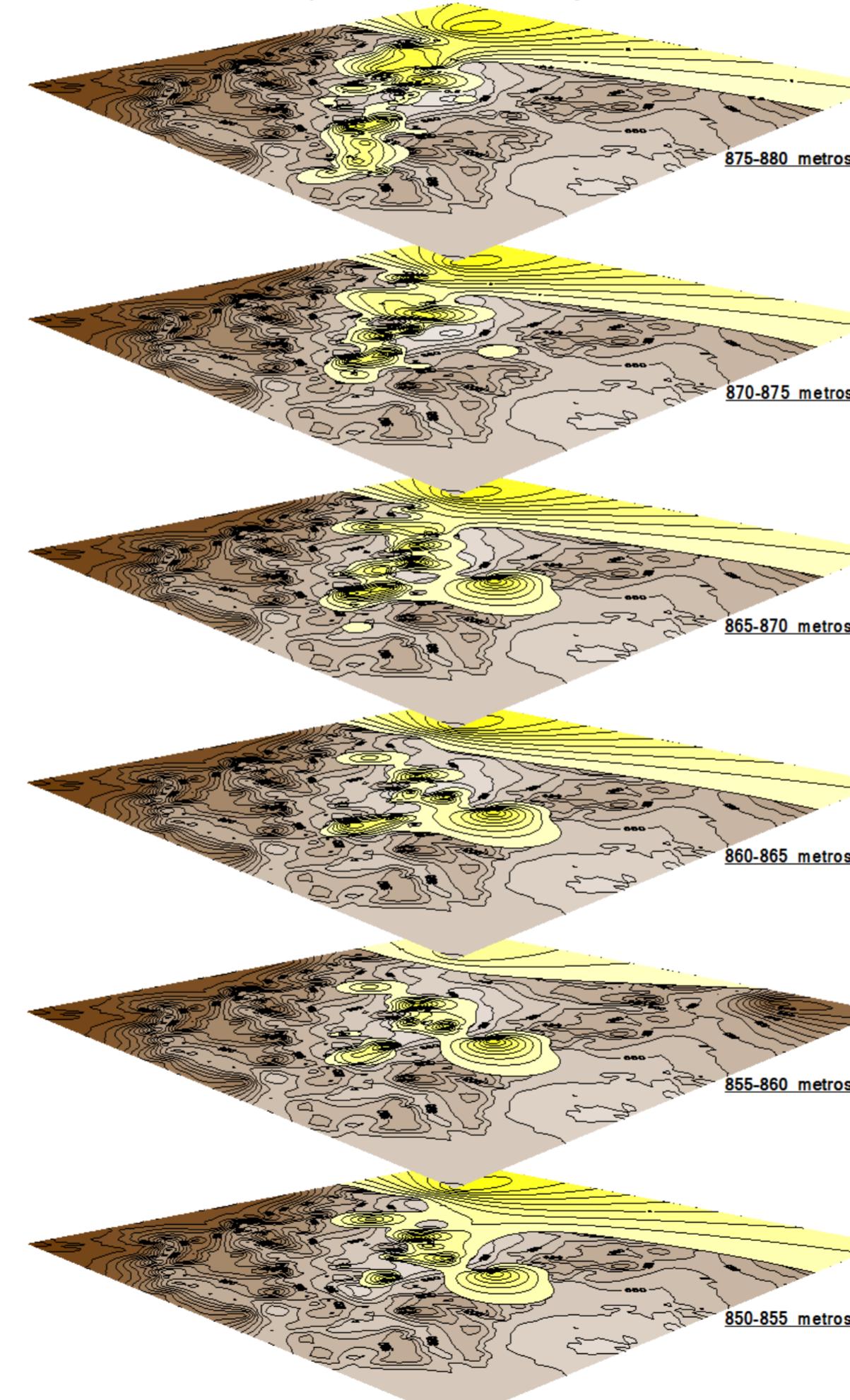
COLUNA 1

Mapas das Distribuições das Litofácies
FANGLOMERADOS (cor MARROM OCRE)
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento
Cristalino Dispostos em **Projeções com
Perspectiva de Observação Com Elevação de
15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste**



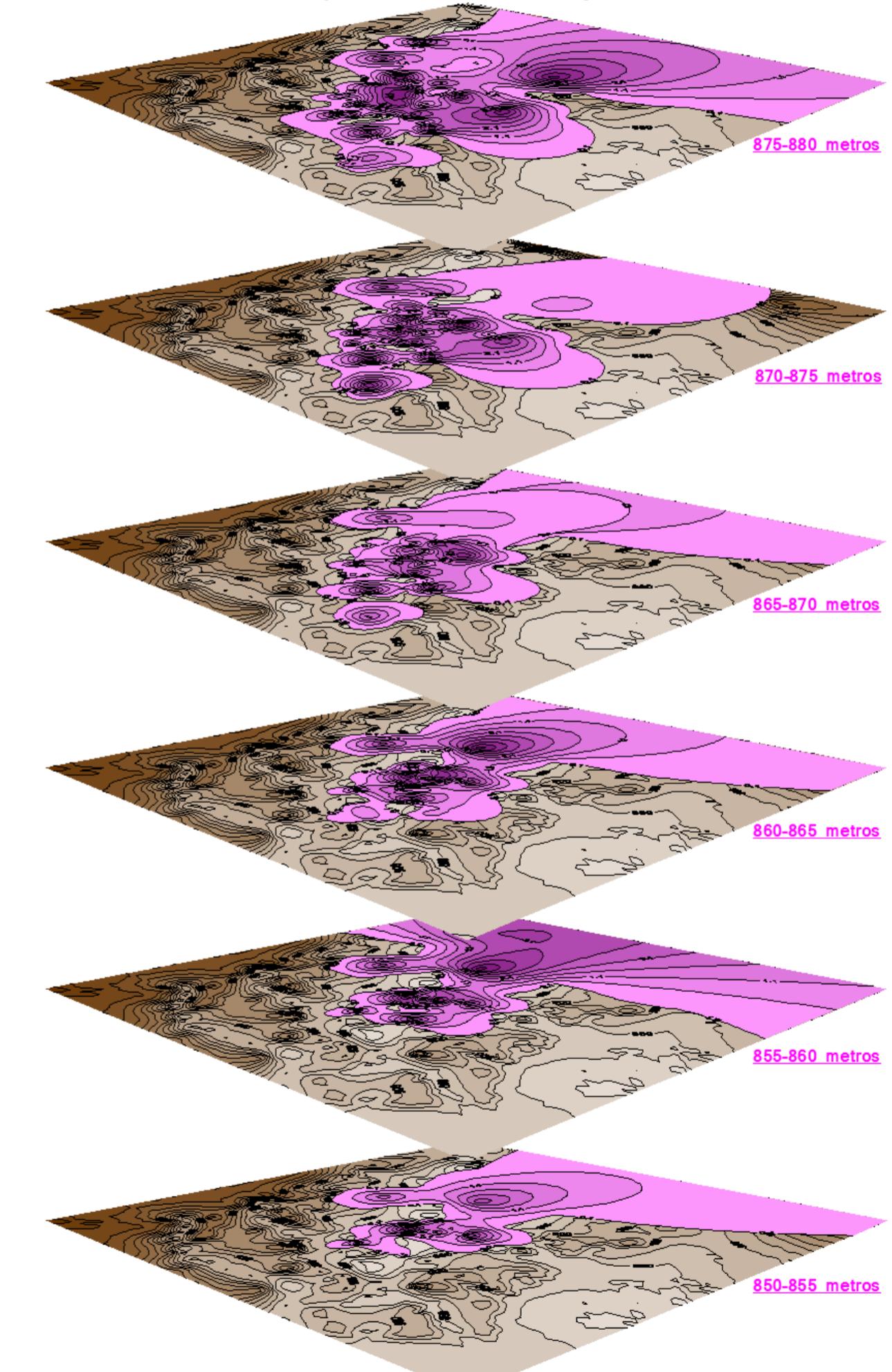
COLUNA 2

Mapas das Distribuições das Litofácies
AREIAS (cor AMARELA)
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento
Cristalino Dispostos em **Projeções com
Perspectiva de Observação Com Elevação de
15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste**



COLUNA 3

Mapas das Distribuições das Litofácies
ARGILAS (cor LILÁS)
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento
Cristalino Dispostos em **Projeções com
Perspectiva de Observação Com Elevação de
15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste**



APÊNDICE 2

Mapas Temáticos Apresentados Com Projeções Em Perspectivas Angulares, Dispostos Conforme Nível Topográfico De 5 Em 5 Metros

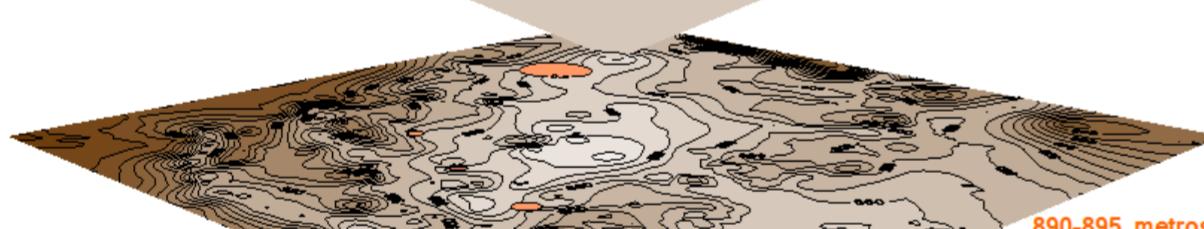
COLUNA 1: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)

COLUNA 2: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (*Braided*) (Areias retalhadas por drenagens fluviais, exibindo estratificações cruzadas acanaladas)

COLUNA 3: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)

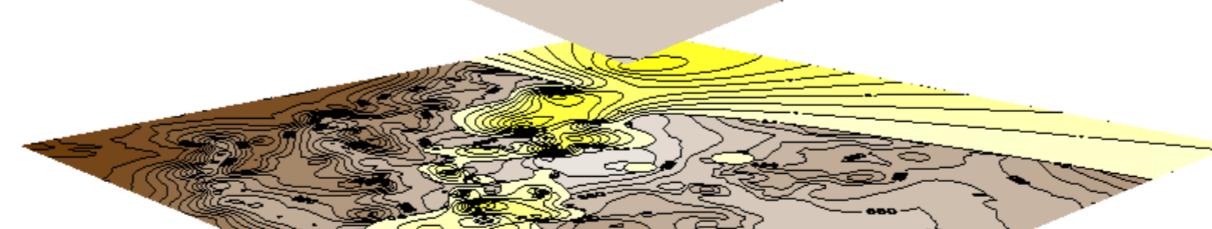
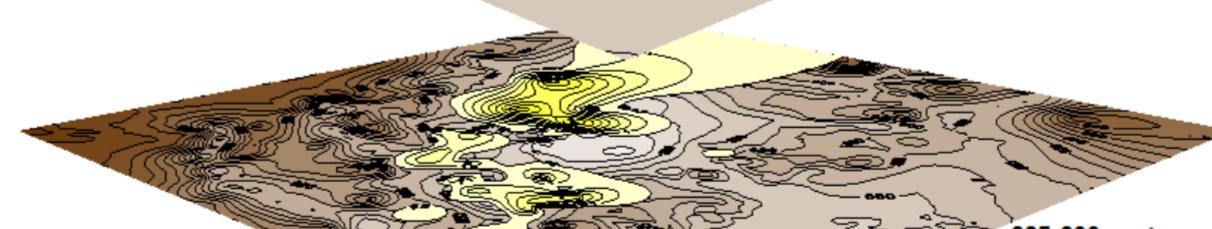
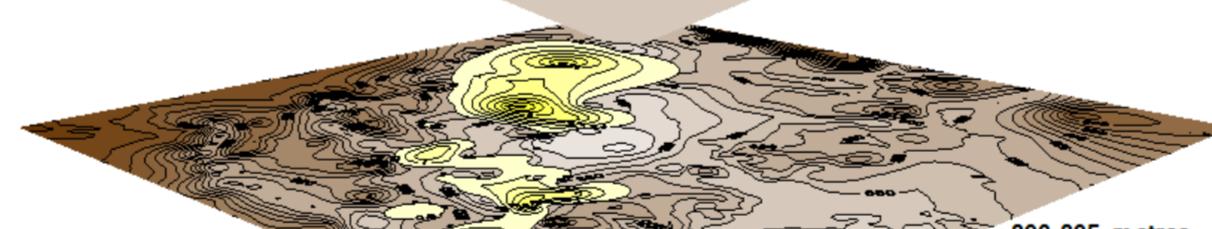
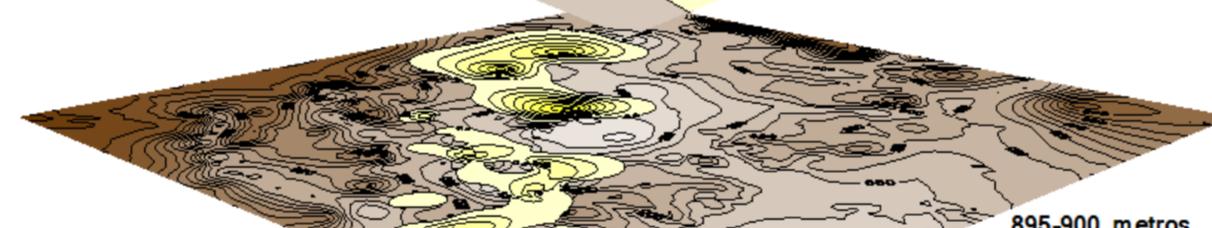
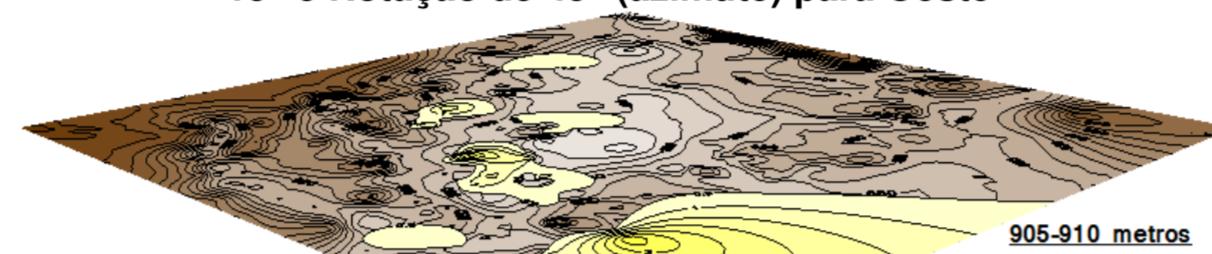
COLUNA 1

Mapas das Distribuições das Litofácies
FANGLOMERADOS (cor MARROM OCRE)
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento
Cristalino Dispostos em **Projeções com
Perspectiva de Observação Com Elevação de
15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste**



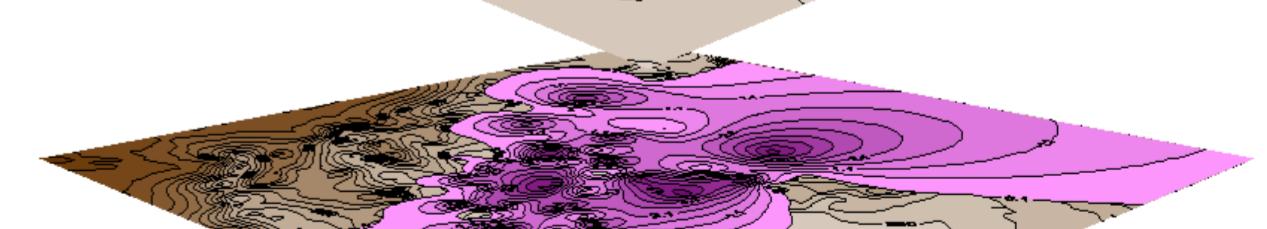
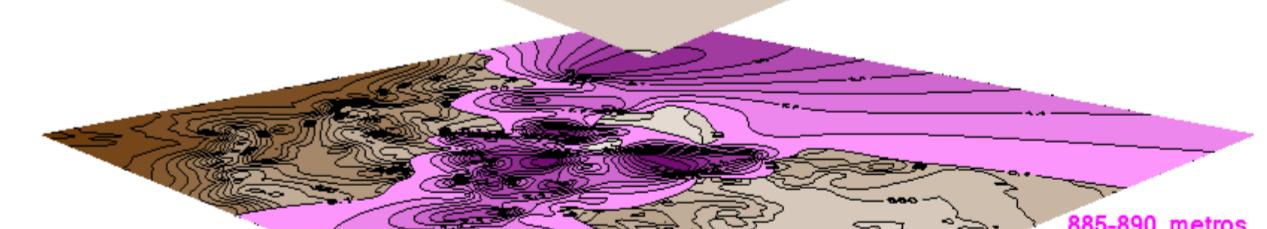
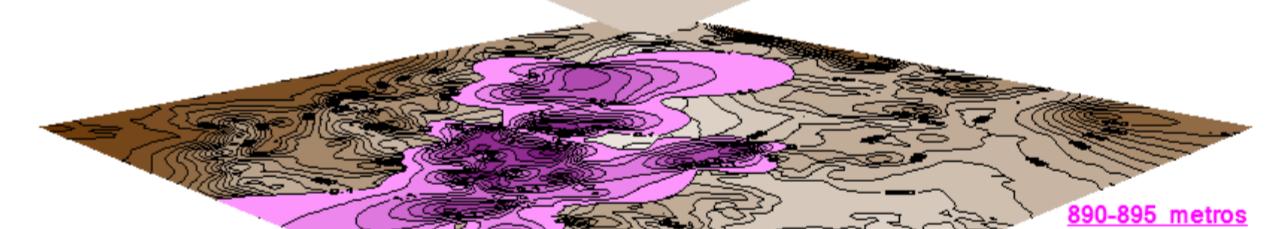
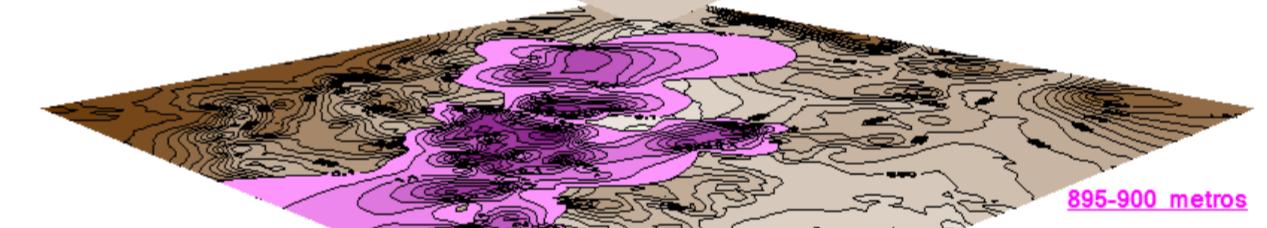
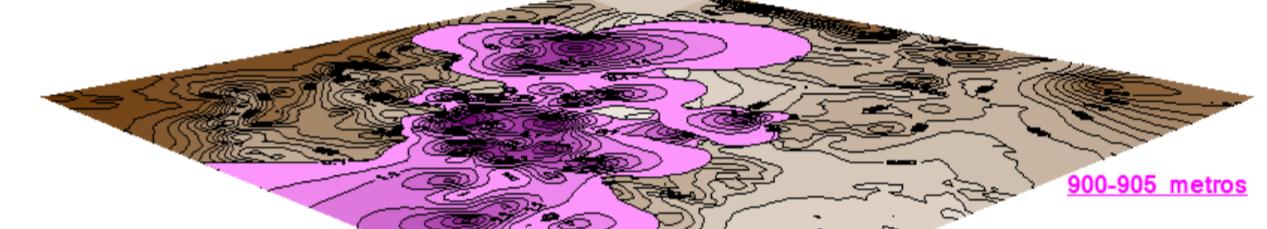
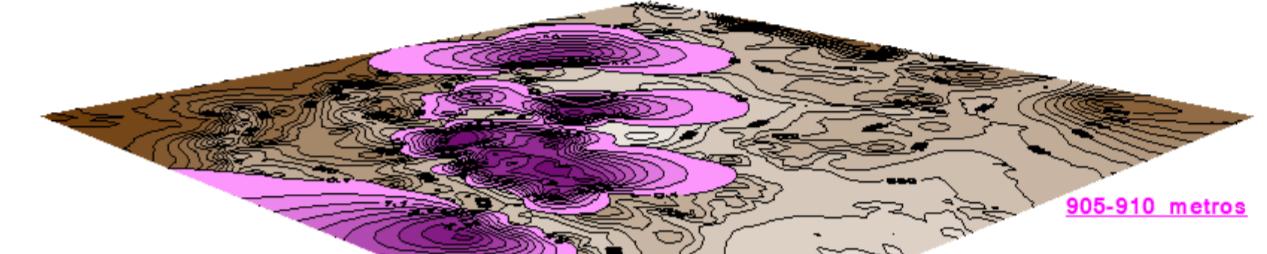
COLUNA 2

Mapas das Distribuições das Litofácies
AREIAS (cor AMARELA)
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento
Cristalino Dispostos em **Projeções com
Perspectiva de Observação Com Elevação de
15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste**



COLUNA 3

Mapas das Distribuições das Litofácies
ARGILAS (cor LILÁS)
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento
Cristalino Dispostos em **Projeções com
Perspectiva de Observação Com Elevação de
15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste**



APÊNDICE 2

Mapas Temáticos Apresentados Com Projeções Em Perspectivas Angulares, Dispostos Conforme Nível Topográfico De 5 Em 5 Metros

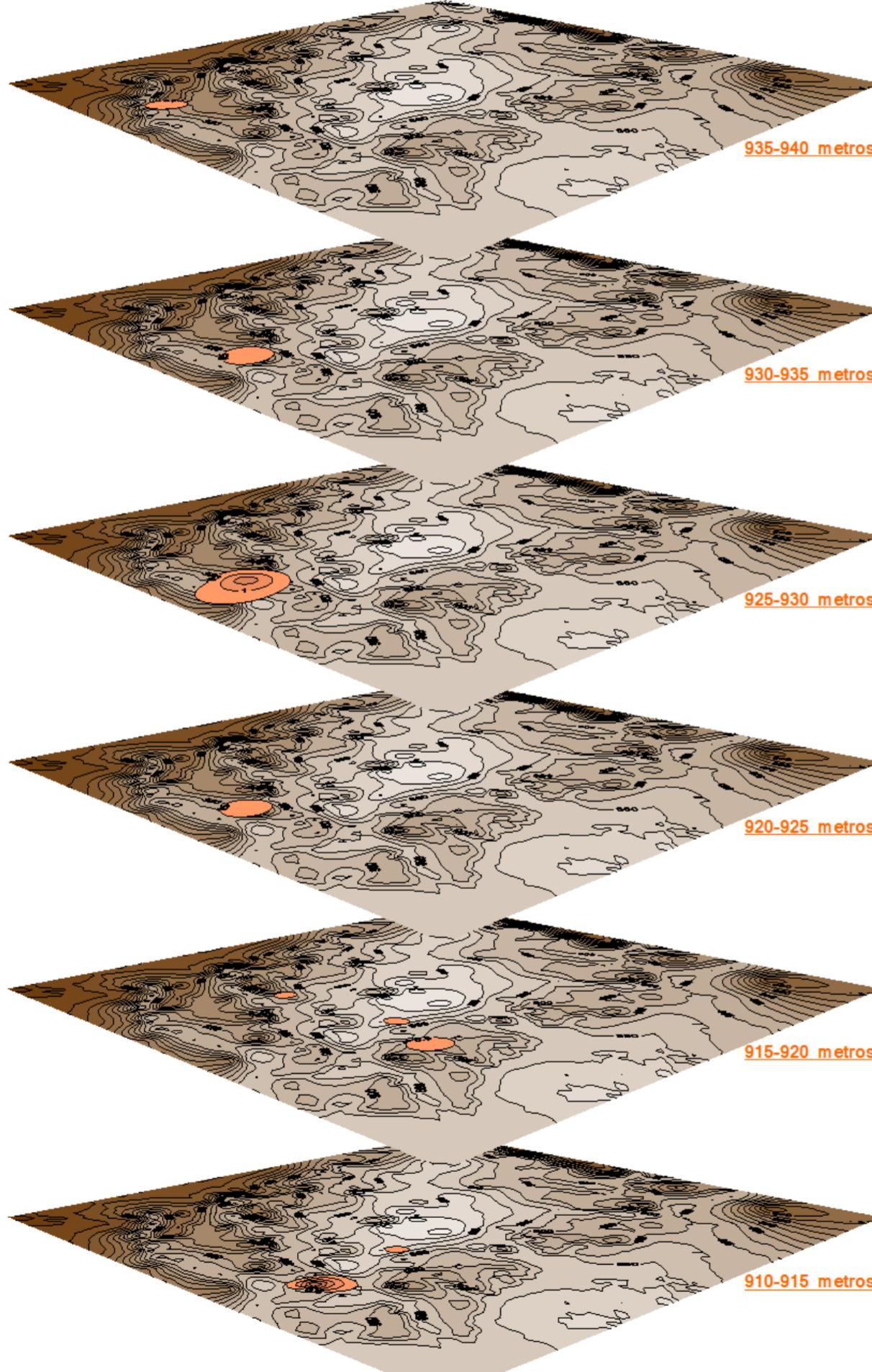
COLUNA 1: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)

COLUNA 2: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (*Braided*) (Areias retalhadas por drenagens fluviais, exibindo estratificações cruzadas acanaladas)

COLUNA 3: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)

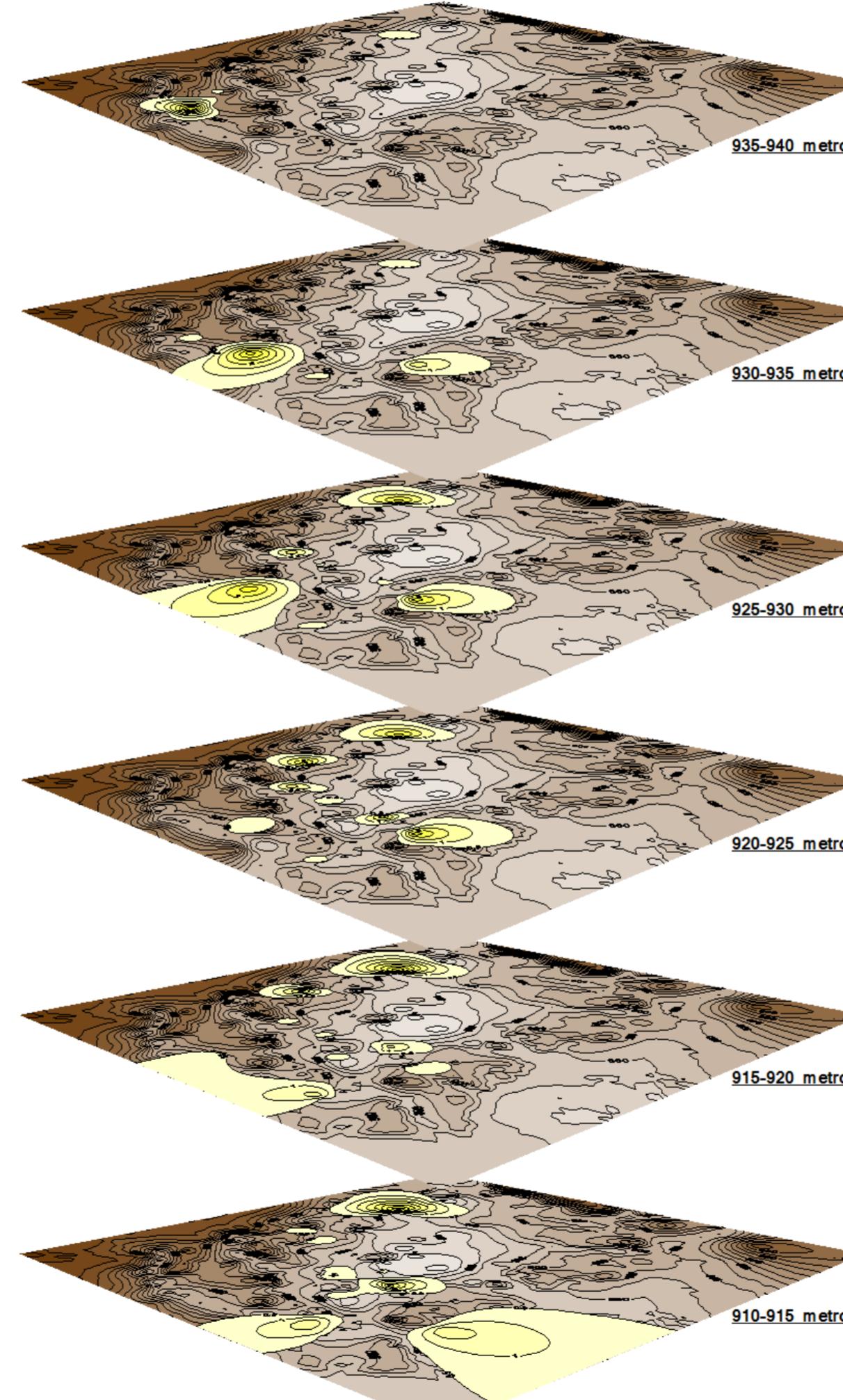
COLUNA 1

Mapas das Distribuições das Litofácies
FANGLOMERADOS (cor MARROM OCRE)
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento
Cristalino Dispostos em **Projeções com
Perspectiva de Observação Com Elevação de
15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste**



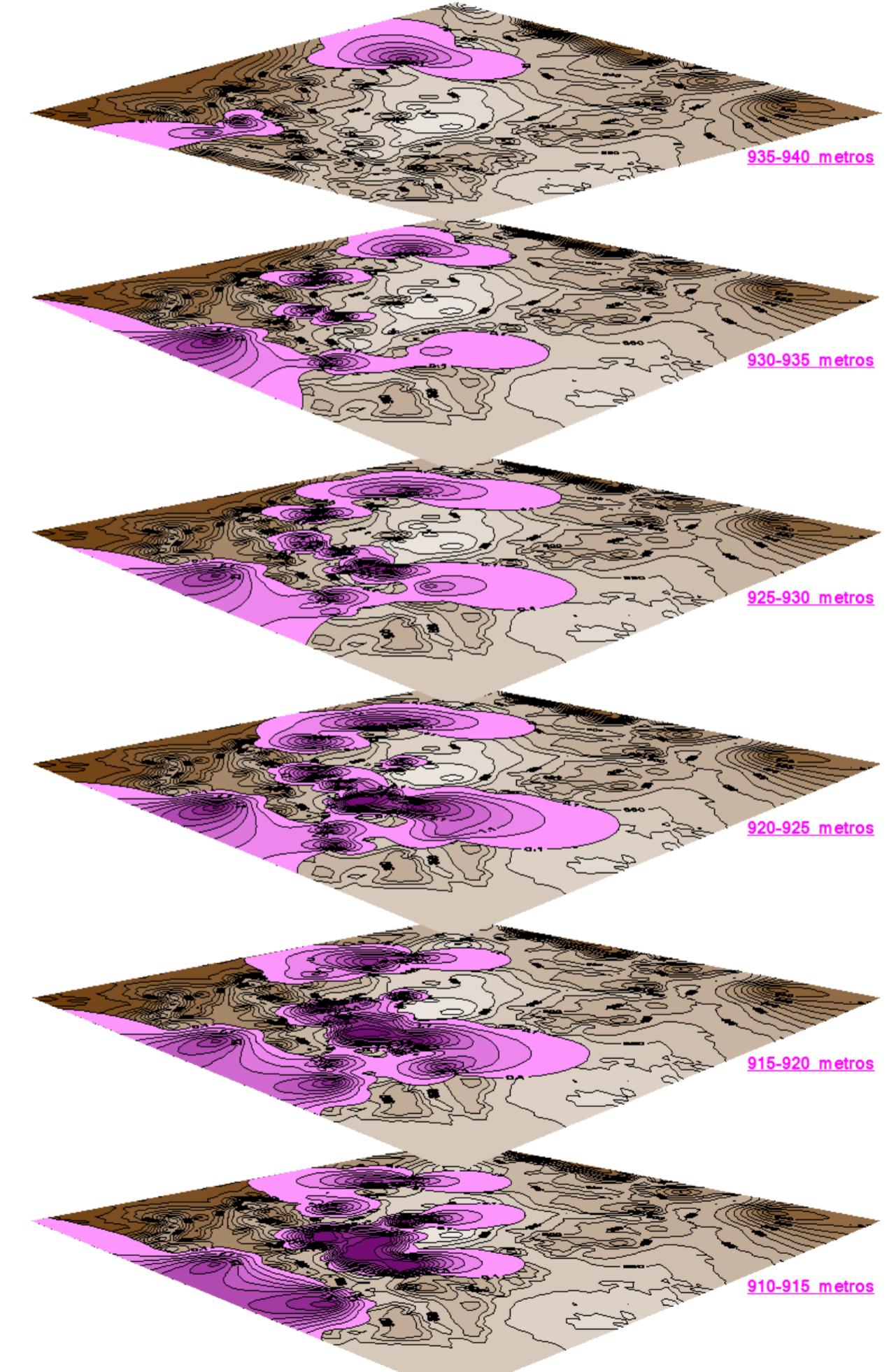
COLUNA 2

Mapas das Distribuições das Litofácies
AREIAS (cor AMARELA)
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento
Cristalino Dispostos em **Projeções com
Perspectiva de Observação Com Elevação de
15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste**



COLUNA 3

Mapas das Distribuições das Litofácies
ARGILAS (cor LILÁS)
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento
Cristalino Dispostos em **Projeções com
Perspectiva de Observação Com Elevação de
15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste**



APÊNDICE 2

Mapas Temáticos Apresentados Com Projeções Em Perspectivas Angulares, Dispostos Conforme Nível Topográfico De 5 Em 5 Metros

COLUNA 1: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Leques Aluviais Proximais (Fanglomerados, exibindo arcabouço seixoso)

COLUNA 2: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Fluvial Entrelaçado (*Braided*) (Areias retalhadas por drenagens fluviais, exibindo estratificações cruzadas acanaladas)

COLUNA 3: Projeções em Perspectivas das Distribuições das Ocorrências de Fácies Leques Aluviais Distais (Predominância de Argilas)

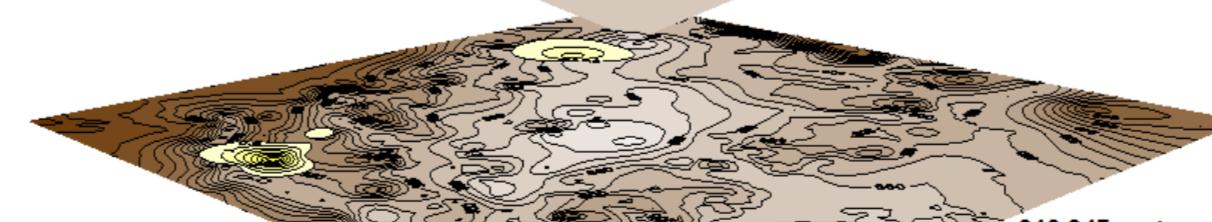
COLUNA 1

Mapas das Distribuições das Litofácies
FANGLOMERADOS (cor MARROM OCRE)
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento
Cristalino Dispostos em **Projeções com
Perspectiva de Observação Com Elevação de
15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste**



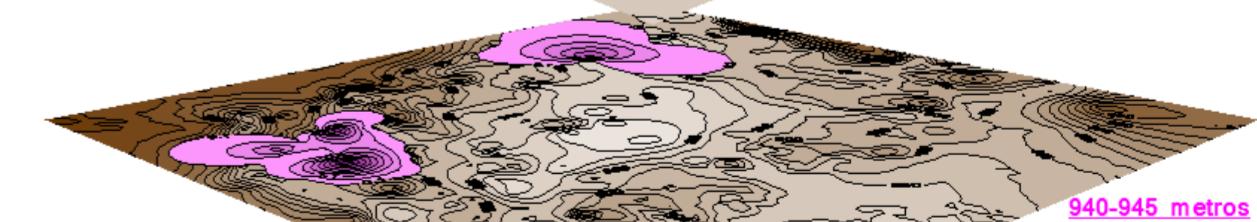
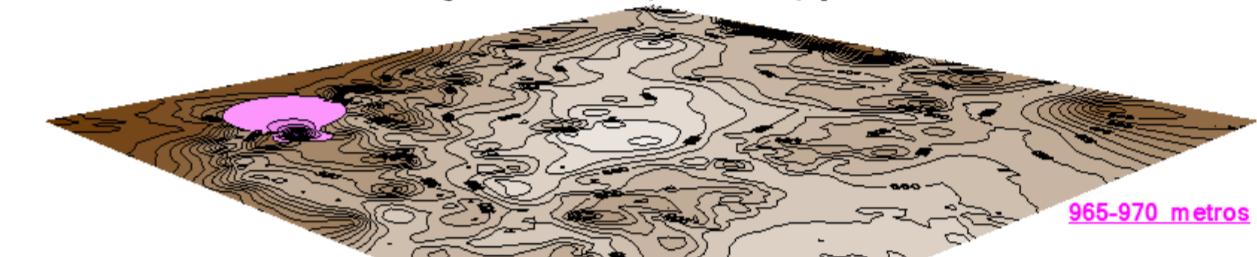
COLUNA 2

Mapas das Distribuições das Litofácies
AREIAS (cor AMARELA)
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento
Cristalino Dispostos em **Projeções com
Perspectiva de Observação Com Elevação de
15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste**



COLUNA 3

Mapas das Distribuições das Litofácies
ARGILAS (cor LILÁS)
Sobrepostos aos Mapas do Embasamento
Cristalino Dispostos em **Projeções com
Perspectiva de Observação Com Elevação de
15° e Rotação de 45° (azimute) para Oeste**



APÊNDICE 3

**PLANILHA
DOS POÇOS TUBULARES
PROFUNDOS**

**DESCRIÇÃO E SIGLAS USADAS NA PLANILHA EXCEL
BANCO DE DADOS**

Colunas	Descrição
A	Numeração seqüencial dos dados
B	Numeração dos poços tubulares profundos
C	Coordenada abscissa em metros
D	Coordenada ordenada em metros
E	TOP = cota altimétrica da boca do poço (em metros acima do nível do mar).
F	EMB = cota do contato dos sedimentos com o embasamento cristalino ("")
G	ISÓP = isópacas = espessura dos sedimentos da Bacia de Curitiba (em metros).
H	VAZ = vazões d'água dos poços.
I	N.D. = nível dinâmico.
J	N.E. = nível estático.
K	≠ = diferença entre os níveis dinâmico e estático.
L	E.A. = entradas d'água.
M	reg = regolito (ISÓLITAS TOTAIS POR POÇO)
N	fan = fanglomerado (ISÓLITAS TOTAIS POR POÇO)
O	are = areia (ISÓLITAS TOTAIS POR POÇO)
P	arg = argila (ISÓLITAS TOTAIS POR POÇO)
Q	aluv = aluvião (ISÓLITAS TOTAIS POR POÇO)
R	reg = regolito (PORCENTAGENS TOTAIS POR POÇO)
S	fan = fanglomerado (PORCENTAGENS TOTAIS POR POÇO)
T	are = areia (PORCENTAGENS TOTAIS POR POÇO)
U	arg = argila (PORCENTAGENS TOTAIS POR POÇO)
V	aluv = aluvião (PORCENTAGENS TOTAIS POR POÇO)
W	Coluna para separação dos dados
X	reg = regolito (isólita de regolito entre as cotas 810 a 815 metros)
Y	fan = fanglomerado (isólita de fanglomer entre as cotas 810 a 815 metros)
Z	are = areia (isólita de areia entre as cotas 810 a 815 metros)
AA	arg = argila (isólita de argila entre as cotas 810 a 815 metros)
AB	aluv = aluvião (isólita de aluvião entre as cotas 810 a 815 metros)
AC até HS	As colunas AC até HS apresentam as respectivas isólitas (reg, fan, are, arg e aluv) para os intervalos de cotas de 5 em 5 metros de 815/820 a 1005/1010 metros.
Linhas 153 a 157 e respectivas colunas	Linha 153 = valores mínimos de cada coluna; Linha 155 = valores médios de cada coluna (média aritmética simples); Linha 157 = valores máximos de cada coluna.

Nº ord	Nº poço	abscissa	ordenada	TOP	EMB	ISÓP	VAZ	N.D.	N.E.	≠
1	1	669560	7180680	896	891	5	13,00	28,00	16,00	12,00
2	2	670410	7178700	930	905	25	3,20	81,00	35,00	46,00
3	3	684580	7166350	885	885	0	26,67	53,00	7,20	45,80
4	6	673720	7185800	898	886	12	5,00	25,00	1,50	23,50
5	7-208	673440	7179260	918	866	52	8,00	60,00	32,00	28,00
6	10	673580	7185940	900	880	20	2,20	65,00	25,00	40,00
7	11	675900	7185560	892	886	6	0,00	-	-	-
8	12	668030	7189300	961	946	15	0,80	65,00	2,00	63,00
9	13	684310	7189890	900	872	28	3,00	48,00	20,00	28,00
10	15	683460	7166960	890	890	0	9,90	35,00	4,00	31,00
11	16	683060	7172860	895	895	0	1,90	82,00	4,00	78,00
12	21	669200	7170220	922	916	6	4,00	64,00	3,00	61,00
13	22	672860	7188000	915	915	0	44,00	-	2,00	-
14	24	671560	7181740	934	901	33	2,50	37,00	5,00	32,00
15	26	682800	7170700	916	916	0	15,30	33,00	10,00	23,00
16	28	670180	7178810	927	879	48	0,30	86,00	47,00	39,00
17	30-29	665640	7176540	910	880	30	26,67	66,30	4,00	62,30
18	31	673500	7186300	900	895	5	5,00	63,00	2,00	61,00
19	32	681960	7184530	893	866	27	8,00	30,00	2,00	28,00
20	33	681800	7184300	887	881	6	12,00	-	9,00	-
21	36	678760	7192400	947	947	0	9,00	18,00	10,00	8,00
22	37	684400	7183200	875	851	24	2,70	46,00	3,00	43,00
23	43	670600	7172880	933	918	15	13,20	45,00	5,00	40,00
24	44	680520	7173260	910	910	0	12,00	35,00	6,00	29,00
25	46	669130	7179880	911	888	23	0,60	66,00	24,00	42,00
26	48	667860	7174740	889	871	18	12,60	83,00	7,00	76,00
27	50-49	675800	7183500	884	874	10	4,50	90,00	1,00	89,00
28	51-52	683220	7169000	935	935	0	10,20	84,00	38,00	46,00
29	54	674600	7186800	894	888	6	18,00	20,00	13,00	7,00
30	56-55	672300	7183950	924	889	35	3,20	115,00	34,00	81,00
31	57	672590	7191120	970	970	0	12,00	38,00	1,00	37,00
32	61	676950	7174590	894	878	16	6,76	30,00	8,00	22,00
33	62	676340	7183760	895	876	19	3,42	76,00	5,00	71,00
34	68-67	664660	7186450	955	934	21	4,40	82,00	3,00	79,00
35	77	669590	7179340	919	868	51	2,20	75,00	35,00	40,00
36	83	675300	7183800	888	873	15	6,90	45,00	6,00	39,00
37	84	682180	7191390	905	893	12	2,10	43,00	10,00	33,00
38	85	667160	7189760	970	950	20	1,98	90,00	32,00	58,00
39	88	665260	7172720	905	865	40	2,00	79,00	18,00	61,00
40	89	671620	7175180	926	896	30	1,90	78,00	39,00	39,00
41	90	670280	7182710	917	887	30	7,50	54,00	13,00	41,00
42	94-95-93	668900	7168920	912	900	12	2,70	72,00	15,00	57,00
43	99	680410	7189110	905	845	60	5,80	75,00	50,00	25,00
44	102	668680	7183860	910	910	0	12,00	18,00	5,00	13,00
45	104	664950	7188000	955	935	20	4,80	35,00	10,00	25,00

46	105	678620	7170000	897	897	0	8,80	42,00	10,00	32,00
47	106	669750	7188120	910	910	0	6,50	59,00	5,00	54,00
48	109	676390	7188910	915	902	13	6,00	42,00	2,00	40,00
49	113-114	667000	7189750	970	949	21	1,80	54,00	22,00	32,00
50	119	676260	7180260	883	849	34	6,60	30,00		30,00
51	120-121	680450	7174220	899	879	20	4,95	60,00	20,00	40,00
52	122	677570	7182830	923	858	65	1,50	61,00	15,00	46,00
53	123	671870	7184770	927	912	15	6,40	78,00	15,00	63,00
54	125-124	673690	7186260	900	882	18	12,00	31,00	5,00	26,00
55	126	673520	7186090	896	883	13	2,70	148,00	11,00	137,00
56	127	671660	7176680	930	860	70	2,50	58,00	35,00	23,00
57	128	674300	7179800	916	856	60	6,00	50,00	38,00	12,00
58	130	663500	7172600	920	872	48	5,30	65,00	15,00	50,00
59	132	664580	7174760	922	904	18	2,50	72,00	12,00	60,00
60	133	675230	7184940	883	877	6	3,00	96,00	5,00	91,00
61	134	676660	7179350	882	844	38	4,00	40,00	5,00	35,00
62	135	669000	7174320	910	881	29	2,90	129,00	9,00	120,00
63	136-138	672270	7177050	922	852	70	0,10	74,00	8,00	66,00
64	137	672040	7177120	925	845	80	2,00	87,00	6,00	81,00
65	139	671700	7176960	931	850	81	8,00	65,00	52,00	13,00
66	141	671500	7177170	930	851	79	4,80	72,00	45,00	27,00
67	142	673800	7186780	910	892	18	2,50		52,00	-52,00
68	143	662850	7186600	925	925	0	7,20	10,00	4,00	6,00
69	144	674480	7184680	895	877	18	4,00	55,00	5,00	50,00
70	145	671500	7188110	945	945	0	8,80	31,00	18,00	13,00
71	146-157	670800	7180420	918	882	36	2,30	88,00	42,00	46,00
72	147-148-149	668980	7184020	934	934	0	2,25	73,00	17,00	56,00
73	151	673720	7191560	940	940	0	3,00	54,00	5,00	49,00
74	152	685450	7198150	930	930	0	10,00	15,00	2,00	13,00
75	155	674450	7186410	896	891	5	0,20	70,00	4,00	66,00
76	156	669540	7173400	912	897	15	7,00	72,00	5,00	67,00
77	158	669800	7186140	895	885	10	8,00	24,00	5,00	19,00
78	160	679040	7186440	897	872	25	6,00	50,00	1,00	49,00
79	168	671850	7183300	917	876	41	0,10	85,00	53,00	32,00
80	170	674800	7195280	1009	1009	0	2,00	44,00	5,00	39,00
81	171	684910	7176600	892	874	18	4,80		15,00	-15,00
82	172	670940	7188100	930	930	0	4,00	32,00	6,00	26,00
83	174	668060	7178600	891	879	12	9,00	60,00	12,00	48,00
84	176	673410	7179340	917	862	55	14,50	45,00	20,00	25,00
85	177	674000	7189200	905	905	0	4,00	62,00	2,00	60,00
86	178	665210	7175080	932	907	25	7,20	45,00	30,00	15,00
87	179	678840	7181420	915	867	48	0,60	80,00	28,00	52,00
88	180	670050	7188200	900	900	0	7,50	70,00	0,00	70,00
89	181	671000	7180600	921	881	40	0,80	85,00	40,00	45,00
90	182	679230	7182890	910	840	70	5,50	55,00	20,00	35,00
91	184	681500	7174900	889	882	7	3,50	52,00	2,00	50,00
92	190	680360	7176960	870	858	12	0,60	71,00	12,00	59,00
93	191	666500	7188750	960	950	10	7,76	65,00	15,00	50,00

94	192	692180	7192000	895	845	50	2,20	64,00	17,00	47,00
95	193	678460	7181120	885	825	60	0,10	78,00	35,00	43,00
96	194	663820	7173020	928	892	36	2,80	72,00	25,00	47,00
97	196	667980	7182500	950	950	0	12,00	45,00	12,00	33,00
98	197	665400	7170660	895	877	18	3,00	85,00	2,00	83,00
99	198	665600	7170140	909	905	4	4,00	65,00	0,00	65,00
100	199	664200	7170800	908	887	21	2,60	68,00	1,00	67,00
101	201	667920	7175840	895	865	30	24,80	33,00	6,00	27,00
102	202	668100	7176010	892	855	37	14,00	31,00	3,00	28,00
103	203-204	674180	7180180	916	863	53	0,10	100,00	33,00	67,00
104	206	666380	7190150	985	985	0	0,60	41,00	9,00	32,00
105	207	671500	7182020	935	879	56	3,00	95,00	50,00	45,00
106	212	677480	7177440	890	834	56	9,60	40,00	12,00	28,00
107	213	677250	7177780	890	835	55	4,80	60,00	18,00	42,00
108	215	672060	7189070	978	978	0	8,00	38,00	8,00	30,00
109	216	677240	7182140	915	880	35	9,90	70,00	21,00	49,00
110	217	668400	7189100	956	937	19	2,00	38,00	6,00	32,00
111	218	668160	7189000	950	935	15	3,00	40,00	5,00	35,00
112	219	668160	7189700	963	947	16	3,50	30,00	12,00	18,00
113	221	676800	7173800	895	847	48	3,60	45,00	7,00	38,00
114	222	675920	7181180	883	830	53	7,20	46,00	25,00	21,00
115	223	676340	7190100	935	916	19	3,20		96,00	-96,00
116	224	665900	7185900	963	953	10	5,00	50,00	10,00	40,00
117	225	686850	7191750	951	881	70	6,84	60,00	30,00	30,00
118	226	686450	7191360	930	865	65	5,00	79,00	35,00	44,00
119	228-229	671860	7177240	925	847	78	3,39	78,00	37,00	41,00
120	231	664660	7168060	912	912	0	8,00	90,00	7,00	83,00
121	232	664480	7167970	908	908	0	6,00	66,00	3,00	63,00
122	234	668980	7177850	925	857	68	0,30	55,00	32,00	23,00
123	236	677600	7191920	925	913	12	2,00	84,00	30,00	54,00
124	237-299	669160	7180140	905	875	30	0,80	40,00	15,00	25,00
125	239	671700	7188200	962	962	0	6,60	44,00	8,00	36,00
126	240	671860	7185910	930	918	12	6,50	93,00	21,00	72,00
127	241	665900	7184280	962	940	22	1,00	43,00	17,00	26,00
128	242	663400	7183120	935	911	24	12,00	40,00	10,00	30,00
129	243	675580	7183920	884	866	18	1,30		40,00	-40,00
130	255	674320	7180100	915	850	65	7,20	65,00	45,00	20,00
131	256	677620	7184050	910	870	40	0,10	70,00	35,00	35,00
132	259-260	669360	7174220	920	900	20	0,60	73,00	12,00	61,00
133	261	669490	7178910	928	886	42	1,50	70,00	45,00	25,00
134	262	665280	7181240	935	923	12	5,80	60,00	8,00	52,00
135	263-264	677540	7179480	876	852	24	0,00			0,00
136	265	671190	7174300	925	863	62	0,30	83,00	32,00	51,00
137	270-271	672100	7182360	915	882	33	7,50	63,00	26,00	37,00
138	280	674000	7189850	910	910	0	15,00	40,00	6,40	33,60
139	281	671660	7184500	935	907	28	3,30	143,00	31,00	112,00
140	300	671280	7181000	924	840	84	4,00	80,00	52,00	28,00
141	301	660230	7168660	885	885	0	9,50	51,00	6,00	45,00

142	302	660920	7169840	905	902	3	1,50	70,00	16,00	54,00
143	303	663630	7172680	925	875	50	2,00	63,00	17,00	46,00
144	304	665600	7169800	906	906	0	12,00	60,00	5,00	55,00
145	305	665800	7171000	890	878	12	18,00	28,00	1,00	27,00
146	306	683300	7192600	928	893	35	10,00		36,00	-36,00
147	310	674300	7178200	915	851	64	5,00	90,00	30,00	60,00
148	319	669740	7174640	915	879	36				0,00
	1	660230	7166350	870	825	0	0,00	10,00	0,00	-96,00
				917	891	25	5,97	60,39	17,21	40,46
	319	692180	7198150	1009	1009	84	44,00	148,00	96,00	137,00
							2 POÇO SECOS			

E. A.	I	SÓ	LI	TA	S	PO	RCE	NTA	GEN	S
	T	O	TA	I	S	T	O	TA	I	S
	reg	fan	are	arg	aluv	reg	fan	are	arg	alu
85	5	0	0	0	5		0,00	0,00	0,00	
68-82	0	0	2	23	0		0,00	8,00	92,00	
37-53-104	30	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
13-61	1	1	1	2	8		25,00	25,00	50,00	
22-91-127-168	0	2	2	48	0		3,85	3,85	92,30	
80-85	0	3	4	3	10		30,00	40,00	30,00	
SEM	0	0	0	0	6		0,00	0,00	0,00	
17-27	3	0	1	14	0		0,00	6,66	93,34	
28-59	2	4	16	8	0		14,29	57,14	28,57	
49-100-114	45	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
15	3	0	0	0	2		0,00	0,00	0,00	
20	0	0	0	6	0		0,00	0,00	100,00	
50-65	24	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
27	0	0	12	21	0		0,00	36,36	63,64	
42-123-145	54	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
72	0	0	5	43	0		0,00	10,42	89,58	
36-42-78	0	4	6	14	6		16,67	25,00	58,33	
?	0	0	2	3	0		0,00	40,00	60,00	
26-42	0	3	14	10	0		11,11	51,85	37,04	
30-64-80	0	0	0	4	2		0,00	0,00	100,00	
27-35-58-73-113	38	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
20-42-84	0	0	1	14	9		0,00	6,67	93,33	
30-105-115	20	1	9	5	0		6,67	60,00	33,33	
35-45-95-110-139	15	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
20-24	3	0	2	21	0		0,00	8,70	91,30	
158-247	0	6	6	0	6		50,00	50,00	0,00	
16-70-130	0	1	1	3	5		20,00	20,00	60,00	
80-102	12	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
23	0	0	0	0	6		0,00	0,00	0,00	
63-187	10	0	5	30	0		0,00	14,29	85,71	
57	10	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
16-47	0	0	0	16	0		0,00	0,00	100,00	
35-125-131	2	0	3	16	0		0,00	15,79	84,21	
42-150-238	5	0	16	5	0		0,00	76,19	23,81	
31-113	22	5	5	41	0		9,80	9,80	80,40	
20-36-56-95	0	1	6	8	0		6,67	40,00	53,33	
112-142	0	0	7	5	0		0,00	58,33	41,67	
40-142	25	2	2	16	0		10,00	10,00	80,00	
31-41-162	0	2	15	23	0		5,00	37,50	57,50	
47-161-186	6	2	6	22	0		6,67	20,00	73,33	
23-39-52-64-95	0	0	5	25	0		0,00	16,67	83,33	
28	0	3	9	0	0		25,00	75,00	0,00	
82-141	0	1	21	38	0		1,67	35,00	63,33	
25-66-115	14	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
27-85	4	3	9	8	0		15,00	45,00	40,00	

33-70-78	35	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
51-125	7	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
15-17-54	2	0	6	7	0	0,00	46,15	53,85	
34-112	24	3	2	16	0	14,29	9,52	76,19	
10	2	6	20	3	5	20,69	68,97	10,34	
24-50-60	0	1	1	18	0	5,00	5,00	90,00	
25	0	2	23	40	0	3,08	35,38	61,54	
140-145-150	0	0	2	13	0	0,00	13,33	86,67	
13-81	0	1	6	11	0	5,56	33,33	61,11	
115-235-287	0	0	3	10	0	0,00	23,08	76,92	
56-65-74	0	11	19	40	0	15,72	27,14	57,14	
60-70-105-118	6	1	9	50	0	1,67	15,00	83,33	
22-43-110	7	6	6	36	0	12,50	12,50	75,00	
45	0	0	4	8	6	0,00	33,33	66,67	
146-178-248	6	0	0	0	6	0,00	0,00	0,00	
13-39	7	0	9	18	11	0,00	33,33	66,67	
175-198	0	4	12	13	0	13,79	41,38	44,83	
16	8	6	17	45	2	8,82	25,00	66,18	
37-53-66-78-100	0	0	54	26	0	0,00	67,50	32,50	
60-70-81-113	0	1	22	58	0	1,23	27,16	71,61	
50	6	2	33	44	0	2,53	41,77	55,70	
25-35-196	0	3	7	7	1	17,64	41,18	41,18	
23	4	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
92-100	0	2	6	10	0	11,10	33,34	55,56	
22-89-105	35	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
51-140	12	0	5	31	0	0,00	13,89	86,11	
40-52-73	18	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
75	10	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
12-29-50-110	16	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
15	0	0	0	0	5	0,00	0,00	0,00	
45-115-149	0	1	2	7	5	10,00	20,00	70,00	
19-46	5	0	0	0	10	0,00	0,00	0,00	
15-54	0	2	23	0	0	8,00	92,00	0,00	
30	3	1	7	33	0	2,44	17,07	80,49	
26-41	17	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
85	0	0	0	12	6	0,00	0,00	100,00	
17-41	16	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
72-109	0	0	0	0	12	0,00	0,00	0,00	
49-84-87-110-120	0	0	11	44	0	0,00	20,00	80,00	
?	0	0	0	0	5	0,00	0,00	0,00	
26-43-58	0	5	4	16	0	20,00	16,00	64,00	
72-75	0	2	18	28	0	4,17	37,50	58,33	
16-42-63-95	20	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
53-165	2	2	9	29	0	5,00	22,50	72,50	
28-43-58	0	4	55	11	0	5,72	78,57	15,71	
13-72-84	3	1	1	2	3	25,00	25,00	50,00	
17	6	0	0	0	12	0,00	0,00	0,00	
18-30-45-165	5	3	1	1	5	60,00	20,00	20,00	

30-41-56	0	2	36	7	5		4,44	80,00	15,56	
?	0	0	17	43	0		0,00	28,33	71,67	
32-53-105	0	1	11	24	0		2,77	30,56	66,67	
12-28-70-87	27	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
28-70	0	0	7	11	0		0,00	38,89	61,11	
18-92	5	0	0	0	4		0,00	0,00	0,00	
28-73	0	11	2	8	0		52,38	9,52	38,10	
31-41-48	0	5	6	19	0		16,67	20,00	63,33	
31-45-71-102	19	5	6	20	6		16,13	19,35	64,52	
50-60	0	5	8	40	0		9,43	15,09	75,48	
25-32	20	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
?	0	0	11	45	0		0,00	19,64	80,36	
22-38-49-68-88-118	4	2	6	48	0		3,57	10,71	85,72	
27-37-55-57	5	4	18	33	0		7,27	32,73	60,00	
23-26-58-88	25	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
31-43-190-195	10	0	10	25	0		0,00	28,57	71,43	
17-27	4	0	3	16	0		0,00	15,79	84,21	
24	0	0	3	12	0		0,00	20,00	80,00	
?	0	0	1	12	3		0,00	7,69	92,31	
43-65	0	2	22	12	12		5,56	61,11	33,33	
28-85-87-115	0	3	4	46	0		5,66	7,55	86,79	
?	3	0	3	12	0		0,00	20,00	80,00	
19-29-65-80	0	0	2	8	0		0,00	20,00	80,00	
35-55	0	3	34	33	0		4,29	48,57	47,14	
50-73-105	5	8,5	14,5	42	0		13,07	22,31	64,62	
52-92-160-186-237	0	7	18	53	0		8,97	23,08	67,95	
?	40	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
?	40	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
42	2	1	33	34	0		1,47	48,53	50,00	
?	12	0	5	7	0		0,00	41,67	58,33	
?	5	0	0	30	0		0,00	0,00	100,00	
19-43	17	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
92-178	0	1	5	6	0		8,33	41,67	50,00	
32-178	0	0	2	20	0		0,00	9,09	90,91	
28-91	0	0	2	22	0		0,00	8,33	91,67	
81-156	0	7	4	1	6		58,33	33,33	8,34	
51-62-65-92	0	3	10	52	0		4,62	15,38	80,00	
192	0	1	11	28	0		2,50	27,50	70,00	
115	0	0	2	18	0		0,00	10,00	90,00	
51	11	0	4	38	0		0,00	9,52	90,48	
37-64-67-146	28	4	8	0	0		33,33	66,67	0,00	
SEM	0	4	3	11	6		22,22	16,67	61,11	
34-56-91	0	0	12	50	0		0,00	19,35	80,65	
46-57	0	1	5	27	0		3,03	15,15	81,82	
15	20	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	
60-70-80-125	0	0	0	28	0		0,00	0,00	100,00	
103-135	18	7	25	52	0		8,33	29,76	61,91	
29-75-94	23	0	0	0	0		0,00	0,00	0,00	

**PLANILHA DE TODOS
OS PONTOS DE AFLORAMENTOS,
DE TODOS OS POÇOS
E PONTOS DE CONTROLE**

664000	7192600	1000	1000	0
660900	7191000	1000	1000	0
664500	7191500	960	960	0
665000	7191000	920	920	0
668200	7192850	1000	1000	0
660800	7188950	991	991	0
662000	7187200	960	960	0
662800	7189000	960	960	0
662900	7188000	900	900	0
660700	7183800	960	960	0
661850	7185400	900	900	0
662150	7182150	900	900	0
662750	7182000	900	900	0
662450	7180000	900	900	0
664000	7179250	900	900	0
667000	7180000	900	900	0
661850	7177600	962	962	0
662500	7177600	900	900	0
660800	7175200	900	900	0
664250	7176700	880	880	0
663000	7175450	880	880	0
664000	7175300	900	900	0
661650	7174700	880	880	0
662300	7173400	880	880	0
660700	7173400	880	880	0
665750	7193650	1000	1000	0
666500	7193250	916	916	0
671550	7194850	1000	1000	0
670500	7190350	900	900	0
673000	7194500	920	920	0
680250	7193700	905	905	0
679900	7193600	920	920	0
679500	7193900	900	900	0
678500	7190700	900	900	0
678600	7191250	900	900	0
679000	7190600	900	900	0
680650	7192250	900	900	0
680250	7191900	900	900	0
679800	7191600	900	900	0
680200	7191500	900	900	0
680850	7191450	900	900	0
680850	7191700	900	900	0
681450	7191950	900	900	0
681350	7192150	900	900	0
681530	7193050	900	900	0
681580	7193250	900	900	0
681950	7192100	900	900	0
681500	7190800	900	900	0
683700	7195200	900	900	0
683800	7194420	900	900	0
683650	7193300	900	900	0
685450	7196550	900	900	0
685100	7197450	910	910	0
684550	7196550	900	900	0
683100	7196450	900	900	0
674000	7198000	1000	1000	0

678000	7199000	1000	1000	0
681150	7199900	1000	1000	0
690500	7199950	900	900	0
691950	7199850	900	900	0
691600	7198650	900	900	0
692450	7199750	900	900	0
692800	7199600	900	900	0
693550	7198600	900	900	0
693900	7199850	900	900	0
698250	7199350	900	900	0
698000	7198750	900	900	0
697750	7196200	881	881	0
696850	7198000	900	900	0
696000	7197150	900	900	0
694800	7194780	880	880	0
695300	7195850	900	900	0
694350	7195400	900	900	0
693600	7195550	900	900	0
693800	7195350	895	895	0
695750	7194550	900	900	0
695350	7193850	900	900	0
695000	7193100	895	895	0
695750	7193300	900	900	0
697500	7192200	900	900	0
699550	7198650	839	839	0
697650	7191100	930	930	0
698200	7191800	900	900	0
698350	7192450	900	900	0
698800	7193000	900	900	0
698550	7193650	900	900	0
699450	7194000	900	900	0
695550	7190000	900	900	0
696000	7189900	900	900	0
697550	7189700	900	900	0
697600	7188850	900	900	0
699600	7192700	1000	1000	0
699350	7191750	1000	1000	0
699150	7190850	1000	1000	0
699750	7189700	1000	1000	0
697550	7187350	900	900	0
694150	7186800	900	900	0
699800	7185750	1000	1000	0
699250	7184850	1000	1000	0
699550	7183800	1000	1000	0
699100	7182600	1000	1000	0
699100	7180350	1000	1000	0
693800	7186150	900	900	0
695050	7186700	900	900	0
695350	7186750	900	900	0
695150	7186500	900	900	0
694450	7185900	900	900	0
695250	7185500	900	900	0
695900	7184800	900	900	0
696800	7184200	900	900	0
696750	7183700	900	900	0
696350	7183950	900	900	0

695700	7184400	900	900	0
695250	7183750	900	900	0
694950	7184600	900	900	0
692700	7183100	900	900	0
693250	7182450	900	900	0
693750	7181400	900	900	0
690100	7182650	898	898	0
690850	7182050	900	900	0
691250	7181600	900	900	0
691150	7181500	900	900	0
690500	7181750	900	900	0
690700	7181250	900	900	0
691300	7180650	900	900	0
692000	7180300	900	900	0
692750	7180000	900	900	0
692800	7181000	900	900	0
693600	7180500	900	900	0
694200	7180000	900	900	0
693950	7179650	900	900	0
692900	7179700	900	900	0
693300	7178800	900	900	0
694450	7179100	900	900	0
696000	7178450	900	900	0
688800	7184650	900	900	0
688050	7182800	880	880	0
691650	7184150	900	900	0
690650	7185200	890	890	0
692250	7177850	900	900	0
688000	7178850	900	900	0
691650	7197800	920	920	0
691000	7198000	920	920	0
690400	7199250	918	918	0
676120	7182230	900	900	0
676200	7183000	900	900	0
677600	7188000	900	900	0
677400	7188400	910	910	0
678800	7188600	900	900	0
678750	7189000	900	900	0
678250	7187350	900	900	0
679500	7188800	900	900	0
679350	7189100	900	900	0
679250	7190000	900	900	0
681650	7189600	900	900	0
681500	7190050	900	900	0
681000	7189850	900	900	0
681500	7190450	900	900	0
681000	7190550	900	900	0
686200	7196750	920	920	0
686750	7197350	940	940	0
686450	7198300	940	940	0
686000	7198370	920	920	0
683400	7194500	920	920	0
682850	7194550	920	920	0
682650	7195150	920	920	0
682250	7195750	920	920	0
683350	7196250	920	920	0

683370	7196600	940	940	0
680000	7198000	980	980	0
676850	7195300	960	960	0
681750	7198900	980	980	0
669300	7181000	900	900	0
668600	7181250	900	900	0
669200	7181950	900	900	0
669400	7182650	900	900	0
669750	7183500	900	900	0
669700	7184250	900	900	0
669650	7185050	900	900	0
669700	7185700	900	900	0
670500	7186550	900	900	0
670350	7187800	900	900	0
670600	7188500	900	900	0
670550	7189150	900	900	0
670750	7189900	900	900	0
670600	7189850	900	900	0
670550	7189120	900	900	0
670000	7187600	900	900	0
670150	7188000	900	900	0
670000	7186700	900	900	0
669250	7185900	900	900	0
669100	7185000	900	900	0
669200	7184500	900	900	0
669300	7183650	900	900	0
668750	7182800	900	900	0
668450	7182100	900	900	0
667800	7181450	900	900	0
667360	7181750	900	900	0
666750	7181050	900	900	0
666600	7179100	900	900	0
663150	7179000	900	900	0
663050	7180300	900	900	0
662250	7183800	900	900	0
663000	7183910	900	900	0
662450	7185500	900	900	0
662350	7186950	900	900	0
662600	7186950	900	900	0
663050	7187950	900	900	0
663750	7190000	900	900	0
666750	7194150	920	920	0
665800	7192000	910	910	0
664850	7191100	907	907	0
660100	7181200	960	960	0
665100	7179800	960	960	0
667250	7183900	960	960	0
666500	7185650	940	940	0
668450	7187850	960	960	0
665750	7189150	980	980	0
664900	7189220	980	980	0
667200	7191350	980	980	0
666250	7186750	940	940	0
672000	7187250	940	940	0
675000	7189700	940	940	0
672400	7192950	911	911	0

672500	7192050	910	910	0
671550	7192300	909	909	0
674500	7190950	920	920	0
674450	7192800	940	940	0
674950	7193250	960	960	0
675320	7192900	960	960	0
675425	7192450	940	940	0
675950	7190900	940	940	0
676150	7192450	940	940	0
676950	7192900	960	960	0
668200	7190800	966	966	0
666450	7178500	900	900	0
665800	7178150	900	900	0
665950	7177950	920	920	0
666100	7177650	900	900	0
666650	7178150	900	900	0
666850	7177500	900	900	0
666250	7176950	900	900	0
666050	7176650	900	900	0
666500	7176880	900	900	0
665450	7174100	900	900	0
665100	7174300	900	900	0
665200	7174000	900	900	0
665075	7174720	920	920	0
666250	7176450	920	920	0
665300	7173700	900	900	0
666900	7173200	880	880	0
666120	7173100	880	880	0
665950	7173670	880	880	0
667400	7174200	892	892	0
665750	7172720	892	892	0
666100	7172440	880	880	0
666300	7172000	880	880	0
665800	7171620	880	880	0
666000	7171000	880	880	0
666000	7170600	880	880	0
665850	7170050	900	900	0
666200	7170250	880	880	0
665900	7169650	900	900	0
666100	7169710	880	880	0
665850	7169300	900	900	0
665850	7169160	880	880	0
665550	7168900	880	880	0
665300	7168750	900	900	0
665450	7168400	900	900	0
665250	7168150	900	900	0
664900	7167600	900	900	0
664600	7167400	900	900	0
664400	7167100	900	900	0
664300	7166450	900	900	0
663550	7165900	900	900	0
663150	7166450	900	900	0
662750	7166600	900	900	0
662250	7167250	900	900	0
662200	7167650	900	900	0
665700	7168400	880	880	0

665600	7168000	880	880	0
665200	7167600	880	880	0
665450	7167130	880	880	0
664900	7167000	880	880	0
664650	7166750	880	880	0
664750	7166250	880	880	0
664650	7165750	880	880	0
664500	7165200	880	880	0
664180	7164750	880	880	0
664000	7164200	880	880	0
663900	7163670	880	880	0
663650	7163200	880	880	0
663600	7163500	880	880	0
663500	7164150	880	880	0
663150	7164850	880	880	0
663000	7165500	880	880	0
662300	7166120	880	880	0
661700	7166940	880	880	0
661400	7167100	880	880	0
661100	7167570	880	880	0
661250	7167950	880	880	0
662000	7168100	880	880	0
662625	7168430	880	880	0
661900	7168500	880	880	0
661600	7168620	880	880	0
661700	7169050	880	880	0
661450	7169200	880	880	0
661175	7168850	880	880	0
660800	7168220	880	880	0
660150	7167900	880	880	0
659650	7168100	880	880	0
660000	7168450	880	880	0
659850	7168850	880	880	0
659700	7169550	880	880	0
659650	7169100	880	880	0
659400	7168700	880	880	0
658750	7168550	880	880	0
658600	7169030	880	880	0
657900	7169550	880	880	0
658450	7169950	880	880	0
658350	7170740	880	880	0
659000	7170650	880	880	0
658750	7171450	880	880	0
660050	7172500	880	880	0
661400	7169550	900	900	0
660900	7168850	900	900	0
660950	7169350	900	900	0
660200	7170120	900	900	0
658100	7169650	900	900	0
658500	7170400	900	900	0
661430	7171350	900	900	0
661150	7172500	900	900	0
661880	7173100	900	900	0
662400	7172800	900	900	0
662350	7174320	900	900	0
664300	7175850	900	900	0

664500	7176900	900	900	0
664650	7177600	900	900	0
665000	7178350	900	900	0
664000	7177600	880	880	0
663400	7178000	880	880	0
662500	7177200	880	880	0
661000	7175050	880	880	0
659500	7173250	880	880	0
667750	7172650	900	900	0
668300	7172600	900	900	0
668300	7172050	990	990	0
667950	7171850	900	900	0
667350	7171550	900	900	0
667000	7172100	880	880	0
667000	7171500	880	880	0
667750	7169950	900	900	0
668400	7170050	900	900	0
667920	7169350	900	900	0
667000	7170700	880	880	0
666850	7169750	880	880	0
667750	7169650	880	880	0
667450	7169250	880	880	0
666700	7168900	880	880	0
666250	7167950	880	880	0
665450	7165380	880	880	0
665150	7164380	880	880	0
665200	7163150	880	880	0
665900	7164200	880	880	0
665400	7164450	900	900	0
665800	7164320	900	900	0
666380	7164750	900	900	0
666800	7164650	880	880	0
666550	7165500	900	900	0
666900	7165200	880	880	0
667360	7165950	900	900	0
667650	7165800	880	880	0
668050	7166780	900	900	0
668800	7166750	900	900	0
669300	7167500	900	900	0
669075	7166420	880	880	0
669680	7167350	880	880	0
669700	7169200	900	900	0
670000	7168900	880	880	0
669950	7170880	900	900	0
670200	7171600	900	900	0
670300	7172260	920	920	0
669650	7171360	920	920	0
668880	7170600	920	920	0
668820	7172100	920	920	0
669450	7170650	920	920	0
670810	7171620	920	920	0
670450	7170550	900	900	0
670200	7169850	880	880	0
670250	7168850	880	880	0
670600	7169300	900	900	0
670700	7167450	880	880	0

670900	7167520	900	900	0
671100	7167250	880	880	0
671550	7168000	880	880	0
672700	7168800	880	880	0
671700	7168700	900	900	0
671200	7170250	920	920	0
671050	7168600	920	920	0
671530	7170420	920	920	0
671700	7171750	920	920	0
672200	7169750	900	900	0
671850	7170300	900	900	0
672600	7169800	900	900	0
673080	7168700	900	900	0
672850	7168800	880	880	0
673230	7168100	900	900	0
673320	7168750	900	900	0
673500	7170350	900	900	0
672950	7171550	900	900	0
672550	7171700	900	900	0
672850	7172120	900	900	0
672150	7172300	900	900	0
672320	7172650	900	900	0
673050	7172500	900	900	0
673450	7172300	900	900	0
673900	7171250	900	900	0
674150	7170550	900	900	0
674250	7169800	900	900	0
674550	7169300	900	900	0
674400	7168550	900	900	0
673150	7167500	880	880	0
673550	7168000	880	880	0
673800	7168300	880	880	0
673800	7169550	880	880	0
674200	7169600	880	880	0
674000	7167600	880	880	0
674550	7168450	900	900	0
674800	7168420	880	880	0
675300	7169100	900	900	0
675650	7170050	900	900	0
674700	7170800	900	900	0
674500	7171300	900	900	0
675850	7169550	880	880	0
676050	7170550	880	880	0
675920	7171650	880	880	0
676000	7173030	880	880	0
676500	7173100	880	880	0
676750	7172200	880	880	0
676950	7171750	880	880	0
677800	7172000	880	880	0
678200	7172350	880	880	0
677900	7172750	880	880	0
677550	7173250	880	880	0
677450	7173650	880	880	0
676750	7173000	900	900	0
677070	7172700	900	900	0
676950	7172350	900	900	0

677500	7172100	900	900	0
677780	7172700	900	900	0
677425	7173250	900	900	0
674950	7172550	890	890	0
675050	7173000	890	890	0
675200	7173400	892	892	0
674850	7174000	895	895	0
680650	7176250	880	880	0
680250	7175700	880	880	0
681500	7175700	880	880	0
681850	7175130	880	880	0
678950	7174450	880	880	0
679500	7174350	880	880	0
680150	7174200	880	880	0
680150	7173900	900	900	0
679750	7173850	900	900	0
679450	7173450	900	900	0
679550	7174000	880	880	0
679000	7173600	880	880	0
680250	7173550	900	900	0
679250	7173350	880	880	0
680180	7173300	880	880	0
680000	7172600	880	880	0
679800	7172500	880	880	0
679250	7172450	900	900	0
679600	7172300	900	900	0
679100	7171900	900	900	0
679500	7171850	900	900	0
679250	7172900	880	880	0
679000	7172080	880	880	0
678800	7171700	880	880	0
678750	7170800	880	880	0
678100	7170400	880	880	0
678500	7169650	880	880	0
680750	7172800	900	900	0
680650	7172200	900	900	0
681000	7171650	900	900	0
680200	7171850	900	900	0
679000	7171400	900	900	0
679550	7171000	900	900	0
679300	7170500	900	900	0
678600	7170350	900	900	0
678900	7170080	900	900	0
680050	7170050	900	900	0
681900	7170000	900	900	0
683600	7170500	900	900	0
684500	7170750	900	900	0
683350	7170320	900	900	0
682150	7169700	900	900	0
680250	7169200	900	900	0
680920	7169700	880	880	0
680080	7169500	880	880	0
680050	7169800	880	880	0
680080	7168650	900	900	0
679200	7168700	880	880	0
682800	7168450	900	900	0

681450	7173950	900	900	0
681800	7174000	900	900	0
681800	7173500	900	900	0
682050	7172950	900	900	0
681480	7172750	920	920	0
682000	7174400	890	890	0
682050	7173800	892	892	0
682150	7172100	910	910	0
681480	7170850	915	915	0
682650	7169100	920	920	0
684100	7169000	920	920	0
684800	7168080	900	900	0
685700	7169400	900	900	0
686150	7168250	900	900	0
687400	7167350	900	900	0
689150	7167950	900	900	0
687700	7169550	920	920	0
686450	7169570	900	900	0
688300	7170920	900	900	0
689450	7170300	900	900	0
688730	7171750	885	885	0
688270	7172370	885	885	0
687900	7171700	898	898	0
687450	7171450	900	900	0
687050	7171080	900	900	0
686950	7170550	900	900	0
686850	7170900	900	900	0
687050	7171400	900	900	0
687300	7171700	900	900	0
687700	7171850	900	900	0
687400	7173250	900	900	0
687600	7173600	895	895	0
686950	7172950	900	900	0
687420	7172250	905	905	0
685370	7174500	900	900	0
685150	7173940	900	900	0
684920	7173500	900	900	0
684650	7173200	900	900	0
684150	7173050	900	900	0
684550	7173850	900	900	0
685020	7174700	889	889	0
685450	7175200	892	892	0
685950	7177400	878	878	0
686370	7176650	880	880	0
687100	7175900	880	880	0
687360	7175130	880	880	0
687700	7175500	900	900	0
687700	7174400	880	880	0
687920	7174800	900	900	0
688100	7174100	880	880	0
688240	7174220	900	900	0
688850	7172650	880	880	0
689550	7173200	900	900	0
690150	7173800	920	920	0
689950	7172400	900	900	0
690150	7171250	900	900	0

691700	7172570	956	956	0
692950	7174400	900	900	0
691100	7177450	900	900	0
691150	7178280	900	900	0
691400	7178280	895	895	0
691600	7178340	900	900	0
691900	7177350	900	900	0
692400	7177700	900	900	0
692900	7177950	900	900	0
692550	7177150	900	900	0
692200	7176250	900	900	0
692850	7177000	902	902	0
693350	7177500	900	900	0
693570	7177150	900	900	0
693150	7176150	900	900	0
693650	7175850	900	900	0
693800	7177000	900	900	0
694300	7176800	900	900	0
695000	7175250	900	900	0
694650	7176950	900	900	0
694350	7177850	900	900	0
693650	7174950	920	920	0
694150	7175820	920	920	0
693400	7175400	920	920	0
691250	7174350	920	920	0
696100	7174300	940	940	0
697000	7178110	900	900	0
697900	7177500	900	900	0
698500	7178120	900	900	0
699350	7179100	900	900	0
700750	7180350	900	900	0
700850	7180200	900	900	0
699500	7178900	900	900	0
698850	7177950	900	900	0
698400	7177130	900	900	0
699200	7176600	900	900	0
700750	7175500	900	900	0
698700	7176370	900	900	0
698150	7176850	900	900	0
697550	7177130	900	900	0
696500	7177750	900	900	0
695950	7176750	927	927	0
697580	7174000	963	963	0
699250	7177400	940	940	0
700700	7177880	964	964	0
698000	7175250	941	941	0
691800	7170150	900	900	0
691800	7170830	900	900	0
692600	7171000	900	900	0
692600	7171750	900	900	0
694000	7170000	900	900	0
694000	7171000	900	900	0
696000	7170000	900	900	0
696400	7170400	900	900	0
698000	7169450	900	900	0
698000	7170000	900	900	0

700000	7170400	900	900	0
700400	7170950	950	950	0
696850	7166400	999	999	0
690000	7166900	900	900	0
691200	7166200	900	900	0
669560	7180680	896	891	5
670410	7178700	930	905	25
684580	7166350	885	885	0
673720	7185800	898	886	12
673440	7179260	918	866	52
673580	7185940	900	880	20
675900	7185560	892	886	6
668030	7189300	961	946	15
684310	7189890	900	872	28
683460	7166960	890	890	0
683060	7172860	895	895	0
669200	7170220	922	916	6
672860	7188000	915	915	0
671560	7181740	934	901	33
682800	7170700	916	916	0
670180	7178810	927	879	48
665640	7176540	910	880	30
673500	7186300	900	895	5
681960	7184530	893	866	27
681800	7184300	887	881	6
678760	7192400	947	947	0
684400	7183200	875	851	24
670600	7172880	933	918	15
680520	7173260	910	910	0
669130	7179880	911	888	23
667860	7174740	889	871	18
675800	7183500	884	874	10
683220	7169000	935	935	0
674600	7186800	894	888	6
672300	7183950	924	889	35
672590	7191120	970	970	0
676950	7174590	894	878	16
676340	7183760	895	876	19
664660	7186450	955	934	21
669590	7179340	919	868	51
675300	7183800	888	873	15
682180	7191390	905	893	12
667160	7189760	970	950	20
665260	7172720	905	865	40
671620	7175180	926	896	30
670280	7182710	917	887	30
668900	7168920	912	900	12
680410	7189110	905	845	60
668680	7183860	910	910	0
664950	7188000	955	935	20
678620	7170000	897	897	0
669750	7188120	910	910	0
676390	7188910	915	902	13
667000	7189750	970	949	21
676260	7180260	883	849	34
680450	7174220	899	879	20

677570	7182830	923	858	65
671870	7184770	927	912	15
673690	7186260	900	882	18
673520	7186090	896	883	13
671660	7176680	930	860	70
674300	7179800	916	856	60
663500	7172600	920	872	48
664580	7174760	922	904	18
675230	7184940	883	877	6
676660	7179350	882	844	38
669000	7174320	910	881	29
672270	7177050	922	852	70
672040	7177120	925	845	80
671700	7176960	931	850	81
671500	7177170	930	851	79
673800	7186780	910	892	18
662850	7186600	925	925	0
674480	7184680	895	877	18
671500	7188110	945	945	0
670800	7180420	918	882	36
668980	7184020	934	934	0
673720	7191560	940	940	0
685450	7198150	930	930	0
674450	7186410	896	891	5
669540	7173400	912	897	15
669800	7186140	895	885	10
679040	7186440	897	872	25
671850	7183300	917	876	41
674800	7195280	1009	1009	0
684910	7176600	892	874	18
670940	7188100	930	930	0
668060	7178600	891	879	12
673410	7179340	917	862	55
674000	7189200	905	905	0
665210	7175080	932	907	25
678840	7181420	915	867	48
670050	7188200	900	900	0
671000	7180600	921	881	40
679230	7182890	910	840	70
681500	7174900	889	882	7
680360	7176960	870	858	12
666500	7188750	960	950	10
692180	7192000	895	845	50
678460	7181120	885	825	60
663820	7173020	928	892	36
667980	7182500	950	950	0
665400	7170660	895	877	18
665600	7170140	909	905	4
664200	7170800	908	887	21
667920	7175840	895	865	30
668100	7176010	892	855	37
674180	7180180	916	863	53
666380	7190150	985	985	0
671500	7182020	935	879	56
677480	7177440	890	834	56
677250	7177780	890	835	55

672060	7189070	978	978	0
677240	7182140	915	880	35
668400	7189100	956	937	19
668160	7189000	950	935	15
668160	7189700	963	947	16
676800	7173800	895	847	48
675920	7181180	883	830	53
676340	7190100	935	916	19
665900	7185900	963	953	10
686850	7191750	951	881	70
686450	7191360	930	865	65
671860	7177240	925	847	78
664660	7168060	912	912	0
664480	7167970	908	908	0
668980	7177850	925	857	68
677600	7191920	925	913	12
669160	7180140	905	875	30
671700	7188200	962	962	0
671860	7185910	930	918	12
665900	7184280	962	940	22
663400	7183120	935	911	24
675580	7183920	884	866	18
674320	7180100	915	850	65
677620	7184050	910	870	40
669360	7174220	920	900	20
669490	7178910	928	886	42
665280	7181240	935	923	12
677540	7179480	876	852	24
671190	7174300	925	863	62
672100	7182360	915	882	33
674000	7189850	910	910	0
671660	7184500	935	907	28
671280	7181000	924	840	84
660230	7168660	885	885	0
660920	7169840	905	902	3
663630	7172680	925	875	50
665600	7169800	906	906	0
665800	7171000	890	878	12
683300	7192600	928	893	35
674300	7178200	915	851	64
669740	7174640	915	879	36
		839	825	
		1009	1009	