

Geoprocessamento aplicado aos levantamentos geológicos históricos da Comissão da Carta Geológica do Paraná, no âmbito do Terreno Paranaguá.

Jessica Holz França¹
Leonardo Fadel Cury¹

¹ Universidade Federal do Paraná – UFPR
Caixa Postal 19001 - 81531-990 - Curitiba - PR, Brasil
jessica.franca@ufpr.br - cury@ufpr.br

Abstract. The GIS tools provide facilities for research, evaluation, organization and publication of geological historical data. The data produced by the Comissão da Carta Geológica do Paraná was made through a geological systematic mapping accomplished in the eastern Paraná State, between the 60's and 70's, which resulted in a set of geological maps with scales between 1:50.000 and 1:75.000. The GIS techniques were applied in old recovered materials used at the time of the survey, as topographic maps and overlays of geological graphics obtained by Aero-Skechmaster tool. This research allowed an overview of geological framework, raising relevant issues about the maps, as coordinate system and accuracy of maps projection, as well the mapping techniques and the system of nomenclature of igneous and metamorphic rocks used at time, based on Jung and Roques (1952) and Mehnert (1968) classifications, no longer used nowadays. The mosaicking highlight discrepancies between limits, as outlined discontinuities in geological boundaries, structures and geographical information. Issues such as the lack of map projection or even the discrepancy of classification systems and nomenclature are still under research, where techniques will be developed to match the whole data of Comissão da Carta Geológica do Paraná with current systems and actualized stratigraphic names.

Palavras-chave: old analogical databases, georeferencing, generalization, banco de dados históricos, georeferenciamento, generalização.

1. Introdução

A cartografia geológica no Estado do Paraná teve grande desenvolvimento entre as décadas de 60 e 70, com destaque para os trabalhos de mapeamento sistemático da Comissão da Carta Geológica do Paraná (CCGP), na região leste do estado. As folhas geológicas elaboradas pela CCGP são até hoje muito utilizadas em trabalhos sobre a geologia do Pré-cambriano paranaense, contudo, não apresentam projeção cartográfica definida. Essas folhas são produtos de fotointerpretação, sendo seu traçado realizado por análise estereoscópica com uso do equipamento *Aero-Sketchmaster*, freqüentemente empregado para o desenho de mapas na época. Além disso, as descrições das unidades geológicas das folhas tiveram como base os trabalhos de Jung e Roques (1952) e Mehnert (1968), possuem nomenclaturas desatualizadas em relação às utilizadas nos dias de hoje, fato que não impede seu uso, pois essas classificações apresentam boas descrições de estruturas e texturas das rochas. A aplicação do geoprocessamento nos trabalhos da CCGP visa o resgate dessas informações e a elaboração de um SIG, a fim de permitir a comparação e integração com bancos de dados atualizados. A área de estudo localiza-se no extremo leste do Estado do Paraná (Figura 1), englobando quinze folhas geológicas na escala 1:70.000: Antonina, Guaraqueçaba, Barra do Arapira, Serra da Igreja, Paranaguá, Ilha do Mel, Rio Capivari, Rio Pardinho, Serra Negra e Ariri, Guaratuba, Pedra Branca de Araraquara, Tijucas do Sul, Mandirituba, Piên, e a carta Morretes, publicada na escala 1:75.000.

2. Metodologia de Trabalho

As dezesseis cartas geológicas da CCGP que englobam a área de estudo foram digitalizadas (JPG) e georeferenciadas no sistema de coordenadas SIRGAS 2000, através do software ESRI® ArcMapTM, com pontos de controle baseados nos *grids* de referência das

cartas, originalmente construído com coordenadas geográficas. Posteriormente as informações lineares, compreendendo contatos e estruturas geológicas, e pontuais, compreendendo os afloramentos com descrição de campo, foram vetorizadas. Este processo ocorreu em três etapas. Na primeira foram vetorizados os contatos geológicos e diques na forma de linhas. A segunda etapa consistiu em vetorizar as estruturas, que nas folhas geológicas da CCGP estão divididas em falhas, falha provável, fratura ou lineação, direção de estratificação e xistosidade. Na terceira etapa foram digitalizados os pontos de afloramentos descritos em campo pela CCGP.

Além das folhas geológicas editadas, foram coletados mapas preliminares, lâminas petrográficas e demais materiais que pudessem contribuir para a elaboração de um banco de dados. O material hoje disponível encontra-se incompleto e desorganizado, composto principalmente por algumas bases cartográficas utilizadas na época dos levantamentos, representadas por mapas topográficos da Divisão de Geografia Terras e Colonização nas escalas 1:50.000 e 1:70.000, com restituição planimétrica a estereotopo baseado em triangulação radial, publicadas entre os anos de 1968 a 1969 em cópias héliografadas. Também foram catalogados overlays parciais das cartas, que compõem um jogo de quatro camadas: uma contendo o contato geológico e as estruturas (falhas, lineamentos, direção de xistosidade) para impressão na cor preta, overlay com as cristas e os cordões litorâneos para impressão na cor vermelha, overlay com os diques para impressão na cor verde, e overlay com a hidrografia para ser impresso na cor azul. Junto a este material, também foram encontrados rascunhos desenhados à mão, com lápis e nanquim em papel vegetal. As lâminas petrográficas produzidas na época dos levantamentos foram listadas e catalogadas, contudo, a falta de compatibilidade na numeração impossibilitou a identificação com os pontos de afloramentos e, por consequência, sua localização nas folhas geológicas. Infelizmente, não foram localizadas as cadernetas de campo e os mapas de pontos com as informações referentes aos levantamentos de campo.

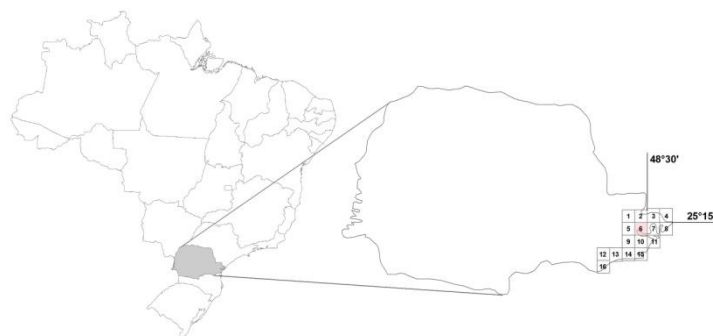


Figura 1: Mapa do estado do Paraná com a articulação das folhas geológicas da CCGP: 1- Rio Capivari, 2- Rio Pardinho, 3- Serra Negra, 4- Ariri, 5- Morretes, 6- Antonina, 7- Guaraqueçaba, 8- Barra do Ararapira, 9- Serra da Igreja, 10- Paranaguá, 11- Ilha do Mel, 12- Mandirituba, 13- Tijucas do Sul, 14- Pedra Branca de Araraquara, 15- Guaratuba, 16- Piên.

Foi realizado estudo de campo, com descrição dos afloramentos *in loco*, para o melhor entendimento das unidades geológicas e suas distribuições nas folhas. As informações obtidas em campo se concentraram na Folha de Antonina – PR, abordando principalmente os critérios de classificação das rochas, utilizados na época. Nos dois primeiros pontos localizados na Pedra da Pita, as rochas encontradas foram descritas e comparadas com a legenda da CCGP na Folha Antonina. O terceiro ponto foi marcado na rodovia PR-405 em direção a Guaraqueçaba com intuito de coincidir com ponto “3” descrito pela CCGP no âmbito da Folha Antonina e comparar a descrição geológica e também obter sua coordenada UTM

através de GPS. O quarto ponto descrito teve como objetivo controlar as variações litológicas (composicionais, texturais e estruturais) contidas nas unidades geológicas da CCGP.

3. Resultados e Discussão

O georreferenciamento das folhas geológicas, na projeção SIRGAS 2000, gerou como produto um mosaico (Figura 3) no qual é possível acompanhar a continuidade das litologias e das estruturas geológicas como um todo. A Figura 2 mostra o resultado da vetorização dos contatos geológicos, estruturas e pontos com afloramentos descritos pela CCGP.

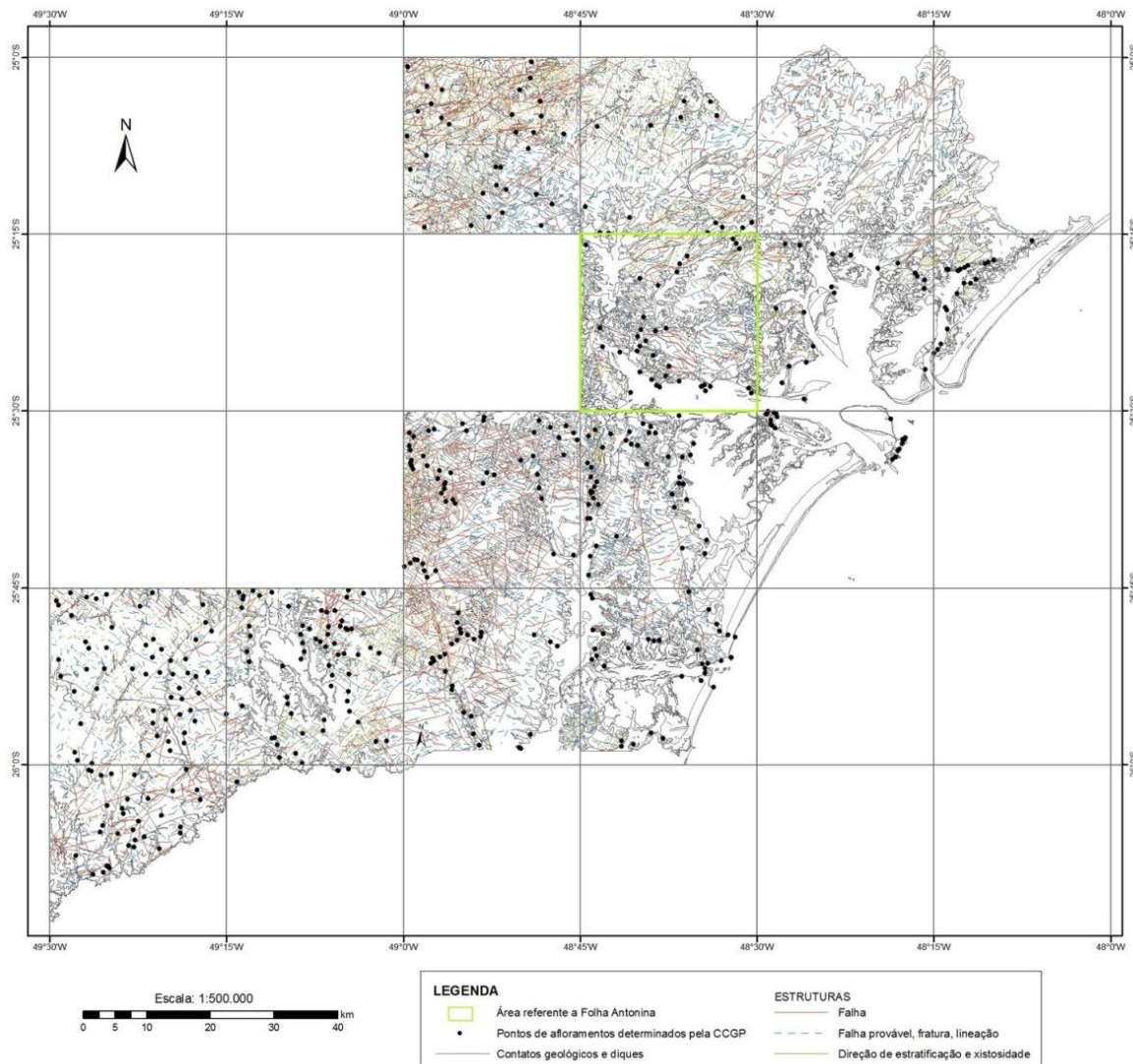


Figura 2: Resultado da digitalização dos contatos geológicos, estruturas e pontos de afloramento das quinze folhas geológicas da CCGP.

As legendas das folhas geológicas foram organizadas na Tabela 1 e os termos utilizados para nomear rochas na época dos levantamentos, diferentes da atual, são seguidos do respectivo significado de acordo com Jung e Roques (1952) e Mehnert (1968). São termos como migmatitos homogêneo embrechítico e migmatitos heterogêneo epibolíticos, migmatitos leptinitos e anatexitos.

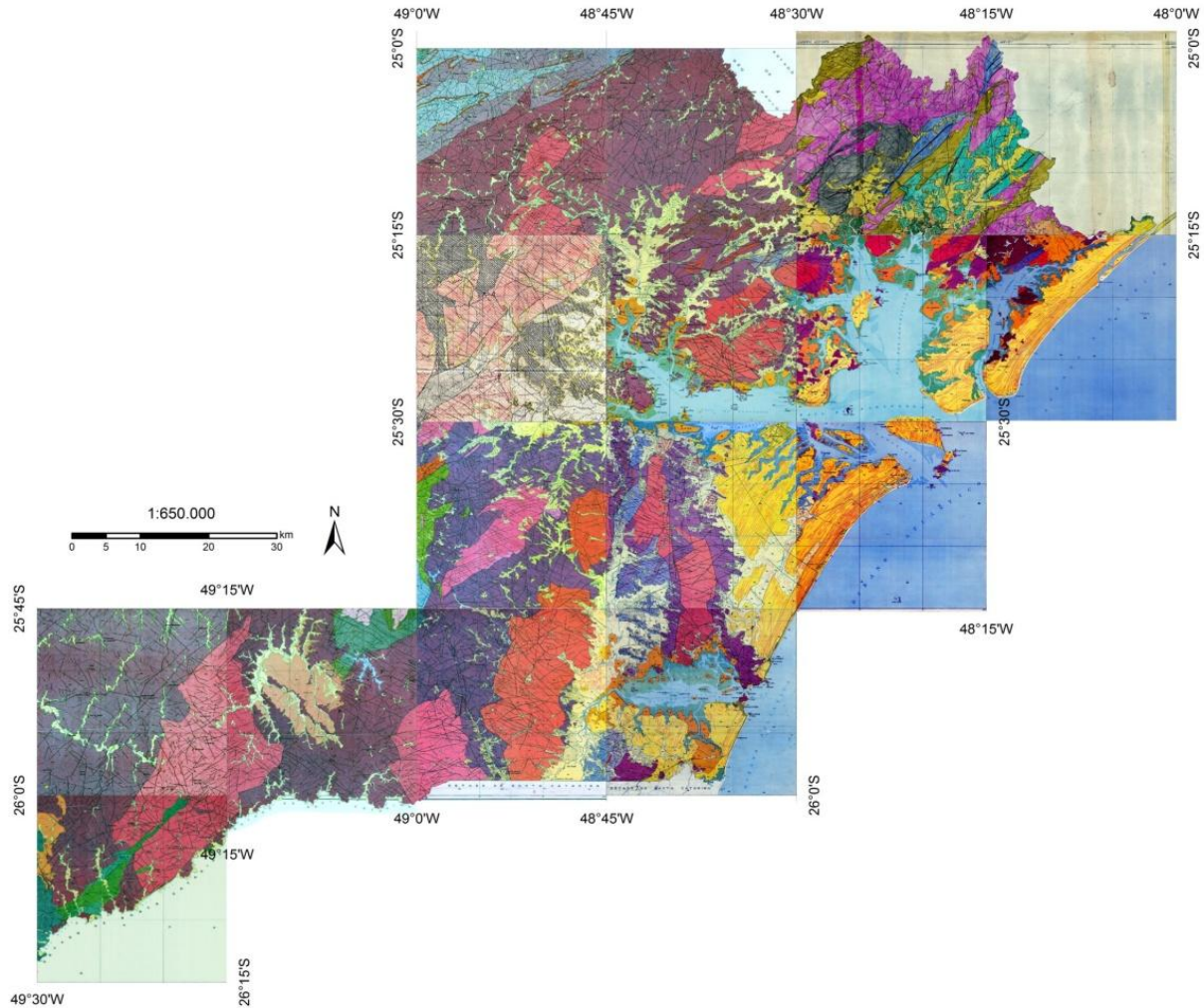


Figura 3: Mosaico construído através do georreferenciamento das dezesseis folhas geológicas da CCGP selecionadas.

Tabela 1: As legendas das folhas geológicas da CCGP possuem nomenclaturas diferentes das utilizadas atualmente. O seu significado, segundo a classificação de Jung e Roques (1952) e Mehnert (1968), contempla boas descrições a cerca das estruturas e texturas das rochas.

Idade	Sigla das Folhas	Nomenclatura da CCGP	Descrição segundo Jung e Roques (1952) e Mehnert (1968)
Pré-cambriano	pεM ₁	Migmatitos tipo Embrechítico	Xistosidade apresenta-se conservada formando estruturas do tipo oftalmítico, segundo classificação de Mehnert (1968), ou amigdalóide.
Pré-cambriano	pεM ₂	Migmatitos tipo Epibolítico	A porção granítica apresenta-se em forma de filonetes, lentes ou camadas concordantes à foliação e formam estruturas do tipo dobrada, estromática e schilieren segundo a classificação de Mehnert (1968)
Pré-cambriano	pεM ₁	Migmatitos Leptiníticos	Migmatitos de granulação fina e estrutura isótropa derivados de leptinitos. Os leptinitos são rochas formadas essencialmente por quartzo e feldspato de granulação fina, nas quais minerais ferromagnesianos podem estar presentes ou não.
Pré-cambriano	pεM ₁	Anatexitos	Migmatito fácies granitóide formado pelo processo de anatexia. Quanto à estrutura podem ser subdivididos em anatexitos amarrotados (plisotées) definidos pelo alinhamento de micas compondo dobras meandriformes (dobras sinsigmáticas), anatexitos arteritos onde a orientação dos filossilicatos é difusa e descontínua, e os nebulitos nas quais as micas apresentam-se em aglomerados.

3.1 Mosaico das Folhas Geológicas

As folhas geológicas dispostas em mosaico foram analisadas individualmente e em conjunto. São observadas algumas divergências que nas cartas isoladas não são tão salientes, como por exemplo, o desvio do traçado dos contatos geológicos, estruturas, rios e limites geográficos no limite entre as cartas, que podem chegar até 100m (Figuras 4, 5 e 6). As discontinuidades são imperceptíveis em escalas menores, porém nas escalas maiores apresentam-se mais pronunciadas.

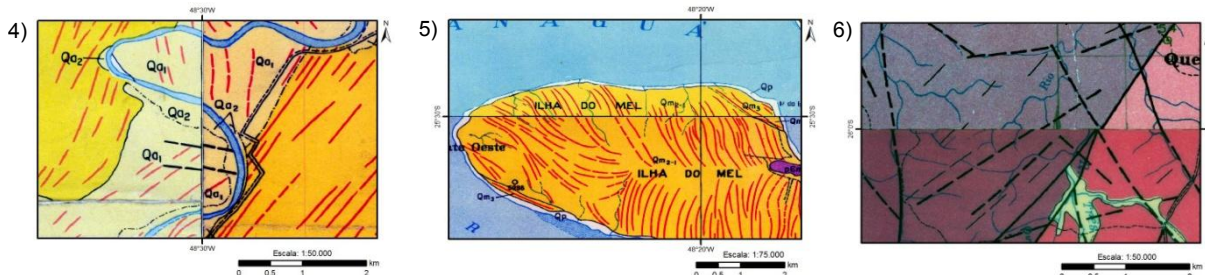


Figura 4: limite das folhas Paranaguá (à esquerda) e Ilha do Mel (à direita) na longitude 48°30'W - o contorno do rio não coincide entre as folhas; Figura 5: limite entre as folhas Guaraqueçaba (acima) e Ilha do Mel (abaixo) na latitude 25° 30'S - o contorno do contato geológico é descontínuo; Figura 6: limite das folhas Mandirituba (acima) e Piên (abaixo) na latitude 26°0'S - descontinuidade entre as estruturas.

3.2 Nomenclatura e descrição das Unidades Geológicas da CCGP.

As classificações utilizadas para a nomenclatura de rochas ígneas e metamórficas na época dos levantamentos são diferentes das classificações utilizadas atualmente, pois são baseadas principalmente nas estruturas das rochas, interpretadas como resultantes de processos que na época eram explicados por teorias hoje em desuso. Esta questão foi verificada em campo, no município de Antonina onde foram analisados dois afloramentos localizados na Ponta da Pita. No primeiro ponto encontrou-se um leucogranito composto por quartzo e feldspato de cor branca, com biotita definindo níveis orientados e espaçados. Dentro do contexto do Terreno Paranaguá este seria um granito tipo I, porém na legenda da folha da CCGP a rocha é classificada como migmatito tipo embrechítico ou epibolítico. A CCGP utiliza o mesmo termo para denominar a rocha do segundo afloramento, porém em campo é encontrado outro granito, com biotita compondo níveis orientados bem definidos que contornam grãos milimétricos de quartzo e feldspato alcalino. Ao comparar as descrições feitas em campo, na região de Antonina, com as informações que constam na legenda da folha percebe-se que dentro dos termos migmatitos embrechíticos e epibolíticos estão incluídas litologias diferentes em relação à estrutura, textura e composição mineral.

A nomenclatura utilizada corresponde à classificação da CCGP é a de Jung e Roques (1952) onde os migmatitos são divididos em dois grupos: homogêneos e os heterogêneos. Migmatitos homogêneos são as rochas de aspecto granitóide composta essencialmente por feldspatos, a xistosidade é praticamente apagada e o bandamento irregular. São subdivididos em embrechitos e anatexitos. A diferença é que nos embrechitos a orientação apresenta-se conservada formando estruturas do tipo oftalmítico, segundo classificação de Mehnert (1968), ou amigdalóide. Já nos anatexitos a orientação dos minerais é difusa ou contornada e podem ser subdivididos em: anatexitos amarrotados (plisotéas) definidos pelo alinhamento de micas compondo dobras meandriformes (dobras sinsigmáticas), anatexitos arteritos onde a orientação dos filossilicatos é difusa e descontínua, e os nebulitos nas quais as micas apresentam-se em aglomerados.

Os migmatitos heterogêneos não são tratados como rocha, e sim como "formações" nas quais as melhores escalas de observação são extensos afloramentos segundo Jung e Roques

(1952). Trata-se de uma associação estreita de rochas metamórficas e granitóides, sejam granitos de granulação fina, aplitos, ou pegmatitos. São subdivididos em epibolitos, agmatitos e diadisitos. Nos epibolitos a porção granítica apresenta-se em forma de filonetes, lentes ou camadas concordantes à foliação e formam estruturas do tipo dobrada, estromática e schlieren segundo a classificação de Mehnert (1968). Os agmatitos remetem ao aspecto de brecha ígnea onde a porção granítica serve de matriz para "enclaves" de rochas gnáissicas. E nos diadisitos a porção granítica apresenta-se em forma de veios que cortam discodantemente as estruturas do paleossoma, formando feições do tipo ptigmática e estictolítica de Mehnert (1968).

No contexto atual, trabalha-se com unidades geológicas distintas das apresentadas pela CCGP. No âmbito do Terreno Paranaguá, Cury (2009) propõem um complexo ígneo composto pelas suítes Morro Inglês, Rio do Poço e Canavieiras-Estrela nas quais as encaixantes são rochas gnáissicas e gnáissico-migmatíticas do Complexo São Francisco do Sul e rochas metassedimentares da Sequência Rio das Cobras. A suíte Morro Inglês apresenta caráter cálcio-alcálico de alto K a shonshonítico e assinaturas geoquímicas correspondentes a rochas graníticas formadas em arco magmático. Já a suíte Rio do Poço pode ser dividida em sienogranitos rapakivi com características de granito tipo A, metaluminosos a marginalmente peraluminosos, e leucogranitos com duas micas e caráter marginalmente peraluminoso. A suíte Canavieiras-Estrela é constituída por quartzo-monzodioritos, leuco-granodioritos, e monzogranitos. Os metassedimentos da Sequência Rio das Cobras constituem faixas estreitas e pouco expressivas, com paragênese da fácies xisto-verde, zona da biotita, e fácies anfibolito que pode atingir a fácies granulito. No Complexo São Francisco do Sul encontram-se gnaisses compostos por dioritos, quartzo-monzodioritos, granodioritos, trondhjemitos e monzogranitos.

3.3 Desenho e Cartografia dos Mapas da CCGP.

O processo cartográfico da época dos levantamentos da CCGP no qual resultaram as folhas geológicas em questão foram obtidas através do *Aero-Sketchmaster*, ou câmara clara ou lúcida. O aparelho permite transferir detalhes fotográficos em suas posições corretas para uma folha-base (Ricci, Setembrino 1965). A fotografia é fixada na chapa "C" (Figura 7) enquanto que a folha-base na posição "D", em "A" tem-se um prisma duplo de reflexão parcial onde através da fenda "B" o observador vai visualizar a projeção da fotografia sobre a folha-base. Através do braço vertical "E" é possível posicionar a foto em diferentes alturas, e inclinações através de um cardã esférico. O braço horizontal "F" permite variar a distância entre o prisma e a fotografia. Os movimentos verticais e horizontais são fundamentais para o ajuste de escala entre a foto e a folha-base, enquanto que o ajuste da inclinação corrige distorções fotográficas devido ao relevo do terreno e a inclinação da foto. Com isso é possível coincidir três pontos de controle marcados na foto com os pontos homólogos na folha-base, e transpor detalhes entre esses pontos com posição planimétrica correta na escala da folha-base.

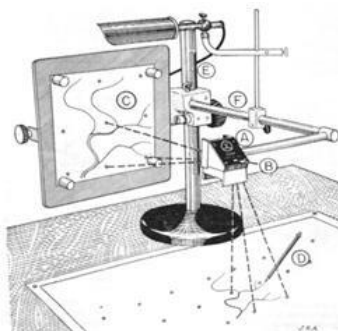


Figura 7: Aparelho "Aero-Sketchmaster" (RICCI & PETRI, 1965)

3.4 Folha Morretes

A folha Morretes faz parte do conjunto de cartas geológicas elaboradas pela CCGP dentro de um projeto de mapeamento sistemático, porém não mantém o padrão estabelecido para as demais quinze folhas estudadas. É a única com projeção cartográfica em UTM e se apresenta na escala 1:75.000, ao invés de 1:70.000. Também há consideráveis discontinuidades nos contatos geológicos se comparado com as cartas adjacentes (Figura 8), é impressa em preto e branco ao invés de colorido o que demanda símbolos gráficos para diferenciar os litotipos, e suas unidades geológicas apresentam-se menos detalhadas. Um exemplo são os sedimentos inconsolidados do quaternário, nas cartas vizinhas: Rio Capivari, Rio Pardinho, Antonina, Paranaguá, e Serra da Igreja, esses sedimentos são divididos em aluviões (Qa), no qual é subdividido em aluviões recentes (Qa) e antigos (Qa1), praias atuais (Qp), coluviões (Qc), depósito de talude (Qd), sedimentos areno-siltico-argilosos de baía (Qb), sedimentos de origem marinha (Qm), subdividido em fase recente (Qm3), fase intermediária (QM2), fase antiga (QM1), e cascalhos de planície constituídos em parte de depósitos continentais retrabalhados (Qcs). A folha Morretes divide-se em aluviões em partes marinhas na região SE (Qa) e pedimentos indiferenciados e depósito de talude (Qp). Os diques de diorito pórfiro mantêm a mesma sigla, mas tanto este quanto o dique de diabásio são representadas graficamente de forma diferente das demais cartas. Os migmatitos do Pré-cambriano são identificados com outras siglas, enquanto que nas cartas 1:70.000 os migmatitos homogêneo tipo embrechito e tipo epibolítico são representados pela sigla pM1 e pM2 respectivamente, na folha Morretes as siglas correspondentes são M2 e M3. Não são incluídas as siglas referentes à cronoestratigrafia.

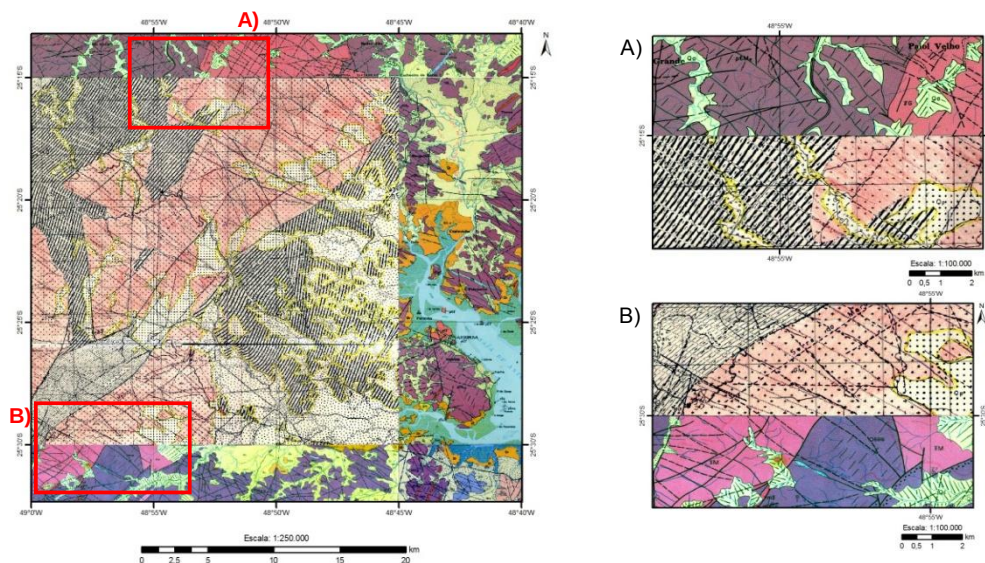


Figura 8: A carta Morretes delimitada pelas latitudes 25°15' e 25° 30' e pelas longitudes 49°0 e 48°45', originalmente impressa em preto e branco. É nítida a diferença entre os contatos geológicos dos granitos (representados na cor vermelha e em detalhes nas figuras A e B).

4. Considerações Finais

O resgate dos levantamentos geológicos da CCGP demonstra que a aplicação do geoprocessamento em trabalhos históricos possibilita a avaliação, organização e integração desses dados, o que, em última instância, facilita a atualização e a divulgação desses trabalhos. Questões como a falta de projeção cartográfica, verificada na maioria das folhas trabalhadas, ou mesmo a discrepância dos sistemas de classificação e nomenclatura, ainda são objeto de pesquisa, onde serão desenvolvidas técnicas para compatibilizar as informações da CCGP com sistemas atuais.

Referências Bibliográficas

- Basumallick, S.; Bertoldo, A.L.; Fuck, R.A.; Muratori, A.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região de Antonina, em escala 1:70.000. 1970.
- Basumallick, S.; Fuck, R.A.; Hausen, P.; Muratori, A.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região de Guaraqueçaba, em escala 1:70.000. 1969.
- Basumallick, S.; Fuck, R.A.; Marini, L.; Muratori, A.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região de Piên, em escala 1:70.000. 1969.
- Bertoldo, A.L.; Fuck, R.A.; Hausen, P.; Muratori, A.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região do Rio Capivari, em escala 1:70.000. 1970.
- Bertoldo, A.L.; Hausen, P.; Muratori, A.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região do Rio Pardinho, em escala 1:70.000. 1970.
- Cordani, U.G.; Girardi, V.A.V.; Muratori, A. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região de Morretes, em escala 1:75.000. 1967.
- Fuck, R.A.; Muratori, A.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região de Barra do Arapira, em escala 1:70.000. 1969.
- Fuck, R.A.; Muratori, A.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região de Guaratuba, em escala 1:70.000. 1969.
- Fuck, R.A.; Muratori, A.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região da Ilha do Mel, em escala 1:70.000. 1968.
- Fuck, R.A.; Marini, J.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região de Mandirituba, em escala 1:70.000. 1970.
- Fuck, R.A.; Muratori, A.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região de Paranaguá, em escala 1:70.000. 1969.
- Fuck, R.A.; Muratori, A.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região de Pedra Branca de Araraquara, em escala 1:70.000. 1969.
- Fuck, R.A.; Muratori, A.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região da Serra da Igreja, em escala 1:70.000. 1969.
- Fuck, R.A.; Muratori, A.; Trein, E. Comissão da Carta Geológica do Paraná. Folha Geológica da Região de Tijucas do Sul, em escala 1:70.000. 1969.
- Cury, L.F. **Geologia do Terreno Paranaguá**. 2009. 187p. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.
- Jung, J.; Roques, M. **Introdução ao Estudo Zoneográfico das Formações Cristalofílicas**. Traduzido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Editora CAEG UFRGS, 1972. 92p.
- Mehnert, K.R. **Migmatitos e a origem das rochas graníticas**. Tradução sumarizada de Emiliano Souza e Adalton Martins. s.n., s.l., s.d. 190p.
- Ricci, M.; Petri, S. **Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica**. São Paulo: Centro de Publicações Técnicas da Aliança, 1965. 226 p.