

# ESTUDO DAS TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO DAS FORMAÇÕES TERESINA E RIO DO RASTO - BACIA DO PARANÁ

## STUDY OF THE RATES OF SEDIMENTATION OF TERESINA AND RIO DO RASTO FORMATIONS - PARANÁ BASIN

Paulo Roberto da Cruz Cunha<sup>1</sup> e Almério Barros França<sup>2</sup>

RESUMO - A constatação de que as duas unidades litoestratigráficas superiores da até então considerada Sequência Permocarbonífera da Bacia do Paraná teriam sido depositadas num curtíssimo período de tempo geológico, levando-se em conta os dados biocronoestratigráficos geralmente adotados, levou os autores a questionarem a validade desse posicionamento. Estas duas unidades estratigráficas apresentam altíssimas taxas de sedimentação (150 a 500 m/M.a.), muito acima da média calculada para as unidades a elas sotopostas: em torno de 60 m/M.a. Em geral, altas taxas de sedimentação (acima de 100 m/M.a.) estão associadas à deposição em bacias tipo *rift*, não sendo admissíveis na Bacia do Paraná, naquela idade. Datações recentes da Formação Corumbataí, em São Paulo, posicionam-na no Triássico-Carniano (?) - com base em paleoictiofauna. Usando-se este dado, chega-se a velocidades mais baixas de sedimentação (40 a 50 m/M.a.) e mais próximas às taxas das demais unidades estratigráficas que compõem o pacote sedimentar da Bacia do Paraná. O objetivo principal deste trabalho é, portanto, trazer à comunidade científica, principalmente àquela que pesquisa o Permotriássico do Gondwana, evidências estratigráficas e sedimentológicas que sugerem idades mais novas para as formações Teresina e Rio do Rasto, compondo a Sequência Permotriássica da Bacia do Paraná. Foram utilizadas as técnicas computacionais dos programas *Backstripping* e *Geohistória* do BaSS (Basin Simulation System), desenvolvido pelo Grupo de Modelagem de Bacias da PETROBRÁS/CENPES/DEPEX.

(Originais recebidos em 22.10.90).

ABSTRACT - This paper presents a stratigraphic analysis on the Permo-Triassic uppermost section of Paraná Basin (Teresina and Rio do Rasto formations). These two units present anomalously high sedimentation rates if we consider the biochronostratigraphic data currently used as input to basin modeling programs. The rate of sedimentation of Teresina and Rio do Rasto formations (150 to 500 m/M.y.) is far above the average presented by the lower sedimentary units (about 60 m/M.y.). High sedimentation rates, higher than 100 m/M.y., are commonly related to deposition in rift-type basins; thus, dissimilar to Paraná Basin, supposedly an interior sag basin at the time of the Permo-Triassic. The Corumbataí Formation, stratigraphically correlated to Teresina and Rio do Rasto formations in the northern part of the basin, was recently dated as Carnian (Late Triassic), based on fish remains. By using this new datum as input, the sedimentation rates of the Teresina and the Rio do Rasto formations drop to a level close to the average of the remnant stratigraphic units of the basin: around 50 m/m.y. This paper is concerned with presenting new stratigraphic and sedimentologic evidences, suggesting that Teresina and Rio do Rasto formations are younger than what has been currently accepted. The stratigraphic analyses were performed by applying backstripping and geohistoric techniques from BaSS (Basin Simulation System), a basin modeling program developed at DEPEX/CENPES/PETROBRAS.

(Expanded abstract available at the end of the paper).

### 1 - INTRODUÇÃO

Os geólogos e, principalmente, os estratígrafos que trabalham com dados de subsuperfície da Bacia do Paraná têm, há muito, uma preocupação referente à taxa de sedimentação das formações Teresina e Rio do Rasto.

De acordo com dados bioestratigráficos, as formações Teresina e Rio do Rasto, que chegam a 1 100 m de espessura na parte central da bacia, foram depositadas em 5 milhões de anos: entre 253 e 248 milhões de anos atrás, ou seja, nos últimos cinco milhões de anos do período Permiano.

1 - E & P AM/GEXP/GEINT, Rodovia Arthur Bernardes, 5 511, Tapanã, CEP 66825-010, Belém, PA, Brasil.

2 - Núcleo de Exploração da Bacia do Paraná (NEXPAR), Departamento de Exploração (DEPEX), Rua Padre Camargo, 285, Alto da Glória, CEP 80060-240, Curitiba, PR, Brasil.

Usando-se estes dados em programas de modelagem de bacias, encontra-se uma taxa de sedimentação em torno de 150 a 500 m/M.a. para estas duas unidades, o que é bem acima da média das demais unidades da Bacia do Paraná, em torno de 60 m/M.a.

Taxas de sedimentação em torno de 110 m/M.a. são geralmente associadas à deposição em *rifts* e, portanto, pouco provável de terem ocorrido no Permotriássico da Bacia do Paraná. Logo, é necessário buscar novas possibilidades de interpretação visando a um melhor posicionamento das formações Teresina e Rio do Rasto na coluna estratigráfica desta bacia.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar dados de subsuperfície e uma nova proposta estratigráfica visando a caracterizar uma questão geológica; pretende-se, ainda, direcionar, e mesmo incentivar, novas pesquisas paleontológicas no Grupo Passa Dois. Propõe-se idade triássica para a porção superior da Formação Teresina e toda a Formação Rio do Rasto, com base no estudo da velocidade de sedimentação dessas duas unidades, por meio de simulações efetuadas com o auxílio dos programas *Backstripping* e *Geohistória* (Basin Simulation System).

Acredita-se que estas evidências possam servir de subsídios importantes para que os dados paleontológicos sejam revistos e reanalisados, e que os paleontólogos possam ao menos levar em conta mais uma ferramenta de trabalho, ou no mínimo questionar sua utilidade.

Sugere-se uma revisão na bioestratigrafia do Permotriássico da Bacia do Paraná, porém com uma visão mais ampla, incluindo as partes mais profundas da bacia, onde o Grupo Passa Dois pode ser quatro a cinco vezes mais espesso do que na faixa de afloramentos. Não se deve confinar o raciocínio geológico a esta restrita faixa que representa muito pouco da Bacia do Paraná.

## 2 - METODOLOGIA

O estudo das taxas de sedimentação das formações Teresina e Rio do Rasto foi realizado utilizando-se os programas de modelagem *Backstripping* e *Geohistória*, desenvolvidos pela PETROBRÁS (BaSS, 1988). Porém, no mercado de informática, existe uma série de programas similares que atende a todos os tipos de microcomputadores. Um dos programas mais simples e populares é o Lopatin, desenvolvido por Waples (1985), que fornece curvas de geohistória (Van Hinte, 1978; in: BaSS, 1988), além de informações de maturidade térmica de folhelhos. No entanto, para uma modelagem mais completa, é necessário um programa mais complexo, que leve em conta valores de porosidade e densidade das rochas analisadas. O *Backstripping* e *Geohistória* são programas adequados a esta necessidade.

O programa *Geohistória* se utiliza da técnica idealizada por Van Hinte, 1978; in: BaSS, 1988. Permite que se

reconstitua, a partir de dados cronoestratigráficos e de porosidade, a profundidade das camadas e do embasamento ao longo do tempo, em qualquer ponto da bacia. A compactação gradual das camadas com o soterramento é obtida assumindo-se que a perda do espaço poroso segue o comportamento da curva de porosidade atual com a profundidade, de cada tipo de litologia (Sclater e Christie, 1980; in: BaSS, *op cit.*).

Já o programa *Backstripping* estima a magnitude e a forma da curva de subsidência tectônica, ao longo do tempo, de um ponto qualquer na bacia; compara, ainda, tal curva com curvas de subsidência tectônica teóricas, previstas pelo grau e pelo tipo de estiramento litosférico. A subsidência tectônica retrata a subsidência do embasamento como se este fosse apenas coberto por água, e é obtida subtraindo-se da curva de subsidência total o efeito exercido pela sobrecarga sedimentar. Isto é efetuado "descascando-se" no tempo os estratos e computando-se a densidade da coluna sedimentar remanescente. O efeito desta coluna é então removido, permitindo-se que o embasamento suba por compensação isostática (Steckler e Watts, 1978; Sclater e Christie, 1980; in: BaSS, 1988). O procedimento requer conhecimento da cronoestratigrafia e litologia, da porosidade e densidade dos sedimentos, da paleobatimetria e da variação do nível do mar.

Como metodologia inerente aos programas, foram utilizados horizontes cronoestratigráficos com idades e profundidades conhecidas (tabela I), curvas de porosidades para cada litologia e para as densidades dos grãos da cada litologia, paleobatimetria e variação do nível do mar, e idade e duração da fase *rift* da bacia.

Os valores de porosidade foram obtidos por meio de leituras nos perfis de porosidades, a cada 50 m, para arenitos e para folhelhos mais siltitos, e foram efetuadas regressões exponenciais de porosidades para essas litologias, que predominam na coluna estratigráfica essencialmente clástica da bacia, usando-se a fórmula de Hubbert e Rubey (1969); in: BaSS (1988), qual seja:  $\varnothing_z = \varnothing_0 \exp(-Cz)$  onde:

$\varnothing_0 = 44$  para folhelho e siltito e 43 para arenito;

$C = 0,44$  para folhelho e siltito e 0,33 para arenito.

Para os intervalos de diabásio, correspondentes às intrusões ígneas que ocorrem nas diferentes unidades estratigráficas da bacia, foram empregados três tratamentos diferenciados: primeiramente, foram considerados como pertencentes à Formação Serra Geral em virtude de suas idades serem equivalentes; dessa forma, foram somados aos basaltos juro-cretácicos para efeito de espessuras e sobrecarga. Em segundo lugar, foram considerados nas suas atuais posições estratigráficas (o que não se mostrou compatível para efeito de taxas de subsidência) e, em terceiro, não considerados na seção, o que parece ser o mais aceitável geologicamente, visto que as intrusões não afetaram as unidades estratigráficas à época de sua sedimentação. Os resultados do primeiro e terceiro tratamentos são muito próximos; ao final, foram utilizados os dados do terceiro tratamento.

TABELA I / TABLE I

**TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO (m/M.a.) DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DA BACIA DO PARANÁ, CONSIDERANDO-SE A PROPOSTA DE MODIFICAÇÃO DE IDADES NO TRIÁSSICO. NOTAR AS TAXAS APROXIMADAS PARA TODAS AS UNIDADES DO PERMOTRIÁSSICO**

SEDIMENTATION RATES (m/M.y.) FOR THE PARANÁ BASIN LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS, CONSIDERING THE NEW TRIASSIC AGES PROPOSED FOR TERESINA AND RIO DO RASTO FORMATIONS. NOTICE THAT THE PERMOTRIASSIC UNITS HAVE APPROXIMATELY THE SAME SEDIMENTATION RATES

Unidade Estratigráfica	Idades (M.a.)		Taxa de Sedimentação (m/M.a.). Usando-se (2)
	(1)	(2)	
Grupo Bauru	65/119	65/119	3,97
Formação S. Geral	119/144	119/144	49,34
Formação Botucatu	144/188	144/189	5,01
Formação Pirambóia	213/238	214/220	17,08
Formação R. Rasto	248/251	220/230	41,93
Formação Teresina	251/253	230/250	49,13
Formação S. Alta	253 <sup>1</sup>	250/252	45,25
Formação Irati	255 <sup>1</sup>	252/255	16,91
Formação Palermo	255/258	255/258	94,36
Formação R. Bonito	258/261	258/261	51,39
Grupo Itararé	261/296	261/296	39,35
Formação P. Grossa	367/394	367/394	16,71
Formações Furnas + V. Maria + Rio Ivaí	401/414 <sup>2</sup>	394/440	12,75

1 - segundo Oliveira (1989); 2 - proposta neste trabalho; <sup>1</sup> = Oliveira (1989) considera Irati+S. Alta; <sup>2</sup> = Oliveira considera apenas a Formação Furnas.  
1 - according to Oliveira (1989); 2 - proposed in this paper; <sup>1</sup> = Oliveira's Irati+S. Alta; <sup>2</sup> = Oliveira has used only Furnas Formation.

### 3 - TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO/GEOHISTÓRIA

Três fatores determinam a magnitude da velocidade de sedimentação num sítio deposicional: o **aporte**, cuja quantidade e qualidade estão condicionadas pelo clima e pela posição da bacia em relação à área-fonte; a **subsidiência** do substrato da bacia, que permite o preenchimento da mesma; e a **erosão**, que evita o depósito das partículas ou retira as depositadas anteriormente.

Vários métodos são empregados para medição da taxa de sedimentação (Zarauza *et al.* 1977), dentre os quais destacamos medidas por observação direta, métodos radiométricos, medidas paleontológicas, medidas de

espessura de lâminas, e por meio de cálculos teóricos. Neste trabalho, utiliza-se a espessura descompactada (corrigida) dos pacotes sedimentares e o tempo de deposição entre o topo e a base de cada unidade estratigráfica considerada. A escala de tempo adotada foi a de Harland *et al.* (1982).

As medidas de taxa de sedimentação podem ser expressas em valores de espessura por unidade de tempo. Fischer (1969); in: Zarauza *et al.* (1977), propôs, como unidade de medida, a Unidade Bubnof, expressa em milímetro por mil anos ou metro por milhão de anos. Será utilizada, aqui, a unidade expressa em metros por milhão de anos (m/M.a.).

Ao serem realizadas várias simulações por meio do programa *Geohistória* (BaSS - CENPES/DEPEX), entre outros, para vários poços nas diversas regiões da Bacia do Paraná, utilizando-se dados de subsuperfície (perfis compostos de poços perfurados), paleoecológicos, cronogeológicos, etc., observa-se que a Seqüência Permocarbonífera apresenta elevada taxa de sedimentação, principalmente as unidades do seu topo: formações Teresina e Rio do Rasto.

Oliveira (1987), em sua tese de mestrado, observava elevadas taxas de subsidência (tectônica e total) para essa seqüência, mas não a associava a nenhum evento tectônico importante. Convém salientar que os valores anormalmente altos para as taxas de subsidências (tectônica e total) são normalmente observadas em *rifts* (Bacia do Recôncavo, por exemplo) e marginais (bacias Potiguar e Sergipe - Alagoas, entre outras).

Segundo o mesmo autor, haveria uma coincidência entre os valores de taxa média de subsidência total obtidos para cada unidade da Seqüência Permocarbonífera e valores para o mesmo parâmetro verificado para o Cenozóico do Golfo de Suez por Scott e Govean (1985; in: Oliveira, 1987) - média em torno de 167 m/M.a. Para a fase *rift* da Bacia Potiguar (Mello, 1987) e Sergipe-Alagoas (Chang e Kowsmann, 1984; in: Oliveira, *op. cit.*) são observadas as seguintes taxas de subsidência: Potiguar:  $20 < dS^*/dt < 84$  e  $46 < dSt/dt < 205$ ; Sergipe-Alagoas:  $33 < dS^*/dt < 97$  e  $64 < dSt/dt < 208$ . Esses valores ficam próximos daqueles obtidos para a Seqüência Permocarbonífera da Bacia do Paraná por Oliveira (1987) (ver terceira e quarta colunas da tabela I), notadamente para as formações Teresina e Rio do Rasto, onde:

$S^*$  = subsidência tectônica (m/M.a.);

$St$  = subsidência total (m/M.a.);

$dt$  = intervalo de tempo (M.a.)

A subsidência tectônica está relacionada à subsidência do embasamento sem o efeito da carga sedimentar sobreposta, enquanto que a subsidência total é a soma dos efeitos tectônicos com a carga dos sedimentos sobrepostos ao embasamento da bacia.

Ao se utilizar o programa *Backstripping* (BaSS), tendo como entrada os dados cronoestratigráficos do trabalho de Oliveira (1989, p. 332), chega-se a valores ainda mais elevados para essas duas unidades do topo da seqüência, notadamente para a Formação Teresina, quais sejam: Formação Teresina:  $dS^*/dt=137$  e  $dSt/dt=285$ ; Formação Rio do Rasto:  $dS^*/dt=29$  e  $dSt/dt=71$ . Esses valores podem ser comparados na tabela II.

Utilizando-se o programa *Geohistória* (BaSS) e entrando-se com os mesmos dados cronoestratigráficos (tabela I) do trabalho de Oliveira (1989), onde se admite, para a Formação Teresina, idade entre 253 e 251 M.a. e Rio do Rasto 251 e 248 M.a., obtém-se altíssimas taxas de sedimentação para as duas unidades superiores da Seqüência Permocarbonífera:

- **Formação Teresina**

poço 3-CB-3-SP: 528 m/M.a.

poço 2-AN-1-PR: 566 m/M.a. (figs. 1 e 2)

- **Formação Rio do Rasto**

poço 3-CB-3-SP: 137 m/M.a.

poço 2-AN-1-PR: 185 m/M.a. (figs. 1 e 2)

**TABELA II / TABLE II**

**COMPARAÇÃO ENTRE AS TAXAS DE SUBSIDÊNCIAS TECTÔNICA E TOTAL DAS FORMAÇÕES TERESINA E RIO DO RASTO, OBTIDAS NO TRABALHO DE OLIVEIRA (1987) E AS OBTIDAS NESTE TRABALHO, UTILIZANDO-SE O PROGRAMA *BACKSTRIPPING* (BaSS)**

**COMPARISON BETWEEN TECTONIC AND TOTAL SUBSIDENCE RATES OF TERESINA AND RIO DO RASTO FORMATIONS, ACCORDING TO OLIVEIRA (1987), AND THOSE OBTAINED DURING THIS STUDY USING *BACKSTRIPPING* (BaSS) TECHNIQUE**

Unidades Litoestratigráficas	Segundo Oliveira (1989), tabela I			Segundo BaSS (1988)	
	Idade abs. (M.a)	$dS^*/dt$ (m/M.a.)	$dSt/dt$ (m/M.a.)	$dS^*/dt$ (m/M.a.)	$dSt/dt$ (m/M.a.)
Formação RRST	248/251	38	112	29	71
Formação TRSI	251/253	33	102	137	285

Legenda: M.a. = idade em milhões de anos;  $dS^*/dt$  = taxa de subsidência tectônica;  $dSt/dt$  = taxa de subsidência total; m/M.a. = metro por milhões de anos.

Conventional representation: Age in M.y.;  $dS^*/dt$  = tectonic subsidence rate;  $dSt/dt$  = total subsidence rate; m/M.y. = meters per million years.

Embora se tenha verificado altas taxas de subsidência para cada unidade dessa seqüência, que podem diagnosticar uma fase *rift* nesse período (com duração de aproximadamente 48 M.a.), não há qualquer outra evidência que possa sugerir tal hipótese. Àquele tempo, a Bacia do Paraná estava dominada por amplas áreas plataformais, em regime tectonicamente calmo.

Para a Formação Teresina, admitia-se idade entre 253 e 251 M.a., e para a Formação Rio do Rasto 251 a 248 M.a., intervalos de tempo bastante curtos para a significativa espessura da rocha depositada, proporcionando, portanto, valores extremamente elevados de taxas de sedimentação e de subsidências (tectônica e total).

As formações Teresina e Rio do Rasto necessitam, portanto, de mais tempo geológico para sua deposição, pois só assim as discrepâncias observadas nas taxas deposicionais podem ser corrigidas, visto que suas espessuras não podem, obviamente, ser alteradas. Só há duas alternativas: 1) "envelhecer" unidades permianas inferiores (a Formação Irati, por exemplo), ou 2) "rejuvenescer" as formações Teresina e Rio do Rasto. Optou-se pela segunda alternativa pela maior elasticidade de tempo no Mesozóico da bacia e pelo histórico das

datações das formações Teresina e Rio do Rasto, que será visto oportunamente.

Segundo Ragonha (1984), a idade do topo da Formação Corumbataí estaria entre o Carniano e o Noriano. Esse limite posiciona-se há 225 M.a. (Geologic Time Scale - Harlad *et al.* 1982 - Geologic Society of America).

Foi considerada, então, neste estudo, a idade de 220 M.a. para o topo da Formação Rio do Rasto, valor que se mostrou mais apropriado, considerando-se os dados cronológicos pesquisados, e depois de várias simulações

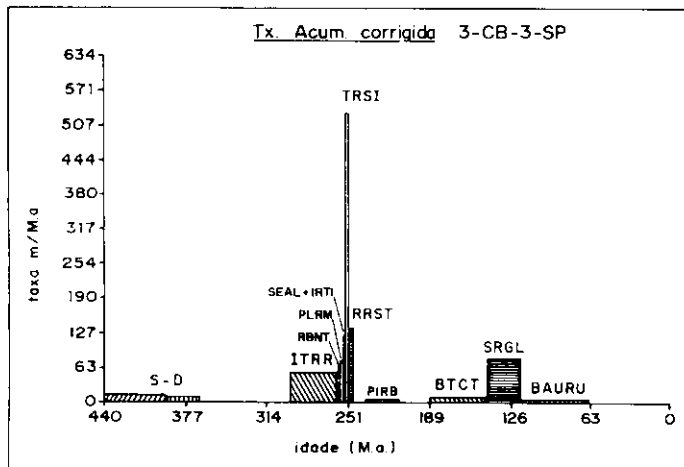


Fig. 1 - Taxas de sedimentação das unidades estratigráficas da Bacia do Paraná encontradas no poço 3-CB-3-SP (parte central da bacia), considerando-se as datações prévias (Permiano) para as formações Teresina e Rio do Rasto. Notar as taxas de deposição anômalas nessas formações. Símbolos para as figuras 1, 2 e de 4 a 7: S-D (Seqüência Siluro-Devoniana); ITRR (Grupo Itararé); RBNT (Formação Rio Bonito); PLRM (Formação Palermo); IRTI (Formação Irati); SEAL (Formação Serra Alta); TRSI (Formação Teresina); RRST (Formação Rio do Rasto); PIRB (Formação Pirambóia); BTCT (Formação Botucatu); SRGL (Formação Serra Geral); e BAURU (Formação Bauru).

Fig. 1 - Sedimentation rates of the stratigraphic units of Paraná Basin estimated for the 3-CB-3-SP well (central portion of the basin), assuming former Permian ages for the Teresina and the Rio do Rasto formations. Notice that Teresina and Rio do Rasto formations show anomalously high sedimentation rates. Conventional representation for figures 1, 2, and 4 through 7: S-D (Silurian-Devonian Sequence), ITRR (Itararé Group), RBNT (Rio Bonito Formation), PLRM (Palermo Formation), IRTI (Irati Formation), SEAL (Serra Alta Formation), TRSI (Teresina Formation), RRST (Rio do Rasto Formation), PIRB (Pirambóia Formation), BTCT (Botucatu Formation), SRGL (Serra Geral Formation), and BAURU (Bauru Formation).

nos dois programas utilizados (*Backstripping* e *Geohistória*), pelo menos na porção central da bacia, onde, sem dúvida, os pacotes mais novos de cada unidade estão, via de regra, mais preservados da erosão (fig. 3).

Nesse caso, com a idade de 220 M.a. para o topo da Formação Rio do Rasto, e tomando-se para estudo poços da calha central da bacia (3-CB-3-SP, 2-RI-1-PR e 2-AN-1-PR, entre outros), foi observada uma redução das taxas de subsidência estimadas das duas unidades do topo da

Seqüência Permotriássica (formações Teresina e Rio do Rasto), tornando-se muito próximas às taxas das demais unidades da mesma seqüência e próximas ao valor obtido como média da mesma (tabela I).

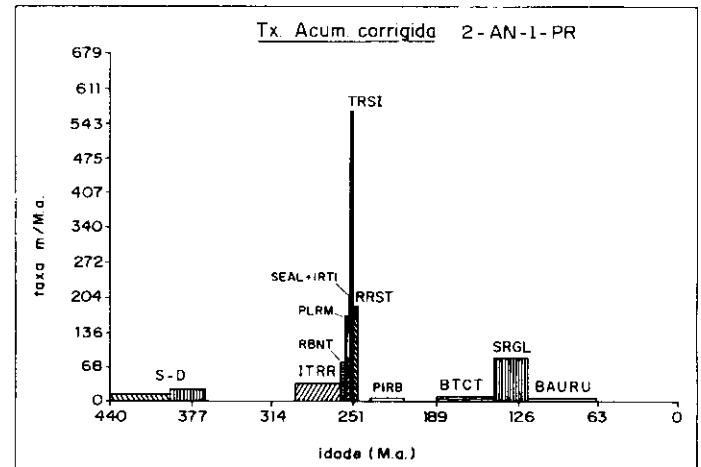


Fig. 2 - Taxas de sedimentação das unidades estratigráficas da Bacia do Paraná encontradas no poço 2-AN-1-PR (parte central da bacia), considerando-se as datações prévias (Permiano) para as formações Teresina e Rio do Rasto. As formações Teresina (principalmente) e Rio do Rasto exibem altas taxas de deposição.

Fig. 2 - Sedimentation rates of the stratigraphic units of Paraná Basin estimated for the 2-AN-1-PR well (central portion of the basin), assuming former Permian ages for Teresina and Rio do Rasto formations. The Teresina (chiefly) and the Rio do Rasto formations display high deposition rates.

No poço 3-CB-3-SP, as taxas de acumulações, corrigidas para o efeito de compactação, atingem valores de 49 m/M.a. e 35 m/M.a. (para as formações Teresina e Rio do Rasto, respectivamente) (fig. 4).

No poço 2-AN-1-PR, as taxas são, respectivamente: 50 m/M.a. e 45 m/M.a. (fig. 5).

No poço 2-RI-1-PR, as taxas são, respectivamente: 52 m/M.a. e 47 m/M.a. (fig. 6).

Essas taxas estão bem próximas à média encontrada para a Seqüência Permotriássica como um todo: 43 m/M.a. no poço 3-CB-3-SP, 55 m/M.a. no 2-AN-1-PR e 48 m/M.a. no 2-RI-1-PR, considerando-se aqui a idade de 220 M.a. para o topo da seqüência.

As altas taxas de deposição da Formação Palermo, observadas nos poços analisados, notadamente no 2-AN-1-PR, refletem uma deposição do tipo deltaica. Sabe-se que nos deltas são atingidas as mais altas taxas de sedimentação entre todos os meios sedimentares.

Para bacias marginais aos crátons, plataformais e intracratônicas, as velocidades de sedimentação máxima para intervalos de tempo longos (caso da Bacia intracratônica do Paraná) têm como média 15 m/M.a. (Keunen, 1967; Kay, 1955 in: Zarauza *et al.* 1977).

Difícilmente os sedimentos das formações Teresina e Rio do Rasto apresentariam taxas mais elevadas, salvo algum evento tectônico (até o momento desconhecido)

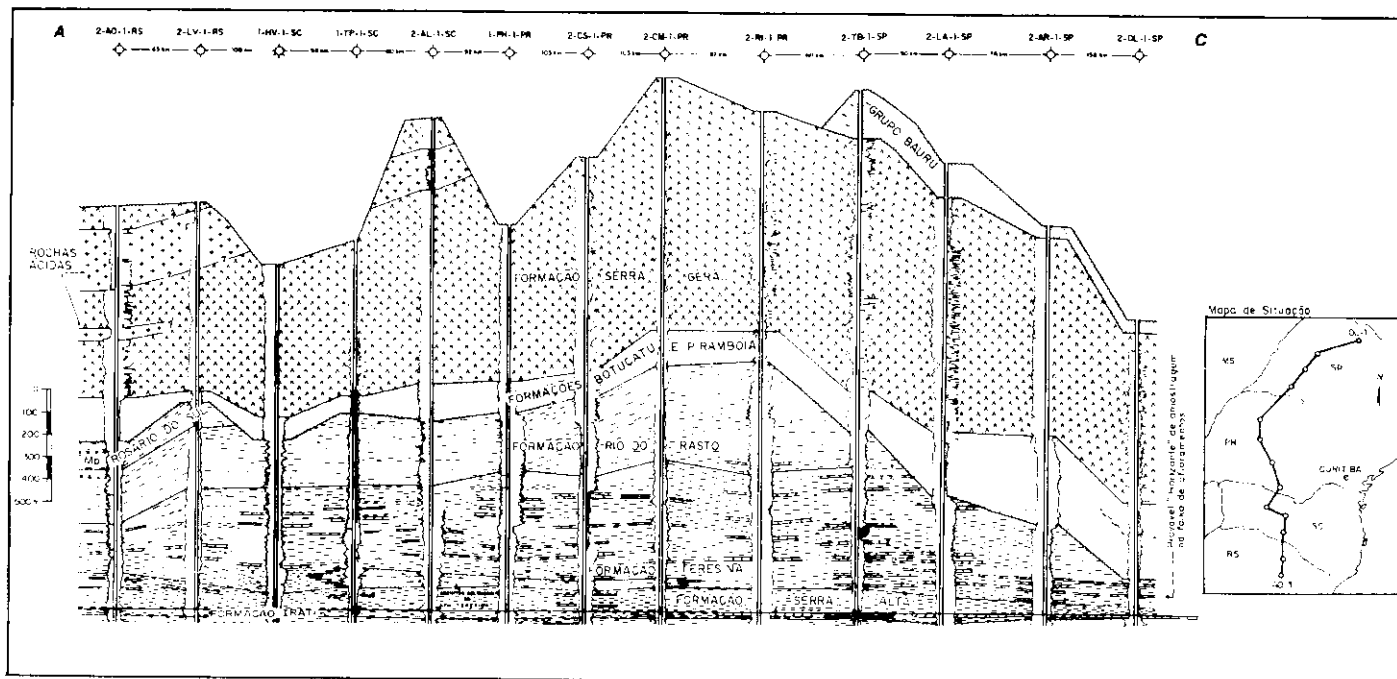


Fig. 3 - Seção estratigráfica usando como datum o topo da Formação Irati. Notar que a Formação Teresina é mais delgada nas bordas da bacia, onde, ou a erosão pré-Formação Pirambóia foi mais eficiente, eliminando praticamente toda a parte superior da Formação Teresina, ou esta seção não foi depositada nas bordas da bacia.

Fig. 3 - Stratigraphic cross section, top of Irati Formation as datum. The Teresina Formation becomes thinner towards the margins of the basin, because erosion was more active in the basin rim, or due to lack of deposition.

envolvido, posto que, para a primeira unidade, admite-se ambiente deposicional marinho raso/planície de maré/transicional, enquanto que para a segunda alguns autores advoçam ambiente fluvial com retrabalhamento eólico, afetados por processos de suspensão (lobos, turbiditos), de tração (sigmóides, estratificação cruzada) e de fluxos de detritos (diamictitos), além de fácies carbonáticas; ou ainda, segundo outros autores, sedimentação ligada a um ecossistema de lagos, lagoas e planícies de inundação.

O importante é que, em média, as duas unidades do topo da Sequência Permotriássica apresentam taxas de sedimentação calculadas relativamente aproximadas às das demais unidades inferiores, visto que nenhum fenômeno tectônico parece ter ocorrido dentro do espaço de tempo compreendido pela deposição dessas duas unidades, e não mais com valores anômalos (extremamente altos), aparentemente sem nenhum motivo geológico, quando não se admitia a idade triássica para o seu topo.

Voltando-se ao *Backstripping*, e considerando-se as novas idades propostas para a Sequência Permotriássica, chega-se a conclusão semelhante com relação às taxas de subsidências tectônica e total: as que se referem às formações Teresina e Rio do Rasto não se diferenciam em muito das demais unidades da sequência (conforme mostra-se na tabela III).

Pode-se verificar, ainda, pela comparação entre as figuras 7 e 8, as diferenças marcantes entre as taxas de subsidências (tectônica e total) quando se utilizam as idades

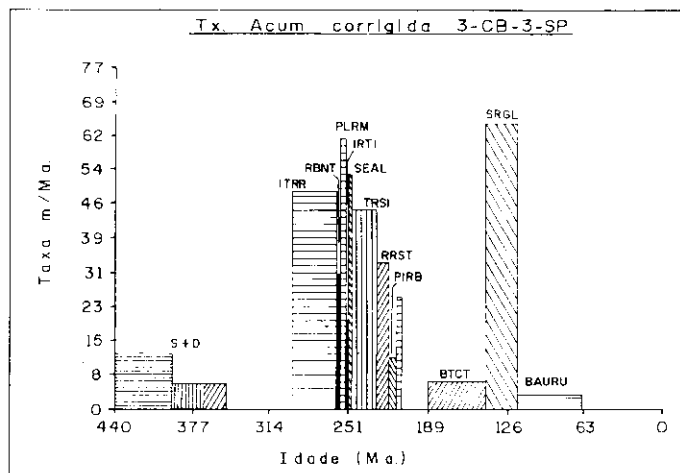


Fig. 4 - Taxas de sedimentação das unidades estratigráficas da Bacia do Paraná encontradas no poço 3-CB-3-SP, considerando-se as datações propostas neste trabalho para as formações Teresina e Rio do Rasto.

Fig. 4 - Sedimentation rates of the stratigraphic units of Paraná Basin estimated for the 3-CB-3-SP well, assuming the new ages proposed in this paper for Teresina and Rio do Rasto formations.

antigas para a coluna estratigráfica da bacia (fig. 7) e as idades propostas neste trabalho (fig. 8). Note, principalmente, na figura 7, a quebra significativa de inclinação da curva *backstripped* ao redor de 250 M.a. (tectônica *rift*?) e compare

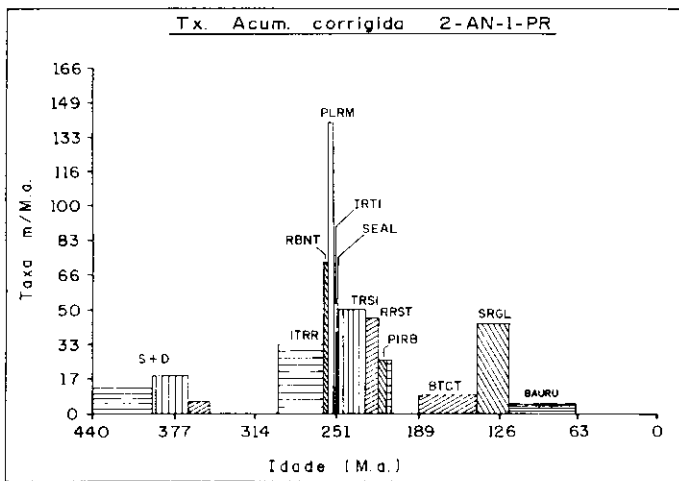


Fig. 5 - Taxas de sedimentação das unidades estratigráficas da Bacia do Paraná encontradas no poço 2-AN-1-PR, considerando-se as datações propostas neste trabalho para as formações Teresina e Rio do Rasto. Ambas mostram taxas e deposição compatíveis com a tectônica da época. A taxa anômala da Formação Palermo (PLRM) é coerente com o desenvolvimento do "Delta Palermo" nesta área da bacia.

Fig. 5 - Sedimentation rates of the stratigraphic units of Paraná Basin estimated for the 2-AN-1-PR well, assuming the new ages proposed in this paper for the Teresina and the Rio do Rasto formations. Both units show rates of deposition compatible to Permian-Triassic tectonics proposed for the Paraná Basin. The anomalously high deposition rate of the Palermo Formation is due to the development of the "Palermo Delta" in this portion of the basin.

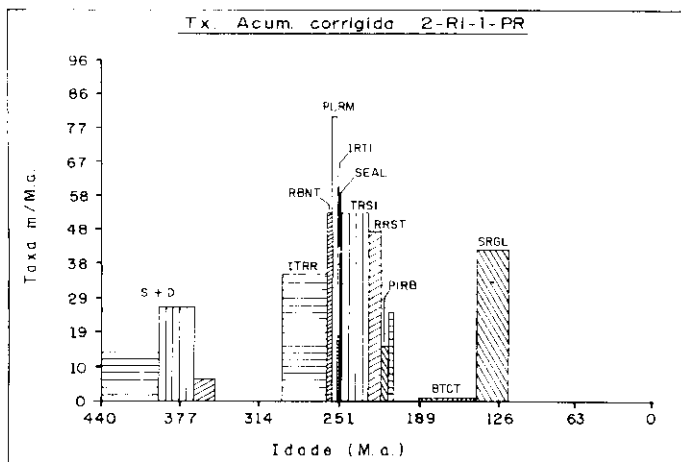


Fig. 6 - Taxas de sedimentação das unidades estratigráficas da Bacia do Paraná encontradas no poço 2-R1-1-PR, considerando-se as datações propostas neste trabalho para as formações Teresina e Rio do Rasto.

Fig. 6 - Sedimentation rates of the stratigraphic units of Paraná Basin estimated for the 2-R1-1-PR well, assuming the new ages proposed in this paper for the Teresina and the Rio do Rasto formations.

esse gradiente com o da figura 8, onde se apresenta mais suavizado - reflexo da sedimentação em ambiente de quiescência tectônica.

Considera-se a idade de 220 M.a. como o topo da Formação Rio do Rasto e aventa-se a possibilidade de não-discordância na calha central da bacia, àquele tempo.

A exemplo da orogenia Tardiherciniana, a orogenia Finiherciniana teria afetado apenas as bordas da bacia.

Dessa forma, sugere-se uma modificação na "Coluna Cronolitoestratigráfica da Bacia do Paraná", basicamente no topo da Seqüência Permocarbonífera (fig. 9), sendo, dessa forma, prolongada até o Triássico, podendo, portanto, passar a ser considerada "Seqüência Permotriássica".

## 4 - PALEONTOLOGIA/DATAÇÃO

### 4.1 - Paleontologia

A paleontologia moderna preocupa-se mais com a paleoecologia e evolução e suas implicações no registro geológico. A evolução das espécies que, segundo Eldredge e Gould (1972), verifica-se por meio de eventos pontuados, são sensíveis a episódios de extinção em massa. Os mamíferos, por exemplo, só conseguiram evoluir e dominar os continentes após a extinção dos grandes répteis no fim do Cretáceo.

A passagem do Permiano para o Triássico é marcada por um outro evento global de extinção em massa que foi, de longe, o mais severo de todos (fig. 10). Cerca de 50% do número de famílias marinhas foram banidas dos oceanos (Raup e Sepkoski, 1986). Os organismos mais afetados foram braquiópodos (50 famílias), crinóides (42 famílias), corais (24 famílias), e briozoários (18 famílias). A nível de espécies, este número é ainda mais impressionante: cerca de 96% de espécies marinhas foram extintas no fim do Permiano (Raup e Sepkoski, *op. cit.*). O resultado deste declínio foi o colapso da fauna de braquiópode-briozoário-pelmatozoário, dominante no Paleozóico, sendo substituída pela fauna mais moderna de moluscos e crustáceos que dominaram o Mesozóico e Cenozóico (Raup e Sepkoski, *op. cit.*).

As extinções em massa são eventos importantes no registro geológico, pois os próprios limites entre as principais subdivisões na escala do tempo geológico foram estabelecidos baseando-se em quebras no registro faunístico. Assim, foram delimitados os fins dos períodos Ordoviciano, Devoniano, Permiano, Triássico e Cretáceo - todos coincidentes com extinções em massa (Raup e Sepkoski, 1982).

Os eventos de extinção em massa são bem mais estudados e conhecidos no Hemisfério Norte. Isto se dá, principalmente, porque o número de dados na América do Norte e Europa é infinitamente superior ao nosso. De qualquer

**TABELA III / TABLE III**

**TAXAS DE SUBSIDÊNCIAS TECTÔNICA E TOTAL DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DA BACIA DO PARANÁ, CONSIDERANDO-SE AS IDADES PROPOSTAS NESTE TRABALHO, PARA O PERMOTRIÁSSICO. COMPARE AS TAXAS DAS FORMAÇÕES TERESINA E RIO DO RASTO COM AS DA TABELA II**  
**TECTONIC AND TOTAL SUBSIDENCE RATES FOR THE LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS OF THE PARANÁ BASIN, CONSIDERING THE NEW TRIASSIC AGES PROPOSED FOR TERESINA AND RIO DO RASTO FORMATIONS. COMPARE WITH TABLE I. CONVENTIONAL REPRESENTATION IS THE SAME AS ON TABLE II**

<b>Unidade Litoestratigráfica</b>	<b>Idade abs. (M.a.)</b>	<b>dS*/dt (m/M.a.)</b>	<b>dSt/dt (m/M.a.)</b>
Grupo Bauru	65/119	1,24	2,88
Formação S. Geral	119/144	8,99	35,91
Formação Botucatu	144/189	0,62	3,89
Formação Pirambóia	214/220	3,55	10,44
Formação R. Rasto	220/230	10,29	24,38
Formação Teresina	230/250	16,16	32,63
Formação S. Alta	250/252	2,35	5,17
Formação Irati	252/255	2,67	69,44
Formação Palermo	255/258	24,78	73,22
Formação R. Bonito	258/261	17,99	29,44
Grupo Itararé	261/296	22,15	34,74
Formação P. Grossa	367/394	7,16	22,20
Formações Furnas + V. Maria + Rio Ivai	394/440	7,22	12,84

modo, como seria o registro destas extinções em massa na América do Sul? Mais especificamente, como seria o registro da extinção em massa do fim do Permiano no Gondwana? Se a proposta apresentada estiver correta, o registro da grande mortandade marinha do fim do Permiano encontra-se na Formação Teresina.

Qual a causa da grande mortandade de organismos marinhos no fim do Permiano? A hipótese mais aceita atualmente é apresentada por Gould (1977), que propõe como causa principal um outro evento global do fim do Permiano: a coalescência de massas continentais formando o supercontinente Pangea. A área total de mares rasos, onde a vida marinha é notável, seria reduzida drasticamente com a coalescência de continentes e, conseqüentemente, os ricos

ecossistemas do Permiano Superior não teriam espaço suficiente para manter todos os seus habitantes. Metade teria que ser descartada.

Ainda não se sabe ao certo como os mares do Gondwana seriam afetados por este cataclisma. Muito trabalho paleontológico e estratigráfico ainda deverá ser feito visando a esclarecer este enigma na geologia do Gondwana.

Um aspecto importante deve ser considerado e analisado: Sepkoski (1982), baseando-se em dados taxonômicos mundiais, notou que a diversidade, a nível de famílias, mostra um declínio já a partir do Sakmariano; todavia, este declínio é particularmente severo nos últimos 15 milhões de anos do Permiano, ou seja, a partir do Kunguriano (porção superior do Grupo Itararé/base da Formação Rio Bonito).

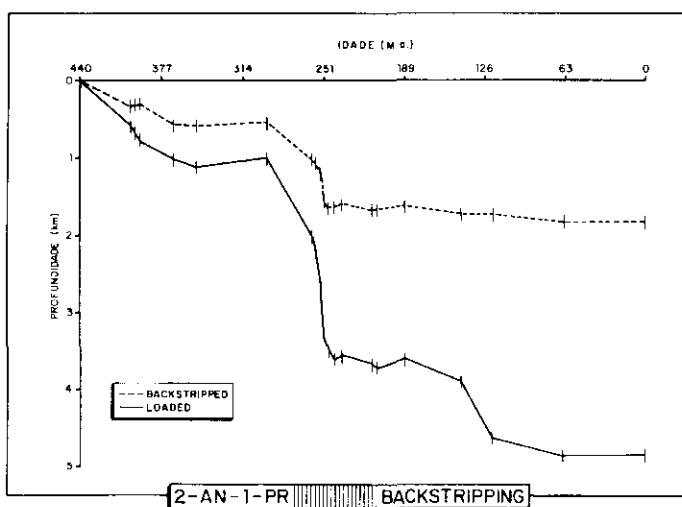


Fig. 7 - Comparação entre as profundidades do embasamento da bacia, corrigidas e não-corrigidas em relação à carga sedimentar, ao longo do tempo geológico. Notar o evento tectônico forte (*rift?*) por volta de 250 M.a., considerando-se as datações prévias (Permiano) para as formações Teresina e Rio do Rasto.

Fig. 7 - A comparison between basement depths, corrected and noncorrected, relative to sedimentary load through geologic time. Notice the strong tectonic event (*rift?*), around 250 M.y., assuming former Permian ages for Teresina and Rio do Rasto formations.

Trata-se de uma observação importante, pois pode esclarecer a relativa escassez de fósseis em sedimentos marinhos no Grupo Itararé, e nas formações basais do Grupo Passa Dois, quando comparadas com unidades correspondentes no Hemisfério Norte. Quando o mar permiano invadiu a Bacia do Paraná, os organismos marinhos já se encontravam a caminho de uma grande catástrofe.

O paleoclima, supostamente mais frio no Gondwana, e que tem sido apontado como a principal causa da baixa diversidade biológica do Eopermiano do Gondwana, pode ter tido menos influência do que se supõe. Diante disso, torna-se mais difícil ainda detectar o evento de extinção em massa do fim do Permiano em rochas do Grupo Passa Dois, pois possivelmente o mar permiano do Gondwana já começou com baixa diversidade biológica.

#### 4.2 - Datações - Histórico

As formações Teresina e Rio do Rasto são consideradas de idade permiana desde a década de 50. Porém, as primeiras datações nestas unidades remontam à segunda década deste século.

Holdhaus (1918; in: Ragonha, 1984) descreveu moluscos bivalves (*Plesiocyprinella*) que se concentram em determinados níveis da Formação Corumbatai e estabeleceu idade jurássica para esta formação. A seguir, estudando novas espécies (*Leinzia*, *Jaequesia* e *Terraia*), e levado pela similaridade destas conchas com *Solenomorpha* e *Sanguinolites* do Carbonífero Inferior da Grã-Bretanha,

sugeriu idade carbonífera.

Oliveira (1918) fixou a idade permiana para a Formação Corumbatai baseado em restos de *Glossopteris*, apesar de Zeiller (in: Oliveira *op. cit.*) ter descrito restos dessa flora fóssil como do Permotriássico. No mesmo trabalho, é citado o relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra, onde White colocou as camadas vermelhas do Rio do Rasto como de idade triássica.

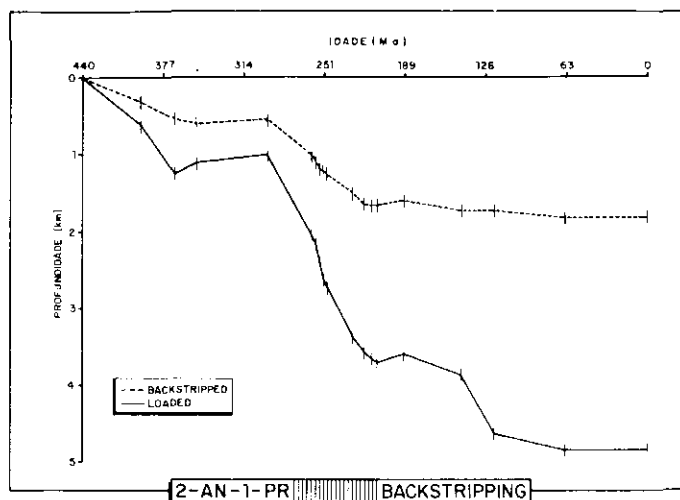


Fig. 8 - Comparação entre as profundidades do embasamento da bacia, corrigidas e não-corrigidas em relação à carga sedimentar, ao longo do tempo geológico. Notar que não existe nenhum evento tectônico significativo por volta de 250 M.a., considerando-se as datações propostas neste trabalho, para as formações Teresina e Rio do Rasto.

Fig. 8 - A comparison between basement depths, corrected and noncorrected, relative to sedimentary load through geologic time. Assuming the new ages proposed in this paper for Teresina and Rio do Rasto formations, there is not a noticeable strong tectonic event at around 250 M.y.

Reed (1928) reconheceu "uma marcada semelhança" da maioria das espécies às bem conhecidas formas triássicas *Pachycardia rugosa*, *Anodontophora trapezoidalis*, *Trigonodus*, *Myophoria*, *Megalodus*, etc., tendo ainda afirmado com segurança que o aspecto geral da fauna indicava idade triássica.

Cox (1934) afirmou: "concordo inteiramente com a conclusão do Dr. Reed, que esses fósseis só podem ser de idade triássica", ao estudar fósseis do Uruguai, de camadas do mesmo grupo.

Mendes (1944) postulou que a malacofauna de dois horizontes fossilíferos da Série Corumbatai, em São Paulo, é idêntica às triássicas conhecidas de outras localidades do Sul do País, Uruguai e Paraguai.

Mendes (1945) examinou a Formação Estrada Nova e conferiu duas argumentações sobre a idade dessa unidade, chegando a afirmar: "Parece-me pois estar ainda vacilante entre o Permiano e o Triássico a idade do Estrada Nova. De tudo isso, porém, o que fica bem patente é o mau estado

atual do conhecimento paleontológico dessa formação”.

Daemon e Quadros (1970) colocam as formações Teresina e Rio do Rasto no intervalo bioestratigráfico L2+L3 (Permiano Superior-Kazaniano). Concluíram, também, que estratos considerados equivalentes à Formação Corumbataí, no Estado do Paraná, são pelo menos mais novos que o Kazaniano.

Valencio *et al.* (1975), com base nos dados geológicos disponíveis e nas características do Intervalo Neopaleozóico de Polaridade Geomagnética Reversa (três reversões do campo magnético acusadas em amostras da Formação Corumbataí, coletadas na região de Artemis-Piracicaba), concluíram por uma idade neotatariana ou mais nova.

do Triássico Superior no Texas.

Ragonha (1984), em seu trabalho de tese, sugeriu: “Deve ficar claro que o Neotriássico (possivelmente Carniano) não está sendo cogitado para o tempo de deposição Corumbataí. Suas primeiras camadas ter-se-iam acumulado há mais tempo, evidentemente. Essa idade é atribuída aos níveis estratigráficos onde os fósseis retromencionados são encontrados que, ao que tudo indica, são os superiores desta formação”.

Porém, se levarmos em conta que essas camadas estão posicionadas na borda oriental da bacia, e que por conseguinte em direção ao depocentro da mesma tem-se, em subsuperfície, pacotes superiores certamente mais

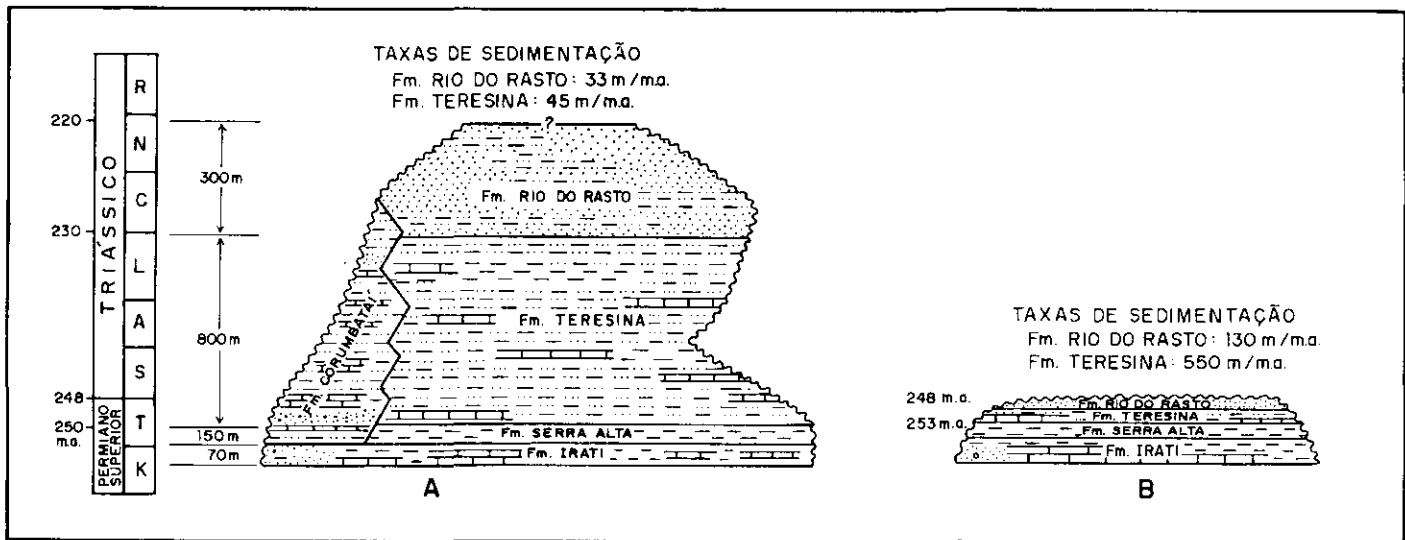


Fig. 9 - Comparação entre as colunas estratigráficas proposta (A) e vigente (B), para as formações Teresina e Rio do Rasto. Observar que as taxas de deposição na coluna proposta são coerentes com as taxas deposicionais conhecidas para o ambiente tectono-sedimentar das formações Teresina e Rio do Rasto. Por outro lado, na coluna vigente, nota-se que estas taxas estão muito mais altas, inclusive, do que as taxas deposicionais em bacias tipo *rift* como a Bacia Potiguar, por exemplo, onde as taxas variam de 46 a 205 m/M.a.

Fig. 9 - A comparison between the proposed (A) and the present (B) stratigraphic columns for Teresina and Rio do Rasto formations. Notice that the deposition rates in the proposed chart match known deposition rates for the formations' environment. On the other hand, the present column shows extremely high deposition rates, which are even higher than those observed in rift-type basins, such as the Potiguar Basin that present 46 to 205 m/M.y.

Thomaz Filho (1976; in: Ragonha, 1989), por meio de datações radiométricas, acusou a idade de 228 M.a. para a Formação Rio do Rasto (Carniano - Neotriássico).

Lima e Sundaran (1982), após reavaliação de dados palinológicos da Bacia do Paraná, consideraram que possivelmente a parte superior da Formação Estrada Nova seja de idade triássica.

Ragonha (1984), em tese de doutorado na USP, afirma que a presença de *Xenacanthus moorei* e outros elementos da paleoictiofauna que se lhe associam propendem à aceitação de uma idade triássica (possivelmente Carniano) para a Formação Corumbataí, unidade esta que corresponde às formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto basal (Membro Serrinha) nas demais porções da Bacia do Paraná. A primeira ocorrência de xenacantódios no continente americano foi anunciada por Johnson (1980) em depósitos

novos, além do fato de que essa unidade tem seu topo erodido, principalmente nas suas bordas, é de se esperar que os pacotes que correspondem ao final da deposição dessa unidade estratigráfica sejam, sem dúvida, mais novos, conforme mostra a seção geológica (fig. 3).

Esses dados, aliados ao exame das taxas de sedimentação anômalas (muito alta) verificadas, levaram a considerar como bastante aceitável a idade neotriássica para essa unidade estratigráfica da Bacia do Paraná e, a partir daí, usar a idade de 220 M.a. como topo da Formação Rio do Rasto, próximo à idade de 225 M.a. que é o limite entre o Carniano e o Noriano, e considerada no trabalho de Ragonha (1984). Ao se utilizar essa idade para o topo da Formação Rio do Rasto, verificou-se que as taxas de sedimentação dessa unidade e da Formação Teresina assemelham-se com as taxas de sedimentação das demais unidades da

Seqüência Permotriássica, conforme demonstrado neste trabalho.

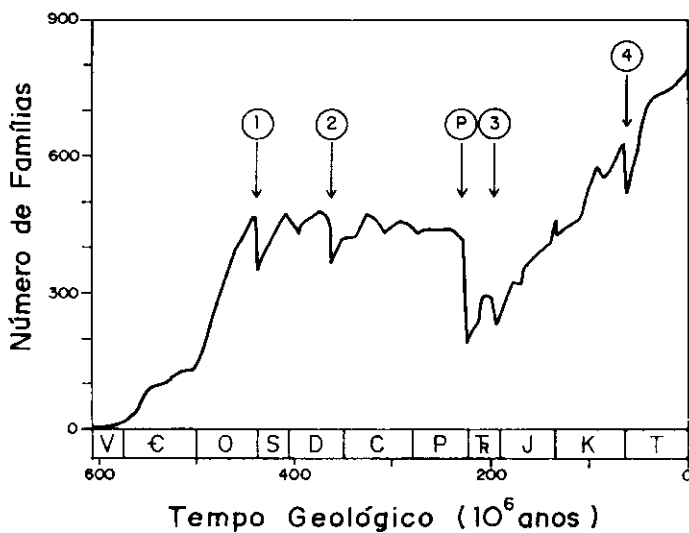


Fig. 10 - Número de famílias de animais marinhos durante o Fanerozóico (V = Vendiano), mostrando a história da diversidade e distribuição das principais extinções em massa nos oceanos. Cinco extinções em massa são notáveis: (1) Andar Ashgiliano do Ordoviciano; (2) Andar Frasniano do Devoniano; (3) Andar Noriano do Triássico; (4) Andar Maastrichtiano do Cretáceo, e (P) Permiano Superior, que é a mais expressiva de todas (modificado de Sepkoski, 1982).

Fig. 10 - Number of families of marine animals over the Phanerozoic (V stands for Vendian), showing their history of diversity and distribution of main mass extinction events that took place in the (1) Ashgillian Stage of the Ordovician, (2) Frasnian Stage of the Devonian, (3) Norian Stage of the Triassic, (4) Maastrichtian Stage of the Cretaceous, and in the (P) Late Permian, the most conspicuous extinction (modified after Sepkoski, 1982).

## 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- As formações Teresina e Rio do Rasto, que já foram consideradas de idade triássica, têm sido tratadas, nos últimos quarenta anos, como permianas, baseando-se sobretudo em datações paleontológicas (pólenes, esporos e moluscos bivalves) realizadas predominantemente na faixa de afloramentos.
- Considerando-se a idade permiana e realizando-se simulações do tipo *Geohistória* e *Backstripping*, e incluindo-se dados da parte profunda da bacia, obtêm-se taxas de sedimentação muito altas (em torno de 150 a 500 m/M.a.), o mesmo acontecendo para as taxas de subsidências tectônica e total, para as formações Teresina e Rio do Rasto. Além disso, estas taxas estão bem acima da média apresentada pelas unidades mais antigas da bacia (cerca de 60 m/M.a.).
- Taxas de deposição em torno de 100 m/M.a. são normalmente encontradas em bacias *rift*, e dificilmente ocorreria no Permotriássico da Bacia do Paraná.
- Recentemente, têm sido propostas idades mais novas

(Triássico) para a Formação Rio do Rasto, baseando-se em estudos de paleoicnofósseis (xenacantódios), reversões do campo magnético e datações radiométricas (228 M.a.).

- Utilizando-se estes novos dados como entrada nas simulações de *Geohistória* e *Backstripping*, obtêm-se taxas de sedimentação bem mais baixas (40 a 50 m/M.a.), e taxas de subsidências tectônica e total (13 a 33 m/M.a.) mais próximas das demais unidades estratigráficas que compõem a Seqüência Permotriássica da bacia.
  - Diante disso, propõe-se que a Formação Teresina seja considerada permotriássica (Tatariano a Ladiniano) e, a Formação Rio do Rasto, triássica (Carniano a Noriano).
  - Propõe-se, também, uma revisão na bioestratigrafia da Bacia do Paraná, e aventa-se o indicativo de problemas semelhantes nas demais unidades da seqüência, levando-se em conta principalmente a parte central da bacia, onde a deposição deve ter sido mais contínua e completa. Propõe-se, também, que sejam considerados aspectos paleoeco-lógicos e evolutivos de uma maneira prática, visando a uma melhor compreensão dos mares gonduânicos no fim do Permiano, quando ocorreu a maior extinção em massa do registro geológico.
  - Finalmente, seria desejável que os paleontólogos pesquisadores do Gondwana encarassem este trabalho como uma hipótese testável e não como um produto acabado, e que trouxessem contribuições visando a confirmar ou não esta proposta.
- A geologia, felizmente, é uma ciência dinâmica, repleta de alternativas e, acima de tudo, cheia de desafios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COX, L. R. Triassic lammellibranchs from Uruguay. *Annals and Magazine Natural History*, London, v.10, n. 13, p. 264-273, 1934.
- DAEMON, R. F., QUADROS, L. P. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24, Brasília, 1970. *Anais...* Brasília : Sociedade Brasileira de Geologia, 1970, v. 1, p. 359-412.
- ELDREDGE, N., GOULD, S. J. *Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism*. In : MODELS in Paleontology. San Francisco : Freeman Cooper and Company, 1972. p. 82-115.
- GOULD, S. J. The great dying. In : EVER Since Darwin. New York: W.W. Norton, 1977. p. 134-138.
- HARLAND, W. B., COX, A. V., LLEWELLYN, P. G., PICKTON, C. A. G., SMITH, A. G., WALTER, R. *A geological time scale*. Cambridge: Cambridge University, 1982. 112 p. (Cambridge earth science series).
- JOHNSON, G. D. Xenacanthodii (chondrichthyes) from the Tecovas Formation (Late Triassic) of west Texas. *Journal of Paleontology*. Tulsa, v. 54, n. 5, p. 923-932, 1980.

- LIMA, M. R., SUNDARAM, D. Reavaliação dos dados palinológicos do Neopaleozóico brasileiro. *Boletim IG-USP*, São Paulo, v. 13, p. 81-99, 1982.
- MELLO, U. T. *Evolução termomecânica da Bacia Potiguar*. Ouro Preto : Universidade Federal de Ouro Preto, 1987. 186p. Dissertação-Mestrado.
- MENDES, J. C. Lamelibrânquios triássicos de Rio Claro (Estado de São Paulo). *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 41-76, 1944.
- MENDES, J. C. Considerações sobre a estratigráfica e idade da Formação Estrada Nova. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 27-34, 1945.
- OLIVEIRA, E. P. Posição Estratigráfica dos Lamelibranchios descritos na memória do Prof. Holdhaus. *Serviço de Geologia Mineral do Brasil*, n. 2, p. 27-32, 1918. Monografia.
- OLIVEIRA, L. O. A. *Aspectos da evolução termomecânica da Bacia do Paraná no Brasil*. Ouro Preto : Universidade Federal de Ouro Preto, 1987. 179p. Dissertação-Mestrado.
- OLIVEIRA, L. O. A. Aspectos da evolução termomecânica da Bacia do Paraná no Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 330-342, 1989.
- PETROBRÁS. CENPES. DIVEX. SETEC. BaSS: manual do usuário (versão 1.0). Rio de Janeiro : PETROBRAS. CENPES, 1988. 1v.
- RAGONHA, E. W. *Taxionomia de dentes e espinhos isolados de Xenacanthodii (condrichthyes, elasmobranchii) da Formação Corumbataí*: considerações cronológicas e paleoambientais. São Paulo : Universidade de São Paulo, 1984. Tese-Doutorado.
- RAGONHA, E. W. Placas dentárias de *Dipnoi* no Grupo Passa Dois (P - Tr) da Bacia do Paraná. Apreciações ambientais, climáticas e estratigráficas. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, Curitiba, 1989. *Anais...* Curitiba : Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1989. 2 v. no prelo.
- RAUP, D. M., SEPKOSKI Jr., J. J. Mass extinction in the marine fossil record. *Science*, Washington, DC, v. 215, p. 1501-1502, 1982.
- RAUP, D. M., SEPKOSKI Jr., J. J. Periodic extinction of families and genera. *Science*, Washington, DC, v. 231, p. 833-836, 1986.
- REED, F. R. C. Triassic fossils from Brazil. *Annals and Magazine Natural History*, London, v. 10, n. 2, p. 39-48, 1928.
- SEPKOSKI Jr., J. J. *Mass extinctions in the Phanerozoic oceans: a review*. Boulder, Colo. : Geological Society of America, 1982. p. 283-289. (GSA. Special Paper, 1990).
- VALENCIO, D. A., CAMPOS, A. C., PACCA, I. G. Paleomagnetism of some sedimentary rocks of the Late Paleozoic Tubarão and Passa Dois Groups, from the Paraná Basin - Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 186-197, 1975.
- VAN HINTE, J. E. Geohistory analysis: applications of micropaleontology in exploration geology. AAPG Bulletin, Tulsa, v.62, p. 201-222, 1978.
- WAPLES, D. W. *Lopatin from here to maturity. A time-temperature maturation modeling program*. Denver, Colorado : Plate River, 1985.
- ZARAUZA, I. C., SANUY, J. R., DE LA TORRE, L. S., TORRES, J. A. V., MINONDO, L. V. *Estratigrafia*. Madrid : Editorial Rueda, 1977. 718 p. p. 425-441.

## EXPANDED ABSTRACT

Geologists, and mostly stratigraphers, have long been concerned about the sedimentation rate of the Permo-Triassic (Teresina and Rio do Rasto formations) of Paraná Basin. According to current biostratigraphic data, the Teresina and Rio do Rasto formations, about 1 100 m thick in the central portion of the basin, were deposited over 5 million years: from 253 M.y a. to 248 M.y a. (last five million years of the Permian).

Using these data as input to basin modeling programs, the rate of sedimentation found for Teresina and Rio do Rasto formations is between 150 to 500 m/M.y., which is far above the average of the remnant older units of the basin: 60 m/M.y. Sedimentation rate as high as 110 m/M.y. is commonly found in rift basins; thus, dissimilar to Paraná Basin, supposedly an interior sag basin at the time of the Permo-Triassic. There is

not a lithologic nor any other kind of evidence to support the development of a rift in the Paraná Basin in Permian or Triassic times. Therefore, further explanation or new approaches are necessary to properly fit Teresina and Rio do Rasto formations in the chronostratigraphic column of the Paraná Basin.

The main objective of this paper is to present stratigraphic and sedimentological evidence suggesting that the Rio do Rasto Formation and part of the Teresina Formation might be Triassic.

The Corumbataí Formation (stratigraphically correlated to Teresina and Rio do Rasto formations in the northern portion of the basin) was recently dated as Camian (Late Triassic), based on fish remains.

Using this new datum as input to the modeling programs, the

rates of sedimentation of Teresina and Rio do Rasto formations drop to a level close to the average of the remnant stratigraphic units of the basin: about 50 m/M.y.

A modification is proposed for the Permo-Triassic sequence of the Paraná Basin, based on backstripping and geohistoric techniques, assuming that Carnian to Norian (based on fish remains) is the most probable age for the Rio do Rasto Formation. The proposal situates the P-Tr boundary in the lower section of the Teresina Formation.

A paleontological review is necessary to check what has been proposed, chiefly based on stratigraphic analysis.

Unfortunately most of the paleontological research carried out in the Paraná Basin concentrates on the outcrops - a narrow eastern belt that represents very little of the whole sedimentary fill of the basin. Few works have been done in the subsurface where samples are scarce, yet they should represent a more complete section.

Modern paleontology emphasizes paleoecology and evolution and their implications on the geological record. Mass

extinction is another major concern as well. The Late Permian mass mortality stands alone as the most devastatingly collapse in the marine life during the Phanerozoic (about 50% of marine families vanished from the oceans). Thus far it is not well understood how this major ecological catastrophe affected the Gondwana seas.

According to paleontologist John Sepkoski (University of Chicago), the global taxonomic data covering families show that the Permian extinction was on its way even since the Sakmarian time. However, it was more severe over the last 15 million years of the Permian (upper section of the Itararé Group / base of the Rio Bonito Formation). This extinction is an important element, since it may explain the relative scarcity of marine fossils in the Permian sequence of the Paraná Basin. By the time of the Permian transgression, in the Paraná Basin (Aartinskian - Kungurian), the marine fauna was already on the way to a great catastrophe. Hence a conspicuous record of the great Permian mortality in the Gondwana is unlikely because the biological diversity was already low at that time.