

# REFLEXÕES SOBRE O NEOTECTONISMO NO ESTADO DO PARANÁ

*Idjarrury Gomes Firmino*

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM) e integrante do GEMA (Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente).

[id\\_gf@hotmail.com](mailto:id_gf@hotmail.com)

*Edison Fortes*

Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá

[edison-fortes@hotmail.com](mailto:edison-fortes@hotmail.com)

**RESUMO:** O Brasil, por muito tempo, foi tratado como um território atectônico, isso pelo fato de se encontrar sobre a região central da Placa Sul-Americana, distante das bordas ativas. Contudo, diversas evidências foram sendo reunidas que demonstram que o Brasil possui registros geológicos e geomorfológicos de atividade tectônica recente, sem falar nos inúmeros registros sísmicos diariamente registrados por sismógrafos dentro do território. Contudo, o Paraná ainda é um Estado que possui evidências pouco conclusivas de atividade neotectônica. Portanto, este artigo traz um reflexão sobre o assunto, onde são abordados os modelos de evolução estrutural da Bacia Sedimentar do Paraná e como os estudos sobre a neotectônica dentro do Estado ainda carecem de análises estruturais que sejam compatíveis com estes modelos. Embora alguns estudos já tenham avançado neste aspecto, a ausência de deformações em sedimentos Quaternários e a ausência de métodos de datação em zonas de falhas deixam lacunas sobre a neotectônica no Estado do Paraná. Também existem certas divergências nos modelos de paleotensões, que devem ser reavaliadas. Contudo, as diversas evidências de anomalias de relevo e drenagem que já foram registradas só podem ser explicadas por um tectonismo deformador mais recente.

**Palavras chave:** Paleotensões. Bacia Sedimentar do Paraná. Falhas geológicas. Quaternário.

## REFLECTIONS ON NEOTECTONISM IN THE STATE OF PARANÁ

**ABSTRACT:** Brazil, for a long time, was treated as an atectonic territory, due to the fact that it is located on the central region of the South American Plate, far from the active borders. However, several evidences have been gathered that demonstrate that Brazil has geological and geomorphological records of recent tectonic activity, not to mention the countless seismic records recorded daily by seismographs within the territory. However, Paraná is still a state that has little conclusive evidence of neotectonic activity. Therefore, this article brings a reflection on the subject, where the models of structural evolution of the Sedimentary Basin of Paraná are approached and how the studies on neotectonics within the State still lack structural analyzes that are compatible with these models. Although some studies have already advanced in this regard, the absence of deformations in Quaternary sediments and the absence of dating methods in fault zones leave gaps on the neotectonics in the State of Paraná. There are also certain divergences in the paleotension models, which must be reevaluated. However, the various evidences of relief and drainage anomalies that have already been recorded can only be explained by a more recent deforming tectonism.

**Keywords:** Paleotensions. Paraná Sedimentary Basin. Geological faults. Quaternary.

### 1 INTRODUÇÃO

Uma das questões mais pertinentes da geomorfologia brasileira atualmente é sobre a neotectônica do território brasileiro. Por muito tempo, pensou-se que o Brasil fosse um território atectônico, isso pelo fato de sua porção territorial estar localizada no centro da Placa Sul-Americana, distante das bordas ativas. Essa teoria foi por muito tempo ensinada nas escolas e nas universidades e tratada como um paradigma. Contudo, através do monitoramento de registros sísmicos, feitos pelo Centro de Sismologia da USP e pelo Observatório Sismológico da UNB, além de estudos que foram desenvolvidos a partir da década de 90 sobre os efeitos da tectônica ressurgente no Brasil, foi possível reunir informações mais seguras que provam que o Brasil é recorrentemente afetado por esforços tectônicos intraplaca, os quais, as vezes, se manifestam por meio de abalos sísmicos, embora de menor magnitude em relação ao que se manifestam nas faixas orogênicas da América do Sul e na Dorsal Mesoceânica do Atlântico Sul.

Portanto, diferente do que se pensava, o Brasil não é um território atectônico. Em sua escala continental, pode até ser um território assísmico, principalmente em virtude da baixa frequência de eventos sísmicos. Contudo, inúmeras evidências que foram reunidas sugerem que muitas das anomalias de relevo e drenagem só podem ser explicadas por eventos tectônicos intraplaca.

Os registros sísmicos no Brasil são de longa data (LISBOA, 1909; BRANNER, 1920) e podem estar ligados a perturbações antrópicas, como perfurações de poços e explosões em obras de engenharia. Contudo, a maior parte destes eventos estão ligados aos esforços intraplaca, ocasionados pelo movimento da Placa Sul-Americana para oeste a partir do Terciário Médio e da abertura do Atlântico Sul (HASUI, 1990).

A partir da década de 70 foram feitas as primeiras tentativas de zoneamento de regiões sismogênicas no Brasil (ALMEIDA et al 1977; HABERLEHNER, 1978; HARALYI e HASUI, 1982; DIAS NETO, 1986), que geralmente estão ligadas às Zonas de Falhas que ainda possuem mobilidade tectônica em escala regional, como a estrutura intraplaca tectonicamente mais ativa da América do Sul, o Lineamento Transbrasiliano (FAIRHEAD e MAUS, 2003).

Para a geomorfologia, o reconhecimento de que o Brasil é tectonicamente ativo, sobretudo no período Quaternário, serviu como base para preencher antigas lacunas sobre a evolução do relevo nessa escala de tempo. As primeiras incógnitas já eram propostas desde a década de 50, quando Sternberg (1950) identificou vales tectônicos na Planície Amazônica, as quais estariam ligadas a eventos tectônicos mais recentes. Estudos como os de Freitas (1951) e Guimarães (1951) também levantaram estas questões para propor como a tectônica intraplaca afeta as formas de relevo no Brasil.

Atualmente, com o auxílio dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs), satélites de alta resolução (CBERS-2B – sensor HRC, CBERS 4 e o Landsat 8) e dados gravitacionais e aeromagnéticos, foi possível determinar os efeitos da neotectônica em diferentes regiões do Brasil (ASSUMPÇÃO, 1998; RICCOMINI e ASSUMPÇÃO, 1999; LIMA et al, 2014; ANDRADES-FILHO et al, 2020; BEZERRA et al, 2020; ROSSETTI et al, 2021; entre outros) a partir de evidências quase sempre inquestionáveis.

Por sua vez, o Estado do Paraná ainda apresenta lacunas a respeito das mais recentes manifestações tectônicas em seu território. Muitos estudos foram desenvolvidos nos vales dos

rios Ivaí e Paraná por acadêmicos da região (STEVAUX, 1993, FORTES et al, 2005; SOUZA JUNIOR et al, 2013, entre outros). Posteriormente, motivados pelas anomalias de relevo associadas ao Arco de Ponta Grossa, alguns estudos foram desenvolvidos no interior do Estado. É inquestionável que o Estado do Paraná apresenta diversas anomalias geológicas e geomorfológicas que podem estar ligadas ao tectonismo recente. Contudo, a ausência de elaborações de modelos estruturais por parte destes pesquisadores, que expliquem as forças ligadas a estas anomalias, geram lacunas e incógnitas a respeito do neotectonismo no Estado do Paraná.

Portanto, o objetivo deste trabalho é fazer um resgate dos mais recentes modelos de evolução estrutural no Estado do Paraná, sobretudo na Bacia Sedimentar Intracratônica, e refletir sobre a forma que estes modelos são compatíveis com as deformações identificadas nas mais variadas regiões deste Estado, e se estão relacionadas ao tectonismo deformador.

## **2 TECTONISMO DEFORMADOR PÓS-CRETÁCICO DA BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ**

Na Bacia Sedimentar do Paraná, alguns modelos de evolução tectônica já foram propostos. Se destacam os de Riccomini (1995a), Strugale et al (2007), Trzaskos (2006), Jacques et al (2015), e mais recentemente, os de Peyerl et al (2018) e Rivas et al (2019). Neste contexto, serão analisados os eventos deformadores desencadeados a partir do Cretáceo, principalmente em função da idade geológica das rochas mais recentes (Grupo Caiuá e Grupo Serra Geral), e como estes eventos afetam estas rochas.

O período Cretáceo corresponde a uma das fases mais recentes da evolução tectônica da Bacia. Neste intervalo de tempo ocorreram os derrames de lavas vulcânicas associados ao Grupo Serra Geral e a formação e sedimentação das Bacias Bauru e Caiuá. No Cenozóico, pulsos tectônicos foram responsáveis pela deformação das rochas destas duas grandes unidades litológicas.

De acordo com Riccomini (1995a), o limite entre o Juro-Cretáceo foi submetido a um regime trativo de direção NW-SE, que permitiu a colocação dos primeiros derrames básicos no

Pontal do Paranapanema, no Paraná, com idade de 137 Ma. Posteriormente, a atuação da pluma de Tristão da Cunha no Arco de Ponta Grossa alimentou os derrames fissurais da Bacia do Paraná e das Bacias de Santos e Campos, a ~132 Ma. O primeiro sob um regime trativo de direção NE-SW, no eixo do arqueamento, e o segundo sob um regime NW-SE, também trativo, no litoral paulista. A atuação da pluma também teria sido responsável pelo soerguimento da porção central do Arco de Ponta Grossa e seu deslocamento para NW em relação aos blocos adjacentes, através de falhas em tesoura (STRUGALE, et al, 2007).

Ainda segundo Riccomini (1995a), durante o Cretáceo houve a permanência de um regime compressivo de direção NW-SE, responsável pelo binário dextral de direção E-W, em função da abertura diferencial do Atlântico Sul, maior ao sul e menor ao norte da Cadeia São Paulo-Walvis. A manutenção deste pulso foi responsável pela colocação dos diques de traquito de direção NW-SE no Maciço Alcalino de Cananéia (RICCOMINI, 1995b).

De acordo com Batezelli (2010), o processo de acumulação sedimentar continental responsável pela formação das Bacias Caiuá e Bauru ocorreu a partir de duas fases tectônicas principais. A primeira está relacionada à subsidência termal Eocretácea, que foi mais expressiva nas regiões onde se situam as maiores espessuras de basaltos da Formação Serra Geral, como no noroeste do Paraná, responsável pela formação da Bacia Caiuá. A segunda, na qual se originou a Bacia Bauru, deveu-se aos soerguimentos Neocretáceos na região sudoeste de Minas Gerais e Sul de Goiás, resultantes das atividades magmáticas associadas à Pluma Mantélica de Trindade.

Para Riccomini (1995a), o final do Cretáceo é marcado pelo soerguimento da borda leste da Bacia Bauru, com a eclosão de lavas analcimíticas e o aumento no aporte de clásticos rudáceos para oeste, encerrando seu ciclo sedimentar (Maastrichtiano). Com o término deste evento, têm-se provável movimentação transcorrente dextral ao longo do Alinhamento do Paranapanema (SP-PR) e sinistral ao longo do Alinhamento do Rio Moji-Guaçu (SP), com a geração de altos estruturais (Pitanga, Jacu, Carlota-Prenz).

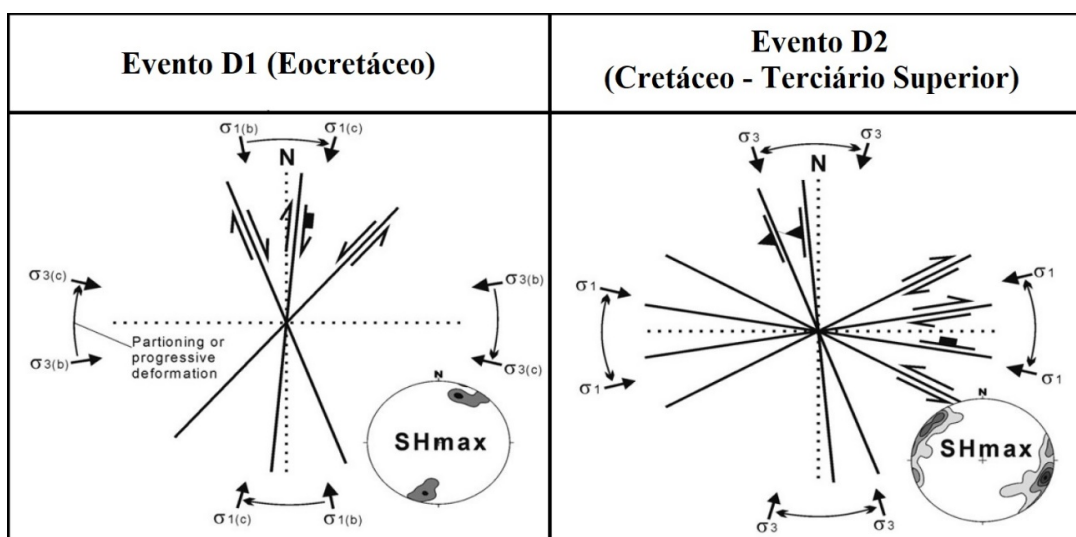
Riccomini (1989, 1995a, b) sintetiza que houve uma alternância do binário geral E-W dextral para sinistral a partir do Eoceno, ensejando a colocação de diques de lamprófito em Cananéia e afetando o preenchimento sedimentar do Rift Continental do Sudeste do Brasil, e alternância de sinistral para dextral novamente a partir do Pleistoceno Superior-Holoceno, com um novo pulso neotectônico trativo, de direção WNW-ESE, com geração de grabens N-S e

rearranjo da rede de drenagem e posteriormente uma última fase de compressão E-W, com deformação dos depósitos da fase anterior e novo reafeiçoamento do relevo e da rede de drenagem.

Silva e Mello (2011) demonstraram que a evolução tectônica da Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (sudeste do Brasil) é compatível com o modelo apresentado por Riccomini (1989) no Rift Continental do Sudeste do Brasil, de Salvador e Riccomini (1995) na região do Alto Estrutural de Queluz (SP/RJ), de Mello (1997) e Sarges (2002) na região do Médio Vale do Rio Doce (MG) e de Ferrari (2001) no Graben de Guanabara (RJ).

Aparentemente, as manifestações tectônicas sentidas na Bacia Sedimentar do Paraná foram mais restritas aos pulsos associados à movimentação geral da Placa Sul Americana, conforme os modelos apresentados por Strugale et al (2007), Machado et al (2012) e Jacques et al (2015) para as rochas vulcânicas da Província Magmática do Paraná.

Em pesquisa realizada na Serra do Cadeado, situado no eixo do Arco de Ponta Grossa, no Paraná, Strugale et al (2007) sugerem dois eventos deformadores para as rochas Mesozoicas da Bacia Sedimentar do Paraná, denominados de D1 e D2. O evento D1 possui caráter extensional e foi responsável pelo soerguimento da parte central do arqueamento e pelas intrusões dos diques Eocretácicos. Possui  $\sigma_1$  posicionado entre N40W e N10E, com rotação do seu campo de tensão no sentido horário de aproximadamente 50° (Figura 1). Associam-se a este evento deformações em níveis superiores da crosta, como falhamentos rúpteis, fraturas escalonadas e juntas plumosas.



**Figura 1: Resumo das paleotensões e das falhas formadas e/ou reativadas durante os eventos D1 e D2 para as rochas básicas (diques e derrames) da Formação Serra Geral, no eixo do Arco de Ponta Grossa – PR, de acordo com Strugale et al (2007).**

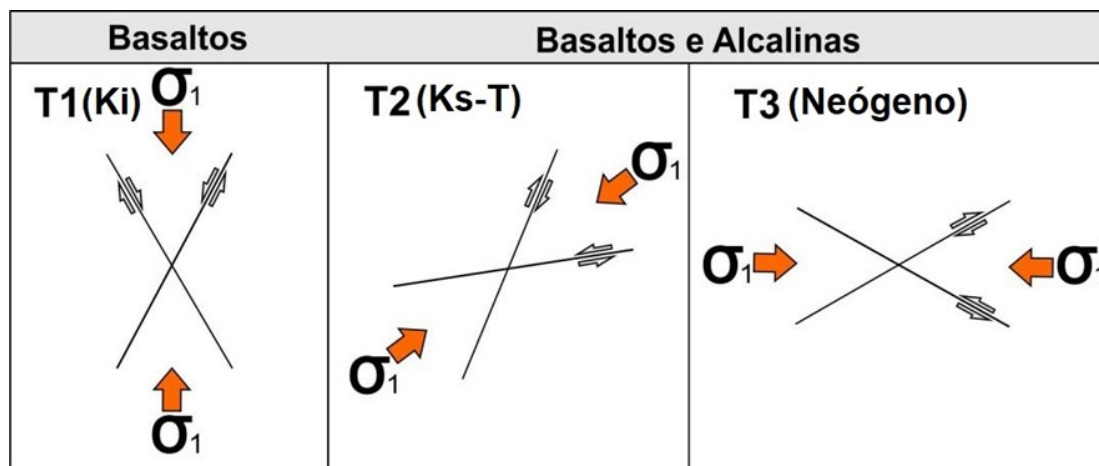
**Fonte: Modificado de Strugale et al (2007).**

O evento D2, de caráter transtensional, é responsável pela reativação de estruturas registradas nas paredes dos diques e ocorrência de bandas de deformação em arenitos da Formação Botucatu, associado a condições de pressão litostática e de fluidos compatíveis com maiores profundidades. Possui falhas de deslizamento e extensionais em extrusivas da Formação Serra Geral, onde SHmáx corresponde ao  $\sigma_1$  e falhas extensionais predominantemente oblíquas em diques de diorito, com SHmáx correspondente ao  $\sigma_2$ .

Ao contrário de D1, as idades ou estágios de variação do campo de tensão D2 não correspondem à deformação progressiva, mas são definidos como um movimento contínuo de SHmáx entre N75E e N40W (Figura 1). Strugale et al (2007) definiu uma posição de tempo para este evento entre o Cretáceo e o Terciário Superior. Contudo, alguns autores (RICCOMINI 1989, 1995a, b; ASSUMPÇÃO, 1992) associam este evento deformador E-W a partir do Cenozóico até o Quaternário.

De acordo com Jacques et al (2015), a região Centro-Sul do Estado de Santa Catarina foi afetada por até 3 eventos deformadores distintos de idade pós-Formação Serra Geral, um primeiro evento (T1) com eixo de tensão principal máximo ( $\sigma_1$ ) orientado ao redor de N-S, um

segundo (T2) orientado próximo à NE-SW e um terceiro (T3) com  $\sigma_1$  orientado para E-W (Figura 2).



**Figura 2: Modelo tectônico evolutivo da Província Magmática do Paraná sugerido por Jacques et al (2015) a partir de levantamentos em rochas da Formação Serra Geral e alcalinas do Domo de Lages (SC). T1= Tempo pós-Formação Serra Geral e pré-magmatismo alcalino; e T2 e T3 = Tempo sin e pós-colocação do magmatismo alcalino.**

Fonte: Modificado de Jacques et al (2015).

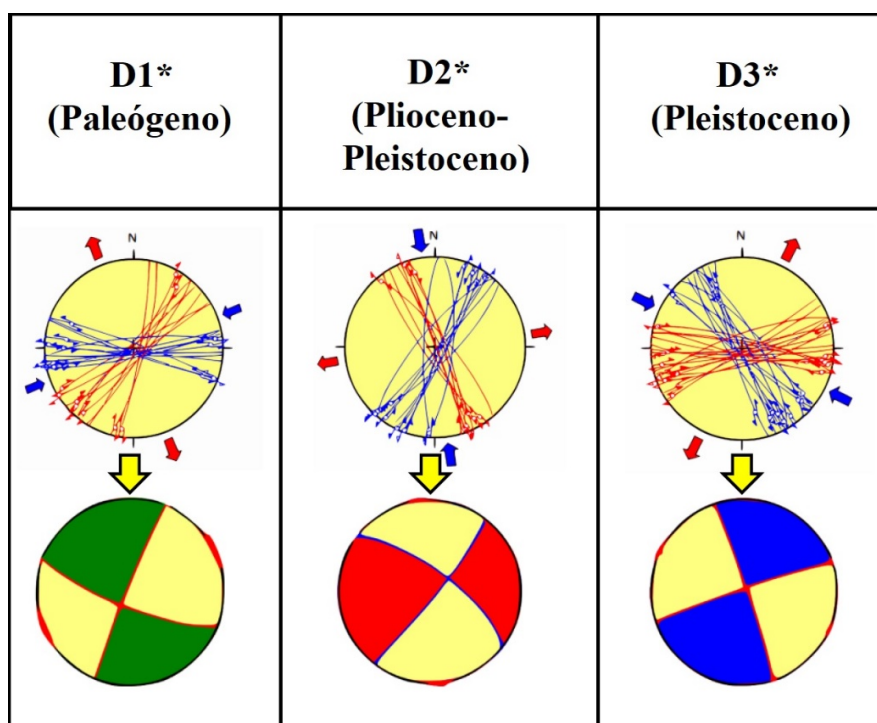
Para Jacques et al (2015), o evento T1 é mais recente que o evento D1 e mais antigo que o evento D2 de Strugale et al (2007), assim como também é mais antigo que os eventos D2' (transensional) e D2'' (transpressional), responsáveis pela reativação de falhas normais NE-SW (D1) para falhas direcionais e inversas oblíquas na Bacia de Curitiba (SALAMUNI et al, 2004; CHAVEZ-KUS & SALAMUNI, 2008). O evento T2 (JACQUES et al, 2015), de idade provável entre o Cretáceo Superior e o Terciário é condizente com o evento de deformação que afeta as rochas alcalinas do Domo de Lages – SC (MACHADO et al, 2012), responsável por gerar transcorrências dextrais NNE-SSW e sinistrais E-W. O evento T3, com idade entre o Terciário e o Quaternário, é aparentemente mais recente que os eventos D2 (STRUGALE et al, 2007), D2' e D2'' (SALAMUNI et al, 2004; CHAVEZ-KUS & SALAMUNI, 2008), além de ser compatível com o stress E-W e WNW-ESE, submetido à crosta superior da borda leste da Placa Sul-Americana no Quaternário, particularmente do Holoceno, conforme sugerido pelas falhas desta idade registradas em quase todas as províncias geológicas brasileiras (ASSUMPCÃO 1998, RICCOMINI & ASSUMPCÃO 1999).



Em estudos mais recentes, Peyerl et al (2018) determinaram três eventos deformacionais (D1\*, D2\* e D3\* – Figura 3) para a região Centro-Sul do Estado do Paraná. O evento D1\* possui tensor  $\sigma_1$  de direção N45E e foi responsável pela ativação sinistral da Zona de Falha da Taxaquara (Região de Guarapuava). Sua idade foi considerada como Paleogênica. Para Peyerl et al (2018), este evento é compatível com o evento progressivo responsável pela geração das bacias tafrogênicas do sudeste e sul do Brasil (RICCOMINI 1989, 1995a) no Paleógeno.

O evento D2\* corresponde a um SHmáx orientado para N-S, também sub-horizontal, responsável pelo movimento dextral de falhas transcorrentes NNW-SSE que cortam a Zona de Falha da Taxaquara. A idade deste evento foi determinada entre o Plioceno e o Pleistoceno. Para Peyerl et al (2018) as características originadas por D2\* são paralelas ao paleostress N-S (D2' e D2'') proposto por Chavez-Kus e Salamuni (2008) dentro da Bacia Sedimentar de Curitiba, que é uma das bacias tafrogênicas do sudeste brasileiro que teria se desenvolvido durante o Plioceno e o Pleistoceno.

O evento D3\* possui  $\sigma_1$  orientado para N85W, responsável pela reativação dextral/oblíqua da Zona de Falha da Taxaquara e sinistral de falhas NW-SE. D3\* corresponde ao evento neotectônico do Holoceno descrito por Riccomini (1989), responsável pela ativação do binário E-W dextral, também definido nas bacias tafrogênicas do Rift Continental do Sudeste do Brasil (PEYERL et al, 2018).

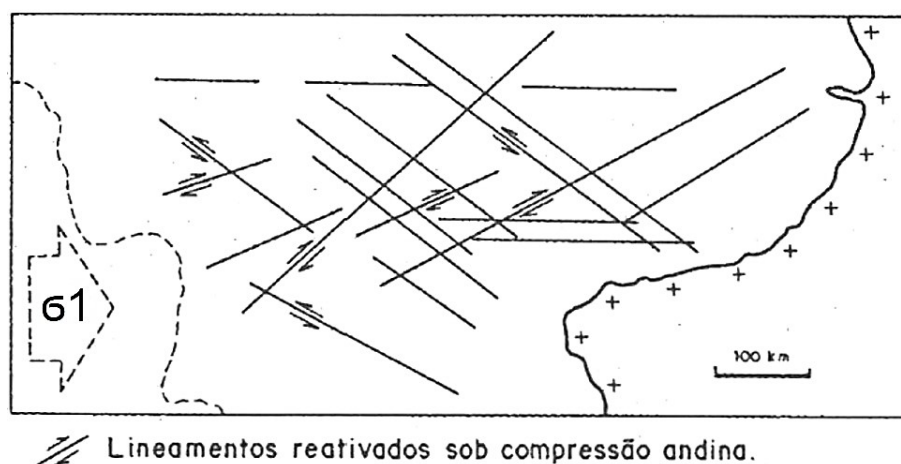


**Figura 3: Estereogramas (Schmidt, hemisfério inferior) mostrando os planos de falha relacionados a cada um dos três eventos (D1\*, D2\* e D3\*) descritos por Peyerl (2016) para a região Centro-Sul do estado do Paraná, Formação Serra Geral.**

**Fonte: Modificado de Peyerl (2016).**

Na região de Mauá da Serra, Rivas et al (2019) identificaram falhas transcorrentes em níveis crustais superiores, além de juntas associadas e estruturas em flor negativa, as quais associaram aos pulsos D1 e D2 de Strugale et al (2007). Para estes autores, o pulso D1 possui idade entre o Cretáceo e o Paleógeno e eixo de compressão entre NNE-SSW e NNW-SSE, e o pulso D2, idade entre o Neógeno e o Pleistoceno e eixo de compressão entre ENE-WSW e WNW-ESE. O evento D1 está associado a falhas transtensivas de direção azimutal NW-SE, e D2 a falhas transcorrentes com componentes extensionais e juntas de direção NE-SW.

Observa-se uma certa tendência para a manifestação mais recente do tensor  $\sigma_1$  compressivo entre E-W, que é condizente também com o modelo proposto por Milani et al (1990), a partir de levantamentos aeromagnetométricos da calha central da Bacia do Paraná (Figura 4). Este sistema seria responsável pela reativação de falhas transcorrentes de direções NW-SE e NE-SW na Bacia Sedimentar do Paraná.



**Figura 4: Esquema hipotético de reativação de lineamentos do embasamento na região central da Bacia do Paraná.**

**Fonte: Modificado de Milani et al (1990).**

A manifestação deste tensor seria o reflexo, no interior da placa Sul-Americana, da expansão da Dorsal Mesoatlântica e migração da Placa Sul-Americana para Oeste (RICCOMINI 1989, 1995b, RICCOMINI et al. 2004). O movimento rotacional no sentido horário desta placa em relação ao eixo terrestre também é condizente com o modelo de tensores rotacionais proposto por Strugale et al (2007) e Jacques et al (2015). É muito provável que as mudanças de direção do tensor máximo  $\sigma_1$  (Figura 2) sejam consequência da rotação da Placa Sul-Americana desde a abertura do Atlântico.

### 3 O NEOTECTONISMO NO ESTADO DO PARANÁ

A partir dos levantamentos estruturais, é possível inferir de que forma estes pulsos deformadores, sobretudo o atual regime de tensão E-W, está afetando as rochas da Bacia Sedimentar do Paraná. Para Salamuni et al (2015), a Superfície Sul-Americana de King (1956) apresenta diversos patamares, os quais podem estar associados ao neotectonismo. Contudo, este mecanismo de deformação só poderia ser explicado por um evento distensivo E-W, o qual seria responsável pela nucleação de falhas normais de direção N-S, NNE-SSW e NNW-SSE. Por sua vez, um evento E-W de caráter compressivo desencadearia a reativação de falhas NW-SE sinistrais e NE-SW dextrais, não havendo a nucleação de falhas normais. Levando em

consideração um caráter transtensivo neste último tensor, poderia haver a nucleação de falhas oblíquas e normais, de direção NW-SE, de acordo com o elipsóide de deformação (HARDING, 1974), as quais poderiam estar ligadas à deformação da superfície de King.

Um dos maiores desafios em determinar um neotectonismo ativo no Estado do Paraná ocorre pelo fato de não haver evidências claras de deformações em depósitos Quaternários (SOUZA JUNIOR et al, 2013). Contudo, há diversos exemplos de anomalias de drenagem e organização de blocos estruturais que são compatíveis com os modelos de deformação mais recentes.

No rio Paraná, Stevaux (1993) sugeriu um modelo de evolução tectônica Quaternária com basculamento monoclinal para SE da calha do rio a montante da confluência com o rio Ivaí. Este modelo é compatível com um regime extensional de direção NW-SE ou E-W. Posteriormente, este mesmo argumento foi utilizado por Fortes et al (2005) para explicar o controle de terraços e leques aluviais na planície do Rio Ivinhema (MS), associado a falhas antitéticas NE-SW do modelo de falha lítrica responsável pelo controle do rio Paraná. Neste caso, o modelo proposto também leva em consideração um pulso deformador distensivo, o que é incompatível com os modelos apresentados. Contudo, sendo evidências em sedimentos Quaternários, pode ser reflexo de um regime Neoquaternário, levando a crer que a região está sendo submetida à forças extensionais nos últimos 12 mil anos, e não compressionais, embora também possa ser reflexo de um regime transtensivo, como já foi abordado.

Em estudos mais recentes, diversos autores tentaram demonstrar como o controle estrutural no eixo do Arco de Ponta Grossa afeta as propriedades da rede de drenagem, criando rupturas de declive, curvas anômalas e assimetrias de drenagem em rios desta região (CAMOLEZI et al, 2012; COUTO et al, 2011; VARGAS et al, 2015; FIRMINO e SOUZA FILHO, 2017). Contudo, em todos os casos as anomalias foram associadas à exumação de estruturas pré-existentes, que passaram a controlar a rede de drenagem. O mesmo argumento é sugerido por Bartorelli (1997), que propõe a evolução de rupturas de declive em tributários do rio Paraná a partir das mudanças ocorridas neste rio em virtude da exumação das estruturas do Alinhamento do Rio Piquiri.

Vargas et al (2015) propõem que a Bacia do ribeirão Água das Antas tenha sido afetada por neotectônica, principalmente para explicar as mais variadas anomalias de drenagem dentro da

bacia. Contudo, não propõe nenhum estilo ou modelo de paleotensões ou a direção do atual regime tectônico. O mesmo vale para Couto et al (2011), que indica a possibilidade de um neotectonismo na região de Faxinal, mas não propõe um modelo de deformação e muito menos possui evidências de falhas em rochas.

Em seu trabalho, Firmino e Souza Filho (2017) propõem a nucleação de falhas normais N-S e E-W, as quais estariam ligadas ao controle de rios de 1ª e 2ª ordem na Bacia do rio Tibagi. Contudo, tal proposta também não é compatível com os modelos de deformação identificados por Trzaskos (2006) na região. Para Trzaskos (2006), a região experimentou um último pulso deformador no Cenozóico, o qual estaria associado à reativação normal da Falha da Fortaleza (N40E). Contudo, tais evidências também podem ser reflexo de um pulso deformador extensional Holocênico, experimentado em outras regiões (SALVADOR e RICCOMINI, 1995).

No curso baixo do rio Ivaí, Souza-Junior et al (2013) identificaram sistemas de falhas e fraturas em depósitos Quaternários. Contudo, as indicações cinemáticas e os estilos de deformação são bastante duvidosos. Em todo caso, estes autores identificaram até três sistemas de fraturas principais na planície do rio Ivaí de direções N-S (F), N40W (F1) e N40-80E (F2), geralmente com altos ângulos de mergulho e pequeno rejeito. Os sistemas F e F2 são compatíveis com as propostas de evento deformador Pleistocênico, de direção WNW-ESE.

O sistema NE-SW também criou as condições para o surgimento de leques aluviais na desembocadura do rio Ivaí com o rio Paraná e na planície de inundação do rio Paraná (SOUZA FILHO, 1993) somado aos efeitos climáticos de um período seco entre 3500 e 1500 anos AP (STEVAUX; SOUZA FILHO e JABUR, 1997). Segundo Franco et al (2008), estes falhamentos de caráter normal teriam idade aproximada de 40 mil anos, sobretudo uma falha de direção N52E, alinhada com o leque do Córrego Dourado, desenvolvido sob a planície do rio Paraná (SOUZA JUNIOR et al, 2013).

Portanto, o surgimento destas falhas estaria ligadas a um pulso tectônico Pleistocênico. Um modelo de falhas normais ou oblíquas pode estar relacionado a um evento transtensivo de direção E-W, mas a ausência de indicadores cinemáticos nestas falhas não permite propor um modelo conciso. Uma dinâmica extensional Holocênica seria compatível com quase todos os modelos propostos para a calha sedimentar do rio Paraná, contudo está é uma proposta que ainda necessita de mais dados.

Em seu trabalho, Salamuni et al (2004) também propõem que a Bacia de Curitiba teria sido recorrentemente afetada por eventos deformadores, os quais estariam ligados à exposição de blocos tectônicos e o entalhamento dos rios a partir da umidificação climática no Pleistoceno. Chavez-Kus e Salamuni (2008) associaram essas anomalias a um regime compressivo N-S, sendo este um episódio transtensivo decorrente de deformações secundárias do regime compressional E-W. Contudo, a ausência de registros de deformação em sedimentos Pleistocênicos põe em dúvida este modelo.

O estudo de Peyerl et al (2018) talvez seja o mais completo neste aspecto, já que estes autores associaram a análise estrutural às anomalias de drenagem. Para estabelecer uma relação cronológica entre os eventos deformadores identificados, estes autores utilizaram como base as deformações aparentes sobre às superfícies de erosão da área de estudo. Embora seja uma proposta interessante, aparentemente não explica o fato das falhas poderem ter sido nucleadas em uma idade de tempo anterior ao desenvolvimento das superfícies e serem exumadas como zonas de fraqueza posteriormente. A proposta de Peyerl et al (2018) também apresenta um hiato tectônico, já que estes autores assumem que o evento deformador mais antigo é do Paleógeno, sendo que as rochas são do Cretáceo Inferior. Portanto, mesmo as melhores propostas, também apresentam divergências.

Fora isso, houve outros estudos, como o de Nascimento et al (2013), que apresentou diversos exemplos de anomalias de drenagem na Serra do Mar, os quais associou ao neotectonismo recente, mas sem métodos de datação ou evidências conclusivas. Contudo, estes autores se basearam em evidências tectônicas levantadas nas Bacias Tafrogênicas do Sudeste do Brasil, ligadas a deformações Cenozoicas, além de estruturas compatíveis com os modelos de deformação Pleistocênicas. Portanto, é provável que sua proposta seja compatível com estilos de deformação neotectônicos.

Por sua vez, Sowinski (2019) se pautou nos registros sísmicos de Londrina, os quais associou às reativações sinistrais de falhas E-W, NE-SW e NE-SW, embora o seu modelo apresente certas divergências em relação aos modelos de deformação Holocênica proposto por outros autores.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É evidente que ainda existem diversos desafios para compreender o neotectonismo no Estado do Paraná, já que não existe nenhuma evidência clara de deformação em sedimentos Quaternários, assim como são vistos em São Paulo, por exemplo (RICCOMINI, 1989). A ausência de eventos sísmicos no Estado também não permite criar zoneamentos de regiões sismogênicas, que poderiam contribuir com estas análises.

O maior empecilho, é claro, ocorre pelo fato das rochas mais recentes que compõem o Estado do Paraná serem do Cretáceo, a não ser as que ocorrem na Bacia de Curitiba. Portanto, não há como estabelecer uma relação cronológica precisa entre os eventos deformadores dentro do Estado a partir deste período geológico, embora haja diversos registros de deformação pós-Cretácica. Cabe aos pesquisadores verificar as compatibilidades destes eventos com os modelos já propostos para outras regiões dentro da Bacia Sedimentar.

O elevado número de análises geomórficas também carece de uma análise estrutural mais precisa, para explicar os eventos deformadores responsáveis por tais feições ou anomalias. É necessário que as futuras análises adotem métodos de datação mais precisos, para se chegar a conclusões mais seguras sobre a idade de tempo absoluta de alguns sistemas de falhas identificados na região.

A grosso modo, a análise estrutural e neotectônica do Estado do Paraná ainda tem muito que evoluir. Portanto, ainda existe um imenso campo inexplorado para futuros pesquisadores desbravarem nesta área de estudo.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.F.M., HASUI, Y., BRITO NEVES, B.B. e FUCK, R.A. Províncias Estruturais Brasileiras. Atas do VIII Simpósio de Geologia do Nordeste, Campina Grande (PB), p. 363-391, 1977.

ANDRADES-FILHO, C. O., ROSSETTI, D. F., BEZERRA, F. H. R. The unsteady post-rift stage of the South American passive margin based on the tectono-sedimentary evolution of the onshore Paraíba Basin, NE Brazil. *Quaternary International*, v 580, 10, p. 100-119, 2021.

ASSUMPÇÃO, M. The regional intraplate stress field in South America. *J. Geoph. Res.* n.97, p. 11.889-11.903, 1992.

ASSUMPÇÃO, M. Seismicity and stress in the Brazilian passive margin. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88(1), 160-169. 1998.

BARTORELLI, A. As Principais Cachoeiras da Bacia do Paraná e sua Relação com Alinhamentos Tectônicos. Tese (Doutorado em geociências - geologia regional), Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 237 p. 1997.

BATEZELLI, A. Arcabouço tectono-estratigráfico e evolução das bacias Caiuá e Bauru no Sudeste brasileiro. *Brazilian Journal of Geology*, 40 (2), 265-285, 2010.

BEZERRA, F. H., DE CASTRO, D. L., MAIA, R. P., SOUSA, M. O.L., MOURA-LIMA, E. N., ROSSETTI, D. F., BERTOTTI, G., SOUZA, Z. S., NOGUEIRA, F. C.C. Postrift stress field inversion in the Potiguar Basin, Brazil - Implications for petroleum systems and evolution of the equatorial margin of South America. *Marine and Petroleum Geology*, 111, 88-104, 2020.

BRANNER, J.C. Recent earthquakes in Brazil. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 10:32-34, 1920.

CAMOLEZI, B. A.; FORTES, E.; MANIERI, D. D. Controle estrutural da rede de drenagem com base na correlação de dados morfométricos e morfoestruturais: o caso da bacia do ribeirão São Pedro – Paraná. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 13, n. 2, p. 2012 – 211, 2012.

CHAVEZ-KUS L., SALAMUNI E. Evidência de tensão N-S intraplaca no Neógeno, Complexo Atuba - região de Curitiba. *Rev. Bras. Geoc.*, 38(3):439-454. 2008.

COUTO, E. V.; MANIERI, D. D.; MANOSSO, F.C.; FORTES, E. Correlação morfoestrutural da rede de drenagem e lineamentos da borda planáltica, Faxinal, Geociências (UNESP. Impresso), v. 30, n. 3. 2011.

DIAS NETO, C.M. Contribuição à análise sismotectônica da região Sudeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 121 p., 1986.

FAIRHEAD J.D e MAUS S. CHAMP satellite and terrestrial magnetic data help define the tectonic model for South America and resolve the lingering problem of the pre-break-up fit of the South Atlantic Ocean. *The Leading Edge*, 22(8):779-783., 2003.

FERRARI, A.L. Evolução Tectônica do Graben da Guanabara. Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 412p, 2001.



FIRMINO, I. G.; SOUZA FILHO, E. E. Análise de padrões e de anomalias de drenagem da porção média da bacia do rio Tibagi (PR). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.18, n.1, p.37-49, 2017.

FORTES, E.; STEVAUX, J. C.; VOLKMER, S. Neotectonics and channel evolution of the Lower Ivinhema River: A right-bank tributary of the upper Paraná River, Brazil. *Geomorphology* 70 325–338 p. 2005.

FRANCO, A.L.A.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; STEVAUX, J.C.; Hipótese sobre os condicionantes neotectônicos do barramento natural da foz do rio Ivaí (PR/MS) com base em levantamento ecobatimétrico. *Revista da UnG-Geociências*. V.7. N1. 75-86, 2008.

FREITAS, R. O. Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. *Boletim Da Faculdade De Filosofia Ciências E Letras, Universidade De São Paulo. Geologia*, (6), 7-107. 1951.

GUIMARÃES, D. Arqui-Brasil e sua evolução geológica. D.F.P.M./DNPM, 341p., (Boletim 88), 1951.

HARALYI, N.L.E. e HASUI, Y. 1982. Compartimentação geotectônica do Brasil Oriental com base na informação geofísica. *Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador (BA)*, vol. 1, p.297-329, 1982.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: *Workshop sobre Neotectônica e Sedimentação Cenozóica Continental no Sudeste Brasileiro*, 1, Belo Horizonte. *Anais... Belo Horizonte, SBG-MG. Boletim* 11, p.1-31. 1990.

HABERLEHNER, H. Análise sismotectônica do Brasil. Notas explicativas sobre o mapa sismotectônico do Brasil e regiões correlacionadas. *Anais do 2º Congresso Brasileiro de Geologia de engenharia, São Paulo (SP)*, vol. 1, p. 297-329, 1978.

HARDING, T. P. Petroleum traps associated with wrench faults. *AAPG Bul/etln*, 58(7):1290-1304, 1974.

JACQUES, P. D.; MACHADO, R.; NUMMER, A. R. Análise estrutural da Formação Serra Geral na porção centro-sul do estado de Santa Catarina, Brasil. *São Paulo, UNESP, Geociências*, v. 34, n. 3, p.390-401, 2015.

LIMA, C.C.U., BEZERRA, F.H.R., NOGUEIRA, F.C.C., et al. Quaternary fault control on the coastal sedimentation and morphology of the São Francisco coastal plain, Brazil. *Tectonophysics* 633: 98–114, 2014.

LISBOA, A. Tremores de terra no Brasil. *Journal do Commercio, Rio de Janeiro*, 23 de janeiro, 1909.

MACHADO R., ROLDAN L.F., JACQUES P.D., FASSBINDER E., NUMMER A.R. Tectônica transcorrente Mesozoica-Cenozoica no Domo de Lages – Santa Catarina. *Rev. Bras. Geoc.*, 42 (4):799-811. 2012.

MELLO C.L. Sedimentação e tectônica cenozóicas no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos. Instituto de Geociências, USP, São Paulo, Tese de Doutorado, 275 p, 1997.

MILANI, E. J., KINOSHITA, E. M., ARAÚJO, L. M., CUNHA, P. R. C. Bacia do Paraná: possibilidades petrolíferas da calha central. *B. Geoci. PETROBRÁS*, Rio de Janeiro, 4 (1) : 21-34, jan./mar. 1990.

NASCIMENTO, E. R ; SALAMUNI, E. ; QUEIROZ, G. L. ; SILVA, P. A. H; FIORI, A. P. Evidências de determinação morfotectônica e neotectônica no relevo da Serra do Mar no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, p. 287-299, 2013.

PEYERL, W. R. L., SALAMUNI, E., SANCHES, E., NASCIMENTO, E. R., SANTOS, J. M., GIMENEZ, V. B., SILVA, C. L., FARIAS, T. F. S. Reactivation of Taxaquara Fault and its morphotectonic influence on the evolution of Jordão River catchment, Paraná, Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, 48(3): 553-573, 2018.

RICCOMINI, C. O rift continental do sudeste do Brasil. Tese (doutorado em geociências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 256 p, 1989.

RICCOMINI, C. Tectonismo Gerador e Deformador dos Depósitos Sedimentares Pós-Gondvânicos da Porção Centro-oriental do Estado de São Paulo e Áreas Vizinhas. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Livre-Docência, 100 p, 1995a.

RICCOMINI, C. Padrão de fraturamentos do Maciço Alcalino de Cananéia, Estado de São Paulo: relações com a tectônica Mesozóica-cenozóica do sudeste do Brasil. *Rev. Bras. de Geociências*, n. 25(2), p. 79-84, 1995b.

RICCOMINI, C. & ASSUMPÇÃO, M. Quaternary tectonics in Brazil. *Episodes* 22(3): 221-225. 1999.

RICCOMINI C., SANT'ANNA L.G., FERRARI A.L. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO V., BARTORELLI A., CARNEIRO C.D.R., BRITO NEVES B.B. (orgs.) *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Editora Beca, p. 383-405, 2004.

RIVAS, R. S. Z.; SALAMUNI, E.; FIGUEIRA, I. F. R. Análise estrutural rúptil na zona de influência do Arco de Ponta Grossa: estudo de caso na área da UHE-Mauá-PR. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 38, n. 4, p. 853 – 869, 2019.

ROSSETTI, D. F., BEZERRA, F. H. R., VALERIANO, M. M., MOLINA, E. C. Late Pleistocene–Holocene stress in the South American intraplate evidenced by tectonic instability in central Amazonia. *Quaternary Research*, v. 784, p. 1-17, 2021.

SALAMUNI, E.; EBERT, H.D.; HASUI, Y. Morfotectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 34, p. 469-478, 2004.

SALAMUNI, E., NASCIMENTO, E. R., MORALES, N., HASUI, Y. Análise morfotectônica da região sul do Brasil com vista à caracterização neotectônica. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/280324574>, 2015.

SALVADOR E.D. & RICCOMINI, C. Neotectônica da região do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, 25(3): 151-164, 1995.

SARGES, R.R. Morfologia de Lagos da Região do Médio Vale do Rio Doce, Minas Gerais, e sua Relação com a Tectônica Quaternária. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro, 81 p, 2002.

SILVA, T.P. & MELLO, C.L. Reativações neotectônicas na zona de cisalhamento do rio Paraíba do Sul (Sudeste do Brasil). *Geologia USP: Série Científica*. São Paulo. v.11, n.1. p. 95-111. 2011.

SOUZA JUNIOR, M. D., SANTOS, M. L., STEVAUX, J. C., SALAMUNI, E., MORALES, N. Análise morfotectônica da bacia hidrográfica do rio Ivaí-PR, curso inferior. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 4, 213-220, 2013.

SOWINSKI, A. C. B. Análise morfotectônica e estrutural da região de Londrina (PR). Dissertação (Mestrado em geologia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 88 p. 2019.

STEVAUX, J. C. O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação e evolução quaternária do seu curso superior (região de Porto Rico, PR). Tese (Doutorado em geociências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 243 p. 1993.

STEVAUX, J.C., SOUZA-FILHO, E.E., JABUR, I.C. A história quaternária do rio Paraná em seu alto curso. In: VAZZOLER, A.E.A.M., AGOSTINHO, A.A., HAHN, N.S. (Eds.), *A planície de inundação do alto rio Paraná*. Editora UEM, Maringá, PR, pp. 47-72, 1997.

STERNBERG, H. O. Vales tectônicos na planície Amazônica? *Revista Brasileira de Geografia*, v. 12, n. 4, p. 513-533, Dez. 1950.

STRUGALE, M., ROSTIROLLA, S. P., MANCINI, F., PORTELA FILHO, C. V., FERREIRA, F. J. F., FREITAS, R. C., Structural framework and Mesozoic-Cenozoic evolution of Ponta Grossa Arch, Paraná Basin, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. 24: 203-227, 2007.

TRZASKOS, B. Anisotropia estrutural de arenitos do Grupo Itararé. Tese (Doutorado em geologia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 160 p. 2006.

VARGAS, K. B.; FORTES, E.; SALAMUNI, E. Análise morfoestrutural da bacia do ribeirão Água das Antas-PR. Revista Ra'e Ga . Curitiba, v.34, p.07-25, Ago/2015.

**Enviado em 06/04/2021**

**Aprovado em 21/07/21**