

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 03/05/2020.

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente
Instituto de Geociências e Ciências Exatas

EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DA FORMAÇÃO ARARIPINA, BACIA DO ARARIPE: REGISTRO DOS ESFORÇOS TECTÔNICOS ATUANTES DURANTE O ALBIANO NO NORDESTE DO BRASIL

ANDRÉ SANTIAGO MARTINS DE ANDRADE

Orientador: Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren

Coorientador: Prof. Dr. Mario Luis Assine

Rio Claro (SP)

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

ANDRÉ SANTIAGO MARTINS DE ANDRADE

EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DA FORMAÇÃO
ARARIPINA, BACIA DO ARARIPE: REGISTRO DOS ESFORÇOS
TECTÔNICOS ATUANTES DURANTE O ALBIANO NO
NORDESTE DO BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren

Coorientador: Prof. Dr. Mario Luis Assine

Rio Claro - SP
2019

A553e

Andrade, André Santiago Martins de

Evolução tectono-sedimentar da Formação Araripina, Bacia do Araripe: registro dos esforços tectônicos atuantes durante o Albiano no Nordeste do Brasil / André Santiago Martins de Andrade. -- Rio Claro, 2019

163 f. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Lucas Veríssimo Warren

Coorientador: Mario Luis Assine

1. Geologia. 2. Sedimentologia. 3. Estratigrafia. 4. Fácies. 5. Bacia do Araripe. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ANDRÉ SANTIAGO MARTINS DE ANDRADE

EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DA FORMAÇÃO
ARARIPINA, BACIA DO ARARIPE: REGISTRO DOS
ESFORÇOS TECTÔNICOS ATUANTES DURANTE O
ALBIANO NO NORDESTE DO BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas do
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Geociências e Meio
Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren (orientador)
Departamento de Geologia Aplicada / Instituto de Geociências e Ciências Exatas
UNESP, Campus Rio Claro

Prof. Dr. Claudio Riccomini
Instituto de Geociências / Instituto de Energia e Ambiente
USP, Campus São Paulo

Prof. Dr. Maurício Guerreiro Martinho dos Santos
Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
UFABC, Campus Santo André

Conceito: APROVADO

Rio Claro – SP, 03 de Maio de 2019

Dedico esta obra à minha família e namorada, que sempre me apoiaram, confiaram e me deram forças para seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Ao convênio PETROBRAS / UNESP / FUNDUNESP (Nº SAP – 4600479561), projeto 2014/00519-9 intitulado “Relações entre Tectônica e Sedimentação em Bacias do interior do Nordeste do Brasil”, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio acadêmico e financeiro, indispensáveis à realização deste trabalho. E também pela oportunidade de aprendizagem e de contato com a Bacia do Araripe.

Aos Profs. Drs. Lucas Veríssimo Warren e Mario Luis Assine, grandes cientistas, pela amizade, paciência e pelos tantos ensinamentos que, com uma didática incrível, foram passados a mim. Agradeço pelas discussões seja em sala, campo ou bar e pelos incentivos que muito contribuíram para meu aprendizado e realização desse trabalho. Agradeço também pela oportunidade de fazer parte dessa equipe excelente, que está em constante busca por conhecimento.

Ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e ao Departamento de Geologia Aplicada (DGA) e a todos os funcionários envolvidos nesses ambientes. Aos amigos e geólogos do Laboratório de Estudos Quaternários (LEQ) e/ou Laboratório de Estudos Sedimentológicos e Tectono-Estratigráficos (LESTE), Filipe Varejão, Michele Custódio, Patrícia Mescolotti, Mariza Rodrigues e Milena Rosa pelo companheirismo e discussões sempre muito proveitosas. Também aos Profs. Drs. Maurício dos Santos, Claudio Riccomini, Bernardo Freitas e Luciano Alessandretti pelos ensinamentos e por serem sempre solícitos a ajudar.

Aos meus queridos pais, André e Cláudia, minha irmã Ana Júlia, meus avós André, Leila, vó Zezé e Vô Hernani, tia Roxane (Dinda) e tia Lúcia, ao tio Prof. Dr. Fernando Moraes (tio Nando) por ter me apresentado essa ciência incrível e pelo primeiro martelo Estwing, à Leilinha (minha outra irmã), tia Ignêz, e a todos os queridos tios(as), primos(as) e familiares por serem meus pilares e sempre acreditarem em mim.

À minha incrível namorada, Maria Eugênia, por ser minha razão dos sorrisos diários e por ser minha melhor amiga e companheira desde o início dessa jornada. Aos meus sogros, José e Bia Galhardo e genro José Victor, por sempre me receberem tão bem.

Aos grandes amigos e companheiros de infância Thomaz, Tiago, Guilherme, Daniel, Raphael, ao irmão Ramon (Presunto), aos integrantes do EGRIC, aos irmãos que fiz na Austrália e todos os outros amigos, que sempre me apoiaram e fizeram essa jornada ser a melhor possível.

A todos os Professores da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e The University of Western Australia que contribuíram para a minha formação, passando seus conhecimentos e experiências sobre os diversos campos dessa maravilhosa ciência que é a Geologia.

*“Daher ist die Aufgabe nicht sowohl zu sehen was noch keiner gesehen hat, als bei Dem was
Jeder sieht, zu denken was noch Keiner gedacht hat”*

A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou
sobre aquilo que todo mundo vê

Arthur Schopenhauer, 1851

RESUMO

O evento de ruptura do Gondwana no Cretáceo foi responsável pela reativação de estruturas do Pré-Cambriano e geração de diversas bacias interiores do tipo rifte no Nordeste do Brasil. Nesse contexto, a sucessão sedimentar da Bacia do Araripe registra as sequências pré-, sin- e pós-rifte formadas durante os distintos estágios tectono-sedimentares envolvidos na formação do Oceano Atlântico Sul. A Formação Araripina do Albiano Médio faz parte da sequência pós-rifte, é limitada na base por discordância litológica com rochas do embasamento ou por discordância angular com a Formação Romualdo, marinha. No topo, é limitada por discordância erosiva ou angular com os depósitos fluviais da Formação Exu. A Formação Araripina é composta principalmente de intercalações rítmicas de arenitos e lamitos, e a sucessão sedimentar é dividida em duas sequências deposicionais, SD1 e SD2, por uma superfície de truncamento regional. Sob essa superfície tectônica, em SD1, a associação de fácies mostra que a sedimentação foi em planícies intermediárias a distais de sistemas fluviais distributivos sujeitas a inundações episódicas associadas a canais efêmeros e a fluxos laminares, com evidências de complexos de *splays* terminais e laterais, pequenos lagos efêmeros e tectônica ativa. Acima da superfície, a SD2 apresenta menor evidência de tectonismo e de aporte sedimentar. O ambiente deposicional imediatamente após a superfície é compatível com depósitos de *playa lake* em diversos afloramentos estudados, provavelmente em resposta à atividade tectônica anterior. De maneira geral representam porções distais de sistemas fluviais distributivos também sujeitas a inundações episódicas, com canais efêmeros e delgadas evidências de *splays* terminais. No topo da sequência há evidências de exposição subaérea da planície, com pedogênese associada. O padrão de paleocorrentes sugere deposição para sudeste-leste, com áreas-fonte a noroeste-oeste. Esse dado é oposto às paleocorrentes para oeste medidas na Formação Exu e indicam uma mudança polarizada no padrão de dispersão da sedimentação. Essa mudança é provavelmente relacionada ao soerguimento epirogênico da porção leste da Bacia do Araripe que promoveu o rearranjo de toda paleodrenagem continental durante o Albiano Médio. Diversas evidências de deformações sin-deposicionais estão presentes nos ritmitos (pseudonódulos, brechas intraformacionais, injectitos, dobras convolutas, microfalhas) e são aqui interpretadas como produzidas por atividade sísmica, constituindo sismitos. As evidências de atividade sin e pós tectônica na Formação Araripina são relacionadas a reativações de estruturas do embasamento durante o Albiano, provavelmente em resposta ao começo da abertura da margem equatorial brasileira. De fato, a Formação Araripina parece ser confinada por falhas pré deposição da Formação Exu, entre a Zona de Cisalhamento Farias Brito e a Falha de Iara/ Lineamento de Patos. Além disso, a ocorrência de fraturas (falhas e juntas) que mostram padrões NE-SW, E-W e NW-SE é concordante com estruturas tectônicas regionais do embasamento cristalino. Por fim, a Formação Araripina mostra sua importância como um registro sedimentar das atividades tectônicas do Albiano no nordeste do Brasil durante os últimos estágios da ruptura dos continentes sulamericano e africano.

Palavras-chave: Sedimentologia, Deformações sinsedimentares, Tectônica sinsedimentar, Paleoambientes, Formação Araripina, Bacia do Araripe.

ABSTRACT

The Cretaceous Gondwana breakup event was responsible for the reactivation of Precambrian structures producing several interior rift basins in the Northeast Brazil. In this context, the sedimentary succession of the Araripe Basin record the pre, syn and post-rift sequences formed during the distinct tectono-sedimentary stages involved in the formation of the South Atlantic Ocean. The Middle Albian Araripina Formation is part of the post-rift sequence, bounded at base by basement rocks (nonconformity) or by the marine Romualdo Formation (angular unconformity). It is bounded at the top by a disconformity/angular unconformity with the fluvial deposits of the Exu Formation. The Araripina Formation is mainly composed of rhythmically interbedded sandstones and mudstones, and the succession is divided in two (DS1 and DS2) by a major truncating surface. Under this tectonic surface, in DS1, facies association shows that sedimentation was likely in a plain with medial to distal distributive fluvial systems. This plain was subjected to episodic inundations associated with ephemeral channels and sheetfloods, with evidences of terminal splays complexes, lateral splays, small playa lakes and active tectonics. Above the surface, the DS2 presents a more lenient tectonic setting and less sediment supply. The depositional environment immediately after the surface is compatible with playa lake deposits in several studied places, probably in response to the previous tectonic activity. Overall, it represents distal portions of the distributive fluvial systems, with the plain also subjected to episodic inundations and presenting minor ephemeral channels and thin terminal splays. The top of the sequence shows subaerial exposition of this plain with pedogenesis associated. The paleocurrent patterns suggest deposition towards southeast and east, with source-areas at northwest and west. This data is opposite to the westward paleocurrents measured in the Exu Formation, indicating a polarized change in the dispersal pattern of the sedimentation. This change is probably related with the epirogenetic uplift of the eastern portion of the Araripe Basin that rearranged all the continental paleodrainage during the mid-Albian. Several evidences of soft-sediment deformation are present in the rhythmites (i.e., pseudonodules, ball-and-pillows, injectites and convoluted folds) and are here interpreted as produced by seismic activity, constituting true seismites. The evidences of syn and post tectonic activity in the Araripina Formation is related to reactivations of basement structures during the Albian, probably in response to the beginning of the opening of the Brazilian equatorial margin. Indeed, the Araripina Formation seems to be constrained by faults pre deposition of Exu Formation, between the Farias Brito Shear Zone and the Iara Fault/ Patos Lineament. In addition, the occurrence of fractures (faults and joints) that show NE-SW, E-W and NW-SE patterns, is concordant with tectonic regional structures of the crystalline basement. Finally, the Araripina Formation plays an important role as a sedimentary record of the Albian tectonic activity in the Northeast of Brazil during the last stages of the South America and Africa breakup.

Keywords: Sedimentology; Soft-sediment deformation, Synsedimentary tectonics; Paleoenvironments; Araripina Formation; Araripe Basin.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE ESTUDO	18
1.2	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS	18
2	MATERIAIS E MÉTODOS	19
2.1	MAPEAMENTO GEOLÓGICO	19
2.2	ANÁLISE DE FÁCIES E ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES SEDIMENTARES	20
2.3	LEVANTAMENTO DE SEÇÕES COLUNARES	21
2.4	ANÁLISE DE PALEOCORRENTES.....	21
2.5	ANÁLISE ESTRUTURAL E DE ESTRUTURAS SIN-SEDIMENTARES.....	22
2.6	DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA	23
3	CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA.....	25
3.1	BACIA DO ARARIPE	25
3.2	FORMAÇÃO ARARIPINA.....	31
4	FÁCIES SEDIMENTARES DA FORMAÇÃO ARARIPINA.....	37
4.1	CONGLOMERADO COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA ACANALADA (FÁCIES CT).....	48
4.2	ARENITO COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA ACANALADA (FÁCIES ST).....	49
4.3	ARENITO COM LAMINAÇÃO CRUZADA CAVALGANTE/ <i>CLIMBING RIPPLES</i> (FÁCIES SR)	50
4.4	ARENITO MACIÇO (FÁCIES SM)	51
4.5	ARENITO COM ESTRATIFICAÇÃO PLANO-PARALELA (FÁCIES SH).....	51
4.6	DEPÓSITOS HETEROLÍTICOS <i>WAVY</i> , <i>FLASER</i> E <i>LINSEN</i> (FÁCIES HW/F/L)	55
4.7	RITMITO PLANO-PARALELO (FÁCIES Rp).....	57
4.8	ARGILITO OU SILTITO MACIÇO (FÁCIES Fm)	60
4.9	LAMITO LAMINADO (FÁCIES FL)	61

4.10	PALEOSSOLO (FÁCIES PF)	62
5	ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES SEDIMENTARES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA FORMAÇÃO ARARIPINA.....	67
5.1	CANAIS DISTRIBUTÁRIOS (SISTEMA FLUVIAL DISTRIBUTIVO)	73
5.1.1	<i>Canais confinados de grande porte – AF1.....</i>	<i>73</i>
5.1.2	<i>Canais confinados minoritários – AF2.....</i>	<i>79</i>
5.2	FLOODBASIN (BACIA DE INUNDAÇÃO)	82
5.2.1	<i>Depósitos de inundação – AF3.....</i>	<i>82</i>
5.2.2	<i>Splays terminais e laterais – AF4.....</i>	<i>85</i>
5.2.3	<i>Playa Lakes/ Lagos efêmeros rasos – AF5.....</i>	<i>92</i>
6	TECTÔNICA SINSEDIMENTAR NO CONTEXTO DA FORMAÇÃO ARARIPINA	96
6.1	ESTRUTURAS ATECTÔNICAS	97
6.2	ESTRUTURAS TECTÔNICAS: SISMITOS E TRUNCAMENTOS DA FORMAÇÃO ARARIPINA.....	97
6.2.1	<i>Pseudonódulos de grande porte</i>	<i>98</i>
6.2.2	<i>Brechas intraformacionais.....</i>	<i>99</i>
6.2.3	<i>Estratificação/laminação convoluta e Dobras recumbentes</i>	<i>99</i>
6.2.4	<i>Injectitos</i>	<i>100</i>
6.2.5	<i>Microfalhas</i>	<i>100</i>
6.2.6	<i>Truncamentos interestratais.....</i>	<i>105</i>
7	EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DA FORMAÇÃO ARARIPINA.....	107
7.1	INTERPRETAÇÕES PALEOGEOGRÁFICAS E PALEOAMBIENTAIS	107
7.1.1	<i>Paleocorrentes dos grupos Santana e Araripe</i>	<i>107</i>
7.1.2	<i>Paleoclima.....</i>	<i>110</i>
7.2	MODELO DEPOSICIONAL	113
7.2.1	<i>Sequência Depositional 1 – SD-1.....</i>	<i>116</i>

7.2.2	<i>Sequência Depositional 2 – SD-2</i>	117
7.2.3	<i>Correlações estratigráficas</i>	118
7.3	SÍNTESE DA EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DA FORMAÇÃO ARARIPINA	123
8	CONTROLES TECTÔNICOS DA FORMAÇÃO ARARIPINA	125
9	CONCLUSÕES	136
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – BACIAS SEDIMENTARES DO NORDESTE BRASILEIRO COM DESTAQUE PARA A BACIA DO ARARIPE	16
FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS ESTUDADOS NA PORÇÃO OESTE DA BACIA DO ARARIPE.....	24
FIGURA 3 – MAPA GEOLÓGICO E PERFIL W-E DA BACIA DO ARARIPE.....	26
FIGURA 4 – CARTA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO ARARIPE COM DESTAQUE PARA FORMAÇÃO ARARIPINA (ASSINE, 2007).	30
FIGURA 5 – DETALHE DO PÓS-RIFTE II NA CARTA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO ARARIPE.....	32
FIGURA 6 – RELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS E GEOMORFOLÓGICAS ENTRE AS UNIDADES QUE LIMITAM A FORMAÇÃO ARARIPINA.	34
FIGURA 7 – FEIÇÕES FISIOMORFOLÓGICAS RECORRENTES NA FORMAÇÃO ARARIPINA.....	35
FIGURA 8 – LEGENDA PARA AS SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS APRESENTADAS A SEGUIR E PARA AS 4 CORRELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS REALIZADAS.....	41
FIGURA 9 – SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS CORRESPONDENTES AOS PONTOS 23 (ACIMA) E 28 (ABAIXO).	42
FIGURA 10 – SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS CORRESPONDENTES AO PONTO 12 E 20, RESPECTIVAMENTE.	43
FIGURA 11 – SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS CORRESPONDENTES AOS PONTOS 17 E 15, RESPECTIVAMENTE.....	44
FIGURA 12 – SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS CORRESPONDENTES AOS PONTOS 1 E 2, RESPECTIVAMENTE.....	45
FIGURA 13 – SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS CORRESPONDENTES AOS PONTOS 6 E 7, RESPECTIVAMENTE.....	46
FIGURA 14 – SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS MAIS A LESTE DA BACIA DO ARARIPE, CORRESPONDENTES AO PONTO 8 (ESQUERDA) E PONTO 19 (DIREITA).	47
FIGURA 15 – FÁCIES DE CONGLOMERADO COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA INCIPIENTE (CT).....	49
FIGURA 16 – FÁCIES ARENOSAS	54
FIGURA 17 – FÁCIES HETEROLÍTICAS (H).....	56
FIGURA 18 – FÁCIES RÍTMICAS (Rp).....	59
FIGURA 19 – BIOTURBAÇÕES EM FÁCIES RP.....	60
FIGURA 20 – FÁCIES DE SEDIMENTOS PELÍTICOS.	62

FIGURA 21 – FÁCIES Pf (PALEOSSOLOS).	65
FIGURA 22 – BIOTURBAÇÕES ABUNDANTES EM FÁCIES Pf	66
FIGURA 23 – CONTATO ENTRE FORMAÇÃO ARARIPINA E FORMAÇÃO EXU MARCADO POR NÍVEL REGIONAL DE OCORRÊNCIA DE PALEOSSOLO MACIÇO, CIMENTADO E OXIDADO.	66
FIGURA 24 – ILUSTRAÇÕES ESQUEMÁTICAS DA VARIAÇÃO DOS ELEMENTOS ARQUITETURAIS AO LONGO DE UM SISTEMA FLUVIAL DISTRIBUTIVO.	69
FIGURA 25 – CANAL MEANDRANTE DE PREENCHIMENTO MISTO (AF1.1)	76
FIGURA 26 – CANAL CONFINADO DE GRANDE PORTE (AF1.1)	77
FIGURA 27 – PREENCHIMENTO DE CANAIS DE GRANDE PORTE DO TIPO <i>RIBBON</i> (AF1.2) EM MEIO À PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO AF3	78
FIGURA 28 - TIPOS DE PREENCHIMENTO DE CANAIS DE GRANDE PORTE ENCONTRADOS NA FORMAÇÃO ARARIPINA, PORÇÃO NORTE DA ÁREA DE ESTUDO.	79
FIGURA 29 – CANAL CONFINADO MINORITÁRIO COM FÁCIES St E PORÇÃO DE TOPO COM FÁCIES Sr (AF2), DEPOSITADO SOBRE FÁCIES Fl (AF3).	80
FIGURA 30 – CANAIS CONFINADOS MINORITÁRIOS COM FÁCIES St E BASE EROSIVA COM CLASTOS INTRAFORMACIONAIS DE ARGILA (AF2) EM MEIO À FÁCIES Rp E Hl (AF3).	81
FIGURA 31 – DEPÓSITOS DE INUNDAÇÃO AF3 COM PREDOMINÂNCIA DE SEDIMENTOS PELÍTICOS E MAIS DE 60 METROS DE CONTINUIDADE LATERAL, QUE EXCEDE A ESCALA DE AFLORAMENTO.	84
FIGURA 32 – ICNOFÁCIES CONTINENTAIS COM DESTAQUE PARA OS POSSÍVEIS AMBIENTES DEPOSICIONAIS DAS ICNOFÁCIES <i>SCOYENIA</i> E, TALVEZ, <i>SKOLITHOS</i> (?)	85
FIGURA 33 – CICLOS DE GRANODECRESCÊNCIA ASCENDENTE DECIMÉTRICOS A MÉTRICOS, EVIDÊNCIAS DE PROGRESSIVA PERDA DE ENERGIA DE FLUXO, COMPATÍVEL COM DEPÓSITOS DE ENCHENTES EM LENÇOL (<i>SHEETFLOODS</i>).	88
FIGURA 34 – PACOTES DE ARENITO FINO A MÉDIO COM FÁCIES Sm E Sh (AF4) DE BASE EROSIVA E AMALGAMADOS EM “LENÇOL” (<i>SHEETS</i>), DISPOSTOS EM MEIO ÀS FÁCIES Fl E Rp (AF3).	89
FIGURA 35 – CAMADA LIGEIRAMENTE LENTICULAR DE ARENITO COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA ACANALADA (FÁCIES St) E PRESENÇA DE CLASTOS DE ARGILA NA BASE ERODIDA, INDICANDO RETRABALHAMENTO DE DEPÓSITOS DE INUNDAÇÃO COM EXPOSIÇÃO SUBAÉREA.	90

FIGURA 36 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS DEPÓSITOS DE CANAL DISTRIBUTÁRIO E DEPÓSITOS LOBADOS COM FLUXO LAMINAR DE <i>SPLAY</i> TERMINAL DA FORMAÇÃO ARARIPINA.....	91
FIGURA 37 – ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES DE <i>PLAYA LAKE</i> (AF5).....	94
FIGURA 38 – DEFORMAÇÕES PENECONTEMPORÂNEAS ATECTÔNICAS EM RITMITOS, CONSIDERADAS ESTRUTURAS DE CARGA.	101
FIGURA 39 – PSEUDONÓDULO DE ARENITO FINO A MÉDIO DE PORTE DECIMÉTRICO PODE SER ENCONTRADO EM MEIO À FÁCIES RP.	102
FIGURA 40 – DOBRAS CONVOLUTAS RECUMBENTES	103
FIGURA 41 – DEFORMAÇÕES SINSEDIMENTARES.	104
FIGURA 42 – BRECHAS INTRAFORMACIONAIS GERADAS A PARTIR DO RETRABALHAMENTO DOS RITMITOS.....	102
FIGURA 43 – MICROFALHAS INTERPRETADAS COMO SISMITOS.....	103
FIGURA 44 – TRUNCAMENTOS INTERESTRATAIS QUE INDICAM TECTÔNICA ATIVA NA ÉPOCA DE DEPOSIÇÃO DOS SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO ARARIPINA.	106
FIGURA 45 – PALEOCORRENTES DAS FORMAÇÕES ARARIPINA E EXU NA PORÇÃO OESTE DA BACIA DO ARARIPE.	108
FIGURA 46 – DADOS DE PALEOCORRENTES DAS BACIAS ARARIPE, TUCANO E JATOBÁ DO APTIANO AO CENOMANIANO.....	109
FIGURA 47 – TEMPERATURA MÉDIA GLOBAL NO CRETÁCEO COMPARADA À DO PRESENTE E À DO ÚLTIMO MÁXIMO GLACIAL.....	111
FIGURA 48 – INDICADORES E ZONAS CLIMÁTICAS DO ALBIANO.	112
FIGURA 49 - AFLORAMENTO ONDE FOI LEVANTADA A SEÇÃO ARARIPINA (PONTO 15).	115
FIGURA 50 – INTERPRETAÇÃO DAS SEQUÊNCIAS DEPOSICIONAIS DA FORMAÇÃO ARARIPINA COM BASE NA SUPERFÍCIE TRUNCANTE	116
FIGURA 51 – CORRELAÇÃO DAS SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS NW-SE MAIS A OESTE (<i>DIP</i>), COM 33 KM DE EXTENSÃO.	119
FIGURA 52 – CORRELAÇÃO DAS SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS NW-SE MAIS A LESTE (<i>DIP</i>), COM 41 KM DE EXTENSÃO.	120

FIGURA 53 – CORRELAÇÃO DAS SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS SW-NE MAIS A NORTE (<i>STRIKE</i>), COM 25 KM DE EXTENSÃO.	121
FIGURA 54 – CORRELAÇÃO DAS SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS SW-NE MAIS A SUL (<i>STRIKE</i>), COM 28 KM DE EXTENSÃO.	122
FIGURA 55 – DIAGRAMAS 3-D ESQUEMÁTICOS QUE SINTETIZAM OS AMBIENTES DEPOSICIONAIS E ELEMENTOS ARQUITETURAIS DA FORMAÇÃO ARARIPINA.....	123
FIGURA 56 – PADRÃO DE FRATURAMENTO DA FORMAÇÃO ARARIPINA	126
FIGURA 57 – PLANO DE FALHA NE-SW (145/60, CLAR; N55E/60 BRUNTON) EM SILTITO (FM) NO PONTO 23, SEM INFLUÊNCIA DO RECUO DE ESCARPA.	126
FIGURA 58 – IMAGEM SRTM COM DESTAQUE PARA A CHAPADA DO ARARIPE	129
FIGURA 59 – INTERPOLAÇÃO DE DADOS MAGNETOMÉTRICOS.	130
FIGURA 60 – CORRELAÇÃO DE TRÊS POÇOS, DOIS PRÓXIMOS AO DEPOCENTRO DA SUB-BACIA DE FEIRA NOVA (4-BO-1-PE E 2-AP-1-CE), OESTE DA BACIA DO ARARIPE, E UM NA SUB-BACIA DE CARIRI (1-PS-12-CE), MAIS A LESTE.....	131
FIGURA 61 - DISTRIBUIÇÃO DA FORMAÇÃO ARARIPINA COM BASE NOS PONTOS ESTUDADOS, POÇOS, MAPA GRAVIMÉTRICO (ANOMALIA BOUGUER, MARQUES ET AL. 2014), ESTRUTURAS DO EMBASAMENTO E MAPAS MAGNETOMÉTRICOS.	133
FIGURA 62 – RECONSTRUÇÕES PALEOGEOGRÁFICAS DO LIMITE APTIANO-ALBIANO E ALBIANO.....	135

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – FÁCIES SEDIMENTARES DA FORMAÇÃO ARARIPINA.....	38
TABELA 2 – ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES DA FORMAÇÃO ARARIPINA.....	70
TABELA 3 – CRITÉRIOS PARA DIFERENCIAÇÃO ENTRE DEPÓSITOS DE ARENITOS EM “LENÇOL” DE ORIGEM DELTAICA OU DE <i>SPLAY</i> TERMINAL.....	95

APÊNDICE E ANEXO

APÊNDICE – TABELA DE PONTOS.....	159
ANEXO – MAPA GEOLÓGICO DA PORÇÃO OESTE DA BACIA DO ARARIPE.....	161

1 INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe apresenta arcabouço estratigráfico constituído por diferentes sequências estratigráficas que registram sucessões sedimentares depositadas em contextos tectônicos distintos (Assine, 1992). O registro Mesozoico da bacia está associado aos eventos de ruptura do supercontinente Gondwana, com formação dos continentes sulamericano e africano (Jurássico superior/ Cretáceo inferior), e a abertura do Oceano Atlântico Sul. Os esforços tectônicos da fragmentação do supercontinente provocaram o desenvolvimento de embaciamentos gerados por reativação de estruturas do embasamento, com deposição de sequências estratigráficas limitadas por discordâncias regionais (Figura 1; Assine, 2007). A evolução da bacia pode ser organizada em quatro sequências tectono-sedimentares distintas: (1) Paleozoica; (2) Pré-rifte; (3) Rifte; e (4) Pós-rifte (Brito Neves, 1990; Assine, 2007).

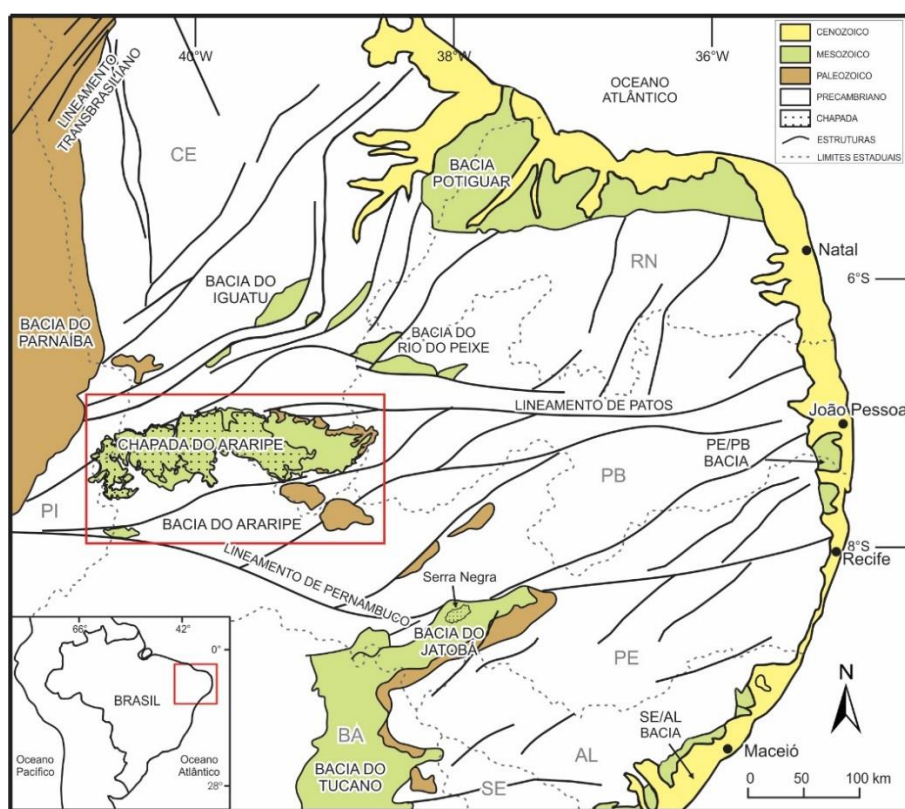


Figura 1 – Bacias sedimentares do nordeste brasileiro com destaque para a Bacia do Araripe (Assine, 1990).

A sequência pós-rifte é subdividida em duas sucessões depositadas em pulsos tectônicos distintos: pós-rifte I e II. O primeiro pulso, neoaptiano-albiano, é representado pelo Grupo Santana, e o segundo, albo-cenomaniano, é formado pelos depósitos da Formação Araripina e da Formação Exu (Grupo Araripe). Apesar de serem depositadas ainda em condições globais de eustasia positiva (Haq et al., 1987), a sucessão pós-rifte II apresenta sedimentação exclusivamente continental (Assine, 2007).

A Formação Araripina, foco do trabalho, aflora somente na porção oeste da bacia e recobre em discordância angular as unidades inferiores (Grupo Santana – Formação Romualdo), ou ainda, é depositada diretamente sobre o embasamento cristalino (rochas pré-cambrianas/eopaleozoicas). As rochas do embasamento são cortadas por antigas falhas de direção NE-SW que foram reativados durante o Mesozoico e são relacionados à terminação oeste das estruturas do Lineamento da Paraíba ou Lineamento de Patos (Ponte & Ponte Filho, 1996; Assine, 2007). A unidade é sobreposta pela Formação Exu em discordância erosiva (quando não se encontra completamente erodida), com pequena angularidade em determinados locais.

A Formação Araripina tem espessura máxima de 100 metros (Assine, 2007) e é constituída predominantemente por ritmitos (arenitos finos e lamitos intercalados) com presença de lentes de arenito médio com estratificação cruzada acanalada. Apresenta uma associação de fácies que é interpretada de três maneiras diferentes na literatura: (1) registro de sedimentação em planícies de leques aluviais (Assine, 2007); (2) sistemas lacustres rasos assoreados (Almeida, 2010); (3) ambiente transicional litorâneo (Ponte & Ponte Filho, 1996), em condições de clima quente e árido (Lima, 1978a). A unidade destaca-se pela ocorrência de diversas estruturas de deformação sindeposicionais como estruturas de sobrecarga (chama, almofada, *ball-and-pillow*, pseudonódulos), além de *slumps*, dobras convolutas, brechas intraformacionais e truncamentos internos (Assine, 2007).

1.1 Localização e acesso à área de estudo

A área de estudo compreende a divisa dos estados do Piauí, Pernambuco e Ceará (Figura 2). A Formação Araripina apresenta suas melhores exposições na região dos municípios de Marcolândia (PI) e Araripina (PE). O acesso à área se dá pelas rodovias CE-292, BR122 e PE-585, que ligam os municípios de Juazeiro do Norte (CE) e Araripina (PE). A BR316 liga os municípios de Araripina (PE) e Marcolândia (PI).

1.2 Objetivos e Justificativas

O presente trabalho tem por objetivo estabelecer o quadro deposicional e evolutivo da Formação Araripina. Além disso, pretende-se demonstrar as implicações paleogeográficas dos resultados e interpretar as evidências de tectonismo sindeposicional da unidade no contexto de abertura do Oceano Atlântico Equatorial no Albiano. Desse modo, visa contribuir para avanços no entendimento dos reflexos intracratônicos dos últimos estágios de separação da América do Sul e África.

O estudo sistemático da Formação Araripina se mostra bastante promissor visto que não há na literatura trabalhos de detalhe sobre a sedimentologia da unidade e as estruturas de deformação sinsedimentar presentes. Além disso, as interpretações superficiais e conflitantes na literatura quanto ao paleoambiente deposicional da unidade não permitem delinear com precisão os sistemas deposicionais então atuantes neste estágio de evolução da Bacia do Araripe. Entender as respostas da abertura do Oceano Atlântico Equatorial no interior do continente se mostra essencial e a Formação Araripina é capaz de lançar mais luz acerca dos últimos estágios de separação da América do Sul e África.

9 CONCLUSÕES

1. A Formação Araripina ocorre unicamente na porção oeste da Bacia do Araripe e é composta predominantemente por ritmitos argilo-arenosos e argilo-siltosos. É caracterizada pela presença de abundantes estruturas de deformação sindeposicionais, superfície com truncamento interestratal e intenso fraturamento. Estas feições são observadas ao longo de toda extensão aflorante da unidade;
2. A análise de fácies sedimentares, as associações de fácies e os elementos arquiteturais da Formação Araripina evidenciam uma sucessão siliciclástica compatível com depósitos exclusivamente continentais. Portanto, as condições transgressivas marinhas apresentadas pelo topo do Grupo Santana (Formação Romualdo, sotoposta à Formação Araripina) já não atuavam mais à época de deposição da Formação Araripina, mesmo sob nível eustático global positivo. Os ambientes deposicionais interpretados para a Formação Araripina são: (1) planícies aluviais que apresentam um sistema fluvial distributivo com canais meandantes e do tipo *ribbon* que terminam em uma (2) bacia de inundação. Esse término dos canais é caracterizado por seu desconfinamento e geração de *splays* terminais na planície e/ou deltas fluviais em *playa lakes*, lagos rasos e efêmeros sujeitos à exposição subaérea esporádica e pedogênese. Essa pedogênese é atestada pela presença de paleossolos com marcas de raízes e gretas de ressecamento no topo da Formação Araripina;
3. Sistemas deposicionais análogos àqueles descritos para a Formação Araripina são encontrados no registro geológico pretérito e atual. Um análogo moderno similar é aquele descrito para os complexos de *splays* terminais do Lago Eyre, Austrália Central, que recebe sedimentos dos rios Neales, Umbu e Douglas (Lang et al. 2004, Fisher et al. 2007b, Fisher 2008). Os sistemas de *splays* terminais Luna e Huesca, do Oligo-Mioceno, Bacia Ebro, Espanha, também podem ser considerados análogos ao ambiente deposicional da Fm. Araripina. O mesmo pode-se afirmar para alguns registros geológicos em Marte, nos quais interpreta-se que sistemas fluviais confluíam para crateras formando *splays* terminais e deltas fluviais, e em Titã, lua de Saturno, que apresenta leques fluviais e deltas;
4. As paleocorrentes medidas na Formação Araripina apresentam mergulho deposicional para sudeste-leste, indicando área-fonte localizada a noroeste-oeste. As paleocorrentes da Formação Exu apresentam mergulho deposicional francamente para oeste, denotando uma inversão polarizada no sentido das paleocorrentes e no mergulho deposicional da bacia.

Essa mudança seria resultado do soerguimento epirogênico diferenciado do bloco nordestino, mais intenso a leste, que promoveu um rearranjo da paleodrenagem continental no interior do Nordeste do Brasil (Assine, 1990). Desta maneira, a configuração paleogeográfica da Formação Araripina parece ter maior afinidade àquela existente no Aptiano, já que os paleofluxos interpretados para as Formações Marizal (Bacia do Tucano), Barbalha e Romualdo (Bacia do Araripe) apresentam padrão semelhante (Assine, 1994; Varejão *et al.*, 2016; Custódio *et al.*, 2017);

5. Com base na superfície de truncamento angular presente na porção intermediária da sucessão da Fm. Araripina, nas diferentes direções de paleocorrentes e na mudança de associações de fácies, a unidade foi dividida em duas sequências, a saber: a sequência deposicional – 1 (SD-1) e a sequência deposicional 2 (SD-2). A SD-1 apresenta fácies predominantemente psamíticas e evidências de um tectonismo ativo, enquanto que a SD-2 apresenta fácies predominantemente pelíticas e atividade tectônica menos pronunciada;
6. A Formação Araripina foi depositada sob condições de clima quente e árido onde estágios de inundação persistiam muito mais que os estágios de evaporação, de modo a indicar área-fonte úmida, provavelmente localizadas no Cinturão Úmido Equatorial (Chumakov *et al.*, 1995), a NW da Bacia do Araripe. Além do controle climático externo à bacia, estima-se que o controle tectônico marcado por significativa subsidência regional, foi também responsável por manter o nível freático alto durante a deposição da Formação Araripina;
7. A abundância das estruturas de deformação sinsedimentares e os truncamentos internos presentes na Formação Araripina indicam uma tectônica significativamente ativa no Albiano. Os sismos gerados por esse tectonismo foram interpretados como os gatilhos ou agentes desencadeadores externos dos processos de liquidização e deformação dos sedimentos não-consolidados saturados em água que geraram estruturas como injectitos, dobras convolutas, microfalhas, brechas intraformacionais e estruturas de sobrecarga de grande porte. Estruturas de menores dimensões como almofadas e pseudonódulos milimétricos a centimétricos (*ball-and-pillows*) e estruturas em chama (*flame*) bastante recorrentes em diversos níveis da Formação Araripina, foram interpretadas como estruturas de sobrecarga induzidas pela compactação diferencial do sedimento.
8. Da mesma forma que as deformações sinsedimentares, as deformações rúpteis como juntas e falhas são também abundantes na Formação Araripina. O sistema de fraturas da unidade apresenta direções principais NE-SW e E-W, coerentes com as estruturas em *splay* do Lineamento de Patos, da Zona de Cisalhamento Farias Brito e da inflexão para SW da Falha

de Iara sob a Bacia do Araripe. Estruturas NW-SE, também presentes, são evidenciadas pelo alinhamento de drenagens observado ao longo de toda a extensão da Chapada do Araripe;

9. A distribuição atual em área da Formação Araripina é marcada por contatos erosivos abruptos que coincidem com grandes estruturas regionais da Província Borborema, a saber: Lineamento de Patos, Zona de Cisalhamento Farias Brito e Falha de Iara. Tais limites não são compartilhados com a Formação Exu, que se estende por toda a Bacia do Araripe. Sugere-se, portanto, que uma reativação tectônica ocorrida entre a deposição das formações Araripina e Exu foi responsável pela geração de um gráben de preservação e de erosão de parte do delgado registro sedimentar da Formação Araripina a norte e a sul da porção oeste da atual Bacia do Araripe;
10. A ocorrência das deformações descritas é atribuída às reativações tectônicas do embasamento cristalino da Província Borborema, sobre o qual está depositada a unidade, decorrentes da abertura dos riftes da margem equatorial brasileira. Esses riftes teriam sido gerados pela mudança no pólo de rotação da deriva dos continentes sul-americano e africano e causado mudanças no quadro de tensões no nordeste brasileiro. Reativações posteriores podem ser atribuídas também ao soerguimento epirogênico atuante durante a deposição da Formação Exu (Assine, 1990). É sugerido, então, que o bloco do nordeste compreendido entre os lineamentos de Patos e Pernambuco estava tectonicamente ativo no Albiano;
11. Diversas evidências de tectonismo sinsedimentar na Formação Araripina indicam que esta unidade corresponde ao registro de um importante intervalo de tempo em que atuavam esforços tectônicos resultantes dos últimos estágios da separação entre a América do Sul e África.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullatif, O. M. Channel-fill and sheet-flood facies sequences in the ephemeral terminal River Gash, Kassala, Sudan. *Sedimentary Geology*, 63(1-2), 171-184, 1989.
- Agnon, A., Migowski, C., & Marco, S. Intraclast breccias in laminated sequences reviewed: Records of paleo-earthquakes. *Special Papers – Geological Society of America*, 401, 195, 2006.
- Alexander, J., Bridge, J.S., Cheel, R.J. & Leclair, S.F. Bedforms and associated sedimentary structures formed under supercritical water flows over aggrading sand beds. *Sedimentology*, 48, 133–152, 2001.
- Allen, J. R. L. Structure of ripple marks. *Nature*, 198(4883), 847, 1963a.
- Allen, J. R. L. The classification of cross-stratified units, with notes on their origin. *Sedimentology* 2, 93-114, 1963b.
- Allen, J. R. L. A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. *Sedimentology*, 5, 89-191, 1965a.
- Allen, J. R. L. The sedimentation and palaeogeography or the Old Red Sandstone of Anglesey, N. Wales. *Proc. Yorksgeol. Soc.*, 35, 139-185, 1965b.
- Allen, J. R. L. Physical Processes of Sedimentation. An Introduction. George Allen and Unwin, London, 1970.
- Allen, J. R. A theoretical and experimental study of climbing-ripple cross-lamination, with a field application to the Uppsala esker. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 53(3-4), 157-187, 1971.
- Allen, J. R. L. Parallel lamination developed from upper-stage plane beds: a model based on the larger coherent structures of the turbulent boundary layer. *Sedimentary Geology*, 39(3-4), 227-242, 1984.
- Allen, J. R. L. Sedimentary Structures: their character and physical basis. Elsevier, Amsterdam, 663p. (Developments in Sedimentology, vol. 30), 1984b.

- Allen, J. R. L. Earthquake magnitude-frequency, epicentral distance, and soft-sediment deformation in sedimentary basins. Sedimentary Geology, v. 46, n. 1, p. 67-75, 1986.
- Allen, J. R. L., & Banks, N. L. An interpretation and analysis of recumbent-folded deformed cross-bedding. Sedimentology, 19(3-4), 257-283, 1972.
- Almeida, C. Análise da deformação pós-rift na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado – UFRN, Natal-RN, 2010.
- Ambraseys, N. Engineering seismology: Earthquake Engineering and Structural Dynamics, v. 17, p. 1–105, 1988.
- Amos, K. J., Gupta, S., Goddard, K., Kim, J. R., & Muller, J. P. Where Ephemeral Fluvial Systems Terminate onto a Playa: The Terminal Splay Complexes of Lake Eyre, Australia. Earth Analogues for Martian Deltas? In First International Conference on Mars Sedimentology and Stratigraphy (Vol. 1547, p. 2), 2010.
- Arai, M.; Hashimoto, A.T.; Uesugui, N. Significado cronoestratigráfico da associação microflorística do Cretáceo Inferior do Brasil. Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 3, n. 1/2, p. 87-103, 1989.
- Arai, M. Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a paleontological perspective. Brazilian Journal of Geology. 44(2):339-350, 2014.
- Aslanian, D., & Moulin, M. Comment on ‘A new scheme for the opening of the South Atlantic Ocean and the dissection of an Aptian salt basin’ by Trond H. Torsvik, Sonia Rouse, Cinthia Labails and Mark A. Smethurst. Geophysical Journal International, 183(1), 20-28, 2010.
- Assine, M. L. Sedimentação e tectônica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil). 124 p. il. Tese de Mestrado – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.
- Assine, M. L. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v 22, n. 3, p. 289-300. 1992.
- Assine, M. L. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 1-10, dezembro de 1994.
- Assine, M. L. Bacia do Araripe. Boletim de Geociências da Petrobras, 15:371-389, 2007.

- Assine, M. L., Corradini, F. A., do Nascimento Pupim, F., & McGlue, M. M. Channel arrangements and depositional styles in the São Lourenço fluvial megafan, Brazilian Pantanal wetland. *Sedimentary Geology*, 301, 172-184, 2014.
- Assine, M. L. Análise Estratigráfica do Andar Alagoas nas Bacias do Araripe, Tucano/Jatobá, Parnaíba e Sanfranciscana. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 22, n. 1, p. 3-28, 2014.
- Assine, M. L.; Quaglio, F.; Warren, L. V.; Simões, M. G. Comments on paper by M. Arai: “Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a paleontological perspective”. *Brazilian Journal of Geology*, v. 46, n. 1, p. 3-7, 2016.
- Basile, C., Mascle, J., & Guiraud, R. Phanerozoic geological evolution of the Equatorial Atlantic domain. *Journal of African Earth Sciences*, 43(1-3), 275-282, 2005.
- Basilone, L., Lena, G., & Gasparo-Morticelli, M. Synsedimentary-tectonic, soft-sediment deformation and volcanism in the rifted Tethyan margin from the Upper Triassic–Middle Jurassic deep-water carbonates in Central Sicily. *Sedimentary Geology*, 308, 63-79, 2014.
- Beurlen, K. A geologia da Chapada do Araripe. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, v. 34, n. 3, p. 365-370, 1962.
- Beurlen, K. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 17, Recife. *Anais. Recife: Sociedade Brasileira de Geologia/SUDENE, Suplementos*, p. 47, 1963.
- Bhattacharya, A. On the origin of non-tidal flaser bedding in point bar deposits of the river Ajay, Bihar and West Bengal, NE India. *Sedimentology* 44, 973-975, 1997.
- Bhattacharya, H. N., & Bandyopadhyay, S. Seismites in a Proterozoic tidal succession, Singhbhum, Bihar, India. *Sedimentary Geology*, 119(3-4), 239-252, 1998.
- Blair, T. C., & Bilodeau, W. L. Development of tectonic cyclothems in rift, pull-apart, and foreland basins: Sedimentary response to episodic tectonism. *Geology*, 16(6), 517-520, 1988.
- Bluck, B. J. Structure of coarse grained braided stream alluvium. *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh*, 70(10-12), 181-221, 1979.
- Boersma, J. R. Distinguishing features of wave ripple cross stratification and morphology (Doctoral dissertation), 1970.

- Bouma, J. Using morphometric expressions for macropores to improve soil physical analyses of field soils. *Geoderma*, 46(1-3), 3-11, 1990.
- Braun, O. P. G. Estratigrafia dos sedimentos da parte interior da Região Nordeste do Brasil (bacias de Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia, 75 p. (DNPM. DGM. Boletim, 236), 1966.
- Briere, P. R. Playa, playa lake, sabkha: Proposed definitions for old terms. *Journal of Arid Environments*, 45(1), 1-7, 2000.
- Brito Neves, B. B. de. A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. Simpósio sobre a Bacia do Araripe e bacias interiores do nordeste, v. 1, p. 21-33, 1990.
- Brito Neves, B. B.; Santos, E. J.; Van Schmus, W. R. Tectonic history of the Borborema Province, Northeastern Brazil. In: Cordani, U. G.; Milani, E. J.; Thomaz Filho, A.; Campos, D. A. (Ed.) *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro: [s.n.], p. 151-182. International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro, 2000.
- Buatois, L.A. & Mángano, M.G. The paleoenvironmental and paleoecological significance of the lacustrine *Mermia* ichnofacies: an archetypical subaqueous nonmarine trace fossil assemblage. *Ichnos*, 4, 151–161, 1995.
- Buatois, L.A. & Mángano, M.G. Trace fossil analysis of lacustrine facies and basins. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 140, 367–382, 1998.
- Buatois, L.A. & Mángano, M.G. Trace fossils from Carboniferous floodplain deposits in western Argentina: Implications for ichnofacies models of continental environments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 183, 71–86, 2002.
- Buatois, L. A., & Mángano, M. G. Invertebrate ichnology of continental freshwater environments. In Trace Fossils (pp. 285-323). Elsevier, 2007.
- Buatois, L.A., Mángano, M.G. & Aceñolaza, F.G. Trazas fósiles: Señales de comportamiento en el registro estratigráfico. Museo Paleontológico Egidio Feruglio. Edición Especial, 2, 382 pp, 2002.
- Bullard, E., Everett, J. E., & Gilbert Smith, A. The fit of the continents around the Atlantic. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 258(1088), 41-51, 1965.

- Castilla, R. A., & Audemard, F. A. Sand blows as a potential tool for magnitude estimation of pre-instrumental earthquakes. Journal of Seismology, 11(4), 473-487, 2007.
- Catto, B., Jahnert, R. J., Warren, L. V., Varejao, F. G., & Assine, M. L. The microbial nature of laminated limestones: lessons from the Upper Aptian, Araripe Basin, Brazil. Sedimentary geology, 341, 304-315, 2016.
- Catuneanu, O. Principles of sequence stratigraphy. Department of Earth and Atmospheric Sciences. University of Alberta. Elsevier. p.: 205-261, 2006.
- Camacho, C. R., & de Oliveira, F. R. F. R. O arcabouço estrutural da Bacia Sedimentar do Araripe, Província Borborema, baseado em dados aeromagnetométricos. Geologia USP. Série Científica, 17(3), 149-161, 2017.
- Chagas, D. B. Litoestratigrafia da Bacia do Araripe: reavaliação e propostas para revisão.. 112 f. il. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- Christin, P. A., Spriggs, E., Osborne, C. P., Strömberg, C. A., Salamin, N., & Edwards, E. J. Molecular dating, evolutionary rates, and the age of the grasses. Systematic biology, 63(2), 153-165, 2014.
- Chumakov, N. M., Zharkov, M. A., Herman, A. B., Doludenko, M. P., Kalandadze, N. N., Lebedev, E. L., ... & Rautian, A. S. Climatic belts of the mid-Cretaceous time. Stratigraphy and Geological Correlation, 3(3), 42-63, 1995.
- Custódio, M. A., Quaglio, F., Warren, L. V., Simões, M. G., Fürsich, F. T., Perinotto, J. A. J., & Assine, M. L. The transgressive-regressive cycle of the Romualdo Formation (Araripe Basin): Sedimentary archive of the Early Cretaceous marine ingression in the interior of Northeast Brazil. Sedimentary Geology, 359, 1-15, 2017.
- Davenport, C. A., & Ringrose, P. S. Deformation of Scottish Quaternary sediment sequences by strong earthquake motions. Geological Society, London, Special Publications, 29(1), 299-314, 1987.
- Davidson, S. K., Hartley, A. J., Weissmann, G. S., Nichols, G. J., & Scuderi, L. A. Geomorphic elements on modern distributive fluvial systems. Geomorphology, 180, 82-95, 2013.
- De Lyra Sobrinho, A. C. P.; Do Amaral, A. J. R.; Dantas, J. O. C.; Dantas, J. R. A. Generalidades – Gipsita, Balanço Mineral Brasileiro, DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral), 2001.

- El-Isa, Z. H., & Mustafa, H. Earthquake deformations in the Lisan deposits and seismotectonic implications. Geophysical Journal International, 86(2), 413-424, 1986.
- El Taki, H., Pratt, B. R., & Stockmal, G. Syn depositional tectonic activity in an epicontinental basin revealed by deformation of subaqueous carbonate laminites and evaporites: seismites in Red River strata (Upper Ordovician) of southern Saskatchewan, Canada. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 60(1), 37-58, 2012.
- Fambrini, G. L., Neumann, V. H. D. M. L., de Barros, C. L., da Silva, S. M. O. A., Galm, P. C., & de Menezes Filho, J. A. B. Análise estratigráfica da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas. Geologia USP. Série Científica, 13(4), 3-28, 2013.
- Fanton, J. C. M., Ricardi-Branco, F., Dilcher, D., & de Oliveira, M. E. C. B. Iara iguassu, a new taxon of aquatic angiosperm from the Crato palaeoflora (Lower Cretaceous, Santana Formation, Araripe Basin, Northeastern Brazil). Geociências (São Paulo), 25(2), 211-216, 2007.
- Fernandes, A.C.S.; Carvalho, I.S.; Srivastava, N.K.; Henriques, M.H.P. & Pena Dos Reis, R.P.B. Ícnofósseis da Bacia do Araripe (Formação Arajara - Cretácico), Brasil. In: Congresso Nacional de Geologia, 5. Actas... Lisboa, Portugal. Sociedade Geológica de Portugal. Comunicações do Serviço Geológico de Portugal, Tomo 84, Fascículo 1, p. A.197-A.200, 1998.
- Fisher, J. A., Nichols, G. J., & Waltham, D. A. Unconfined flow deposits in distal sectors of fluvial distributary systems: examples from the Miocene Luna and Huesca Systems, northern Spain. Sedimentary Geology, 195(1-2), 55-73, 2007a.
- Fisher, J. A., Waltham, D., Nichols, G. J., Krapf, C. B., & Lang, S. C. A quantitative model for deposition of thin fluvial sand sheets. Journal of the Geological Society, 164(1), 67-71, 2007b.
- Fisher, J. A., Krapf, C. B., Lang, S. C., Nichols, G. J., & Payenberg, T. H. Sedimentology and architecture of the Douglas Creek terminal splay, Lake Eyre, central Australia. Sedimentology, 55(6), 1915-1930, 2008.
- Fisher, J. A., & Nichols, G. J. Interpreting the stratigraphic architecture of fluvial systems in internally drained basins. Journal of the Geological Society, 170(1), 57-65, 2013.

- Fluteau, F., Ramstein, G., Besse, J., Guiraud, R., & Masse, J. P. Impacts of palaeogeography and sea level changes on Mid-Cretaceous climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 247(3-4), 357-381, 2007.
- Fortuin, A. R., & Dabrio, C. J. Evidence for Late Messinian seismites, Nijar Basin, south-east Spain. *Sedimentology*, 55(6), 1595-1622, 2008.
- Frakes, L. A. Estimating the global thermal state from Cretaceous sea surface and continental temperature data. *Special papers – Geological Society of America*, 49-58, 1999.
- Frakes, L. A., Probst, J. L., & Ludwig, W. Latitudinal distribution of paleotemperature on land and sea from early Cretaceous to middle Miocene. *Sciences de la terre et des planètes (Comptes rendus de l'Académie des sciences)*, 318, 1209-1218, 1994.
- Friend, P.F. Distinctive features of some ancient river systems. In: Miall, A.D. (Ed.), Fluvial Sedimentology. *Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir*, vol. 5, pp. 531–542, 1978.
- Friend, P.F., Moody-Stuart, M. Sedimentation of the Wood Bay Formation (Devonian) of Spitsbergen: regional analysis of a late orogenic basin. *Norsk Polarinstitutt Skrifter* 157, 1–77, 1972.
- Friend, P.F., Slater, M.J., Williams, R.C. Vertical and lateral building of river sandstone bodies, Ebro Basin, Spain. *Journal of the Geological Society (London)* 136, 39–46, 1979.
- Friend, P.F., Alexander-Marrack, P.D., Allen, K.C., Nicholson, J., Yeats, A.K. Devonian sediments of East Greenland VI: review of results. *Meddelelser om Grønland* 206 (6) (96 pp.) 1983.
- Frey, R.W. & Pemberton, S.G. Trace Fossil Facies Models. In: Walker, R.G. (Ed.), Facies Models, 2nd edition. *Geoscience Canada, Reprint Series* 1, pp. 189–207, 1984.
- Frey, R.W. & Pemberton, S.G. Biogenic structures in outcrops and cores. I. Approaches to ichnology. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 33, 72–115, 1985.
- Frey, R.W. & Pemberton, S.G. The Psilonichnus ichnocoenose, and its relationship to adjacent marine and nonmarine ichnocoenoses along the Georgia coast. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 35, 333–357, 1987.

- Frey, R.W., Pemberton, S.G. & Fagerstrom, J.A. Morphological, ethological, and environmental significance of the ichnogenera Scoyenia and Ancorichnus. *Journal of Paleontology*, 58, 511–528, 1984.
- Frostick, L.E., Reid, I. The origin of horizontal laminae in ephemeral stream channel-fill. *Sedimentology* 24, 1-9, 1977.
- Galli, P. New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction. *Tectonophysics*, 324(3), 169-187, 2000.
- Glennie, K. W. Desert Sedimentary Environments. *Developments in Sedimentology* 14. Elsevier, Amsterdam, 222 pp, 1970.
- Gradmann, S., Beaumont, C., & Ings, S. J. Coupled fluid flow and sediment deformation in margin-scale salt-tectonic systems: 1. Development and application of simple, single-lithology models. *Tectonics*, 31(4), 2012.
- Graham, J.R. Analysis of the Upper Devonian Munster Basin, an example of a fluvial distributary system. In: Collinson, J.D., Lewin, J. (Eds.), Modern and Ancient Fluvial Systems, Special Publication, International Association of Sedimentologists, vol. 6, pp. 473–484, 1983.
- Gray, D. R., Foster, D. A., Meert, J. G., Goscombe, B. D., Armstrong, R., Trouw, R. A. J., & Passchier, C. W. A Damara orogen perspective on the assembly of southwestern Gondwana. *Geological Society, London, Special Publications*, 294(1), 257-278, 2008.
- Grimm, K. A., & Orange, D. L. Synsedimentary fracturing, fluid migration, and subaqueous mass wasting; intrastratal microfractured zones in laminated diatomaceous sediments, Miocene Monterey Formation, California, USA. *Journal of Sedimentary Research*, 67(3), 601-613, 1997.
- Handford, C. Sedimentology and evaporite genesis in a Holocene continental-sabkha playa basin – Bristol Dry Lake, California. *Sedimentology*, 29, 239-254, 1982.
- Hartley, A. J., Weissmann, G. S., Nichols, G. J., & Warwick, G. L. Large distributive fluvial systems: characteristics, distribution, and controls on development. *Journal of Sedimentary Research*, 80(2), 167-183, 2010.
- Haq, B. V.; Hardenbol, J.; Vail, P. R. Chronology of fluctuating sea levels the Triassic (250 million years ago) to present. *Science*, v.235, p 1156 – 167, 1987.

- Heine, C., Zoethout, J., & Müller, R. D. Kinematics of the South Atlantic rift. arXiv preprint arXiv:1301.2096, 2013.
- Hill, Graham. Distal alluvial fan sediments from the Upper Jurassic of Portugal: controls on their cyclicity and channel formation. Journal of the Geological Society, v. 146, n. 3, p. 539-555, 1989.
- Hirst, J.P.P. Variations in alluvial architecture across the Oligo-Miocene Huesca Fluvial System, Ebro Basin, Spain. In: Miall, A.D., Tyler, N. (Eds.), The Three-Dimensional Facies Architecture of Terrigenous Clastic Sediments and its Implications for Hydrocarbon Discovery and Recovery. SEPM (Society for Sedimentary Geology) Concepts in Sedimentology and Palaeontology, vol. 3, pp. 111–121, 1991.
- Huber, B. T., MacLeod, K. G., Watkins, D. K., & Coffin, M. F. The rise and fall of the Cretaceous Hot Greenhouse climate. Global and planetary change, 167, 1-23, 2018.
- Jackson, R.G. Preliminary evaluation of lithofacies models for meandering alluvial streams. In: Fluvial Sedimentology (Ed. by A. D. Miall). Mem. Can. Soc. Petrol. Geol., 5, 543-576, 1978.
- Jaeger, Heinrich M.; Nagel, Sidney R.; Behringer, Robert P. Granular solids, liquids, and gases. Reviews of modern physics, v. 68, n. 4, p. 1259, 1996.
- Johns, R. K. & Ludbrook, N.H. Investigation of Lake Eyre. S. Aust. Dept Mines, Geol. Surv. Rep. Invest. 24, 1963.
- Jones, C. M. Effects of varying discharge regimes on bed-form sedimentary structures in modern rivers. Geology, 5(9), 567-570, 1977.
- Joplin, G. A. The problem of the potash-rich basaltic rocks. Mineralogical Magazine and Journal of the Mineralogical Society, 34(268), 266-275, 1965.
- Kahle, C. F. Seismogenic deformation structures in microbialites and mudstones, Silurian Lockport Dolomite, northwestern Ohio, USA. Journal of Sedimentary Research, 72(1), 201-216, 2002.
- Kraus, M. J. Paleosols in clastic sedimentary rocks: their geologic applications. Earth-Science Reviews, 47(1-2), 41-70, 1999.

- Lang, S. C., Payenberg, T. H. D., Reilly, M. R. W., Hicks, T., Benson, J., & Kassan, J. Modern analogues for dryland sandy fluvial-lacustrine deltas and terminal splay reservoirs. The APPEA Journal, 44(1), 329-356, 2004.
- Leeder, M. R. Fluvial fining-upwards cycles and the magnitude of palaeochannels. Geological Magazine, 110(3), 265-276, 1973.
- Leeder, M. R. Sediment deformation structures and the palaeotectonic analysis of sedimentary basins, with a case-study from the Carboniferous of northern England. Geological Society, London, Special Publications, 29(1), 137-146, 1987.
- Leeder, M. R. Sedimentology and Sedimentary Basins from Turbulence to Tectonics. Blackwell Science, Oxford, 1999.
- Leeder, M. R. A quantitative stratigraphic model for alluvium with special reference to channel deposit density and interconnectedness. In: Fluvial Sedimentology. (Ed. by A. D. Miall). Mem. Can. Soc. Petrol. Geol., 5, 587-596, 1978.
- Lima, F. J., Saraiva, A. A., Silva, M. A. D., Bantim, R. A., & Sayao, J. M. A new angiosperm from the Crato Formation (Araripe Basin, Brazil) and comments on the Early Cretaceous Monocotyledons. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 86(4), 1657-1672, 2014.
- Lima, M.R. Microfósseis da Formação Exu - Cretáceo do Nordeste do Brasil. In: Congr. Bras. Geol., 30, Recife. *Anais...* Recife, SBG. v. 2, p. 965-969, 1978b.
- Lima, M.R. O paleoambiente deposicional da Formação Santana (Grupo Araripe) segundo evidências palinológicas. In: Congr. Bras. Geol., 30, Recife. *Anais...* Recife, SBG. v. 2, p. 970-974, 1978c.
- Long, L. E.; Sial, A. N., Nekvasil, H., & Borba, G. S. Origin of granite at Cabo de Santo Agostinho, northeast Brazil. Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 92, n. 3, p. 341-350, 1986.
- Lowe, D.R. Water escape structures in coarse-grained sediments. Sedimentology 22, 157–204, 1975.
- Lowenstein, T. K., & Hardie, L. A. Criteria for the recognition of salt-pan evaporites. Sedimentology, 32(5), 627-644, 1985.

- Mabesoone, J. M.; Tinoco, I. M. Palaeoecology of the Aptian Santana Formation (northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 14, n. 2, p. 97-118, 1973.
- MacCarthy, I.A.J. Alluvial sedimentation patterns in the Munster Basin, Ireland. *Sedimentology* 37, 685–712, 1990.
- Malkawi, A. I. H., & Alawneh, A. S. Paleoearthquake features as indicators of potential earthquake activities in the Karameh Dam site. *Natural Hazards*, 22(1), 1-16, 2000.
- Marriott, S. B., & Wright, V. P. Palaeosols as indicators of geomorphic stability in two Old Red Sandstone alluvial suites, South Wales. *Journal of the Geological Society*, 150(6), 1109-1120, 1993.
- Marques, F. O., Nogueira, F. C. C., Bezerra, F. H. R., & de Castro, D. L. The Araripe Basin in NE Brazil: An intracontinental graben inverted to a high-standing horst *Tectonophysics*, 630, 251-264, 2014.
- Marzo, M., Nijman, W., & Puigdefabregas, C. Architecture of the Castissent fluvial sheet sandstones, Eocene, south Pyrenees, Spain. *Sedimentology*, 35(5), 719-738, 1988.
- Matos, R. M. D. The northeast Brazilian rift system. *Tectonics*, v. 11, n. 4, p. 766-791, 1992.
- Matos, R. M. D. Tectonic evolution of the equatorial South Atlantic. *Atlantic Rifts and continental margins*, 331-354, 2000.
- McKee, E. D., Crosby, E. J., & Berryhill, H. L. Flood deposits, Bijou Creek, Colorado, June 1965. *Journal of Sedimentary Research*, 37(3), 829-851, 1967.
- Melchor, R.N., Bellosi, E. & Genise, J.F. Invertebrate and vertebrate trace fossils from a lacustrine delta: the Los Rastros formation, Ischigualasto provincial park, San Juan, Argentina. In: Buatois, L.A. and Mángano, M.G. (Eds.), Iconología: Hacia una Convergencia entre Geología y Biología, Asociación Palaeontológica Argentina, Publicación Especial, 9, pp. 17–33, 2003.
- Miall, A.D. A review of the braided river depositional environment. *Earth-Science Reviews* 13, 1 - 62, 1977.
- Miall, A. D. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: Miall, A. D. (ed.) Fluvial Sedimentology. Can. Soc. Petrol. Geol., p. 597-604 (Memoir 5), 1978.

- Miall, A. D. The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology. Springer-Verlag, xvi + 582 pp., 1996.
- Miall, A. D. Principles of Sedimentary Basin Analysis. Springer-Verlag, 3rd ed. xii+616 pp., 2000.
- Mohindra, R., & Bagati, T. N. Seismically induced soft-sediment deformation structures (seismites) around Sumdo in the lower Spiti valley (Tethys Himalaya). *Sedimentary Geology*, 101(1-2), 69-83, 1996.
- Mohr, B. A., & Friis, E. M. Early angiosperms from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil), a preliminary report. *International Journal of Plant Sciences*, 161(S6), S155-S167, 2000.
- Mohr, B. A., & Bernardes-de-Oliveira, M. E. Endressinia brasiliana, a magnolialean angiosperm from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil). *International Journal of Plant Sciences*, 165(6), 1121-1133, 2004.
- Mohriak, W. U. Bacias sedimentares da margem continental Brasileira. *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*, 2003, 87-165, 2003.
- Montenat, C., Barrier, P., & Hibsich, C. Seismites: An attempt at critical analysis and classification. *Sedimentary Geology*, 196(1-4), 5-30, 2007.
- Morales, N. & Assine, M. L. Chapada Do Araripe: A Highland Oasis Incrusted into the Semi-arid Region of Northeastern Brazil. In: *Landscapes and Landforms of Brazil*. Springer Netherlands, p. 231-242, 2015.
- Moretti, M., Alfaro, P., Caselles, O., & Canas, J. A. Modelling seismites with a digital shaking table. *Tectonophysics*, 304(4), 369-383, 1999.
- Moretti, M.; Sabato, L. Recognition of trigger mechanisms for soft-sediment deformation in the Pleistocene lacustrine deposits of the Sant'Arcangelo Basin (Southern Italy): Seismic shock vs. overloading. *Sedimentary Geology*, v. 196, n. 1, p. 31-45, 2007.
- Moretti, M., van Loon, A. T., Liu, M., & Wang, Y. Restrictions to the application of 'diagnostic' criteria for recognizing ancient seismites. *Journal of Palaeogeography*, 3(2), 162-173, 2014.
- Mörner, N. A. An interpretation and catalogue of paleoseismicity in Sweden. *Tectonophysics*, 408(1-4), 265-307, 2005.

- Morrison, R. B. Quaternary soil stratigraphy—concepts, methods and problems. Quaternary soils, 77-108, 1978.
- Motts, W. S. Some hydrologic and geologic processes influencing playa development in western United States. In Proceedings of Playa Lake Symposium, Lubbock, TX, USA. International Center for Arid and Semiarid Land Studies, ICASALS Publication (No. 4, pp. 89-106), 1972.
- Moura, M. V. Análise de fácies siliciclásticas da parte superior da Formação Santana (Bacia do Araripe): Caracterização de potenciais rochas reservatório. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 74 p., 2007.
- Moulin, M., Aslanian, D., & Unternehr, P. A new starting point for the South and Equatorial Atlantic Ocean. Earth-Science Reviews, 98(1-2), 1-37, 2010.
- Müller, R., Nystuen, J. P., & Wright, V. P. Pedogenic mud aggregates and paleosol development in ancient dryland river systems: criteria for interpreting alluvial mudrock origin and floodplain dynamics. Journal of Sedimentary Research, 74(4), 537-551, 2004.
- Nascimento, Marcos Antonio Leite do. Geologia, geocronologia, geoquímica e petrogênese das rochas ígneas cretácicas da Província Magmática do Cabo e suas relações com as unidades sedimentares da Bacia de Pernambuco (NE do Brasil). Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal – RN, 2003.
- Nascimento, M. A. L.; Souza, Z. S., Lima Filho, M. F., Jardim de Sá, E. F., Cruz, L. R., Frutuoso Jr, L. J., ... & Guedes, I. M. G. Relações estratigráficas da província magmática do Cabo, Bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Estudos Geológicos, v. 14, p. 3-19, 2004.
- Nemec, W. The shape of the rose. Sedimentary Geology, 59(1-2), 149-152, 1988.
- Neumann, V. H. M. L. Estratigrafia, Sedimentologia, Geoquímica y Diagénesis de los Sistemas Lacustres Aptienses-Albienses de lá Cuenca de Araripe (Nororeste do Brasil). 1999. Tese (Doutorado) – Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, 1999.
- Nichols, G. J. Structural controls on fluvial distributary systems - the Luna System, Northern Spain. Recent Developments in Fluvial Sedimentology, SP39, 1987.
- Nichols, G. J. Sedimentology and stratigraphy. John Wiley & Sons, 2009.
- Nichols, G. J., & Fisher, J. A. Processes, facies and architecture of fluvial distributary system deposits. Sedimentary geology, 195(1-2), 75-90, 2007.

- North, C. P., & Davidson, S. K. Unconfined alluvial flow processes: recognition and interpretation of their deposits, and the significance for palaeogeographic reconstruction. Earth-Science Reviews, 111(1-2), 199-223, 2012.
- Obermeier, S. F. Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis—an overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes. Engineering Geology, 44(1-4), 1-76, 1996.
- Oomkens, E. Environmental significance of sand dykes. Sedimentology, 7, pp. 143-148, 1966.
- Owen, A., Nichols, G. J., Hartley, A. J., Weissmann, G. S., & Scuderi, L. A. Quantification of a distributive fluvial system: the Salt Wash DFS of the Morrison Formation, SW USA. Journal of Sedimentary Research, 85(5), 544-561, 2015a.
- Owen, A., Nichols, G. J., Hartley, A. J., & Weissmann, G. S. Vertical trends within the prograding Salt Wash distributive fluvial system, SW United States. Basin Research, 29(1), 64-80, 2015b.
- Owen, G. Deformation processes in unconsolidated sands. Geological Society, London, Special Publications, v. 29, n. 1, p. 11-24, 1987.
- Owen, G. Experimental soft-sediment deformation: structures formed by the liquefaction of unconsolidated sands and some ancient examples. Sedimentology, v. 43, n. 2, p. 279-293, 1996.
- Owen, G. & Moretti, M. Identifying triggers for liquefaction-induced soft-sediment deformation in sands. Sedimentary Geology, v. 235, n. 3, p. 141-147, 2011.
- Owen, G.; Moretti, M.; Alfaro, P. Recognising triggers for soft-sediment deformation: current understanding and future directions. Sedimentary Geology, v. 235, n. 3, p. 133-140, 2011.
- Paik, I. S., & Kim, H. J. Playa lake and sheetflood deposits of the Upper Cretaceous Jindong Formation, Korea: Occurrences and palaeoenvironments. Sedimentary Geology, 187(1-2), 83-103, 2006.
- Parkash, B., Awasthi, A. K., & Gohain, K. Lithofacies of the Markanda terminal fan, Kurukshetra district, Haryana, India. In: Modern and ancient fluvial systems (Vol. 6, pp. 337-344). International Association of Sedimentologists, 1983.

- Peccerillo, A., & Taylor, S. R. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. Contributions to mineralogy and petrology, 58(1), 63-81, 1976.
- Picard, M. D. & High, L. R. Stratification. In: Sedimentary Structures of Ephemeral Streams. Developments in sedimentology 17, Elsevier Scientific Publishing Company, p.:143-188, 1973.
- Ponte, F. C., & Asmus, H. E. The Brazilian marginal basins: current state of knowledge. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 48, 215-239, 1976.
- Ponte, F. C. & Appi, C. J. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal. Anais. Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, v. 1, p. 211-226, 1990.
- Ponte, F. C. & Ponte Filho, F. C. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. Recife: DNPM, 68p, 1996.
- Prasad, V., Strömberg, C. A. E., Leaché, A. D., Samant, B., Patnaik, R., Tang, L., ... & Sahni, A. Late Cretaceous origin of the rice tribe provides evidence for early diversification in Poaceae. Nature Communications, 2, 480, 2011.
- Pratt, B. R. Seismites in the Mesoproterozoic Altyn Formation (Belt Supergroup), Montana: a test for tectonic control of peritidal carbonate cyclicity. Geology, 22(12), 1091-1094, 1994.
- Prior, D. B., Bornhold, B. D., Coleman, J. M., & Bryant, W. R. Morphology of a submarine slide, Kitimat Arm, British Columbia. Geology, 10(11), 588-592, 1982.
- Raaf, J. F. M., Boersma, J. R., & Van Gelder, S. Wave-generated structures and sequences from a shallow marine succession, Lower Carboniferous, County Cork, Ireland. Sedimentology, 24(4), 451-483, 1977.
- Rabinowitz, Philip D. & Labrecque, John. The Mesozoic South Atlantic Ocean and evolution of its continental margins. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, v. 84, n. B11, p. 5973-6002, 1979.
- Radebaugh, J., Ventra, D., Lorenz, R. D., Farr, T., Kirk, R., Hayes, A., ... & Barnes, J. Alluvial and fluvial fans on Saturn's moon Titan reveal processes, materials and regional geology. Geological Society, London, Special Publications, 440(1), 281-305, 2016.

- Reading, H. G. Clastic coast. Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy. Blackwell Science, Oxford, UK, pp.154-231, 1996.
- Retallack, G. J. Field recognition of paleosols. Geological Society of America Special Paper, 216, 1-20, 1988.
- Retallack, G. J. Colour guide to paleosols. John Wiley & Sons Ltd, 1997.
- Retallack, G.J. Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology. Allen and Unwin, London, 2000.
- Rider, M. H. Growth faults in Carboniferous of western Ireland. AAPG Bulletin, 62(11), 2191-2213, 1978.
- Rojas, F. E. M. Estratigrafia de sequências do intervalo Aptiano ao Albiano na Bacia do Araripe, NE do Brasil. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 124 p., 2009.
- Rossetti, D. F. & Góes, A. M. Deciphering the sedimentological imprint of paleoseismic events: an example from the Aptian Codó Formation, northern Brazil. Sedimentary Geology, v. 135, n. 1, p. 137-156, 2000.
- Saadi, A., Machette, M. N., Haller, K. M., Dart, R. L., Bradley, L., & Souza, A. M. P. D. Map and database of Quaternary faults and lineaments in Brazil. US Geological Survey, 2003.
- Sadler, S. P., & Kelly, S. B. Fluvial processes and cyclicity in terminal fan deposits: an example from the Late Devonian of southwest Ireland. Sedimentary Geology, 85(1-4), 375-386, 1993.
- Santos, M. E. M. Ambiente deposicional da Formação Santana, Chapada do Araripe (PE/PI/CE). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32, Salvador. Anais. Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, v. 4, p. 1412-1426, 1982.
- Santos, M. G. M. Tectônica e sedimentação na Bacia do Camaquã Central (RS): Exemplos do Grupo Guaritas e do Grupo Santa Bárbara. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo), 2010.
- Santos, M. G. M., Almeida, R. P., Mountney, N. P., & Fragoso-Cesar, A. R. Seismites as a tool in the palaeoenvironmental reconstruction of fluvial deposits: the Cambrian Guarda Velha Formation, southern Brazil. Sedimentary Geology, 277, 52-60, 2012.

- Schreiber, J. F., Pine, G. L., Pipkin, B. W., Robinson, R. C. & Wilt, J. C. Sedimentologic studies in Wilcox playa area, Cochise County, Arizona. In: Playa Lake Symposium (Ed. by C. C. Reeves Jr). ICASALS Publ. 4. Texas Technical University, 1972.
- Schumm, S. A. River adjustment to altered hydrologic regime, Murrumbidgee River and paleochannels, Australia. Prof. Pap. USgeol. Surv., 598,65 pp, 1968.
- Seilacher, A. Lebensspuren und Salinitätsfazies. Fortschritte in der Geologie Rheinland und Westfalens, 10, 81–94, 1963.
- Seilacher, A. Fossil behavior. Scientific American, 217(2), 72-83, 1967.
- Seilacher, A. Fault-graded beds interpreted as seismites. Sedimentology, v. 13, n. 1-2, p. 155-159, 1969.
- Seilacher, A. Sedimentary structures tentatively attributed to seismic events. Marine geology, v. 55, n. 1-2, p. 1-12, 1984.
- Seton, M., Müller, R. D., Zahirovic, S., Gaina, C., Torsvik, T., Shephard, G., ... & Chandler, M. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. Earth-Science Reviews, 113(3-4), 212-270, 2012.
- Shanmugam, G. The seismite problem. Journal of Palaeogeography, 5(4), 318-362, 2016.
- Shanmugam, G. Global case studies of soft-sediment deformation structures (SSDS): Definitions, classifications, advances, origins, and problems. Journal of Palaeogeography, 6(4), 251-320, 2017.
- Silva, M. A. M. Lower Cretaceous unconformity truncating evaporite-carbonate sequence, Araripe Basin, Northeastern Brazil. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 306-310, 1986.
- Skelton, P. W., Spicer, R. A., Kelley, S. P., & Gilmour, I. The cretaceous world. ISBN 0521831121. Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp. 360, 2003.
- Soleilhavoup, F. Crues de L'Oued M'Zi a Laghouat (d'octobre 1972 a Fevridr 1974): Chronologie et description des principaux processus geomorphologiques ayant affecté la surface du Cit de L'Oued. Bull. Ens. Sci. Nut. Algerie, 13, pp. 32-97, 1975.
- Soleilhavoup, F. & Bertouille, H. Figures de dessication observees dan les de crues a L'Oued de Laghouat (Sahara Septentrional). Revue Geomorph. Dyn, 24, pp. 81-98, 1975.

- Stanistreet, I. G., & McCarthy, T. S. The Okavango Fan and the classification of subaerial fan systems. *Sedimentary Geology*, 85(1-4), 115-133 1993.
- Szatmari, P.; Françolin, J. B. L., Zanotto, O., & Wolff, S.. Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. *Revista brasileira de Geociências*, v. 17, n. 2, p. 180-188, 1987.
- Tabor, N. J., & Myers, T. S. Paleosols as indicators of paleoenvironment and paleoclimate. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 43, 333-361, 2015.
- Talbot, M. R. & Allen, P. A. Lakes, In: Reading, H.G. (Ed.), Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy, 3rd edition. pp. 83–124, 1996.
- Talbot, M. R., Holm, K. & Williams, M. A. J. Sedimentation in low gradient desert margin systems; a comparison of the Late Triassic of northwest Somerset (England) and the Late Quaternary of east-central Australia. In: *Palaeoclimate and Basin Evolution of Playa Systems* (Ed. M.R. Rosen), *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 289, 97–117, 1994.
- Taşgın, C. K., Orhan, H., Türkmen, İ., & Aksoy, E. Soft-sediment deformation structures in the late Miocene Şelmo Formation around Adıyaman area, Southeastern Turkey. *Sedimentary Geology*, 235(3-4), 277-291, 2011.
- Törő, B., & Pratt, B. R. Eocene paleoseismic record of the Green River Formation, Fossil Basin, Wyoming, USA: implications of synsedimentary deformation structures in lacustrine carbonate mudstones. *Journal of Sedimentary Research*, 85(8), 855-884, 2015.
- Torsvik, T. H., Rouse, S., Labails, C., & Smethurst, M. A. A new scheme for the opening of the South Atlantic Ocean and the dissection of an Aptian salt basin. *Geophysical Journal International*, 177(3), 1315-1333, 2009.
- Torsvik, T. H., Van der Voo, R., Preeden, U., Mac Niocaill, C., Steinberger, B., Doubrovine, P. V., ... & Meert, J. G. Phanerozoic polar wander, palaeogeography and dynamics. *Earth-Science Reviews*, 114(3-4), 325-368, 2012.
- Tucker, M. E. Sedimentary Rocks in the Field. 2nd ed. The Geological Field Guide Series, viii+153 pp., 1996.
- Tunbridge, I. P. Sandy high-energy flood sedimentation - some criteria for recognition, with an example from the Devonian of SW England. *Sedimentary Geology*, 28(2), 79-95, 1981.

- Tunbridge, I. P. Facies model for a sandy ephemeral stream and clay playa complex; the Middle Devonian Trentishoe Formation of North Devon, UK. *Sedimentology*, 31(5), 697-715, 1984.
- Vail, P. R. ; Mitchum, J. R.; Todd, R. G.; Widmier, J. M.; Thompson III, S.; Sangree, J. B.; Bubb, J. N.; Hatlelid, W. G. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. In: Payton, C.E. (Ed.), Seismic stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration. AAPG, Tulsa, pp. 49-212, 1977.
- Van Loon, A. T. The life cycle of seismite research. *Geologos*, 20(2), 61-66, 2014.
- Van Rensbergen, P., Hillis, R.R., Maltman, A.J. & Morley, C.K. (eds) Subsurface Sediment Mobilization. Geological Society, London, Special Publications, 216, 2003.
- Varejão, F. G.; Warren, L. V.; Perinotto, J. A. J.; Neumann, V. H.; Freitas, B.; Almeida, R. P.; Assine, M. L. Upper Aptian mixed carbonate-siliciclastic sequences from Tucano Basin: Implications for paleogeography reconstructions following Gondwana break-up. *Cretaceous Research*, v. 67, p. 44-58, 2016.
- Ventra, D., & Clarke, L. E. Geology and geomorphology of alluvial and fluvial fans: current progress and research perspectives. Geological Society, London, Special Publications, 440(1), 1-21, 2018.
- Viana, C.F.; Gama Júnior, E.G.; Simões, I.A.; Moura, J.A.; Fonseca, J.R.; Alves, R.J. Revisão Estratigráfica da Bacia do Recôncavo/Tucano. *Boletim Técnico da Petrobrás*, v. 14, n. 3/4, p. 157-192, 1971.
- Virgens Neto, J. das (Org.). Geologia e Recursos Minerais da Folha Fronteiras SB.24-YC-III Escala 1:100.000, Estados do Piauí Pernambuco e Ceará. Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 79p il. + mapas, 2017.
- Walling, D. E., & He, Q. The spatial variability of overbank sedimentation on river floodplains. *Geomorphology*, 24(2-3), 209-223, 1998.
- Walker, R. G. Facies, facies model and modern stratigraphic concepts. Facies model: response to sea-level change. Geological Association of Canada, *Geotext* 1, p. 1-14, 1992.
- Walker, R. G., & James, N. P. Facies Models: Response to Sea-Level Change. Geological Association of Canada. *Geotext*, 1, 409, 1992.

- Warren, L. V., Varejão, F. G., Quaglio, F., Simões, M. G., Fürsich, F. T., Poiré, D. G., ... & Assine, M. L. Stromatolites from the Aptian Crato Formation, a hypersaline lake system in the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Facies*, 63(1), 3, 2017.
- Weissmann, G. S., Hartley, A. J., Nichols, G. J., Scuderi, L. A., Olson, M., Buehler, H., & Banteah, R. Fluvial form in modern continental sedimentary basins: distributive fluvial systems. *Geology*, 38(1), 39-42, 2010.
- Weissmann, G. S., Hartley, A. J., Scuderi, L. A., Nichols, G. J., Davidson, S. K., Owen, A., ... & Nordt, L. C. Prograding distributive fluvial systems: geomorphic models and ancient examples. *New Frontiers in Paleopedology and Terrestrial Paleoclimatology: SEPM, Special Publication*, 104, 131-147, 2013.
- Will, T. M., & Frimmel, H. E. Where does a continent prefer to break up? Some lessons from the South Atlantic margins. *Gondwana Research*, 53, 9-19, 2018.
- Williams, E. A. Flexural cantilever models of extensional subsidence in the Munster Basin (SE Ireland) and Old Red Sandstone fluvial dispersal systems. In: Friend, P.F., Williams, B.P.J. (Eds.), New perspectives on the Old Red Sandstone. *Special Publications*, vol. 180. Geological Society, London, pp. 239–268, 2000.
- Williams, G. E. Piedmont sedimentation and late Quaternary chronology in the Biskra region of the northern Sahara. *Z. Geomorphol. Suppl*, 10, 40-63, 1970.
- Williams, G. E. Flood deposits of the sand-bed ephemeral streams of central Australia. *Sedimentology*, 17(1-2), 1-40, 1971.
- Wright, V. P., & Marriott, S. B. A quantitative approach to soil occurrence in alluvial deposits and its application to the Old Red Sandstone of Britain. *Journal of the Geological Society*, 153(6), 907-913, 1996.
- Wu, Y., You, H. L., & Li, X. Q. Dinosaur-associated Poaceae epidermis and phytoliths from the Early Cretaceous of China. *National Science Review*, 5(5), 721-727, 2018.
- Zalán, P. V. Evolução fanerozóica das bacias sedimentares brasileiras. *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, 595-613, 2004.

APÊNDICE

Pontos visitados com a respectiva unidade encontrada, sendo: Em - embasamento; R - Fm. Romualdo; A - Fm. Araripina; E - Fm. Exu

Ponto	Data	X	Y	Z(m)	Litologia	Seção
1	14/05/2016	329103	9161810	701	Araripina	Aeroporto
2	15/05/2016	330177	9156792	684	Araripina	Sítio Torre Grande
3	15/05/2016	327484	9154770	711	Contato Em/A	
4	15/05/2016	325688	9155282	753	Exu	
5	15/05/2016	326996	9150308	623	Exu	
6	15/05/2016	322797	9150256	682	Contato Em/A	Riacho Marinheiro
7	16/05/2016	319715	9148065	673	Araripina	Riacho Bom Jardim
8	16/05/2016	346145	9158394	667	Contato Em/A	Sítio Barro
9	17/05/2016	307462	9158872	653	Contato A/E	
10	17/05/2016	305999	9154876	677	Contato A/E	
11	17/05/2016	316621	9158624	667	Araripina	
12	18/05/2016	309625	9181597	609	Contato Em/A/E	Alagoinha
13	18/05/2016	317555	9185523	708	Contato Em/R/A	
14	18/05/2016	317086	9185056	751	Contato A/E	
15	14/10/2016	327242	9163672	695	Contato A/E	Araripina
16	20/11/2016	338083	9165384	743	Contato Em/A/E	

17	21/11/2016	322390	9168959	719	Contato A/E	Riacho São Pedro
18	21/11/2016	341770	9164172	690	Contato A/E	
19	21/11/2016	342825	9163072	700	Araripina	Sítio Cansação
20	22/11/2016	305128	9175347	573	Contato Em/R/A/E	Serra Redonda
21	23/11/2016	337630	9193989	720	Contato Em/E	
22	23/11/2016	330600	9195533	767	Contato Em/E	
23	23/11/2016	322452	9191787	749	Contato Em/A	Caboclos
24	23/11/2016	322333	9191326	730	Contato Em/A/E	
25	23/11/2016	324910	9191335	750	Contato Em/E	
26	16/04/2017	354459	9156107	635	Exu	
27	16/04/2017	363526	9163487	600	Exu	
28	17/04/2017	321872	9191499	720	Contato Em/A	Tamborilzinho
29	17/04/2017	334539	9166974	683	Araripina	
30	23/11/2016	317350	9115418	770	Contato Em/Exu *Serra do Inácio	

ANEXO

Mapa Geológico da porção Oeste da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil.