

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 09/11/2016.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

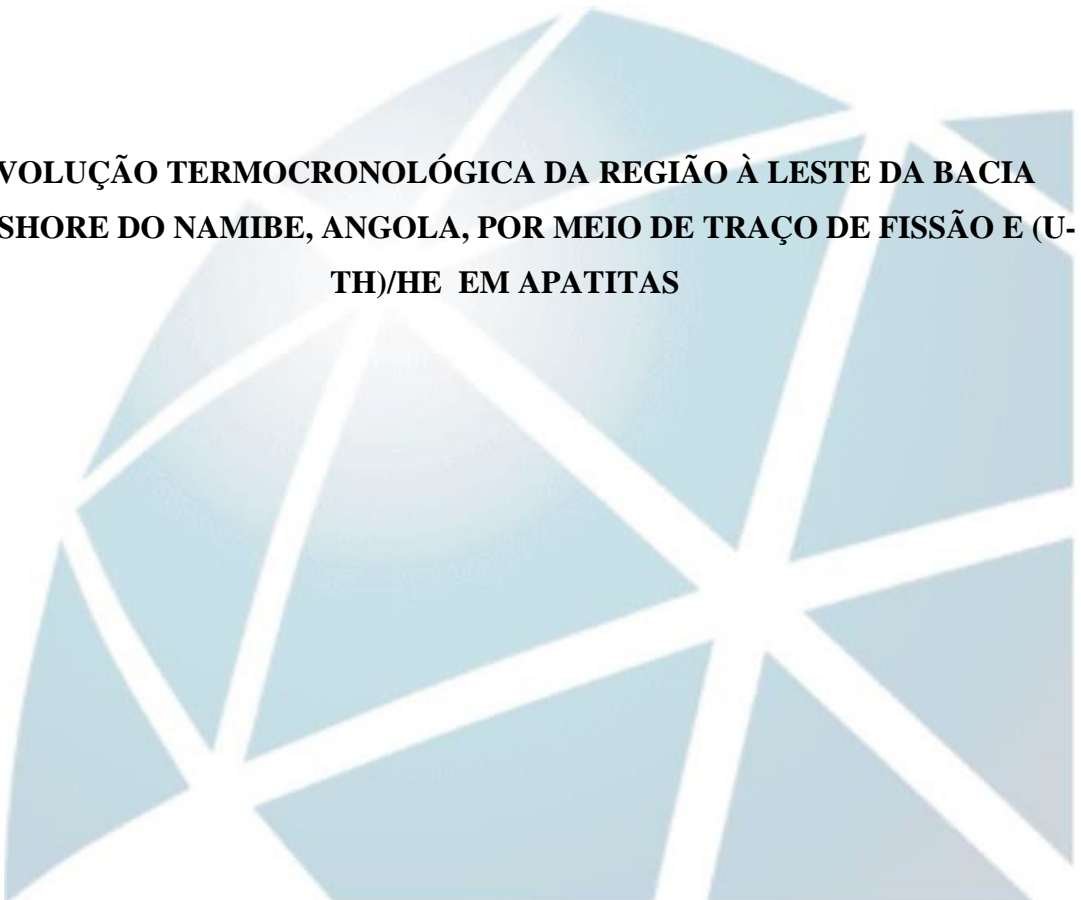
“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

BRUNO VENANCIO DA SILVA

**EVOLUÇÃO TERMOCRONOLÓGICA DA REGIÃO À LESTE DA BACIA
OFFSHORE DO NAMIBE, ANGOLA, POR MEIO DE TRAÇO DE FISSÃO E (U-
TH)/HE EM APATITAS**



Rio Claro – SP

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

BRUNO VENANCIO DA SILVA

**EVOLUÇÃO TERMOCRONOLÓGICA DA REGIÃO À LESTE DA BACIA
OFFSHORE DO NAMIBE, ANGOLA, POR MEIO DE TRAÇO DE FISSÃO E (U-
TH)/HE EM APATITAS**

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

Orientador: Peter Christian Hackspacher

Coorientador: Marli Carina Siqueira Ribeiro

Rio Claro – SP

2016

551.8 Silva, Bruno Venancio da
S586e Evolução termocronológica da região à leste da bacia offshore do Namibe, Angola, por meio de traço de fissão e (U-Th)/He em apatitas / Bruno Venancio da Silva. - Rio Claro, 2016
125 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Peter Christian Hackspacher
Coorientadora: Marli Carina Siqueira Ribeiro

1. Geologia estrutural. 2. Modelagem térmica. 3. Margem passiva. 4. Denudação. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

BRUNO VENANCIO DA SILVA

**EVOLUÇÃO TERMOCRONOLÓGICA DA REGIÃO À LESTE DA BACIA
OFFSHORE DO NAMIBE, ANGOLA, POR MEIO DE TRAÇO DE FISSÃO E (U-
TH)/HE EM APATITAS**

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^o Dr. Peter Christian Hackspacher – Orientador
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp, Rio Claro (SP)

Prof^a Dra. Ana Olívia Barufi Franco-Magalhães
Instituto de Ciência e Tecnologia, UNIFAL, Poços de Caldas (MG)

Dr. Daniel Françoso de Godoy
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp, Rio Claro (SP)

Resultado: Aprovado

Rio Claro, 09 de maio de 2016

Dedico este trabalho aos meus pais Paulo e Rosangela e à minha irmã Camila que são os pilares de tudo que construo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à minha família pelo suporte e atenção.

Ao Prof^o Dr. Peter Christian Hackspacher pela orientação, pelas discussões geológicas as quais foram essenciais para o trabalho e pela amizade.

À Dra. Carina Marli Siqueira Ribeiro pela coorientação, pelas discussões termocronológicas e pela amizade.

Ao Prof^o Dr. Elton Luiz Dantas pelo uso do Laboratório de Análises Geodinâmicas e Ambientais da UNB durante a etapa de concentração das apatitas.

Ao Prof^o Dr. Ulrich Anton Glasmacher pela disponibilização das dependências do Instituto de Ciências da Terra da universidade de Heidelberg, Alemanha, onde foi feita parte importante do trabalho.

Ao Prof^o Dr. Antonio Olimpio Gonçalves do FCT/Univ. Agostinho Neto, Angola, pela parceria e pelo suporte durante a coleta das amostras.

Ao Dr. Daniel França Godoy e à Dra. Carolina Doranti-Tiritan pelo suporte em todo o processo e pelas discussões.

Aos técnicos Danieli Fernanda Canaver Marin, Adilson José Rossini e Everton Tiago Sulato que também contribuíram para o trabalho.

Ao CNPQ pela bolsa concedida.

RESUMO

A termocronologia de baixa temperatura tem sido uma ferramenta importante para a quantificação de processos geológicos em margens continentais passivas. Neste contexto, a margem angolana mostra evidências de uma evolução pós-rifte policíclica marcada por eventos de soerguimento, inversão de bacias e mudanças nas taxas de sedimentação para as bacias marginais, os quais têm controlado a tectônica salina e a localização dos depósitos de hidrocarbonetos. Para entender a evolução pré, sin e pós-rifte da margem sudoeste angolana, amostras de afloramentos para análises por traço de fissão e (U-Th)/He em apatitas foram coletadas em um perfil entre as cidades de Namibe e Lubango variando de 79 m à 1675 m de altitude. A área está situada no limite entre os segmentos Central e Austral do Atlântico Sul a poucos quilômetros à norte da cordilheira Walvis e compreende as rochas arqueanas à paleoproterozóicas do cráton do Congo. As idades TFA variam de 120.6 ± 8.9 Ma à 328.8 ± 28.5 Ma e apresentam uma tendência de envelhecimento com o aumento da altitude. O comprimento médio dos traços (MTLs) varia entre 11.77 ± 1.82 μm e 12.34 ± 1.13 μm com uma distribuição unimodal (TLDs). As idades HeA variam entre 128.8 ± 3.9 Ma e 196.6 ± 5.9 Ma e apresentam um padrão de envelhecimento em direção ao Grande Escarpamento, com idades mais antigas do que as respectivas idades TFA, interpretadas como o resultado do acúmulo de danos radioativos nas apatitas. As modelagens das histórias térmicas foram construídas com os parâmetros cinéticos Dpar e com o ângulo em relação ao eixo-c por meio do software Hefty. Ambas as modelagens TFA e HeA indicam três principais eventos de resfriamentos associados à soerguimento/denudação: do Jurássico ao Eocretáceo, no Neocretáceo e do Eoceno – Oligoceno ao recente, os quais são compatíveis com as espessuras de sedimentos interpretadas a partir de dados geofísicos da região *offshore* do Namibe. Os dados aqui obtidos sugerem uma evolução fanerozóica policíclica para o sudoeste da margem angolana e reforça a importância do evento cenozóico na área o qual têm sido documentado amplamente ao longo da margem angolana mas não têm sido evidente em outras regiões da África meridional, onde têm sido dada mais importância aos eventos do Cretáceo. As diferenças de magnitude entre os eventos registrados no sudoeste de Angola e noroeste da Namíbia parecem estar associados à um controle do embasamento, com os zonas de cisalhamento neoproterozóicas absorvendo mais deformação do que o cráton do Congo durante os episódios de encurtamento da margem.

Palavras-chave: termocronologia. modelagem térmica. margem passiva. denudação.

ABSTRACT

The low-temperature thermochronology has been an important tool to quantify geological processes in passive continental margins. In this context, the Angolan margin shows evidence of a polycyclic post-rift evolution marked by different events of uplift, basin inversion and changes in sedimentation rates to the marginal basins, which have controlled the salt tectonics and the hydrocarbon deposits. To understand the pre, sin and post-rift evolution of the southwestern Angolan margin, outcrop samples were collected for apatite fission track and apatite (U-Th)/He analysis ranging in elevation from 79 m to 1675 m from the coast toward the interior plateau in a profile between Namibe and Lubango cities. The area lies on the edge of Central and Southern Atlantic segments, a few kilometers northward the Walvis ridge, and encompasses the Archean and Proterozoic basement rocks of the Congo craton. The AFT ages range from 120.6 ± 8.9 Ma to 328.8 ± 28.5 Ma and they show a trend of increasing age with increasing elevation. The partial main track lengths (MTLs) vary between 11.77 ± 1.82 μm to 12.34 ± 1.13 μm with unimodal track length distributions (TLDs). The AHe ages range from 128.8 ± 3.9 Ma to 196.6 ± 5.9 Ma and they show a trend of increasing ages toward the Great Escarpment, older than the respective AFT ages, which could be interpreted as a result of the radiation damage accumulation in the apatites. The thermal histories modelling have been constrained with the kinetic parameters D_{par} and c-axis angle by the Hefty software. Both AFT and AHe thermal histories modelling indicate three main episodes of denudation/uplift driven cooling: from Jurassic to Early Cretaceous, in the Late Cretaceous and from Oligocene-Miocene to recent times, which are compatible with the sedimentary fill interpreted from the *offshore* Namibe basin geophysical data. The data suggest a Phanerozoic polycyclic evolution of the southwestern Angola margin and lend weight to the Cenozoic event in the area which has been widely reported along the Angolan margin but has not been evident in other regions of southern Africa, where it has been documented main Cretaceous events. Differences in magnitude of events between southern Angolan and northern Namibian margins suggest a likely basement control linked to different tectonic-denudation episodes, where the Neoproterozoic shear zones have absorbed more deformation than the Congo craton during the shortening events of the margin.

Keywords: thermochronology. thermal modelling. passive margin. denudation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – a) Localização dos limites de placas tectônicas e das margens passivas de alto relevo e (b) relevo da África meridional mostrando o limite do Grande Escarpamento	13
Figura 2 - Modelos conceituais de evolução de margem passiva	15
Figura 3 - Localização das bacias offshore da margem angolana.....	16
Figura 4 - Localização da área de estudo.....	18
Figura 5 - Mapa Geotectônico da África.....	21
Figura 6 - Mapa da porção aflorante do Bloco de Angola na região oeste de Angola e noroeste da Namíbia	22
Figura 7 - Mapa de compartimentação tectônica simplificada dos cinturões Damara e Kaoko no noroeste da Namíbia	25
Figura 8 - Perfil geológico da porção norte da bacia do Baixo Congo	26
Figura 9 - Coluna estratigráfica da porção sul da bacia do Baixo Congo.....	27
Figura 10 - Perfil geológico da porção sul da bacia do Kwanza.....	28
Figura 11 - Coluna estratigráfica da bacia interna do Kwanza.....	29
Figura 12 - Área de ocorrência da superfície de aplainamento africana em Angola e norte da Namíbia	31
Figura 13 – Mapa geológico e geotectônico da área de estudo	36
Figura 14 - Seção estratigráfica mostrando os depósitos pré-sal, Formação Bambata (sal) e depósitos pós-sal da bacia do Namibe	38
Figura 15 - Coluna estratigráfica geral da região de Bentiaba.....	39
Figura 16 - Fotografia da região de Piambo	40
Figura 17 - Mapa geomorfológico do sudoeste de Angola	41

Figura 18 - O Grande Escarpamento costeiro (escarpa de Chela) visto da “Fenda da Tunda Vala”	42
Figura 19 - Temperaturas de fechamento dos sistemas termocronológicos em diferentes minerais.....	43
Figura 20 - Ilustração da formação dos traços de fissão fósseis segundo a teoria da explosão iônica	44
Figura 21 - Fotomicrografia mostrando traços de fissão fósseis em cristal de apatita.....	45
Figura 22 - Ilustração do método do detector externo	47
Figura 23 - Representação esquemática das zonas de retenção total (ZRT), de apagamento parcial (ZAP) e de apagamento total (ZAT)	49
Figura 24 - Ilustração da disposição de traços fósseis confinados oblíquos e paralelos a superfície mineral	52
Figura 25 - Perfis de concentração de He do centro para a borda de um cristal de apatita	58
Figura 26 – Ilustração da pilha de irradiação com o posicionamento das amostras deste trabalho.....	59
Figura 27 – Ilustração da lâmina utilizada para contagem dos traços de fissão em microscópio óptico.....	60
Figura 28 - Imagem SRTM e perfil topográfico com sobrelevação de 10 vezes da área de estudo com os respectivos pontos de coleta e idades TFA obtidas	61
Figura 29 - Gráficos das idades radiais aparentes TFA e da relação $RhoS$ versus $RhoL$ das amostras individuais geradas no software Trackkey.....	65
Figura 30 - Gráficos de idade aparente TFA versus MTLs e altitude.....	66
Figura 31 - Histórias térmicas TFA	72
Figura 32 - Gráfico de idade não corrigida versus eU em grãos individuais de apatita	73
Figura 33 - Histórias térmicas (U-Th)/He	77

Figura 34 - Histórias térmicas da modelagem combinada TFA e HeA.....	79
Figura 35 - Paleovales, paleoterraços e falésias elevadas acima do nível do mar na margem de Benguela	86
Figura 36 - Gráfico de paleotemperaturas <i>versus</i> altitude construído a partir das amostras do presente trabalho	88
Figura 37 – Gráfico das taxas de sedimentação das bacias da margem oeste da África ao longo do Fanerozóico.....	91
Figura 38 – Ilustração do padrão de idades traço de fissão esperado para os modelos de flexura crustal, de recuo lateral de escarpa e do divisor de drenagem fixo	94
Figura 39 - Mapas de espessuras de sedimentos da região <i>offshore</i> da margem da Namíbia .	95
Figura 40 - Correlação entre os intervalos caracterizados por discordância na bacia interna do Kwanza e os períodos de resfriamento obtidos neste trabalho.....	96
Figura 41 - (A) Reconstrução esquemática das paleosuperfícies formadas ao longo da evolução geológica da margem do Namibe e (B) modelo para os eventos de resfriamento da margem com a interpretação dos respectivos mecanismos atuantes no relevo	98
Figura 42 - Correlação entre o clima, resfriamentos e espessuras sedimentares offshore entre o sudoeste de Angola e noroeste da Namíbia durante o Neocretáceo.....	100
Figura 43 - Correlação entre o clima, resfriamentos e espessuras sedimentares offshore entre o sudoeste de Angola e noroeste da Namíbia durante o período entre o Eocênio – Oligocênio ao recente	101
Figura 44 - (A) interpretações sísmicas mostrando a espessura crustal reduzida da margem do Namibe em relação às margens do Kwanza e do Walvis. (B) Ilustração do processo de espessamento crustal devido à compressão tectônica e (C) seção geológica perpendicular ao cinturão Kaoko	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Detalhe das amostras com os parâmetros relacionados à análise TFA	67
Tabela 2 – Detalhe das amostras com os parâmetros relacionados à análise HeA	74
Tabela 3 – Cálculo dos parâmetros associados à denudação.	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E JUSTIFICATIVA.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	19
2 CONTEXTO REGIONAL.....	20
2.1 GEOLOGIA.....	20
2.1.1 <i>Cráton do Congo</i>	20
2.1.2 <i>Faixa móvel do Oeste do Congo</i>	24
2.1.3 <i>Cinturões Damara e Kaoko</i>	24
2.1.4 <i>Bacias sedimentares do Baixo Congo, Kwanza e Benguela</i>	25
2.2 GEOMORFOLOGIA	30
2.2.1 <i>Superfície de aplainamento africana</i>	31
3 CONTEXTO LOCAL	32
3.1 GEOLOGIA.....	32
3.1.1 <i>Embasamento pré-cambriano</i>	32
3.1.2 <i>Bacia do Namibe</i>	37
3.2 GEOMORFOLOGIA LOCAL	41
3.2.1 <i>Unidades Geomorfológicas</i>	41
4 MÉTODO E TÉCNICAS.....	43
4.1 INTRODUÇÃO A TERMOCRONOLOGIA DE BAIXA TEMPERATURA	43
4.2 ANÁLISE POR TRAÇO DE FISSÃO EM APATITAS.....	44
4.2.1 <i>Cálculo da idade</i>	46
4.2.2 <i>O princípio do annealing e temperatura de fechamento TFA</i>	49
4.2.3 <i>Parâmetros cinéticos do annealing</i>	50
4.2.4 <i>Modelagem térmica TFA</i>	51
4.3 ANÁLISE (U-TH)/HE EM APATITAS	53
4.3.1 <i>Cálculo da idade</i>	53
4.3.2 <i>O princípio da difusão e temperatura de fechamento HeA</i>	54
4.3.3 <i>Parâmetros cinéticos da difusão e variáveis do método HeA</i>	55
4.3.4 <i>Modelagem térmica HeA</i>	57

4.4 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	58
5 RESULTADOS	61
5.1 ANÁLISE TFA.....	61
5.1.1 <i>Histórias térmicas TFA</i>	68
5.2 ANÁLISE HEA.....	73
5.2.1 <i>Histórias térmicas HeA</i>	75
5.3 ANÁLISE COMBINADA TFA E HEA	78
6 DISCUSSÃO	80
6.1 INVERSÃO DAS IDADES TFA E HEA	80
6.2 DEFINIÇÃO DAS CAIXAS DE MONTE CARLO	80
6.3 GRADIENTE GEOTÉRMICO E QUANTIDADES DE DENUDAÇÃO	86
6.4 A RELAÇÃO DENUDAÇÃO <i>VERSUS</i> SOERGUMENTO E IMPLICAÇÕES NA FORMAÇÃO DO RELEVO ATUAL	90
6.5 COMPARAÇÃO COM OS PRINCIPAIS MODELOS CONCEITUAIS DE EVOLUÇÃO DA MARGEM.....	93
6.6 CORRELAÇÃO COM O REGISTRO SEDIMENTAR DA MARGEM	94
6.7 MODELO EVOLUTIVO PROPOSTO E POSSÍVEIS MECANISMOS FORMADORES DO RELEVO	97
6.8 IMPLICAÇÕES GEOTECTÔNICAS DOS EVENTOS DO NEOCRETÁCIO E DO OLIGOCÊNIO-MIOCÊNIO ENTRE O SUDOESTE ANGOLANO E NOROESTE DA NAMÍBIA.....	99
7 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
Referências	107

1 INTRODUÇÃO

É amplamente conhecido que margens continentais passivas são formadas quando ocorre a ruptura continental e conseqüentemente a bacia rifte gradualmente subside (MCKENZIE, 1978; BOTT, 1971; FALVEY & MUTTER, 1981) enquanto os flancos do rifte soerguem e são gradualmente erodidos ao longo do tempo geológico (WEISSEL & KARNER, 1989; GILCHRIST et al., 1994; KOOI & BEAUMONT, 1994), formando-se assim as porções *offshore* e *onshore*, respectivamente.

Do ponto de vista geomorfológico, algumas destas margens chamam a atenção por apresentarem um relevo característico marcado pela existência de um escarpamento costeiro elevado separando uma planície costeira de baixa altitude de um planalto interior de altitude relativamente elevada e por isso, são classificadas como margens passivas de alto relevo (**figura 1 a**). A margem meridional da África consiste em um bom exemplo deste tipo de paisagem, delimitada por um proeminente escarpamento costeiro em praticamente toda a sua extensão (KOUNOV et al., 2007; KEMPF, 2010, **figura 1 b**).

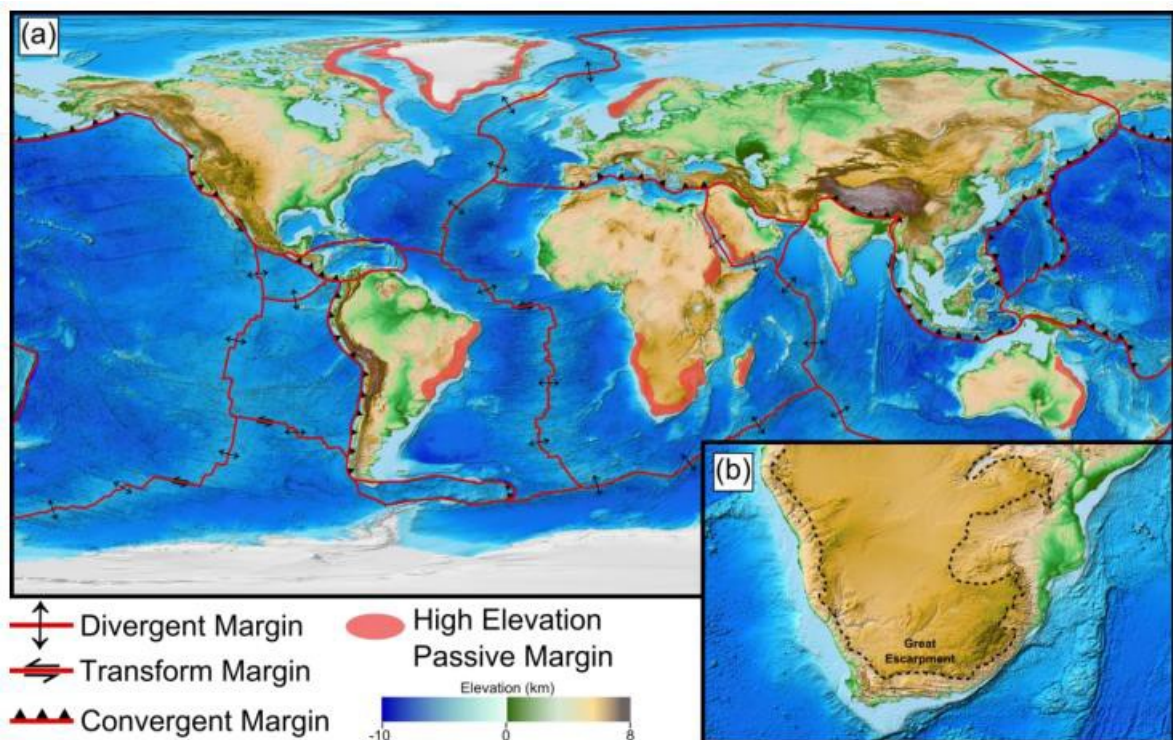


Figura 1 – a) Localização dos limites de placas tectônicas e das margens passivas de alto relevo segundo Summerfield (1991), definidas pela ocorrência de um escarpamento costeiro elevado o qual separa uma planície costeira de baixa altitude de um planalto interior elevado. (b) Mapa de relevo da África meridional mostrando o limite do Grande Escarpamento costeiro. Figura retirada de Wildman (2015).

Para explicar o desenvolvimento deste tipo de margem o modelo de *downwarping* (OLLIER & PAIN, 1997) prevê que inicialmente ocorre o processo de flexura e arqueamento crustal associado à subsidência da bacia e ao soerguimento da borda do rifte. Este soerguimento provocaria queda no nível de base regional e com isso, desencadearia erosão da porção soerguida pelo recuo lateral de escarpa, o qual atuaria durante a fase pós-rifte (**figura 2 A**).

O modelo de recuo lateral de escarpa propriamente (MARTIN, 1976; PARTRIDGE & MAUD, 1987), difere do primeiro por postular que o soerguimento das bordas do rifte ocorre por meio de deslocamentos ao longo de falhas normais, os quais possibilitariam à formação de um escarpamento inicial mais elevado, além de incluir os efeitos de soerguimentos devido ao ajuste isostático provocado pela denudação pós-rifte (**figura 2 B**).

Um terceiro modelo também prevê que o soerguimento inicial das bordas do rifte ocorre ao longo de falhas normais, porém, advoga que a erosão pós-rifte ocorre pelo processo de *downwearing* onde o material é removido de cima para baixo e não lateralmente como proposto pelos modelos anteriores. Para que o processo de *downwearing* ocorra, seria necessário a existência de um paleo divisor de drenagem localizado próximo à região do escarpamento atual (BIERMAN & CAFFEE, 2001; COCKBURN et al., 2000; VAN DER BEEK et al., 2002, **figura 2 C**), o qual provocaria um colapso rápido da borda do rifte previamente soerguida.

Estes três modelos conceituais de evolução de margem “passiva”, apesar de suas diferenças, partem do princípio de que o desenvolvimento da margem é iniciado pelo evento tectônico principal (fase rifte), seguido por um longo período de erosão. Apesar da sua relevância, estes modelos se mostram um tanto simplistas por não incluírem possíveis eventos tectônicos pós-rifte responsáveis pela formação do escarpamento costeiro atual (ex: BURKE & GUNNELL, 2008) e também por não explicarem processos de inversão de bacias, formação de discordâncias erosivas e variações nas taxas sedimentação *offshore* ao longo do tempo geológico.

Neste sentido, a margem angolana localizada no sudoeste da África consiste em um excelente exemplo onde estes processos são amplamente descritos. Estudos lito-estratigráficos na margem da bacia do Kwanza (**figura 3**) sugerem a ocorrência de repetidos soerguimentos e subsidências localizados a partir da observação de que pacotes estritamente marinhos são separados por discordâncias (JACKSON et al., 2005). Tais estudos também apontam para grandes episódios de soerguimento ao longo da margem do Kwanza iniciados no Jurássico-Eocretáceo, no Neocretáceo e no Oligoceno-Mioceno (HUDEC & JACKSON, 2004), os

quais coincidem com episódios de encurtamento tectônico horizontal (HUDEC & JACKSON, 2002) e são compatíveis com dados de traço de fissão em apatita (TFA) que apontam para episódios de resfriamento nestes períodos (JACKSON et al., 2005).

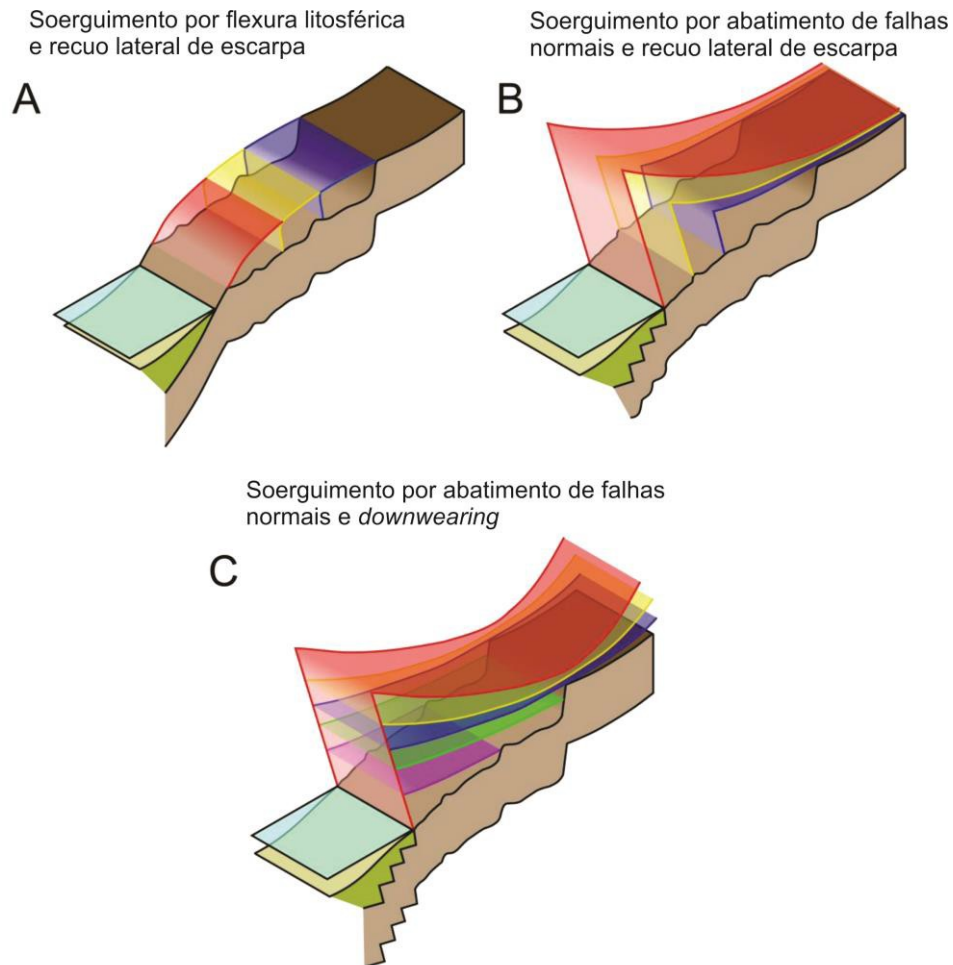


Figura 2 - Modelos conceituais de evolução de margem passiva: (A) downwarping, (B) recuo lateral de escarpa e (C) com divisor fixo de drenagem. As cores do vermelho ao roxo representam a seção denudada durante o tempo 1, 2, 3 e etc, respectivamente. Modificado de Gallagher et al. (1998), retirado de Wildman (2015).

Padrão similar de evolução é descrito para as margens das bacias de Benguela e Namibe (**figura 3**), porém, com variações na magnitude e localização dos eventos. Guiraud et al. (2010) registram evidências lito-estratigráficas de que os soerguimentos iniciados no Neocretáceo e no limite Oligocênio-Miocênio foram maiores na bacia interna de Benguela e menores na bacia interna do Kwanza e estariam relacionados ao padrão estrutural de cada segmento de margem, os quais responderiam diferentemente aos esforços tectônicos atuantes.

Bem como na margem do Kwanza, no embasamento da margem do Namibe dados de TFA apontam para resfriamentos iniciados nestes mesmos períodos (ROSANTE, 2013;

GREEN & MACHADO, 2015), sendo este último, evidenciado também por dados litoestratigráficos e geocronológicos da bacia *onshore* do Namibe que apontam para a ocorrência de soerguimentos quaternários que aumentam de intensidade em direção a bacia interna de Benguela (GIRESSÉ et al., 1984).

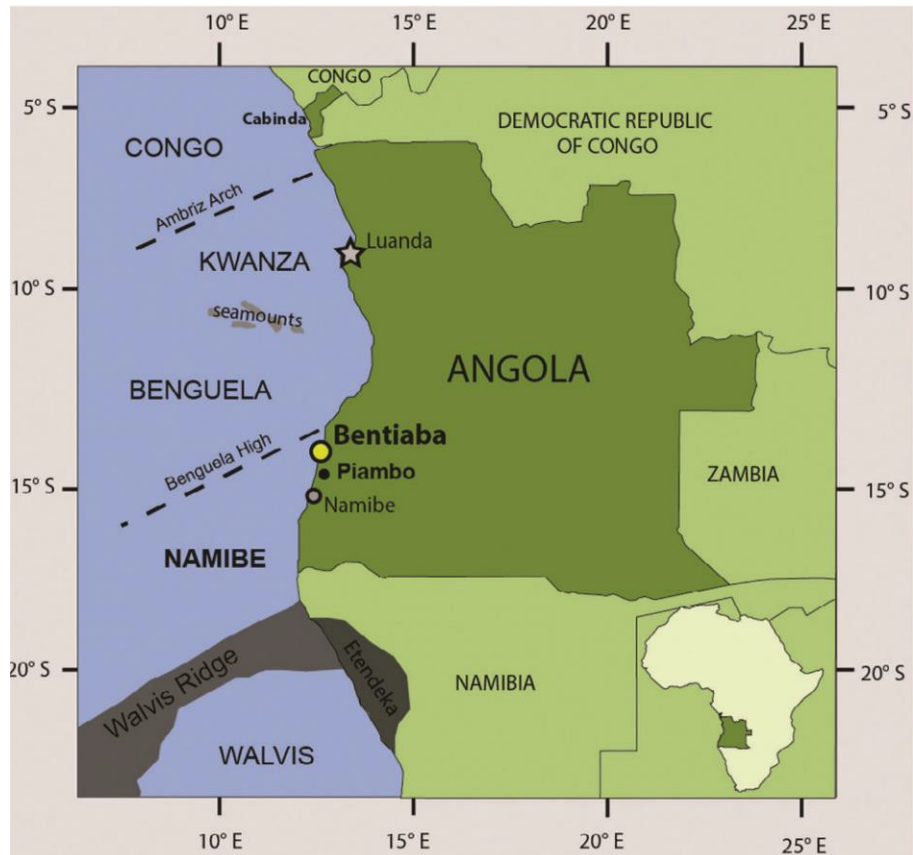


Figura 3- Localização das bacias offshore da margem angolana modificado de Comin-Chiaramonti et al. (2011), retirado de Strganac et al. (2014).

Os episódios de soerguimento da margem angolana coincidem também com o início da tectônica salina, ocasionada pela inclinação da margem e pelo aumento do peso da pilha sedimentar. O fluxo de sal para o oceano estaria relacionado à formação de estruturas e à deformações nas rochas subjacentes, interferindo na formação e localização dos depósitos de hidrocarbonetos (HUDEC & JACKSON, 2004; MACGREGOR, 2012; GREEN & MACHADO, 2015).

Todas estas evidências de uma evolução “policíclica” para a margem angolana ao mesmo tempo que colocam em cheque os modelos conceituais descritos, trazem consigo um conjunto de perguntas que ainda são tema de grandes discussões, dentre as quais: O Grande Escarpamento costeiro bem como o relevo da África meridional foi formado por eventos

tectônicos associados à fase rifte ou durante a fase pós-rifte? Quais seriam os mecanismos associados à sua formação e ao seu desenvolvimento? Qual destes fatores é mais importante: clima ou tectônica?

Para responder a estas perguntas, estão sendo amplamente utilizadas técnicas quantificadoras como a modelagem numérica de superfície (ex: TUCKER & SLINGERLAND, 1994; BEEK & BRAUN, 1999), a termocronologia de baixa temperatura (ex: PERSANO et al., 2002; KARL et al., 2013; FRANCO-MAGALHAES et al., 2010) e isótopos cosmogênicos (ex: BIERMAN, 1994; VAN DER WATEREN & DUNAI, 2001). Tais técnicas têm se mostrado eficazes na detecção e quantificação dos processos atuantes na modelagem do relevo tais como soerguimentos, subsidências e das taxas de denudação continental, além de auxiliarem na interpretação dos possíveis mecanismos associados.

7 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A combinação das sistemáticas traço de fissão e (U-Th)/He em apatitas se mostra uma estratégia muito útil a medida que fornece histórias térmicas mais detalhadas, por meio das quais é possível uma estimativa robusta das quantidades totais e das taxas de denudação. Por meio da modelagem combinada foi possível a detecção de eventos de resfriamento iniciados entre o Miocênio e Pliocênio, os quais não apareceram de forma nítida nas modelagens separadas.

O fato das idades aparentes HeA serem mais antigas em relação às respectivas idades TFA sugere que as amostras permaneceram um longo período na zona de *annealing*, na qual ocorre o encurtamento dos traços fósseis juntamente com a acumulação de danos radioativos, estes últimos responsáveis por uma maior retenção de ^4He . A acumulação anormal de ^4He das amostras também reflete a sua evolução térmica complexa, como é sugerido pela alternância entre períodos de resfriamento e aquecimento visto nas histórias térmicas.

Pelo aqui exposto, evidências geológicas e termocronológicas da margem do Namibe suportam uma evolução pós-rifte policíclica definida pelo seguinte modelo:

- 1) A fase pré-rifte é marcada pela sedimentação continental Karoo a qual também atinge a margem do Namibe, responsável pelo soterramento do embasamento em ~ 1.2 à 1.6 km.
- 2) Durante o evento do Jurássico-Eocretáceo devido aos processos iniciais de rifteamento ocorre o aumento da denudação continental acompanhado por sedimentação para a bacia do Namibe estimada em ~ 1.2 à 1.6 km. Devido a tendência de diminuição da denudação rumo ao interior durante o período, possivelmente é formado um relevo escarpado já na fase rifte, a qual termina com os derrames Etendeka e com o *break-up* continental.
- 3) Após o *break-up*, a margem sofre subsidência regional e inicia-se a fase pós-rifte. Esta subsidência provoca o soterramento da margem do Namibe por ~ 0.8 à 1.2 km de sedimentos, incluindo a deposição da Formação Salinas em condições marinhas e o soterramento da Formação Bambata no período.
- 4) Durante o evento do Neocretáceo ocorrem reativações tectônicas, soerguimentos e denudação estimada entre ~ 0.4 e 0.6 km, afetando tanto a costa quanto o interior. Na margem do Namibe ocorre erosão dos estratos da Formação Salinas, extrusão e erosão dos basaltos Ombe e a formação de superfície de aplainamento reconhecida no embasamento à leste da bacia.

- 5) Durante o Neocretáceo-Paleógeno inicia-se nova subsidência da margem do Namibe associada ao seu soterramento por sedimentos cenozóicos, os quais sobrepõem a superfície de aplainamento previamente formada em ~ 1.2 à 2 km. São depositados sedimentos marinhos das Formações Baba e Mocuio sobre os basaltos Ombe.
- 6) Entre o Oligocênio-Miocênio e o recente, devido a influência da *supersweel* africana combinada à condições climáticas mais úmidas, iniciam-se novos eventos de reativações, soerguimentos e denudação na margem do Namibe estimada entre ~ 1.6 à 2.2 km. A denudação têm sido maior na região costeira, menor na região do escarpamento e intermediária no interior, possivelmente devido ao posicionamento de um paleo divisor de drenagem próximo à região do escarpamento atual. O soerguimento regional aliado à erosão diferencial atuante nas regiões costeira e do escarpamento resultam no soerguimento da superfície de Chela, formando o relevo atual da margem do Namibe. Entre o Miocênio e Pliocênio, pelo menos na região costeira, a denudação continental torna-se mais forte e implica em altas taxas de sedimentação *offshore* na margem Namibe.

Este modelo evolutivo à princípio discorda dos modelos de *downwarping* e de recuo lateral de escarpa, no entanto, concorda parcialmente com o modelo do divisor de drenagem fixo quanto ao padrão de idades TFA esperados, sugerindo que este último pode explicar a denudação diferencial entre as regiões costeira e da escarpa e por isso, merece atenção futura. O fato da região da escarpa de Chela consistir atualmente em um divisor entre a bacia do rio Cunene e a bacia costeira reforça esta interpretação.

A denudação no âmbito regional parece refletir a relação entre tectônica e clima, com a primeira provavelmente controlando a denudação durante o evento do Neocretáceo e a segunda controlando a denudação durante o evento do Oligocênio-Miocênio entre os territórios de Angola e Namíbia. Acredita-se aqui que não foi dada grande relevância ao evento do Oligocênio-Miocênio na Namíbia por este não estar respaldado por grande sedimentação *offshore*, porém, histórias térmicas recentes em conjunto com indicadores geomorfológicos reforçam a existência do evento na região. A ideia de que a magnitude dos soerguimentos regionais estão relacionados aos diferentes ambientes geotectônicos se mostra viável, porém, são necessárias novas informações geológicas e termocronológicas regionais que corroborem ou não com esta interpretação.

Pelo que foi aqui exposto, o evento do Oligocênio-Miocênio é um fato e foi o principal responsável pela formação do relevo atual da margem do Namibe. Como os eventos do Jurássico-Eocretáceo, Neocretáceo e do Oligocênio-Miocênio são regionalmente documentados

ao longo da África meridional, estes serão atribuídos aqui, respectivamente, à tectônica rifte, à mudança de rotação entre as placas sulamericana e africana e ao soergimento dinâmico por ascensão da pluma africana.

Referências

- ABILIO, S.; INKOLLU, S. N. M. Namibe basin: geology and hydrocarbon potential, Angola. **AAPG Bull.** v. 73, n. CONF-890404-, 1989.
- ALMEIDA, J., DIOS, F., MOHRIAK, W. U., VALERIANO, C. D. M., HEILBRON, M., EIRADO, L. G., & TOMAZZOLI, E. Pre-rift tectonic scenario of the Eo-Cretaceous Gondwana break-up along SE Brazil–SW Africa: insights from tholeiitic mafic dyke swarms. **Geological Society**, London, Special Publications, 369(1), 11-40, 2013.
- ALVES, C.A.M.; MACEDO, J. R. Petrografia da região do Munhino (área de Caraculo, distrito de Moçamedes). 2. Rochas do complexo granítico. **Garcia Orta**, 13(2):259-266, 1965.
- ANDRADE, M. M. Rochas graníticas de Angola. Mem. Junta Miss. **Geog. Invest. Ultramar, Sér. Geol.** 4, 464p, 1954.
- ANKA, Z., SÉRANNE, M., LOPEZ, M., SCHECK-WENDEROTH, M., & SAVOYE, B. The long-term evolution of the Congo deep-sea fan: A basin-wide view of the interaction between a giant submarine fan and a mature passive margin (ZaiAngo project). **Tectonophysics**, 470(1), 42-56, 2009.
- ARAÚJO A. G., GUIMARÃES F., PEREVALOV O. V., VOINOVSKY A. S., TSELIKOVSKY A. F., AGUEEV Y. L., KHODIREV V. L. e KONDRÁTIEV A.I. Noticia explicativa da carta geologica de Angola à escala 1/1.000. 000. Instituto Geologica de Angola, Luanda, 42-56, 1992.
- ASLANIAN, D., MOULIN, M., OLIVET, J. L., UNTERNEHR, P., MATIAS, L., BACHE, F. & LABAILS, C. Brazilian and African passive margins of the Central Segment of the South Atlantic Ocean: Kinematic constraints. **Tectonophysics**, 468(1), 98-112, 2009.
- BABONNEAU, N.; SAVOYE, B.; CREMER, M.; BEZ, M. Sedimentary architecture in meanders of a submarine channel: detailed study of the present Congo turbidite channel (Zaiango project). **Journal of Sedimentary Research**, 80(10), 852-866, 2010.
- BARBARAND, J.; HURFORD, T.; CARTER, A. Variation in apatite fission-track length measurement: implications for thermal history modelling. **Chemical Geology**, v. 198, p. 77-106, 2003.
- BATE, R. H., CAMERON, N. R. & BRANDÃO M. The Lower Cretaceous (pre-salt) lithostratigraphy of the Kwanza Basin, Angola. **Newsletters on Stratigraphy**, v. 38, p. 117–127, 2001.
- BAUDOY, S. & LEGORJUS, C. Sendji field—People’s Republic of Congo, Congo Basin, in FOSTER, N. H.; BEAUMONT, E. A., eds., Treatise of petroleum geology, Atlas of oil and gas fields—Structural traps V: Tulsa, Okla., **American Association of Petroleum Geologists**, p. 121–149, 1991.

BAXE, O. S. S. Geocronologia de complexos máfico-ultramáficos: exemplo da série superior do complexo de Niquelândia, Brasil, e do complexo Kunene, Angola, 2007.

BEEK, P.; BRAUN, J. Controls on post-mid-Cretaceous landscape evolution in the southeastern highlands of Australia: Insights from numerical surface process models. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 104, n. B3, p. 4945-4966, 1999.

BEERNAERT, F. Development of a soil and terrain map/database for Angola. Institute for Land and Water Management Catholic University of Leuven (Belgium), 1997.

B EGLINGER, S. E., DOUST, H., & CLOETINGH, S. Relating petroleum system and play development to basin evolution: West African South Atlantic basins. **Marine and Petroleum Geology**, 30(1), 1-25, 2012.

BEHRMANN, J. H.; SHULGIN, A.; PROKOPH, A. High resolution bathymetric survey on the NW slope of Walvis Ridge, offshore Namibia. **Ber. Naturf. Ges. Freiburg. Br.**, 101, S. 97 - 110, Freiburg, 2011 a.

BEHRMANN, J. H.; PLANERT, L.; JOKAT, W. Tectonic evolution of Walvis Ridge, offshore Namibia: evidence from reflection seismic and high-resolution bathymetric data, 2011 b.

BIERMAN, P. R. Using in situ produced cosmogenic isotopes to estimate rates of landscape evolution: A review from the geomorphic perspective. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 99, n. B7, p. 13885-13896, 1994.

BIERMAN, P. R., & CAFFEE, M. Slow rates of rock surface erosion and sediment production across the Namib Desert and escarpment, southern Africa. **American Journal of Science**, 301(4-5), 326-358, 2001.

BLAICH, O. A.; FALEIDE, J. I. & TSIKALAS, F. Crustal breakup and continent-ocean transition at South Atlantic conjugate margins. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth** (1978–2012), v. 116, n. B1, 2011.

BONDO, H. F. F. *Litoestratigrafia e Modelo Sedimentar da Bacia do Cuanza (NW de Angola)*. Dissertação de Mestrado em Geologia, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2014.

BONIFACE, N.; SCHENK, V.; APPEL, P. Mesoproterozoic high-grade metamorphism in pelitic rocks of the northwestern Ubendian Belt: implication for the extension of the Kibaran intra-continental basins to Tanzania. **Precambrian Research**, v. 249, p. 215-228, 2014.

BOTT, M. H. P. Mechanisms of subsidence at passive continental margins. **Dynamics of Plate Interiors**, v. 1, p. 27, 1980.

BRACCINI, E., DENISON, C. N., SCHEEVEL, J. R., JERONIMO, P., ORSOLINI, P. & BARLETTA, V. A revised chronostratigraphic framework for the pre-salt (lower Cretaceous) in Cabinda, Angola. **Bulletin du Centre de Recherches Elf Exploration Production**, 21, 125–151, 1997.

BRAUN, J. Quantifying the effect of recent relief changes on age–elevation relationships. **Earth and Planetary Science Letters**, 200(3), 331-343, 2002.

BRAUN, J. Quantitative constraints on the rate of landform evolution derived from low-temperature thermochronology. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, 58(1), 351-374, 2005.

BRICE, S. E., COCHRAN, M. D., PARDO, G., & EDWARDS, A. D. Tectonics and sedimentation of the South Atlantic rift sequence: Cabinda, Angola. *Studies in continental margin geology*: **AAPG Memoir**, 34, 5-18, 1982.

BRITO M., FIGUEIREDO C. & INKOLLU M. Namibe Basin: Deepwater Exploration Potential. **AAPG Datapage Search and Discovery** < [http://www. searchanddiscovery. com/documents/abstracts/2004regional_west_africa/abstracts/ brito.htm](http://www.searchanddiscovery.com/documents/abstracts/2004regional_west_africa/abstracts/brito.htm)> 2005.

BROGNON, G. G., VERRIER, G.R. Oil and geology in Cuanza basin of Angola. **A.A.P.G. Bull.** 50, 108–158, 1966.

BROWN, R.W., RUST, D.J., SUMMERFIELD, M.A., GLEADOW, A.J.W., & DE WIT, M.C.J. An accelerated phase of denudation on the south-western margin of Africa: Evidence from apatite fission track analysis and the offshore sedimentary record. **Nuclear Tracks and Radiation Measurements**, v. 17, p. 339–350, 1990.

BROWN, R. W.; SUMMERFIELD, M. A.; GLEADOW, A. J. W. Denudational history along a transect across the Drakensberg Escarpment of southern Africa derived from apatite fission track thermochronology. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth** (1978–2012), v. 107, n. B12, p. ETG 10-1-ETG 10-18, 2002.

BROWNFIELD, M.E. & CHARPENTIER, R.R. In *Geology and Total Petroleum Systems of the West-Central Coastal Province (7203), West Africa*. **U.S. Geological Survey Bulletin** 2207-B U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 2006.

BURKE, K. The African plate. **South African Journal of Geology** , 99, 341–409, 1996.

BURKE, K.; GUNNELL, Y. The African erosion surface: A continental-scale synthesis of Geomorphology, tectonics, and environmental change over the past 180 million years. **The Geological Society of America**, *Memoir*, 201, Boulder, Colorado, USA, 65p, 2008.

BURTNER R.L., NIGRINI A., DONELICK R.A. Thermochronology of Lower Cretaceous Source Rocks in the Idaho-Wyoming Thrust Belt. **AAPG Bulletin**. 78(10):1613-1636, 1994.

CHEAN, L., SNELLING, N. J., DELHAL, J., & VAIL, J. R. The Geochronology and Evolution of Africa. **Clarendon Press**, Oxford, England, UK, 512p, 1984.

CAMPANILE D, BROWN R, STUART F, WIDDOWSON M, BISHOP P. The Post Break-Up of The Western Indian High Elevation Passive Margin. Abstracts From **European Conference On Thermochronology**, Bremen, Germany, July 30-August 04, 2006. P 18.

- CARLSON, W. D., DONELICK, R. A., & KETCHAM, R. A. Variability of apatite fission-track annealing kinetics: I. Experimental results. **American mineralogist**, 84(9), 1213-1223, 1999.
- CARVALHO, H. Notícia explicativa da carta geológica de Angola à escala 1:100.000 da folha 376 (Macota). Luanda, 53p, 1971.
- CARVALHO, H. Estratigrafia do Pré-cambriço de Angola, Sep. Garcia da Horta, **Sér. Geol. Lisboa**, 7(1-2), pp, 1984.
- CARVALHO, H.; ALVES, P. Gabbro-anorthosite complex of SW Angola/NW Namibia. Inst. Inv. Científica Tropical, Série de Ciências da Terra, **Comunicações**, v. 2, p. 1-66, 1990.
- CARVALHO, H.; TASSINARI, C. C. Idades do magmatismo granítico da região de Caraculo-Bibala (SW de Angola) e suas implicações na correlação geológica com o Cinturão Ribeira no Sudeste do Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, 22(2), 73-81, 1992.
- CARVALHO, H., TASSINARI, C., ALVES, P. H., GUIMARÃES, F., & SIMÕES, M. C. Geochronological review of the Precambrian in western Angola: links with Brazil. **Journal of African Earth Sciences**, 31(2), 383-402, 2000.
- CASTRO, G. M. A. *Halocinese e tectônica de rafts na bacia emersa de Benguela (Angola): Dados de campo, modelagem física e restauração estrutural*. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 191 f, 2014.
- CATUNEANU, O.; WOPFNER, H.; ERIKSSON, P. G.; CAIRNCROSS, B.; RUBIDGE, B. S.; SMITH, R. M. H. & HANCOX, P. J. The Karoo basins of south-central Africa. **Journal of African Earth Sciences**, 43(1), 211-253, 2005.
- CHAMBEL, L; CAETANO, L e CORREIA, A. 2014.
in: <https://xmbf.files.wordpress.com/2014/06/angola-provinces-en-v1-1-100dpi.pdf>
- CLIFFORD, T. N. Tectono-metallogenic units and metallogenic provinces of Africa. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 1, n. 6, p. 421-434, 1966.
- COCKBURN, H. A. P., BROWN, R. W., SUMMERFIELD, M. A., & SEIDL, M. A. Quantifying passive margin denudation and landscape development using a combined fission-track thermochronology and cosmogenic isotope analysis approach. **Earth and Planetary Science Letters**, 179(3), 429-435, 2000.
- COMIN-CHIARAMONTI, P., DE MIN, A., GIRARDI, V. A. V., & RUBERTI, E. Post-Paleozoic magmatism in Angola and Namibia: a review. **Geological Society of America**, Special Papers, 478, 223-247, 2011.
- CORREIA, H. O grupo Chela ea formação Leba como novas unidades litoestratigráficas resultantes da redefinição da "Formação da Chela" na região do planalto da Humpata (Sudoeste de Angola). **Bol. Soc. Geol. Portugal**, vol. 20, pp 65 – 130, 1976.

CROWHURST, P. V., GREEN, P. F., & KAMP, P. J. J. Appraisal of (U-Th)/He apatite thermochronology as a thermal history tool for hydrocarbon exploration: An example from the Taranaki Basin, New Zealand. **AAPG bulletin**, 86(10), 2002.

DA COSTA J. L., SCHIRMER T. W. & B. R. LAWS. Lower Congo Basin, Deepwater Exploration Province, Offshore West Africa. Second Wallace E. **Pratt memorial Conference “Petroleum Provinces of the 21st Century”** San Diego, California. January 12-15, 2000.

DA COSTA, J.L., SCHIRMER, T.W., & LAWS, B.R. Lower Congo Basin, deep-water exploration province, offshore west Africa. **American Association of Petroleum Geologists Memoir** 74, p. 517–530, 2001.

DAUTEUIL, O.; BOUFFETTE, J.; TOTEU, F. The changing faces of Africa: elements of African geology. **Commission for the Geological Map of the World**. 48 p, 2009.

DELHAL, J.; PASTEELS, P.; LEDENT, D. L'age du complexe granitique et migmatitique de Dibaya (Région du Kasai, Zaire) par les méthodes Rb-Sr et U-Pb. **Annales de la Société géologique de Belgique**, 1975.

DELOR, C., LAFON, J. M., ROSSI, P., CAGE, M., PATO, D., CHEVREL, S. & SERGEEV, S. Unravelling Precambrian crustal growth of central west Angola: Neoarchean to Siderian inheritance, main Orosirian accretion and discovery of the “Angolan” Pan African Belt. In Abstract of the **21st Colloquium of African Geology**, Maputo, Mozambique (pp. 3-5), 2006.

DE PINA, A. C. M. *Termocronologia por traços de fissão em apatita da borda sul da bacia do Amazonas, na região de Itaituba (PA)*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará, 2010.

DE WAELE, B.; JOHNSON, S. P.; PISAREVSKY, S. A. Paleoproterozoic to Neoproterozoic growth and evolution of the eastern Congo Cráton: its role in the Rodinia puzzle. **Precambrian Research**, v. 160, n. 1, p. 127-141, 2008.

DINIS, P. A., CALLAPEZ, P. M., DINIS, J. L., ALBERTO, A. Um delta de Gilbert no Campaniano (?) do Namibe (Angola). Dados preliminares sobre afloramentos excepcionais. **VIII CNG**, 21, 2010.

DODSON, M. H. Closure temperature in cooling geochronological and petrological systems. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, 40(3), 259-274, 1973.

DONELICK, R. A. Crystallographic orientation dependence of mean etchable fission track length in apatite: An empirical model and experimental observations. **American Mineralogist**; (United States), 76, 1991.

DONELICK, R. A., KETCHAM, R. A., & CARLSON, W. D. Variability of apatite fission-track annealing kinetics: II. Crystallographic orientation effects. **American Mineralogist**, 84(9), 1224-1234, 1999.

DONELICK, R. A.; O’SULLIVAN, P. B.; KETCHAM, R. A. Apatite fission-track analysis. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, v. 58, n. 1, p. 49-94, 2005.

DORANTI-TIRITAN, Carolina. *Evolução geomórfica e modelagem termocinématica 3D da região do planalto de Poços de Caldas (SP/MG)*. 2013. 160 f. Tese - (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/110582>>.

DORANTI-TIRITAN, C., HACKSPACHER, P. C., RIBEIRO, M. C. S., GLASMACHER, U. A., & DE SOUZA, D. H. Evolução do relevo da região do planalto de poços de caldas (SP/MG) baseado em dados de termocronologia de baixa temperatura e modelagem termocinématica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 15(2), 2014.

DUMITRU, T. et al. Fission track thermochronology and its tectonic applications [2015]. Disponível em:<https://earthsci.stanford.edu/research/groups/structure/research.php?rg_id=33&rgp_id=63>. Acesso em: 01 de agosto de 2015.

DUNKL, I. Trackkey: a Windows program for calculation and graphical presentation of fission track data. **Computers & Geosciences**, v. 28, p. 3-12, 2002.

EMERY, K. O. & UCHUPI, E. The geology of the Atlantic Ocean. Springer Science & Business Media, 2012.

FALVEY, D. A., & MUTTER, J. C. Regional plate tectonics and the evolution of Australia's passive continental margins. **BMR J. Aust. Geol. Geophys**, 6, 1-29, 1981.

FARLEY, K. A. Helium diffusion from apatite: General behavior as illustrated by Durango fluorapatite. **Journal of Geophysical Research B**, 105(B2), 2903-2914, 2002.

FARLEY, K. A. (U-Th)/He dating: Techniques, calibrations, and applications. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, 47(1), 819-844, 2002.

FARLEY, K. A., WOLF, R. A., & SILVER, L. T. The effects of long alpha-stopping distances on (U-Th)/He ages. **Geochimica et cosmochimica acta**, 60(21), 4223-4229, 1996.

FLEISCHER, R. L., PRICE, P. B., & WALKER, R. M. Ion explosion spike mechanism for formation of charged-particle tracks in solids. **Journal of applied Physics**, 36(11), 3645-3652, 1965.

FLEMING, A., SUMMERFIELD, M. A., STONE, J. O., FIFIELD, L. K., & CRESSWELL, R. G. Denudation rates for the southern Drakensberg escarpment, SE Africa, derived from in-situ-produced cosmogenic ³⁶C1: initial results. **Journal of the Geological Society**, 156(2), 209-212, 1999.

FLOWERS, R. M., & KELLEY, S. A. Interpreting data dispersion and “inverted” dates in apatite (U–Th)/He and fission-track datasets: an example from the US midcontinent. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 75(18), 5169-5186, 2011.

FLOWERS, R. M., KETCHAM, R. A., SHUSTER, D. L., & FARLEY, K. A. Apatite (U–Th)/He thermochronometry using a radiation damage accumulation and annealing model. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 73(8), 2347-2365, 2009.

FLOWERS, R. M., & SCHOENE, B. (U-Th)/He thermochronometry constraints on unroofing of the eastern Kaapvaal craton and significance for uplift of the southern African Plateau. **Geology**, 38(9), 827-830, 2010.

FOSTER, D. A., GOSCOMBE, B. D., & GRAY, D. R. Rapid exhumation of deep crust in an obliquely convergent orogen: the Kaoko Belt of the Damara Orogen. **Tectonics**, 28(4), 2009.

FRANCO-MAGALHAES, A. O., HACKSPACHER, P. C., GLASMACHER, U. A., & SAAD, A. R. Rift to post-rift evolution of a “passive” continental margin: the Ponta Grossa Arch, SE Brazil. **International journal of earth sciences**, 99(7), 1599-1613, 2010.

FROMM, T. *The crustal structure of the eastern Walvis Ridge: a classical hotspot example?* (Doctoral dissertation, Bremen, Universität Bremen, Diss., 2015).

GALBRAITH, R. F. The radial plot: graphical assessment of spread in ages. **International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part D. Nuclear Tracks and Radiation Measurements**, v. 17, n. 3, p. 207-214, 1990.

GALBRAITH, R. F.; LASLETT, G. M. Statistical models for mixed fission track ages. **Nuclear tracks and radiation measurements**, v. 21, n. 4, p. 459-470, 1993.

GALLAGHER K. Evolving temperature histories from apatite fission-track data. **Earth Planet. Sci. Lett.** 136:421–35, 1995.

GALLAGHER, K., & BROWN, R. The onshore record of passive margin evolution. **Journal of the Geological Society**, 154(3), 451-457, 1997.

GALLAGHER K., BROWN R. & JOHNSON C. Fission track analysis and its applications to geological problems. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, 26(1), 519-572, 1998.

GALLAGHER, K., & BROWN, R. The Mesozoic denudation history of the Atlantic margins of southern Africa and southeast Brazil and the relationship to offshore sedimentation. **Geological Society**, London, Special Publications, 153(1), 41-53, 1999.

GILCHRIST, A. R., KOOI, H., & BEAUMONT, C. Post-Gondwana geomorphic evolution of southwestern Africa: Implications for the controls on landscape development from observations and numerical experiments. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth** (1978–2012), 99(B6), 12211-12228, 1994.

GINDRE-CHANU, L.; WARREN, J. K.; PUIGDEFABREGAS, C.; SHARP, I. R.; PEACOCK, D. C.; SWART, R., ... & HENRIQUE, L. Diagenetic evolution of Aptian evaporites in the Namibe Basin (south-west Angola). **Sedimentology**, 62(1), 204-233, 2015.

GIRESSE, P.; HOANG, C.; KOUYOU MONTZAKIS, G. Analysis of vertical movements deduced from a geochronological study of marine Pleistocene deposits, southern coast of Angola. **Journal of African Earth Sciences**, v. 2, n. 2, p. 177-187, 1984.

GLEADOW, A. J. W., DUDDY, I. R., & LOVERING, J. F. Fission track analysis: a new tool for the evaluation of thermal histories and hydrocarbon potential. **Australian Petroleum Exploration Association Journal**, 23, 93-102, 1983.

GLEADOW, A. J., BELTON, D. X., KOHN, B. P., & BROWN, R. W. Fission track dating of phosphate minerals and the thermochronology of apatite. **Reviews in mineralogy and geochemistry**, 48(1), 579-630, 2002.

GLEADOW, A. J. W. Fission-track dating methods: what are the real alternatives?. **Nuclear Tracks**, v. 5, n. 1, p. 3-14, 1981.

GLEADOW, A. J. W., & FITZGERALD, P. G. Uplift history and structure of the Transantarctic Mountains: new evidence from fission track dating of basement apatites in the Dry Valleys area, southern Victoria Land. **Earth and Planetary Science Letters**, 82(1), 1-14, 1987.

GORE, J., JAMES, D. E., ZENGENI, T. G., & GWAVAVA, O. Crustal structure of the Zimbabwe craton and the Limpopo belt of Southern Africa: new constraints from seismic data and implications for its evolution. **South African Journal of Geology**, 112(3-4), 213-228, 2009.

GOSCOMBE, B.; GRAY, D.; HAND, M. Variation in metamorphic style along the northern margin of the Damara Orogen, Namibia. **Journal of Petrology**, v. 45, n. 6, p. 1261-1295, 2004.

GOSCOMBE, B., GRAY, D., ARMSTRONG, R., FOSTER, D. A., & VOGL, J. Event geochronology of the Pan-African Kaoko Belt, Namibia. **Precambrian Research**, 140(3), 103-e1, 2005.

GRADSTEIN, F.M., OGG, J.G. Geological time scale 2004 – why, how, and where next! **Lethaia** 37, 175–181, 2004.

GREEN, P. F. A new look at statistics in fission-track dating. **Nuclear tracks**, 5(1-2), 77-86, 1981.

GREEN, P. F. The relationship between track shortening and fission track age reduction in apatite: combined influences of inherent instability, annealing anisotropy, length bias and system calibration. **Earth and Planetary Science Letters**, 89(3-4), 335-352, 1988.

GREEN, P. F., DUDDY, I. R., GLEADOW, A. J. W., TINGATE, P. R., & LASLETT, G. M. Thermal annealing of fission tracks in apatite: 1. A qualitative description. **Chemical Geology**, Isotope Geoscience section, 59, 237-253, 1986.

GREEN, P. F., DUDDY, I. R., LASLETT, G. M., HEGARTY, K. A., GLEADOW, A. W., & LOVERING, J. F. Thermal annealing of fission tracks in apatite 4. Quantitative modelling techniques and extension to geological timescales. **Chemical Geology: Isotope Geoscience Section**, v. 79, n. 2, p. 155-182, 1989.

GREEN, P. F., SWART, R., JACOB, J., WARD, J., & BLUCK, B. Thermochronology and landscape development in Southern Africa. In **PESGB/HGS Africa Meeting** (London), extended abstract, 2009.

GREEN, P. F., DUDDY, I. R., JAPSEN, P., BONOW, J. M., & MALAN, J. A. Post-breakup burial and exhumation of the southern margin of Africa. **Basin Research**, 1–32, 2015, doi: 10.1111/bre.12167.

GREEN, P. F., & MACHADO, V. Pre-rift and synrift exhumation, post-rift subsidence and exhumation of the onshore Namibe Margin of Angola revealed from apatite fission track analysis. **Geological Society**, London, Special Publications, 438, SP438-2, 2015.

GRÖGER, H. R., MACHADO, V., & DI PINTO, G. Uplift, exhumation and erosion along the Angolan continental margin: an integrated approach. In **EGU General Assembly Conference Abstracts** (Vol. 15, p. 8711), 2013.

GUILLOCHEAU, F., DAUTEUIL, O., BABY, G., PICKFORD, M., & SENUT, B. Timing of the Southern African Plateau uplift: a couple landforms- margin study of Southern Namibia. In **EGU General Assembly Conference Abstracts** (Vol. 16, p. 10728), 2014.

GUIRAUD, R., & BOSWORTH, W. Senonian basin inversion and rejuvenation of rifting in Africa and Arabia: Synthesis and application to plate-scale tectonics. **Tectonophysics**, v. 282, p. 39–82, 1997, doi: 10.1016/S0040-1951(97)00212-6

GUIRAUD, M., BUTA-NETO, A. & QUESNE, D. Segmentation and differential post rift uplift at the Angola margin as recorded by the transform rifted Benguela and oblique to orthogonal rifted Kwanza basins. **Marine and Petroleum Geology**, 27, 1040–1068, 2010.

HACKSPACHER, P. C., GODOY, D. F. D., FRANCO, A. O. B., RIBEIRO, L. F. B., & HADLER NETO, J. C. Thermal modeling and geomorphology of the south border of the Sao Francisco Craton: thermochronology by fission tracks in apatites, 2007.

HARRISON, T. M., & ZEITLER, P. K. Fundamentals of noble gas thermochronometry. **Reviews in mineralogy and geochemistry**, 58(1), 123-149, 2005.

HEILBRON, M., VALERIANO, C. M., TASSINARI, C. C. G., ALMEIDA, J., TUPINAMBÁ, M., SIGA, O., & TROUW, R. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. **Geological Society**, London, Special Publications, 294(1), 211-237, 2008.

HIRUMA, S. T., RICCOMINI, C., MODENESI-GAUTTIERI, M. C., HACKSPACHER, P. C., NETO, J. C. H., & FRANCO-MAGALHAES, A. O. Denudation history of the Bocaina Plateau, Serra do Mar, southeastern Brazil: Relationships to Gondwana breakup and passive margin development. **Gondwana Research**, 18(4), 674-687, 2010.

HOUSE, M. A., WERNICKE, B. P., & FARLEY, K. A. Dating topography of the Sierra Nevada, California, using apatite (U–Th)/He ages. **Nature**, 396(6706), 66-69, 1998.

HUDEEC, M. R., & JACKSON, M. P. Structural segmentation, inversion, and salt tectonics on a passive margin: Evolution of the Inner Kwanza Basin, Angola. **Geological Society of America Bulletin**, 114(10), 1222-1244, 2002.

HUDEEC, M. R., & JACKSON, M. P. Regional restoration across the Kwanza Basin, Angola: Salt tectonics triggered by repeated uplift of a metastable passive margin. **AAPG bulletin**, 88(7), 971-990, 2004.

HURFORD, Anthony J.; GREEN, Paul F. The zeta age calibration of fission-track dating. **Chemical Geology**, v. 41, p. 285-317, 1983.

JACKSON, M. P. A., HUDEEC, M. R., & HEGARTY, K. A. The great West African Tertiary coastal uplift: Fact or fiction? A perspective from the Angolan divergent margin. **Tectonics**, 24(6), 2005.

JUNG, S. & MEZGER, K. Geochronology in migmatites—a Sm–Nd, U–Pb and Rb–Sr study from the Proterozoic Damara belt (Namibia): implications for polyphase development of migmatites in high-grade terranes. **Journal of Metamorphic Geology**, v. 19, n. 1, p. 77-97, 2001.

KARL, M., GLASMACHER, U. A., KOLLENZ, S., FRANCO-MAGALHAES, A. O., STOCKLI, D. F., & HACKSPACHER, P. C. Evolution of the South Atlantic passive continental margin in southern Brazil derived from zircon and apatite (U–Th–Sm)/He and fission-track data. **Tectonophysics**, 604, 224-244, 2013.

KEMPF, J. Morphotectonics and denudation in the landform history of the Namibian Great Escarpment landscapes. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 54, n. 3, p. 347-375, 2010.

KETCHAM R.A., DONELICK R.A., CARLSON W.D. Variability of apatite fission-track annealing kinetics: III. Extrapolation to geological time scales. **Am Mineral** 84:1235-1255, 1999.

KETCHAM, R. A. Observations on the relationship between crystallographic orientation and biasing in apatite fission-track measurements. **American Mineralogist**, v. 88, n. 5-6, p. 817-829, 2003.

KETCHAM, R. A. Forward and inverse modeling of low-temperature thermochronometry data. **Reviews in mineralogy and geochemistry**, 58(1), 275-314, 2005.

KETCHAM, R. A. HeFTy Version 1.8.0 User Manual. Department of Geological Sciences, The University of Texas Austin. p 3-10, 2013.

KETCHAM, R. A., CARTER, A., DONELICK, R. A., BARBARAND, J., & HURFORD, A. J. Improved modeling of fission-track annealing in apatite. **American Mineralogist**, 92(5-6), 799-810, 2007.

KETCHAM, R. A., GAUTHERON, C., & TASSAN-GOT, L. Accounting for long alpha-particle stopping distances in (U–Th–Sm)/He geochronology: Refinement of the baseline case. **Geochimica et Cosmochimica acta**, 75(24), 7779-7791, 2011.

KETCHAM, R. A., DONELICK, R. A., BALESTRIERI, M. L., & ZATTIN, M. Reproducibility of apatite fission-track length data and thermal history reconstruction. **Earth and Planetary Science Letters**, 284(3), 504-515, 2009.

KEY, R. M., LIYUNGU, A. K., NJAMU, F. M., SOMWE, V., BANDA, J., MOSLEY, P. N., & ARMSTRONG, R. A. The western arm of the Lufilian Arc in NW Zambia and its potential for copper mineralization. **Journal of African Earth Sciences**, 33(3), 503-528, 2001.

KING, L. C. A geomorphological comparison between Eastern Brazil and Africa (Central and Southern). **Quarterly Journal of the Geological Society**, 112(1-4), 445-474, 1956.

KING, L.C. The morphology of the earth: study and synthesis of world scenery: London, **Oliver and Boyd**, 699 p, 1962.

KOCH, C & COOLE, P. Regional Prospectivity of Offshore Namibia and the Angolan Namibe Basin. **AAPG Datapages Search and Discovery**, Article #90194 ©, International Conference & Exhibition, Istanbul, Turkey, September 14-17, 2014.

KOOI, H., & BEAUMONT, C. Escarpment evolution on high-elevation rifted margins: Insights derived from a surface processes model that combines diffusion, advection, and reaction. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth** (1978–2012), 99(B6), 12191-12209, 1994.

KORPERSHOEK, H. R. Carta Geológica de Angola na escala 1/100.000. Notícia Explicativa da Folha 73 (Nambuangongo), **Serv. Geol. Min. Angola**, Luanda, 33 pp, 1974.

KOUNOV, A., NIEDERMANN, S., DE WIT, M. J., VIOLA, G., ANDREOLI, M., & ERZINGER, J. Present denudation rates at selected sections of the South African escarpment and the elevated continental interior based on cosmogenic ³He and ²¹Ne. **South African Journal of Geology**, 110(2-3), 235-248, 2007.

KOUNOV, A., VIOLA, G., DE WIT, M., & ANDREOLI, M. A. G. Denudation along the Atlantic passive margin: new insights from apatite fission-track analysis on the western coast of South Africa. **Geological Society**, London, Special Publications, 324(1), 287-306, 2009.

KROENER, A. Rb-Sr geochronology and tectonic evolution of the Pan-African Damara belt of Namibia, southwestern Africa. **Am. J. Science**, v. 282, p. 1471-1507, 1982.

LAVIER L. L. STECKLER M. S.; BRIGAUD F. Climatic and tectonic control on the Cenozoic evolution of the West African margin. **Marine Geology**, n. 178, p. 63–80, 2001.

LI, J. W., VASCONCELOS, P., ZHANG, W., DENG, X. D., DUZGOREN-AYDIN, N., YAN, D. R., ... & HU, M. A. Timing and duration of supergene mineralization at the Xinrong manganese deposit, western Guangdong Province, South China: cryptomelane ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating. **Mineralium Deposita**, 42(4), 361-383, 2007.

LITHGOW-BERTELLONI, C., & SILVER, P. G. Dynamic topography, plate driving forces and the African superswell. **Nature**, 395(6699), 269-272, 1998.

LIPPOLT, H. J.; BAHR, R.; BOSCHMANN KATHLER, W. Untersuchungen zur Diffusion von Helium aus EtzminerHeAn. **Fortschr. Mineral.** 60, Bh. 1, 129- 131, 1982.

LIPPOLT, H. J., LEITZ, M., WERNICKE, R. S., & HAGEDORN, B. (Uranium+thorium)/helium dating of apatite: experience with samples from different geochemical environments. **Chemical Geology**, 112(1), 179-191, 1994.

LUFT, F.F. *Evolução termo-tectônica da porção NW da Namíbia e implicações na Bacia de Walvis*. Monografia em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 105p, 2004.

LUFT, F. F; LUFT JÚNIOR, J. L; CHEMALE JÚNIOR, F; LELARGE, M. L. M. V; ÁVILA, J. N. Post Gondwana Break-Up Records: Constraints from Apatite Fission Track Thermochronology in the NW Namibia. **Radiation Measurements**, São Francisco, 2005.

LUNDE, G., AUBERT, K., LAURITZEN, O., LORANGE, E. Tertiary uplift of the Kwanza basin in Angola. In: Curnelle, R. (Ed.), *Geologie Africaine, Colloques de Geologie de Libreville 6–8*. **Bull. Cent. Rech. Explor. Product. Elf Aquitaine, Mé**m. 13, pp. 99–117, 1992.

LUNDIN, E. R. Thin-skinned extensional tectonics on a salt detachment, northern Kwanza Basin, Angola. **Marine and Petroleum Geology**, v. 9, n. 4, p. 405-411, 1992.

MACGREGOR, D. Understanding African and Brazilian margin climate, topography and drainage systems, implications for predicting deepwater reservoirs and source rock burial history. **AAPG Search and Discovery Article** , v. 10270, 2010.

MACGREGOR, D. Late Cretaceous-Cenozoic sediment and turbidite reservoir supply to South Atlantic margins. **Geological Society**, London, Special Publications v.369, first published March 19, 2012.

MARQUES, M. M. Esboço das grandes unidades geomorfológicas de Angola (2ª aproximação), Inst. Inv. Cient. Tropical, Garcia de Orta, **Sér. Geol.** , Lisboa, 2(1), pp.41 -43, 1977.

MARTIN, H. A geodynamic model for the evolution of the continental margin of southeastern Africa. Em: F.F.M de Almeida (editor), *Continental Margins of Atlantic Type*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 48 (suplemento), 275-286, 1976.

MARTIN, H.; PORADA, H. The intracratonic branch of the Damara Orogen in South West Africa I. Discussion of geodynamic models. **Precambrian Research**, v. 5, n. 4, p. 311-338, 1977.

MARTON L. G.; TARI G.C.; LEHMAN C.T. Evolution of the Angolan passive margin, West Africa, with emphasis on post-salt structural styles. *Atlantic Rifts and Continental Margins*. Washington: **Amer. Geophy. Union**. p. 139 – 149, 2000.

MARZOLI, A., RENNE, P.R., PICCIRILLO, E.M., ERNESTO, M., BELLINI, G., AND DE MIN, A. Extensive 200 million- year-old continental flood basalts of the central Atlantic magmatic province. **Science**, v. 284, p. 616–618, 1999, doi: 10.1126/science.284.5414.616.

MASLANYJ, M. P., LIGHT, M. P. R., GREENWOOD, R. J., & BANKS, N. L. Extension tectonics offshore Namibia and evidence for passive rifting in the South Atlantic. **Marine and Petroleum Geology**, 9(6), 590-601, 1992.

MATMON, A.; BIERMAN, P.; ENZEL, Y. Pattern and tempo of great escarpment erosion. **Geology**, v. 30, n. 12, p. 1135-1138, 2002.

MAYER, A., HOFMANN, A. W., SINIGOI, S., & MORAIS, E. Mesoproterozoic Sm–Nd and U–Pb ages for the Kunene anorthosite complex of SW Angola. **Precambrian Research**, 133(3), 187-206, 2004.

MAYSTRENKO, Y. P., SCHECK-WENDEROTH, M., HARTWIG, A., ANKA, Z., WATTS, A. B., HIRSCH, K. K., & FISHWICK, S. Structural features of the Southwest African continental margin according to results of lithosphere-scale 3D gravity and thermal modelling. **Tectonophysics**, 604, 104-121, 2013.

MCCOURT, S., ARMSTRONG, R. A., JELSMA, H., & MAPEO, R. B. M. New U–Pb SHRIMP ages from the Lubango region, SW Angola: insights into the Palaeoproterozoic evolution of the Angolan Shield, southern Congo Cráton, Africa. **Journal of the Geological Society**, 170(2), 353-363, 2013.

MCHARGUE, T.R. Stratigraphic development of proto South Atlantic rifting in Cabinda, Angola—A petroliferous lake basin, in KATZ, B.J., ed., Lacustrine basin exploration case studies and modern analogs. **American Association of Petroleum Geologists Memoir** 50, p. 307–326, 1990.

MCINNES, B. I., EVANS, N. J., FU, F. Q., & GARWIN, S. Application of thermochronology to hydrothermal ore deposits. **Reviews in Mineralogy and geochemistry**, 58(1), 467-498, 2005.

MCKENZIE, D. P. Some remarks on the development of sedimentary basins. **Earth and Planetary Science Letters**, v.40, p. 25-32, 1978.

MENGES, D., KARL, M., & GLASMACHER, U. A. Thermal history and evolution of the South Atlantic passive continental margin in northern Namibia. Geophysical Research Abstracts Vol. 15, **EGU**, 2013.

MILESI, J. P.; FRIZON DE LAMOTTE, D.; DE KOCK, G.; TOTEU, F. Tectonic map of Africa at 1:10M scale, **CGMW ed**, 2010.

MILLER, R. M. The Pan-African Damara Orogen of South West Africa/Namibia. **Geol. Soc S Afr Spec Publ** 11:431–515, 1983.

MOORE, A., & BLENKINSOP, T. Controls on post-Gondwana alkaline volcanism in Southern Africa. **Earth and Planetary Science Letters**, 268(1), 151-164, 2008.

MOYEN J. F., STEVENS G. & KISTERS A. Record of mid-archean subduction from metamorphism in the Barberton terrain, South Africa. **Nature** 443, 559-562, 2006.

NAESER, N. D. & MCCULLOH, T. H. Thermal History Sedimentary Basins. **Springer-Verlag**, pp. 157, 1989.

NETO J. C. H. *Medida da constante de desintegração do ^{238}U por fissão espontânea*. Teses de Doutorado do programa de pós-graduação em Física do Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas, 1982.

NGUURI, T. K., GORE, J., JAMES, D. E., WEBB, S. J., WRIGHT, C., ZENGENI, T. G., ... & SNOKE, J. A. Crustal structure beneath southern Africa and its implications for the formation and evolution of the Kaapvaal and Zimbabwe cratons. **Geophysical Research Letters**, 28(13), 2501-2504, 2001.

NYBLADE, A. A., E S. W. ROBINSON. The African superswell, **Geophys. Res. Lett.**, 21, 765-768, 1994.

OLLIER C. D. & PAIN C.F. Equating the basal unconformity with the palaeoplain: a model for passive margins. **Geomorphology** 19:1-15, 1997.

ONMEDIA. Províncias de Angola. [2012]. Disponível em: <http://www.welcometoangola.co.ao/?it=province_more&co=265&tp=25>. Acesso em: 07 de agosto de 2015.

PARTRIDGE, T.C. Late Neogene uplift in eastern and southern Africa and its paleoclimatic implications, in Ruddiman, W.F., ed., Tectonic uplift and climatic change: New York, **Plenum Press**, p. 63-86, 1997.

PARTRIDGE, T.C. Of diamonds, dinosaurs and diastrophism: 150 million years of landscape evolution in southern Africa. **South African Journal of Geology**, v. 101, p. 167-184, 1998.

PARTRIDGE, T. C., & MAUD, R. R. Geomorphic evolution of southern Africa since the Mesozoic. **South African Journal of Geology**, 90(2), 179-208, 1987.

PEDREIRA A. J. B.; DE WAELE. Contemporaneous evolution of the Palaeoproterozoic-Mesoproterozoic sedimentary basins of the São Francisco-Congo Cráton. **Geological Society**, London, Special Publications 294.1, 33-48, 2008.

PEREIRA, E., TASSINARI, C. C., RODRIGUES, J. F., & VAN-DÚNEM, M. V. New data on the deposition age of the volcano-sedimentary Chela Group and its Eburnean basement: implications to post-Eburnean crustal evolution of the SW of Angola. **Comunicações Geológicas**, 2011.

PERSANO, C., STUART, F. M., BISHOP, P., & BARFOD, D. N. Apatite (U-Th)/He age constraints on the development of the Great Escarpment on the southeastern Australian passive margin. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 200, n. 1, p. 79-90, 2002.

QUESNE, D., BUTA-NETO, A., BENARD, D., & GUIRAUD, M. Distribution of Albian clastic deposits in the Benguela basin (Angola): evidence of a Benguela palaeocurrent? **Bulletin de la Societe Geologique de France**, 180(2), 117-129, 2009.

QUIRK D. G.; HERTLE M.; JEPPESEN J. W.; RAVEN M.; MOHRIAK W. U.; KANN D. J.; NORGDARD M.; HOWE M. J.; HSU D.; M COFFEY B.; MENDES M. P. Rifting subsidence and continental break-up above a mantle plume in the central South Atlantic. **Geological Society of London**, Special Publication 369, p. 185–214, 2013.

RAAB, M.J; BROWN, R.W; GALLAGHER, K; CARTER, A; WEBER, K. Late Cretaceous reactivation of a major crustal shear zones in northern Namibia: constraints from apatite fission track analysis. **Tectonophysics**, 349: 75-92, 2002.

RAPOSO, A. & INKOLLU, M. Tertiary reservoirs in Congo-Kwanza-Namibe basins. In: MELLO, M. R.; YILMAZ, P. O. **AAPG International Conference**, Extended Abstracts. p. 668-669, 1998.

REINERS, P. W., & BRANDON, M. T. Using thermochronology to understand orogenic erosion. Annual. **Rev. Earth Planet. Sci.**, 34, 419-466, 2006.

REINERS, P. W., & FARLEY, K. A. Influence of crystal size on apatite (U–Th)/He thermochronology: an example from the Bighorn Mountains, Wyoming. **Earth and Planetary Science Letters**, 188(3), 413-420, 2001.

RENNE P. R., GLEN J. M., MILNER S. C. & DUNCAN A. R. Age of Etendeka flood volcanism and associated intrusions in southwestern Africa. **Geology** 24, 659-662, 1996.

ROBERTS, G. G.; WHITE, N. Estimating uplift rate histories from river profiles using African examples. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, 115(B2), 2010.

ROSANTE, Kaique Tomazine. *Evolução termocronológica do sudoeste de Angola e correlação com o sudoeste brasileiro: termocronologia por traços de fissão em apatita*. 2013. 116 f. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/92867>>.

SALOMON E., KOEHN D., PASSCHIER C., HACKSPACHER P. C., & GLASMACHER U. A. Contrasting stress fields on correlating margins of the South Atlantic. **Gondwana Research**, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2014.09.006>, 2014.

SCHOELLKOPF, N.B., & PATTERSON, B.A. Petroleum systems of offshore Cabinda, Angola, in MELLO, M.R., AND KATZ, B.J., eds., Petroleum systems of South Atlantic margins. **American Association of Petroleum Geologists Memoir** 73, p. 361–376, 2000.

SCOTESE, Christopher R. **Atlas of earth history**. University of Texas at Arlington. Department of Geology. PALEOMAP Project, 2001.

SEHRT, M. *Variscan to Neogene long-term landscape evolution at the Moroccan passive continental margin (Tarfaya Basin and western Anti-Atlas)*, 2014.

SERANNE, M., & ANKA, Z. South Atlantic continental margins of Africa: a comparison of the tectonic vs climate interplay on the evolution of equatorial west Africa and SW Africa margins. **Journal of African Earth Sciences**, 43(1), 283-300, 2005.

SHARP, I., VERWER, K., FERREIRA, H., LAPPONI, F., SNIDERO, M., MACHADO, V., ... & FEJERSKOV, M. Pre-and Post-Salt Non-Marine Carbonates of the Namibe Basin, Angola. **AAPG Search and Discovery Article #901 42** © 201 2 AAPG Annual Convention and Exhibition, April 22-25, 201 2, Long Beach, California. 2012.

SHUSTER, D. L., FLOWERS, R. M., & FARLEY, K. A. The influence of natural radiation damage on helium diffusion kinetics in apatite. **Earth and Planetary Science Letters**, 249(3), 148-161, 2006.

SHUSTER, D. L., & FARLEY, K. A. The influence of artificial radiation damage and thermal annealing on helium diffusion kinetics in apatite. **Geochimica et cosmochimica acta**, 73(1), 183-196, 2009.

SILVA, L.C. O maciço gabro-anortosítico do SW de Angola. Universidade de Lisboa. **Rev. Da Faculdade de Ciências**, 2 sér., vol. XVII – Fasc. 1º, Lisboa, pp. 253-277, 1972.

SILVA, A. F. A geologia da República de Angola desde o Paleoarcaico ao Paleozóico Inferior, 2005.

SPATHOPOULOS, F. An insight on salt tectonics in the Angola Basin, South Atlantic. **Geological Society of London**, Special Publications, v. 100, n. 1, p. 153-174, 1996.

SPIEGEL, C., KOHN, B., BELTON, D., BERNER, Z., & GLEADOW, A. Apatite (U–Th–Sm)/He thermochronology of rapidly cooled samples: the effect of He implantation. **Earth and Planetary Science Letters**, 285(1), 105-114, 2009.

STRGANAC, C., SALMINEN, J., JACOBS, L. L., POLCYN, M. J., FERGUSON, K. M., MATEUS, O., ... & GONÇALVES, A. O. Carbon isotope stratigraphy, magnetostratigraphy, and 40 Ar/39 Ar age of the Cretaceous South Atlantic coast, Namibe Basin, Angola. **Journal of African Earth Sciences**, 99, 452-462, 2014.

TACK, L., WINGATE, M. T. D., LIÉGEOIS, J. P., FERNANDEZ-ALONSO, M., & DEBLOND, A. Early Neoproterozoic magmatism (1000–910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo cráton. **Precambrian research**, 110(1), 277-306, 2001.

THOMAS, D. S. G., & SHAW, P. A. The evolution and characteristics of the Kalahari, southern Africa. **Journal of Arid Environments**, 25(1), 97-108, 1993.

TINKER, J., DE WIT, M.; BROWN, R. Mesozoic exhumation of the southern Cape, South Africa, quantified using apatite fission track thermochronology. **Tectonophysics**, 455(1), 77-93, 2008.

TORQUATO, J.R. *Geologia do sudoeste de Moçâmedes e suas relações com a evolução tectônica de Angola*. Tese de doutoramento apresentada no Inst. de Geociências da USP. 1974.

TORQUATO, J. R., SILVA, A. T. S. F., CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. A evolução geológica do Cinturão Móvel do Quipungo no Ocidente de Angola. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 51, 133–143, 1979.

TORQUATO J. R.; FOGAÇA A. C. C. Correlação entre o supergrupo Espinhaço no Brasil, o grupo Chela em Angola e as formações Nasib e Khoabendus da Namíbia. **Anais** do simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas faixas marginais. Sociedade Brasileira de Geologia–Núcleo da Bahia, Coordenação da Produção Mineral, Salvador, p. 87-99, 1981.

TOTEU S. F.; VAN SCHMUS, W. R.; PENAYE, J. The Precambrian of Central Africa. **Journal of African Earth Sciences** 44(4-5), xi, 2006.

TUCKER, G. E.; SLINGERLAND, R. L. Erosional dynamics, flexural isostasy, and long-lived escarpments: A numerical modeling study. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 99, n. B6, p. 12229-12243, 1994.

TURNER, J. P., GREEN, P. F., HOLFORD, S. P.; LAWRENCE, S. R. Thermal history of the Rio Muni (West Africa)–NE Brazil margins during continental breakup. **Earth and Planetary Science Letters**, 270(3), 354-367, 2008.

VAN DER BEEK, P., SUMMERFIELD, M. A., BRAUN, J., BROWN, R. W., FLEMING, A. Modeling postbreakup landscape development and denudational history across the southeast African (Drakensberg Escarpment) margin. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, 107(B12), 2002.

VAN DER BEEK, P. A., VALLA, P. G., HERMAN, F., BRAUN, J., PERSANO, C., DOBSON, K. J., & LABRIN, E. Inversion of thermochronological age–elevation profiles to extract independent estimates of denudation and relief history—II: Application to the French Western Alps. **Earth and Planetary Science Letters**, 296(1), 9-22, 2010.

VAN DER LINDEN, W. J. Walvis Ridge, a piece of Africa? **Geology**, 8(9), 417-421, 1980.

VAN DER WATEREN, F. M.; DUNAI, T. J. Late Neogene passive margin denudation history—cosmogenic isotope measurements from the central Namib desert. **Global and Planetary Change**, v. 30, n. 3, p. 271-307, 2001.

VEEVERS, J. J. Gondwanaland from 650-500 Ma assembly through 320 Ma merger in Pangea to 185-100 Ma breakup: supercontinental tectonics via stratigraphy and radiometric dating. **Earth-Science Reviews** 68(1-2), 1-132, 2004.

VIOLA, G.; ANDREOLI, M.; BEN-AVRAHAM, Z.; STENGEL, I.; RESHEF, M. Offshore mud volcanoes and onland faulting in southwestern Africa: neotectonic implications and constraints on the regional stress field. **Earth and Planetary Science Letters**, 231(1), 147-160, 2005.

ZEITLER, P. K.; HERCZEG, A. L.; MCDOUGALL, I.; HONDA, M. U-Th-He dating of apatite: A potential thermochronometer. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 51(10), 2865-2868, 1987.

ZHAO, G.; CAWOOD, P. A.; WILDE, S. A.; SUN, M. Review of global 2.1-1.8 Ga orogens: implications for a pre-Rodinia supercontinent. **Earth Science Reviews** 59(1-4), 125-162, 2002.

WAGNER, G.; VAN DEN HAUTE, P. Fission Track Dating. **Kluwer Academic Publishers**, 283 p., 1992.

WEISSEL, J. K.; KARNER, G. D. Flexural uplift of rift flanks due to mechanical unloading of the lithosphere during extension. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, 94(B10), 13919-13950, 1989.

WILDMAN, Mark. **Reassessing the structural and geomorphic evolution of a 'classic' Atlantic type passive margin: an integrated study of the Namaqualand sector of the South African continental margin**. 2015. Tese de Doutorado. University of Glasgow.

WILDMAN, M.; BROWN, R.; WATKINS, R.; CARTER, A.; GLEADOW, A.; SUMMERFIELD, M. Post break-up tectonic inversion across the southwestern cape of South Africa: new insights from apatite and zircon fission track thermochronometry. **Tectonophysics**. 654, 30 –55, 2015.

WOLF, R. A.; FARLEY, K. A.; SILVER, L. T. Helium diffusion and low-temperature thermochronometry of apatite. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 60(21), 4231-4240, 1996.