

## ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E PALEOPAVIMENTOS QUATERNÁRIOS NO MÉDIO SÃO FRANCISCO, ESTADO DE PERNAMBUCO

**EDMUNDO CERQUEIRA DA SILVA JUNIOR**

Professor. Geógrafo, Universidade de Pernambuco Campus Petrolina, Petrolina, PE, Brasil

Email: [edmundo.cerqueira@upe.br](mailto:edmundo.cerqueira@upe.br) ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4203-786X>

**LUIZ HENRIQUE DE BARROS LYRA**

Doutor em Geografia, Universidade de Pernambuco. Campus Petrolina - PE, Brasil

Email: [luizhenrique.lyra@upe.br](mailto:luizhenrique.lyra@upe.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3729-7023>

**LUCIVÂNIO JATOBÁ DE OLIVEIRA**

Professor Doutor. Docente Permanente do PPGDAT/UNEB

Email: [lucivanio.oliveira@ufpe.br](mailto:lucivanio.oliveira@ufpe.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3041-0126>

**Recebido:02/26**

**Avaliado:04/26**

**Publicado:06/26**

### RESUMO

As alterações climáticas decorrentes das glaciações quaternárias associadas às oscilações da dinâmica celeste atmosférica com ciclos frios e secos e/ou quentes e úmidos tiveram desdobramentos geomórfico-ambientais evidentes na paisagem semiárida brasileira. Portanto, este trabalho teve como objetivo relacionar estas alterações com as evidências morfológicas e estratigráficas nesta região, sobretudo no médio São Francisco pernambucano em depósitos correlativos analisados entre Petrolina – PE e Lagoa Grande - PE. Eles indicam a prevalência de condições climáticas mais secas que as atuais, nos últimos 20.000 anos, com forte desagregação litológica e erosão proveniente de enxurradas, além de uma vegetação mais xerófila.

**Palavras-chave:** alterações climáticas; quaternário; paisagem semiárida.

### *CLIMATE CHANGES AND QUATERNARY PALEOPAVEMENTS IN THE MIDDLE SÃO FRANCISCO REGION, STATE OF PERNAMBUCO*

### ABSTRACT

The climate changes resulting from Quaternary glaciations, associated with oscillations in astronomical and atmospheric dynamics featuring cold-dry and/or warm-humid cycles, have produced evident geomorphic and environmental repercussions in the Brazilian semiarid landscape. Therefore, this study aimed to correlate these changes with morphological and stratigraphic evidence in this region, particularly in the middle São Francisco River valley in Pernambuco, focusing on correlative deposits analyzed between the municipalities of Petrolina (PE) and Lagoa Grande (PE). These records indicate the prevalence of drier climatic conditions compared to the present over the last 20,000 years, characterized by intense lithological disintegration and runoff-induced erosion, in addition to a more xerophytic vegetation.

**Keywords:** climate change; Quaternary; semiarid landscape.

### *CAMBIOS CLIMÁTICOS Y PALEOPAVIMENTOS CUATERNARIOS EN EL MEDIO SÃO FRANCISCO, ESTADO DE PERNAMBUCO*

### RESUMEN

Los cambios climáticos derivados de las glaciaciones cuaternarias, asociados a las oscilaciones de la dinámica celeste atmosférica con ciclos fríos y secos y/o cálidos y húmedos, tuvieron consecuencias geomorfológico-ambientales evidentes en el paisaje semiárido brasileño. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo relacionar estos cambios con las evidencias morfológicas y estratigráficas presentes en esta región, especialmente en el medio São Francisco pernambucano, a partir del análisis de depósitos correlativos entre Petrolina – PE y Lagoa Grande – PE. Estos depósitos indican la prevalencia de condiciones climáticas más secas que las actuales durante los últimos 20.000 años, con una intensa desagregación litológica y procesos erosivos derivados de escorrentías superficiales, además de una vegetación con características más xerófilas.

**Palabras clave:** cambios climáticos; Cuaternario; paisaje semiárido.

## INTRODUÇÃO

Alterações ou mudanças climáticas globais vêm sendo, na atualidade, uma temática muito explorada no mundo acadêmico, nas escolas de Ensino Fundamental e Médio e, sobretudo, nas mídias diversas. Frequentemente, atribui-se a origem das mudanças climáticas exclusivamente ao aumento das concentrações de gases de efeito estufa, como Dióxido de Carbono, Metano, intensificados pelas ações antrópicas desde a Revolução Industrial. Não há, contudo, particularmente no ensino de Geografia e de Ciências Ambientais, em geral, como se deduz a partir de uma análise da maioria dos livros didáticos dessas áreas, uma preocupação mais enfática em esclarecer as novas gerações as razões das mudanças e flutuações climáticas pretéritas. Tais alterações do clima antigas foram muito intensas, radicais até, e se verificaram ao longo do Quaternário (período geológico de profundas modificações ambientais) em especial no Nordeste do Brasil, mas sem a participação do Homem (Bigarella, 1975).

Indiscutivelmente, ações antrópicas são capazes de promover alterações climáticas nas escalas geográficas do microclima e dos climas locais e regionais, contudo não se pode esquecer que a própria dinâmica terrestre-celeste, particularmente na Hidrosfera e na Troposfera, bem como nas relações Terra-Sol, proporciona efetivas mudanças nas condições climáticas de grande magnitude.

O propósito principal deste trabalho é fazer uma análise teórico-empírica de cunho geomorfológico e climático acerca das mudanças e flutuações climáticas de um período geológico que se notabilizou por modificações quantitativas e qualitativas no quadro térmico e pluviométrico ocorridas no último período da era cenozoica, com enfoque principal na Região Nordeste do Brasil, especialmente nos municípios de Petrolina e Lagoa Grande, em Pernambuco.

Além deste Objetivo Geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos, a destacar: a) analisar didaticamente as evidências paleoclimáticas de épocas mais secas que as atuais ao longo do espaço escolhido; b) esboçar um modelo evolutivo das paisagens em face das mudanças e flutuações climáticas do passado; c) correlacionar às fases de aquecimento e resfriamento climáticos globais quaternários com os processos modeladores de paisagens; e) fornecer um material de cunho didático que possa ser útil ao ensino de Geografia Física, Paleoclimatologia e Geologia.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Os estudos sobre as mudanças e flutuações climáticas que se verificaram ao longo do Quaternário no Brasil receberam expressiva contribuição de autores como Aziz Nacib Ab'Sáber, Gilberto Osório de Andrade, João José Bigarella, Maria Regina Mousinho, entre outros. Suas abordagens, mesmo distintas, são complementares e fundamentais para a compreensão da evolução paleoclimática e das paisagens brasileiras.

Ab'Sáber (1982) considerou que no Último Máximo Glacial (UMG), há cerca de 18.000 anos AP, a semiaridez espalhou-se pelo território brasileiro, tendo ocorrido inclusive a instalação de áreas desérticas na região Nordeste (Deserto San Franciscano) com suas paleodunas ao longo de trechos do Vale Médio do São Francisco.

Bigarella e Andrade (1992), no ano de 1965, elaboraram o trabalho *Contribuição ao estudo do Quaternário brasileiro*, no qual defendem que, a partir de identificação de pedimentos residuais no sopé da Serra do Mar, no Paraná, em áreas atualmente úmidas e com uma vegetação potencial de Florestas Latifoliadas, os climas do Quaternário foram semiáridos severos. Essa condição se estendeu a uma boa parte do país, pois são encontradas várias dessas formas de relevo (paleoformas) que só poderiam ter sido elaboradas no

Quaternário, mediante as ações efetivas dos processos morfogenéticos desencadeados sob condições do clima semiárido mencionado.

As alterações climáticas foram um dos traços marcantes das paisagens emersas. O período Quaternário notabilizou-se pelas profundas alterações climáticas e modificações dos processos geológicos e geomorfológicos com repercussões ecológicas e ambientais marcantes em todo Nordeste do Brasil (Bigarella; Mousinho; Silva, 1965).

Uma complexa relação dialética entre elementos e fatores climáticos de natureza dinâmica e estática, destaca-se no Sistema Clima. Desses fatores, o mais significativo é o Sol. As relações entre órbita terrestre (eclíptica) em torno da estrela e suas variações podem acarretar profundas mudanças na quantidade de radiação de ondas curtas (ROC) advinda do Sol, que atinge a superfície terrestre e se transforma qualitativamente em energia de ondas longas (ROL) aquecendo mais ou menos a baixa troposfera atmosférica.

Há uma conexão dialética entre o grau de correlação espacial e temporal existente entre a ROL emitida, a precipitação e as anomalias de temperatura da superfície marinha no Atlântico tropical (Bonventi; Wainer; Taschetto, 2006). A interpretação dialética das condições climáticas e físico-bióticas atuais e antigas que remodelam a paisagem, como a expansão e retração de zonas climáticas que se modificaram ao longo do Quaternário, permite inferir as correlações entre períodos de aquecimento e de resfriamento global e a maior ou menor quantidade de chuvas na região Nordeste brasileira (Jatobá, 2017).

Nesse sentido, no território brasileiro, as mudanças e flutuações climáticas consumaram-se na questão hidrológica, ao contrário do que se verificou nos climas zonais temperados e frios (alterações térmicas), nas faixas de latitudes médias do hemisfério boreal e em sistemas mais montanhosos.

Em particular, no Médio São Francisco pernambucano, ocorreu neste período profundas alterações climáticas, sobretudo nos regimes pluviométricos em face de modificações do quadro térmico da superfície do Atlântico Sul, ao longo das fases glaciais e interglaciais, responsáveis por modificações da expansão anual do Anticiclone do Atlântico Sul - AAS (Jatobá, 2014).

O ar do AAS, em seu sentido anti-horário e de direção geral SE-E, atinge esta região com uma estrutura vertical notabilizada pela existência de uma camada de inversão relativamente baixa, que inibe a convecção ascendente do ar tornando-o estável (Jatobá; Silva; Galvincto, 2017).

A semiaridez do Nordeste brasileiro está em conexão dialética com essa estrutura referida, a corrente fria de Benguela, na parte oriental do anticiclone citado e anomalias térmicas da superfície do Atlântico Sul, além das anomalias térmicas positivas do Pacífico Equatorial. Os efeitos dessas anomalias revelam uma luta de contrários entre um ar ascendente tépido e um ar subsidente quente e seco. Esse fato indiretamente refletiu-se de forma expressiva na região semiárida do Brasil.

Nas fases de resfriamento global do Quaternário, a semiaridez do Nordeste brasileiro espalhou-se pelo continente Sul-americano, numa verdadeira diáspora do ar seco, com influências nas transformações qualitativas das paisagens geomorfológicas e fitogeográficas.

Diversos indicadores dessas modificações climáticas são visualizados no território nordestino, tanto nas atuais áreas úmidas e subúmidas, quanto nas áreas secas, sob domínio atual do clima BSh. Esses testemunhos paleoclimáticos estão patenteados nas paleoformas de relevo, nos paleopavimentos detríticos e em cascalheiras fluviais, além dos depósitos correlativos, bem como em formações florísticas e faunísticas, (Bigarella; Mousinho; Xavier, 1965).

Na Depressão Sertaneja se destacam morfoesculturas erosivas típicas de processos morfogenéticos de pedimentação (erosão areolar) como inselbergues, colúvios e

paleopavimentos detríticos, além das evidências paleoestratigráficas presentes em cortes de estradas e em encostas e nos perfis de solos que indicam as influências dessas oscilações climáticas quaternárias, sobretudo no UMG (Último Máximo Glacial), de fases frias e secas e/ou quentes e úmidas, é o caso do contexto regional e local do Médio São Francisco pernambucano.

O Vale Médio do Rio São Francisco, em pleno domínio da Depressão Sertaneja, especialmente na região que engloba os municípios de Casa Nova, Xique-Xique e Barra (BA), possui alguns dos mais destacados campos de dunas inativas do país. Durante o Pleistoceno Superior (entre 28.000 e 10.000 AP), o resfriamento global favoreceu a formação de um verdadeiro paleodeserto (Barreto, 1996), decorrente da intensificação do AAS na América do Sul.

Os paleopavimentos detríticos (“stone lines”), são feições sedimentares superficiais ou subsuperficiais compostas por uma concentração de clastos (fragmentos de rochas, quartzo feldspatos ou, às vezes, laterita) que indicam condições climáticas secas. No Nordeste do Brasil, essas estruturas são chaves fundamentais para a reconstrução das paisagens do Quaternário, particularmente no Vale Médio do São Francisco.

Bigarella (1975) considerava que a formação desses pavimentos está relacionada à intensificação de processos mecânicos de intemperismo e à redução da cobertura vegetal, condições típicas de climas secos.

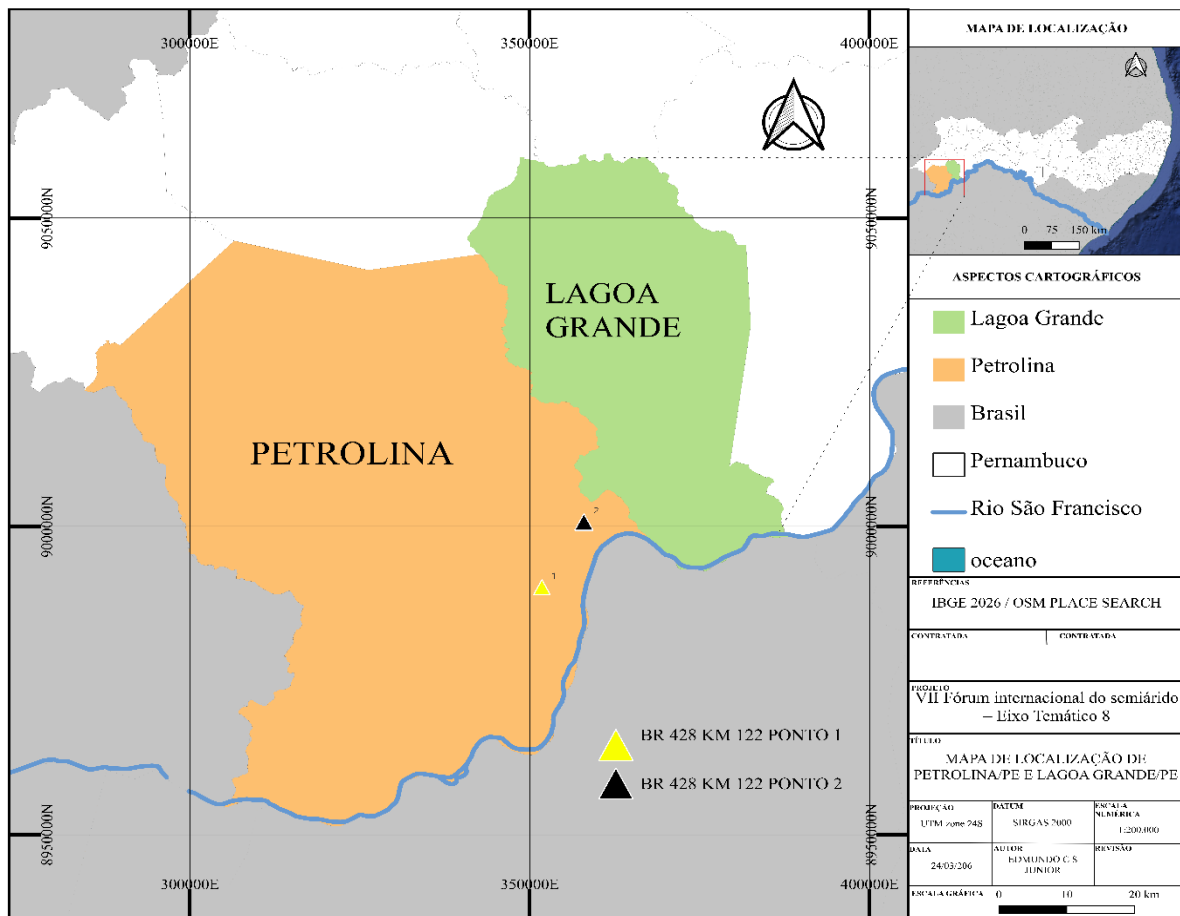
## MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do trabalho foi feita, inicialmente, uma ampla pesquisa bibliográfica sobre os temas: Geomorfologia, Climatologia, Paleoclimatologia, Geologia do Quaternário e Sedimentologia do Nordeste semiárido, para obtenção de subsídios teóricos à compreensão mais vertical da temática central do trabalho. Posteriormente, foram realizados procedimentos cartográficos e de campo em locais às margens da BR-428 nas proximidades do distrito de Nova Descoberta entre Petrolina e Lagoa Grande (PE). Empregou-se o uso de drone para captação de imagens de alta precisão e mapeamento de detalhes, inclusive da topografia com modelo digital de elevação do terreno (MDE), além de registro com GPS e fotografias da paisagem, e análises de dois depósitos correlativos nas proximidades da Serra da Santa entre a localidade de Nova Descoberta e Lagoa Grande – PE, proporcionando uma caracterização físico-ambiental da paisagem, sobretudo do ponto de vista morfoestrutural (Figura 1). Esses materiais cartográficos permitiram a visualização de maciços residuais, pedimentos e as localidades nas quais estão expostos em cortes de discretas colinas, tornando visíveis importantes depósitos do tipo paleopavimentos detríticos.

Os dados foram tabulados em gabinete onde se produziram elementos gráficos, mapas e relatórios interpretativos baseados na síntese integrada dos aspectos físico-ambientais da paisagem.

As condições paleoambientais da área investigada foram deduzidas mediante a observação de paleoformas de relevo (heranças geomorfológicas) e nos depósitos correlacionados aos processos erosivos (paleopavimentos detríticos; depósitos de colúvio etc.).

Figura 1 - Mapa de Localização dos Municípios Estudados



Fonte: Os Autores, 2026.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A área escolhida como objeto de estudo do presente trabalho apresenta excelentes e didáticos indicadores de um paleoclima semiárido severo no Vale Médio do rio São Francisco, de fácil acesso, inclusive para aulas de campo. Entre esses indicadores podem ser referidos a presença de pedimentos embutidos e a ocorrência, sempre em lombadas verificadas ao longo da BR 428, de paleopavimentos detríticos, formados por material caoticamente disposto e de grosso calibre, sugerindo uma remoção em massa do material alterado que tiveram como área-fonte as Serras da Santa, Serra do Capim, Morro do Pico, Morro do Meio, entre outros.

Os processos operantes de degradação lateral, com a participação efetiva do “sheet flood” contribuíram para a construção de uma generalizada superfície de pedimentação. Os paleopavimentos detríticos seriam, portanto, depósitos correlativos do Pleistoceno Superior que testemunham, pela posição espacial/altimétrica que ocupam, uma pretérita forma de relevo deposicional.

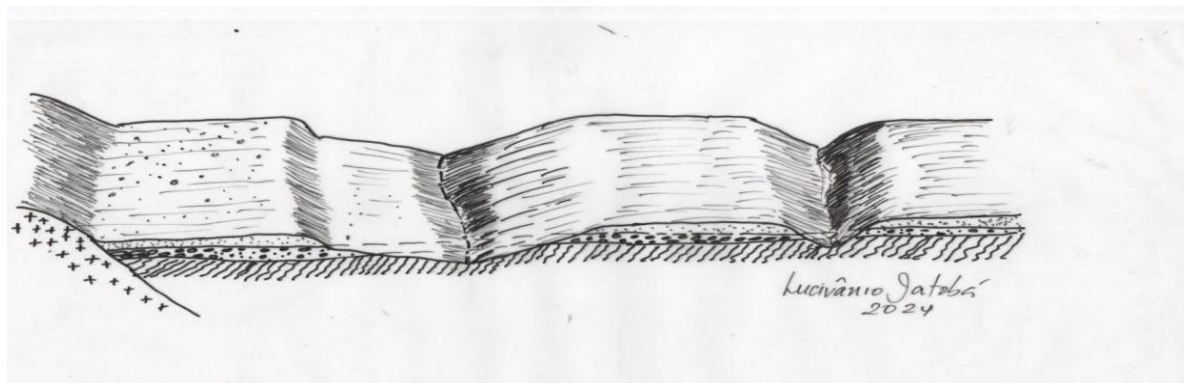
As fases de resfriamento global, sobretudo a última glaciação Wisconsin, determinaram, indiretamente, uma exacerbação das condições climáticas semiáridas na Depressão Sertaneja, atravessada pelo rio São Francisco. Os processos de erosão lateral se intensificaram, formando-se, assim, pedimentos, paleopavimentos detríticos e rampas de colúvio.

As condições climáticas atuais e pretéritas do Quaternário Superior são controladas por um centro de altas pressões (AAS) situado sobre o Atlântico Sul. A sua estrutura vertical é composta por uma camada de inversão que separa um ar tépido superior de outro úmido na camada inferior. O ar seco superior que inibe o desenvolvimento vertical das nuvens, gerando uma notável situação de estabilidade atmosférica, é o principal responsável atualmente pelas condições semiáridas no Brasil. Quando há um resfriamento da massa oceânica (Atlântico Sul), a camada de inversão mencionada diminui de altitude, gerando tempo estável e seco.

Nas fases de resfriamento global, o ar vinha desse anticiclone e se instalava sobre o Nordeste do Brasil, implicando em um aumento da semiaridez da Região. Assim, ao que tudo indica, as fases antigas de resfriamento global corresponderam à expansão dos climas secos (semiáridos severos).

Quando se verificava um novo aquecimento global, as áreas do país que estavam sob domínio do ar seco, foram se modificando qualitativamente, com o estabelecimento de ar úmido (umidificação da região), além da instalação de um novo quadro fitogeográfico. A rede de drenagem transformava-se e passava a ter mais energia cinética. Esse aumento de energia deixou como saldo uma dissecação generalizada da paisagem de pedimentos e da topografia embutida do paleopavimento detrítico (Figura 2).

**Figura 2** - Representação esquemática do paleopavimento detrítico quaternário entre a Serra da Santa e localidade Nova Descoberta, Petrolina – PE



Fonte: Os autores

As discussões conceituais e metodológicas concernentes às mudanças climáticas ocorrentes nesta região data, sobretudo, do Quaternário tardio (Pleistoceno Superior), associadas às intensas glaciações intercaladas por períodos de aquecimento global (períodos interglaciais). Tais períodos implicaram respectivamente em fases secas e fase quente e úmidas, que, segundo Bigarella (1975), originaram-se em decorrência das mudanças na órbita da terra ao redor do sol, bem como a orientação de seu eixo de rotação, com repercussões geológicas e geomorfológicas.

Essas variações paleoclimáticas são seculares e milenares. As variações de insolação, mais intensa nas áreas de baixas latitudes, ocasionam alterações nos regimes de chuvas e nas temperaturas na superfície marinha. Em consequência dessas alterações na quantidade de radiação de ondas curtas (ROC), pode acontecer um período de resfriamento global (fase glacial) que no território semiárido nordestino os testemunhos sedimentares e geomorfológicos denunciam épocas de forte aridez na região. Enquanto isso nas épocas de aquecimento global o que pode ter se verificado uma umidificação do clima, inclusive no Vale Médio do São Francisco.

Nas discussões atuais sobre as modificações climáticas causadas por um aquecimento global, insistem-se no fato de que com uma mudança climática desta natureza o Semiárido se

transformará num “grande deserto”. Entretanto, as lições geomorfológicas e paleoclimáticas tiradas das heranças do que ocorreu no Pleistoceno Superior apontam para o contrário, ou seja, para uma umidificação do Nordeste brasileiro.

Contudo, tais flutuações também ocorrem por influência de outros fatores, como por exemplo, as modificações na composição atmosférica da terra, causadas por mudança no espectro da radiação solar que interferem nos níveis de ozônio; mudanças nas superfícies ocupadas pelos oceanos afetam o comportamento dos teores de CO<sup>2</sup> e do vapor de água, dois fortes agentes causadores do chamado efeito estufa. Da mesma maneira, as atividades vulcânicas que emitem gases e a cinzas na alta atmosfera também afetam intensamente a transmissão da radiação solar efetiva, ocasionando variações na temperatura. Ademais, variações no campo geomagnético diminuem ou aumentam o efeito de blindagem à ação dos raios cósmicos. Portanto, há de se considerar a complexidade dos fenômenos naturais e suas escalas de amplitudes espaço-temporais persistente por cerca de 10.000 anos, e outra a tendência dos ciclos glacial-interglacial, o prenúncio de um novo episódio glacial atrelado à previsão das variações da órbita da terra. Contudo, se a produção de CO<sup>2</sup> continuar no mesmo ritmo esse estágio interglacial poderá tornar-se mais quente, retardando a suposta fase de esfriamento em até 2000 anos (Imbrie; Imbrie, 1979 *apud* Suguio, 1999). Os níveis de CO<sup>2</sup>, atualmente, estão cada vez maiores, o que se reflete em efeitos climáticos extremos, como verões mais quentes e invernos mais frios demarcados por amplitudes térmicas. Contudo, o fato é que em 90% do tempo correspondente ao último milênio o clima estava mais frio e acompanhado por expansão de geleiras. Assim sendo, o estágio interglacial é atípico, e o no ciclo climático terrestre (Suguio, 1999).

Neste cenário, dialeticamente, assim como os sistemas da terra se comportam, decerto há duas hipóteses contrastantes, o aquecimento global de um período interglacial (Holoceno), nível de produção agrícola e industrial do mundo, sobretudo nos continentes boreais, pode ser temporário não só pelo impacto mais intenso do resfriamento brusco como também por sua maior imprevisibilidade, pois nem o monitoramento das frentes polares seria capaz de prognosticar a rapidez desta mudança (Suguio, 1999).

Os estudos paleoclimáticos do Quaternário, sobretudo do Pleistoceno, se debruçam, em especial, sobre as variações de temperatura e os regimes pluviométricos, sendo estes últimos de particular importância para o território brasileiro. De acordo com Bigarella (1975), durante as fases glaciais, no hemisfério sul, os sistemas atmosféricos sofreram uma migração para o Norte, e em particular no UMG (último máximo glacial). Dois deles foram os mais afetados e com repercussões climáticas diretas no semiárido nordestino brasileiro: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e o anticiclone do Atlântico Sul. A ZCIT ficou numa posição média de 10° de latitude norte comparada com a que se encontra atualmente. Esse fato teve repercussões consideráveis nos regimes de chuva da região.

O resfriamento dos oceanos, como o Atlântico Sul, intensificou a atuação dos alísios austrais (SE-E) decorrente da expansão e da maior energia do Anticiclone do Atlântico sul, em direção às baixas pressões equatoriais, instalando-se secas severas e duradouras na porção semiárida Sul-ocidental brasileira e na Amazônia (Jatobá, 2014).

Andrade e Lins (1999, p. 22) ressaltam a importância desse sistema para o regime de chuvas das regiões Norte e Nordeste do Brasil:

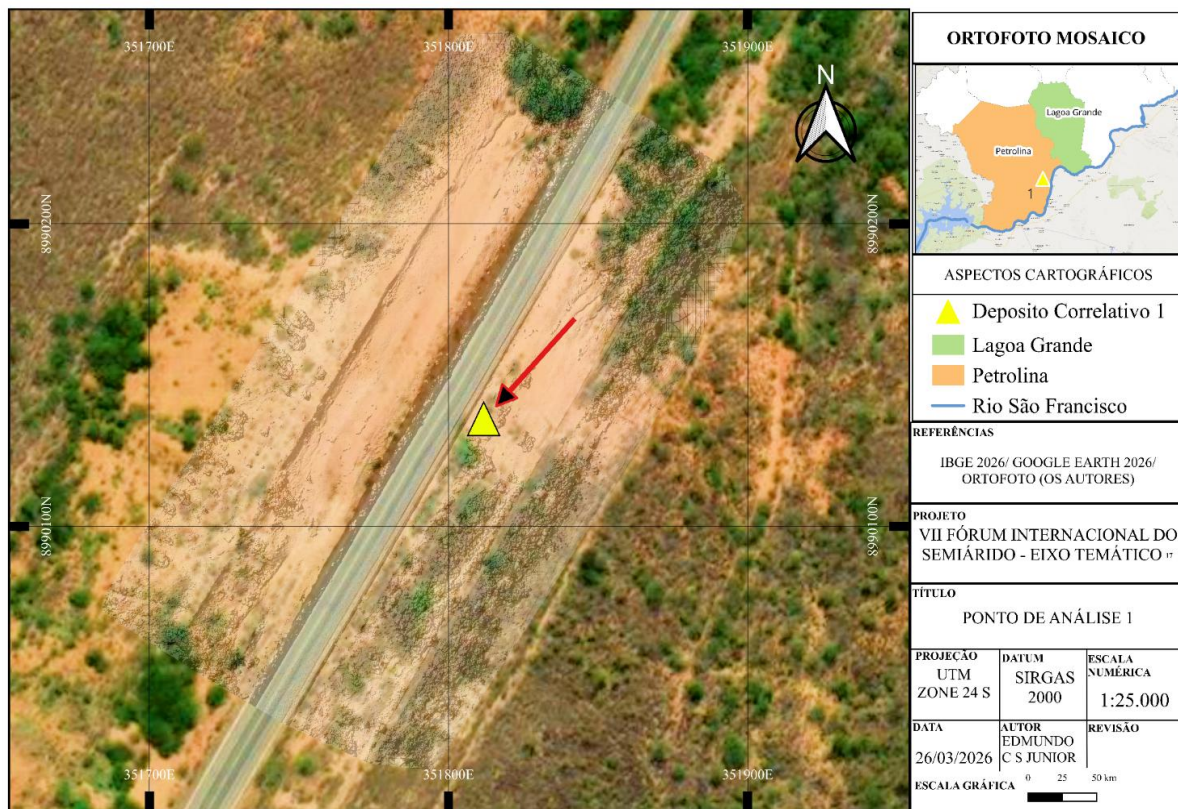
..... esse sistema, nos dias atuais, é responsável por pesados aguaceiros de sistemas convectivos, que ocorrem, sobretudo, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, no verão-outono. O encontro dos alísios não define propriamente uma “frente”, uma vez que a diferença entre eles é geralmente muito reduzida, fazendo-se sensível apenas no fim do inverno e no fim do verão de ambos os hemisférios. (...) A ZCIT acompanha as variações sazonais de latitude do equador térmico e essa transposição é manifestada pelo deslocamento anual, para o Norte e para o Sul do equador

geográfico, da faixa das chuvas equatoriais (...) Esses alastramentos incluem quase sempre a Costa Oriental no Nordeste ao sul do Cabo de São Roque.

No relevo tropical, em particular na região semiárida brasileira, objeto desta pesquisa, os períodos glaciais e secos promovem processos de degradação lateral (sheet flood), ou seja, pediplanação por erosão lateral em face das condições de aridez que passaram a dominar na paisagem. Nos períodos interglaciais mais quentes e úmidos, engendraram-se intensos processos de intemperismo químico, pedogênese e dissecação vertical do terreno atrelada a escoamentos concentrados e de baixa energia e magnitude erosiva (Jatobá, 1993).

Na área estudada ocorrem vertentes com perfil de pedimentos erosivos, maciços residuais (Serra da Santa, Serra do Capim), cristas (Morro de Meio, Morro do Pico), caimentos de rampas e extensas superfícies de paleopavimentos detríticos que se encontram praticamente situados numa mesma faixa altimétrica, conforme pode ser visto na Figura 3. Essas feições erosivas de relevo desenvolveram-se em terrenos cristalinos e cristalofílicos de idade Pré-Cambriana, como granitos, gnaisses, micaxistos, milonitos etc.

**Figura 3** - Altimetria e Localização dos depósitos correlativos (Pontos 1 e 2) da área de estudo



Fonte: Os Autores, 2026.

Nesse contexto geomorfológico se destacam depósitos correlativos que sugerem paleoambientes mais secos que o atual (paleopavimentos) de idade quaternária do Pleistoceno Superior. Nos perfis estudados observam-se de maneira predominante sedimentos clásticos angulares carreados em hidrodinâmica de alta magnitude, típicos de enxurradas e escoamentos em lençol sob condições climáticas semiáridas ou áridas mais severas (Figuras 4 A e B). Esses processos milenares de degradação lateral contribuíram com a formação da Depressão Sertaneja, propriamente dita, ao longo do Pleistoceno. Concomitantemente,

percebem-se também as evidências morfológicas de fases interglaciais com umidificação do clima, denunciada pela dissecação do paleopavimento detrítico exumado (Figuras 5 A e B).

**Figuras 4 A e B** - Superfícies de pavimentos detríticos com depósitos correlativos (Pontos 1 e 2) que arremetem paleoambientes mais secos (paleopavimentos)

Figura (4A) Depósito Correlativo 1

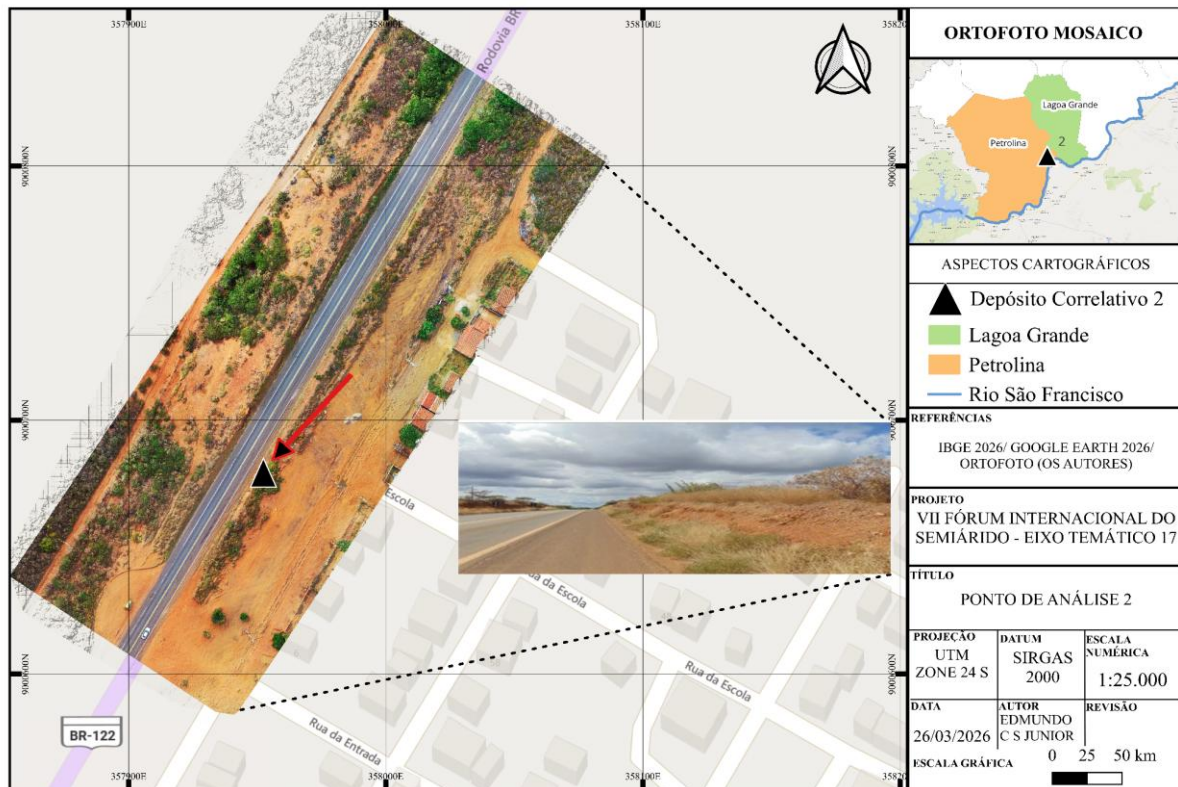


Figura (4B) Depósito Correlativo 2: Paleopavimento detrítico às margens da Rodovia .... entre Petrolina e Lagoa Grande. A presença deste depósito rudáceo revela a existência de um clima bem mais seco que o atual, durante o Último Máximo Glacial, há aproximadamente 18000 anos aproximadamente - Interpretação de Lucivânio Jatobá.

Fonte: Os Autores, 2026.

**Figuras 5 A e B** - Dissecação da paisagem local com pelopavimentos detrítico exumados.



Figura 5 (a)

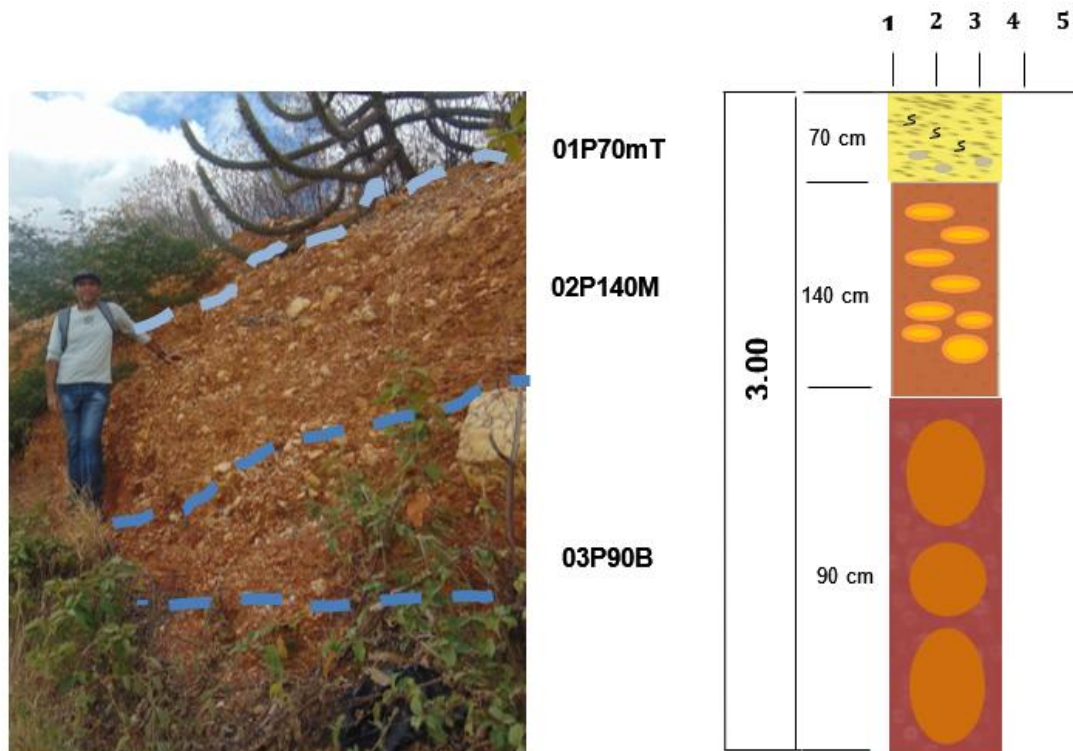
Figura 5 (b)

Figura 5 (a) Visão aérea da Depressão Sertaneja o município de Petrolina - PE. Observam-se maciços residuais, inselbergues etc. Figura 5 (b) Área fonte dos sedimentos que compõem o paleopavimento regional exumado no Km 122 da BR 428.

Fonte: MDE e foto elaborados por Silva, 2026.

Em um ponto situado no truncamento da BR-428, com altitude de 383m, na localidade de Nova Descoberta, a análise de um perfil estratigráfico num barranco formado pelo corte da estrada com aproximadamente 3 metros de altura e quase 500 metros de extensão, indicou afloramentos compactos, apresentando muitos seixos de quartzo leitoso (claros), cristalizados e com uma camada (horizonte) superficial areno-argilosa (Figura 6). Esses seixos dispõem-se de forma muito pouco selecionada e caótica, revelando remoção por processos geomórficos de clima seco severo.

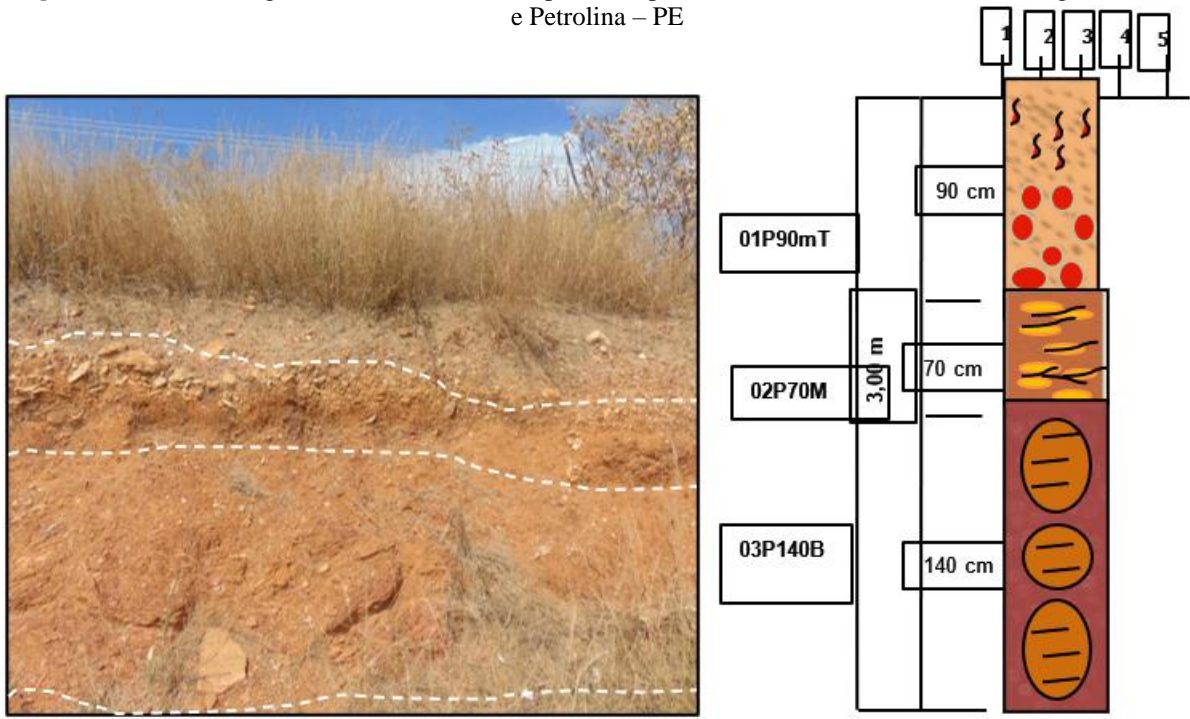
**Figura 6** - Perfil estratigráfico 01 com depósito rudáceo nas imediações da BR 425, entre Nova Descoberta e Petrolina - PE, exibindo um paleopavimento detrítico do Pleistoceno Superior



Fonte: Os autores, 2026.

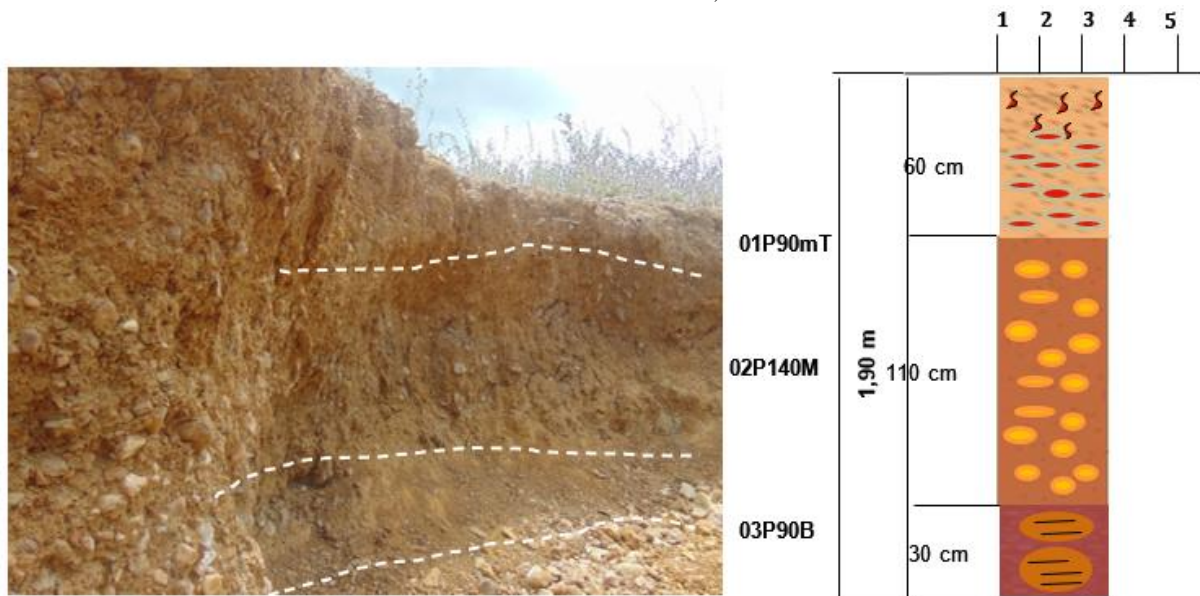
Mais adiante, em outro perfil situado num corte para a construção da referida estrada em direção L-SE a Lagoa Grande com uma altitude de 401m verificaram-se rampas de colúvio com detritos rochosos (tipo cascalheira), com cerca de 60 cm de altura, e logo abaixo uma camada eluvial, bem intemperizada, sobre a rocha matriz oxidada e bandeada (xistosa com micaxistos) e dobras visíveis com 110 cm de altura. O perfil completo tem 2,5m de altura e quase 800 metros de extensão (Figura 7). Por fim, um perfil nas margens de um barreiro na fazenda Pimenta, em Nova Descoberta, situada numa superfície pediplanada, localizam-se depósitos rudáceos conservados. Nesse barreiro há algumas incisões de drenagem e sulcos de escoamentos difusos com ravinas relativamente profundas, inclusive com voçorocas de 1 metro de diâmetro e quase 2 metros de profundidade, mas revelando uma intervenção antrópica. A cobertura é de um colúvio com muitos detritos angulosos e com litologia mica-xista bem aparente. Pode-se observar parte extensa do pavimento detrítico superficial e logo abaixo um pavimento mais antigo inumado (Figura 8).

**Figura 7** - Perfil estratigráfico em estrada com depósito de pavimento detrítico, BR 425 limite Lagoa Grande e Petrolina – PE



Fonte: Os autores, 2026

**Figura 8** - Perfil estratigráfico em Ravina por incisão de drenagem efêmera com depósito de pavimento detrítico. Barreiro na fazenda Pimenta, Petrolina – PE



Fonte: Os autores, 2026

Esse cenário revela que os depósitos investigados foram submetidos às flutuações climáticas quaternárias, no intervalo de 2000 a 10000 anos antes do presente. Observando os acontecimentos climáticos atuais, constata-se que a atuação de diversos sistemas atmosféricos bem individualizados na baixa atmosfera, determinam a extrema complexidade atual e sub-atual das condições climáticas do Nordeste brasileiro. Dentre esses sistemas atmosféricos, muitos dos quais responsáveis por eventos extremos de chuvas e secas mais ou menos prolongadas, destacam a ZCIT, os VCANs e sistemas outros de origem tropical e extratropicais. Os oceanos Atlântico e Pacífico (área central), mediante anomalias de temperatura da superfície marinha contribuíram para a definição de regimes pluviométricos, que variaram espacialmente ao longo do Pleistoceno.

Ao longo das fases glaciais e interglaciais do Pleistoceno, a circulação atmosférica na troposfera sobre o Nordeste do Brasil foi muito modificada, implicando em mudanças climáticas significativas. Um exemplo marcante foi, durante as fases glaciais das Latitudes Médias, a permanência por mais tempo do Anticiclone do Atlântico Sul sobre a Região em destaque, sobretudo sobre a Depressão Sertaneja, produzindo uma intensa estabilidade do ar, com secas prolongando-se numa escala temporal e espacial que se desconhece na atualidade.

Caviedes (2001) alerta para a intercorrência espaço-temporal desses fenômenos e que, mesmo com certa regularidade, o monitoramento não é suficiente para a imprevisibilidade ou variação dos efeitos ambientais na paisagem. Todavia, o mesmo autor, relaciona alguns anos como os de 1958, 1971, 1983 e 1992, dentre as secas mais prolongadas e severas no nordeste brasileiro, relacionadas aos efeitos do El Niño atuante no Oeste da América do Sul.

Já as idades mais antigas se correlacionam a datações realizadas em terraços fluviais com perfis mais profundos e recobertos por dunas e mantos arenosos que variam de 10.000 a 2.000 anos (Suguio, 2008; Nunes *et al.*, 2011; Nunes; Vilas Boas; Silva, 2012; Cabral, 2014; Lira, 2014; Lyra, 2017), que coincidem com os pulsos climáticos frios e secos, e quentes e úmidos da Pequena Idade do Gelo (*Little Ice Age – LIA*), que ocorreu paralelamente a um período de Anomalia Climática Medieval (*Medieval Climate Anomaly – MCA*), em condições secas (~1200-800 AD). Esse período também foi aventado para o Nordeste brasileiro por Viana *et al.* (2011) com a interpretação da variabilidade climática ocorrida neste

período (últimos 2.000 anos) através de registros sedimentares do açude Boqueirão, sobretudo com auxílio da análise de diatomáceas.

De acordo com Melo e Marengo (2008) e Pimentel (2013), outra variável climática que pode ser aventada para a interpretação do cenário paleoambiental da paisagem semiárida brasileira, e em particular a do Submédio São Francisco, são as oscilações no comportamento e distribuição da precipitação relacionada aos efeitos Bond, ou seja, anomalias no ciclo sazonal da insolação decorrente de mudanças nos parâmetros orbitais da Terra, que ocasionaram mudanças climáticas substanciais no UMG e, sobretudo, entre o Holoceno Médio e Superior. Pimentel (2013) analisou o total acumulado da precipitação anual durante os últimos 10.000 anos A.P., e constatou a redução no volume de precipitação, sobretudo a partir dos últimos 4.000 anos. Contudo, demonstrou a ocorrência episódica de picos precipitação, principalmente em períodos recorrentes ao Holoceno Médio, marcadamente em torno dos 6.000 anos A.P., indicando a reumidificação da paisagem nesse intermeio e a expansão da aridez no ano 2.000 A.P. com retomada da semiaridez e uma tendência de aumento da precipitação, com melhora climática.

No que concerne a questão metodológica direcionada ao ensino da paleoclimatologia do Vale Médio do São Francisco e a gênese e evolução dos paleopavimentos detríticos sugerem-se ao docente que em primeiro lugar ressalte o princípio do atualismo que permite interpretar o passado a luz do presente. É muito importante a correlação que pode ser feita entre condições climáticas e a remoção dos materiais das encostas. Enfatiza-se ainda ao docente que em trabalho de campo ressalte feições de relevo, tais como: pedimentos rochosos, pedimentos detríticos, perfil marcadamente côncavo das vertentes e a identificação das áreas-fonte dos seixos componentes dos paleopavimentos.

## CONCLUSÕES

As alterações climáticas e suas consequências para os territórios semiáridos do Vale do São Francisco tiveram e têm desdobramentos imprevisíveis e imensuráveis, tanto no presente como no passado recente (Pleistoceno Superior).

A análise integrada dos dados teóricos, cartográficos e de campo permitiu confirmar que a paisagem do Médio São Francisco pernambucano, especialmente nos municípios pernambucanos de Petrolina e Lagoa Grande, possui um expressivo registro de mudanças e flutuações climáticas quaternárias, evidenciando a forte interação existente entre clima, processos geomorfológicos e estrutura geológica.

Os resultados demonstram que os paleopavimentos detríticos, pedimentos e depósitos correlativos identificados na área analisada são testemunhos inequívocos de condições paleoclimáticas mais secas e severas que as atuais, especialmente durante o Pleistoceno Superior, com destaque para o Último Máximo Glacial. Tais feições referidas indicam a predominância de processos de degradação lateral (“sheet flood”) e intensa mobilização de detritos sob regime de baixa cobertura vegetal e aguaceiros fortes e concentrados, típicos de ambientes semiáridos a áridos.

Verificou-se também que as oscilações entre fases glaciais e interglaciais das áreas de latitudes médias promoveram uma alternância entre períodos secos e úmidos, refletindo-se diretamente na dinâmica geomorfológica da paisagem. Durante as fases secas, predominaram a pedimentação e a formação de superfícies aplainadas, enquanto nos períodos mais úmidos ou subúmidos ocorreram maior dissecação do relevo, sobretudo do paleopavimento detrítico examinado, intensificação da drenagem e desenvolvimento de solos.

A atuação de sistemas atmosféricos de grande escala, especialmente o Anticiclone do Atlântico Sul (AAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), mostrou-se fundamental tanto na configuração climática atual quanto na reconstrução dos cenários paleoclimáticos.

As evidências indicam que, durante as fases de resfriamento global, houve expressiva expansão das condições de semiaridez sobre o Nordeste brasileiro, enquanto períodos de aquecimento estiveram associados à relativa umidificação regional.

Além disso, as interpretações paleoclimáticas apresentadas contribuem para o debate contemporâneo sobre o aquecimento global, ao indicar que, no contexto do Nordeste brasileiro, períodos mais quentes no passado estiveram frequentemente associados a condições mais úmidas, e não necessariamente à desertificação, como muitas vezes se supõe.

Por último, destaca-se o importante potencial didático da área estudada, que reúne, em escala local, uma diversidade de evidências geomorfológicas e sedimentológicas capazes de subsidiar o ensino de Geografia Física, Paleoclimatologia e Geologia. A utilização dessas paisagens como laboratório natural favorece a aplicação do princípio do atualismo e contribui para uma compreensão mais crítica e integrada das dinâmicas ambientais pretéritas e atuais.

## REFERÊNCIAS

AB' SÁBER, A.N. **The paleoclimate and. Paleocology of Brazilian Amazônia.** In: Prange , G.T. Biological Desertification in the tropics. New York, 1982.

ANDRADE, G. O. de.; LINS, R. C. Os Climas do Nordeste. Recife: UFPE – DGC/NAPA. Notas e Comunicações de Geografia, Série B, Textos Didáticos nº 11, 1999.

BARRETO, A. M. F. **Interpretação paleoambiental do sistema de dunas fixadas do médio Rio São Francisco,** Bahia. 1996. 174p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. **Contribuição ao Estudo do Quaternário Brasileiro.** Tradução Rachael Caldas Lins e Lucivânio Jatobá. Recife: UFPE, Diretório Acadêmico de Geografia, Teorias Geográficas, v. 1, 1992. 33p.

BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.Xavier da. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. Bol. Paran. Geografia, nº 16 e 17, p. 43- 84, jun. 1965.

BIGARELLA, J. J. **Variações climáticas no Quaternário Superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método do Carbono 14.** São Paulo, USP, Instituto de Geografia. Paleoclimas (1), 1975.

BOMVENTI, T. N.; WAINER, I. E. K. C.; TASCETTO, A. S. **Relação entre a Radiação de onda longa, Precipitação e Temperatura da Superfície do Mar no Oceano Atlântico Tropical.** Revista Brasileira de Geofísica. V. 24 (4), p.513-524, 2006

CABRAL, C. J. Caracterização paleoclimática e paleoambiental do Campo de Dunas de Petrolina em Pernambuco: um subsídio para a reconstituição do Submédio São Francisco. 2014. 152p. **Dissertação (Mestrado em Geografia) - Pós-Graduação em Geografia,** CFCH, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

CAVIEDES, C. N. El Niño in History: Storming through the ages. University Press of Florida, Gainesville, 2001. 275p.

GURJÃO, C. D. de S. et al. **Influência dos Enos (El Niño – Oscilação Sul) no regime hidrológico do rio São Francisco: uma análise em regiões com fortes pressões**

antrópicas. **Rev. Brasileira de Geografia Física**, n. 4, p. 774-790, 2012. [on line – [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)].

KANE, R. P. Limited effectiveness of El Niños in causing droughts in NE Brazil and prominent role of Atlantic parameters. *Brazilian Journal of Geophysics*, v. 19 (2), p. 231-236, 2001.

JATOBÁ, L. A Geomorfologia. In: JATOBÁ, L.; LINS, R. C.; SILVA, A. F. (orgs.) **Tópicos Especiais de Geografia Física**. 2º ed. Petrolina – PE: Progresso, 2014. p. 11-30.

JATOBÁ, L. Estrutura e dinâmica atual de paisagens [livro eletrônico] / Lucivânio Jatobá e Alineurea Florentino Silva – 1.Ed. – Ananindeua: Itacaiúnas, 2017.

JATOBÁ, L. A. **Mudanças climáticas do Quaternário e suas Repercussões no Relevo do Mundo Tropical**. Coleção Mossoroense - Série B, n. 1238, 1993.

JATOBÁ, L.; SILVA, A. F.; GALVÍNCIO, J. D. **A dinâmica climática do Semiárido em Petrolina - PE**. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 10, n. 1, p. 136-149, 2017

LIRA, D. R. de. Evolução geomorfológica e paleoambiental das bacias do Riacho do Pontal e GI-8 no Sub-Médio São Francisco. 2014. 234p. Tese (Doutorado em Geografia) - Pós-Graduação em Geografia, CFCH, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

LYRA, L. H. de B. Dinâmica geomorfológica das ilhas do Massangano e Rodeadouro no alto submédio São Francisco. Tese (doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, 2017, 251p.

MELO, M. L. D. de.; MARENGO, J. A. **Simulações do clima do Holoceno Médio na América do Sul com o modelo de circulação geral da atmosfera do CPTEC**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 23, n. 2, p.191-205, 2008.

NUNES, F. B.; VILAS BOAS, G. da S.; SILVA, E. F. Mudanças climáticas e seus reflexos na paisagem do Quaternário: primeiras reflexões. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012, 24p. (Documentos/Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; n. 157 [acesso em <http://www.cnps.embrapa.br/publicações>].

PIMENTEL, F. V. Reconstrução da precipitação sobre o Nordeste brasileiro em função das temperaturas da superfície do mar durante o Holoceno. 2013. 95p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2013.

SILVA, D. N. F. da. Reconstrução da paisagem geomorfológica através da assinatura geoquímica dos eventos deposicionais da bacia do rio Capibaribe-Mirim, Pernambuco. 2012. 167p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Pós-Graduação em Geografia, CFCH, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

SILVA, V. de P. R. da. et al. Impacto do Fenômeno El Niño na Captação de Chuva no Semiárido do Nordeste do Brasil. *Proceedings of the 9th International Rainwater Catchment Systems Conference / Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva*. Petrolina, Brazil - July 6-9, 1999. ([http://www.abcmac.org.br/files/simpósio/2simp\\_vicente\\_impactodofenomenoelnino.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simpósio/2simp_vicente_impactodofenomenoelnino.pdf)).

SUGUIO, K. Mudanças Ambientais da Terra. São Paulo: Instituto Geológico, 2008. 336p.

SUGUIO, K. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais (presente + passado = futuro?). São Paulo: Paulo's, 1999. 366p.

VIANA, J. C. C. et al. Anomalia climática medieval e pequena idade do gelo: evidências através de registro de diatomáceas nos últimos 2000 anos no lago do Boqueirão, RN, Brasil. Anais do XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA / III Encontro do Quaternário Sulamericano/ XIII ABEQUA Congress – The South American Quaternary: challenges and perspectives. Armação dos Búzios, RJ, 2011. 5p.