

GEOMORFOLOGÍA Y CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA DE LA FRANJA SUR DEL LITORAL DEL ESTADO DE PARAÍBA – BRASIL

Prof. Dr. Max Furrier

Departamento de Geociências,
Centro de Ciências Exatas e da Natureza,
Universidade Federal da Paraíba

Resumen

Este trabajo abarca una caracterización geomorfológica y estructural de la franja sur del litoral de Paraíba – Brasil, compuesto por las cartas topográficas Pitimbu y Alhandra, donde el relieve presenta fuertes evidencias de control estructural y tectónico. Desde el punto de vista geomorfológico, el área en cuestión está asentada en las Bajas Mesetas Costeras y en las Tierras Bajas Litorales, siendo el primer compartimiento desarrollado, predominantemente, sobre los sedimentos mal consolidados de la Formación Barreiras y, el segundo, sobre sedimentos inconsolidados del Cuaternario. La Formación Barreiras reposa, de forma discordante, de oeste a este, sobre el embasamiento cristalino y sobre las rocas sedimentarias del Grupo Paraíba, dispuestas en la Cuenca Paraíba. A partir de levantamientos cartográficos, interpretaciones de imágenes de satélite y de radar, observaciones en campo y de la integración e interpretaciones obtenidas, se puede concluir que las reactivaciones pos-cretácicas constituyen el factor más importante en la configuración morfológica del área. Estas reacciones fueron responsables por levantamientos distintos y basculamientos de superficies geomorfológicas, además de crear numerosos y extensos fallamientos que dinamizaron entalles y orientaron disecciones, definiendo la configuración y la compartimentación actual del relieve del área.

Palabras clave: Cartografía Geomorfológica, Formación Barreiras, Mesetas Costeras, Tectónica

Abstract

This work encompasses a geomorphological and structural characterization of the the southern coastal fringe of Paraíba - Brazil, covered by topographic charts Pitimbu and Alhandra, wherein the relief presents strong evidence of structural and tectonic control. From the geomorphological perspective, the study area lies on the Coastal Tablelands and coastal lowlands, being the first compartment primarily developed on the poorly consolidated sediments of the Barreiras Formation, whereas the second is mostly composed of Quaternary sediments. The Barreiras Formation lies in unconformity over the crystalline basement and sedimentary rocks of the Paraíba Group, which comprises the Paraíba Basin. Following cartographic and aerophotogrametric surveying coupled with radar and satellite imagery interpretation, fieldwork, and the integration of borehole cores, it was possible to conclude that the post-cretaceous reactivations play a major role in the morphological configuration of the study area. These tectonic processes were responsible for distinct uplifting and tilting of geomorphological surfaces, as well as created several extensive fault-lines, which have hat-streamlined slots and guided dissections, setting the configuration and the current partitioning of relief of the area.

Keywords: Geomorphological Mapping, Barreiras Formation, Coastal Tablelands, Tectonics.

INTRODUCCIÓN

En virtud de la complejidad natural y del nivel de intervención humana en la organización del espacio geográfico del ambiente costero, este segmento del relieve viene logrando cada vez mayor atención en cuanto el sostenimiento de su equilibrio, y que acaba llevando la necesidad de un conocimiento detallado de sus estructuras y de fuerzas que intervienen en el ajuste de sus formas (Feitosa, 1996).

Es en este contexto que la Geomorfología es empleada, pues son las formas del relieve, tanto en su génesis como en su evolución, y su objetivo de estudio. Si bien el relieve, en una rápida observación, parezca ser un componente estático del medio, está en constante proceso de evolución, con evidencias variadas, interactuando, en todo instante, con los demás componentes.

Diversas entidades han utilizado tangencialmente la información geomorfológica con diferentes propósitos, en algunos casos solo con el objeto de cumplir un requisito de los informes geológicos y de ingeniería. La necesidad de llevar a cabo planes de planificación ambiental y ordenamiento territorial y conocer la estructura del relieve y no solamente sus formas superficiales ha permitido vislumbrar el valor que tiene la geomorfología, no solo por la información que proporciona, sino también porque facilita la tarea de definir zonas morfoestructurales homogéneas y su mapeo (Carvajal, 2012).

La geomorfología es la ciencia que trata de la descripción, génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas del terreno y su estrecha relación con las estructuras infrayacentes. Por lo tanto, es innegable la influencia del sustrato rocoso, sus estructuras deformacionales, antiguas y actuales, y la tectónica, porque la estabilidad geológica es hoy concebida como apenas relativa, o sea, no hay área en el mundo donde sea plenamente estable del punto de vista sísmico y tectónico.

A través de este trabajo, se pretende contribuir para un mejor conocimiento de la dinámica de los procesos geomorfológicos y estructurales y su relación con la tectónica en las Bajas Mesetas Costeras y en las Tierras Bajas Litorales de parte del Estado de Paraíba, fortaleciendo, así, datos que puedan servir de ayuda para futuros proyectos de planificación ambiental, territorial y para futuras investigaciones que envuelvan esa fracción del estado.

Localización del área de estudio

El área de estudio está localizada en la porción sur del litoral del Estado de Paraíba, comprendiendo toda el área inmersa de las cartas topográficas Pitimbu y Alhandra, ambas de escala 1:25.000. Esta área es delimitada, al norte, por el paralelo 7° 22' 30" S y al sur, por el paralelo 7° 30' S, siendo su límite al oeste el meridiano 35° 00 W. El límite oriental es con el Océano Atlántico. El área de estudio tiene, aproximadamente, 285 km², con extensión norte-sur de 14 km y oeste-este de 22 km (Figura 1).

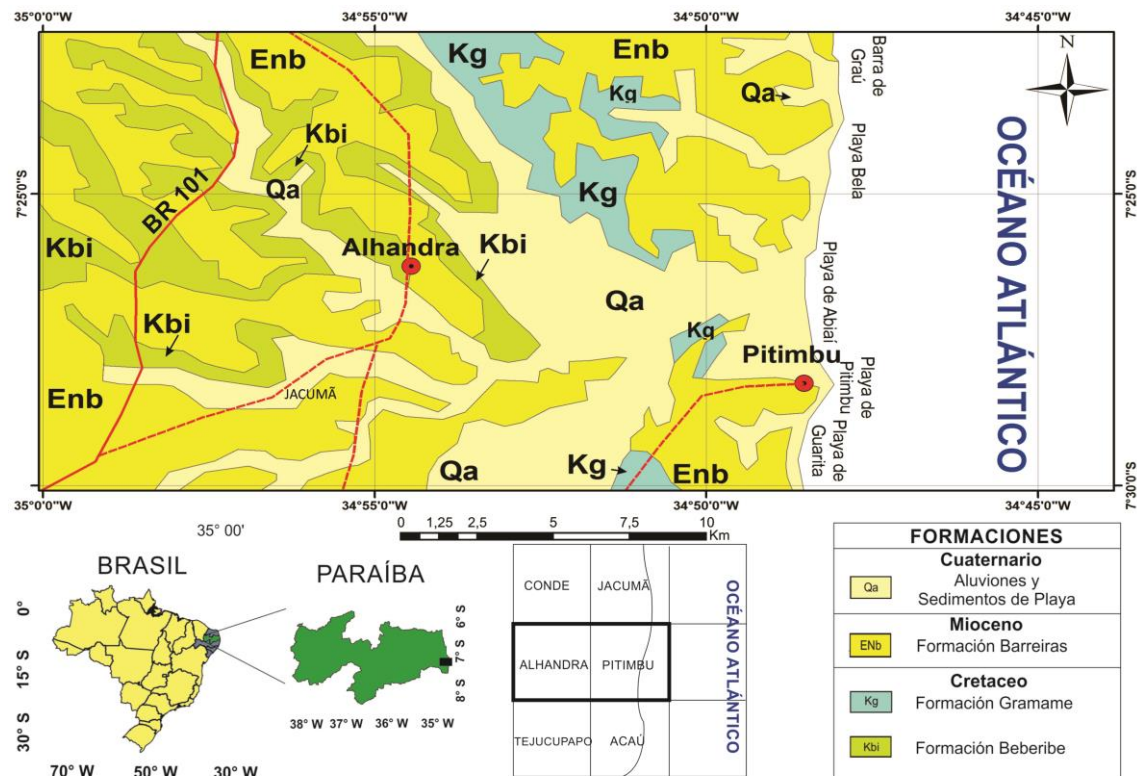


Figura 1 – Localización del área de estudio y sus respectivas formaciones geológicas (Adaptado de Brasil, 2002)

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y TECTÓNICA

El área de estudio está localizada integralmente en la Cuenca Paraíba, última porción de la Plataforma Sur-Americana que se separó del continente africano, durante la abertura del Océano Atlántico (Françolin; Szatmari, 1987). Esta cuenca es subdividida en subcuencas, estando el área de estudio localizada, en su totalidad, en la Subcuenca Alhandra.

La capa sedimentaria basal de la Cuenca Paraíba fue denominada, la primera vez por Kegel (1957), para designar el afloramiento fosilífero que ocurre en el valle del Río Beberibe. Esta formación reposa, de forma discordante, sobre el embasamiento cristalino précambrio (Mabesoone; Alheiros, 1988). La Formación Beberibe es, predominantemente, constituida de areniscas cuarzosas, compactas, carbonáticas, de medio a grueso y presenta un espesor máximo de aproximadamente 280 m (Amaral; Menor; Santos, 1977).

En el área de estudio, ocurren afloramientos relativamente extensos de la Formación Beberibe, siempre condicionados a valles fluviales que, por su acción hidráulica, erosionó las formaciones sedimentarias superiores exhumando esta formación. Las principales áreas de afloramiento ocurren en los valles de los ríos: Aterro, Taperubus, Papocas y Sal Amargo.

La Formación Gramame es la primera unidad carbonática de dominio marino y reposa concordantemente sobre la Formación Beberibe. Esta denominación fue utilizada, la primera vez, por Oliveira (1940 *apud*. BARBOSA *et al.*, 2003), para designar el afloramiento de calizas margosas en el valle del Río Gramame, al sur de João Pessoa.

Esta formación representa una transgresión marina sobre los sedimentos clásticos continentales/litorales de la Formación Beberibe que ocurre de forma rápida, que no muestran aumento del nivel del mar, más, si, una alta tasa de subsidencia del terreno que permitió que el área, hasta entonces encima del nivel del mar, fuese abajo, permitiendo el avance marino sobre la cuenca (Barbosa *et al.*, 2003). Predominan espesores inferiores a 55 m, de los cuales más de dos tercios son representados por calizas arcillosas grises (Leal e Sá, 1988). Es intensamente explorada, en el área de estudio por la fábrica de cemento Votorantin.

Aflora, en el área de estudio, principalmente, en los valles fluviales, que, debido a la acción hidráulica, erosionó las formaciones suprayacentes, exhumando la Formación Gramame. Las principales áreas de afloramiento son: margen izquierda del valle del Río Aterro y Abiaí. Pozos perforados por empresas particulares prueban la ausencia de calizas al oeste de la autopista BR 101. Tal ausencia refleja la no deposición de la Formación Gramame en esta área o la deposición y posterior erosión por exposición subaérea, característica de un evento regresivo del nivel del mar.

La Formación Maria Farinha representa la continuación de la secuencia calcárea de la Formación Gramame, siendo diferenciada de la última no por las características litológicas o estratigráficas, sino, por el contenido fosilífero, que es considerado de edad paleocénica-eocénica inferior (Mabesoone, 1994).

La Formación Maria Farinha fue depositada en un ambiente marino raso regresivo, siendo constituida, principalmente, por calizas dolomíticas muy fosilíferas. Presenta un espesor máximo de 35 m, probablemente debido a la erosión por la exposición subaérea anterior a la deposición de los sedimentos continentales de la Formación Barreiras que la cubre discordantemente (Leal e Sá, 1988).

La Formación Barreiras es una unidad litoestratigráfica compuesta por sedimentos clásticos, pobres en contenido fosilífero y mal consolidados que ocurren, casi ininterrumpidamente, aflorando a lo largo de la costa brasileña, desde el Estado de Amapa hasta el norte del Estado de Rio de Janeiro. Corresponde a areniscas, limolitas, arcillolitas y conglomerados, frecuentemente lenticulares, formando acantilados, en grandes segmentos, principalmente en el litoral nordeste.

Los sedimentos de la Formación Barreiras provienen básicamente de los productos resultantes de la acción de la meteorización sobre el embasamiento cristalino, localizado más hacia el interior del continente que, en el Estado de Paraíba, serían las rocas cristalinas de la Serranía de la Borborema.

La Formación Barreiras se depositó, de forma discordante, de oeste a este, sobre el embasamiento cristalino y sobre las Formaciones Beberibe, Formación Gramame y Formación Maria Farinha. Al oeste de la autopista BR 101 no hay evidencias de la deposición de la Formación Gramame comprobada por pozos perforados. En este sector la Formación Barreiras reposa directamente sobre la Formación Beberibe. Ya en la porción centro-este, reposa sobre las formaciones Gramame y Maria Farinha cuando está no había sido plenamente erosionada por la brecha deposicional que presidió la deposición de la Formación Barreiras. (Figura 2).

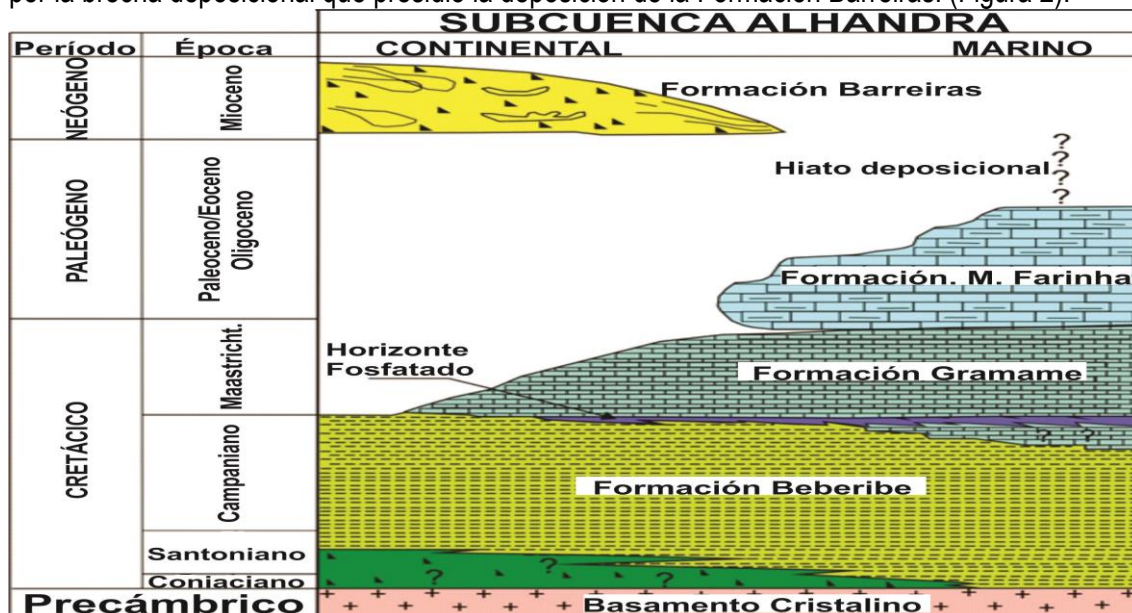


Figura 2 – Columna estratigráfica esquemática de la Cuenca Paraíba en el segmento de la Subcuenca Alhandra (Modificado de Barbosa *et al.*, 2003)

El espesor de la Formación Barreiras en el Estado de Paraíba es bastante variable, alcanzando espesores máximos entre 70 y 80 m (Leal e Sá, 1998). En el fin del ciclo deposicional, el espesor de este paquete sedimentario era, probablemente, muy superior al actual, por tratarse de un ambiente dominado por procesos denudacionales, desde el Plioceno si se toma en consideración la edad propuesta de Arai *et al.* (1988) que es del Mioceno. Los diferentes espesores ahora verificados están siendo explicados, recientemente, por estudios de tectónica regional cenozoica originadas por reactivaciones de las antiguas fallas en el embasamiento cristalino del Proterozoico (Brito Neves *et al.* 2004).

Los depósitos cuaternarios abarcan una fracción considerable del área de estudio, estando bien preservados, en algunos segmentos, y extremadamente ocupados y descaracterizados por la acción antrópica, entre otros. Estos depósitos pueden ser divididos en dos grandes bloques: depósitos marinos/transicionales y depósitos continentales. Los depósitos marinos/transicionales identificados en el área son los siguientes: terrazas marinas pleistocénicas, planicies marinas holocénicas, arrecifes rocosos (*beach rocks*), arrecifes coralinos, depósitos de manglar y arenas de playa. Los depósitos continentales identificados son: depósitos coluviales, conos de deyección, dunas inactivas y depósitos aluviales.

Tectónica

Datos históricos e instrumentales, han demostrado que en la Región Nordeste es una de las regiones que presenta mayor actividad sísmica del país. Los estudios sismológicos y de neotectónica más recientes se concentran en la porción septentrional del Nordeste. Se concluyó que la sismicidad en la región ocurre como enjambres de terremotos, que duran varios años y están concentrados en la porción superior de la corteza terrestre, entre 1 y 12 km. El mejor ejemplo estudiado ocurrió cerca de João Câmara-RN, donde fue registrada una secuencia de más de 40.000 temblores entre 1986 y 1989 (Saadi *et al.*, 2005).

Análisis de pozos perforados en la Cuenca Paraíba, en el área de estudio, fueron realizados por Araujo (1993), Leal e Sá (1998) y Barbosa *et al.*, (2003). En todos los trabajos se constató una gran variación en las cotas de los niveles de las calizas de la Formación Gramame, sugiriendo la existencia de fallas con considerables saltos, que pueden afectar, de manera sustancial, las mesetas sobrepuestas.

La compartimentación geomorfológica del área de estudio está profundamente relacionada con esfuerzos tectónicos regionales distensionales generados por el alejamiento de la Plataforma Sur Americana en relación al continente africano. Más recientemente, investigaciones apuntan que eventos tectónicos cenozoicos tienen gran importancia en la configuración del relieve actual. Estos eventos tectónicos fueron ignorados en el pasado, más vienen siendo comprobados por varios investigadores. Bezerra *et al.* (1998 y 2001), Bezerra y Vita Finzi (2000), Barreto *et al.* (2002) y Brito Neves *et al.* (2004). Han mostrado la existencia interesante e importante de movimientos tectónicos, no solamente distensionales, sino, también, gravitacionales, durante la Era Cenozoica, en la costa de la Región Nordeste de Brasil y su retaguardia.

La compartimentación de las Bajas Mesetas Costeras en distintos niveles topográficos ya había sido constatada en las mesetas del Estado de Sergipe, también en la Región Nordeste por Ponte (1969) y Leite (1963). Estos investigadores observaron que la superficie de las mesetas se presentaba quebrada por fuertes desniveles, delimitando niveles paralelos, sugiriendo reactivación de fallamientos.

FUNDAMENTOS TEÓRICO METODOLÓGICOS

Geomorfología y Cartografía Geomorfológica

Penck (1953) observó que las actuales formas del relieve terrestre son resultado de dos fuerzas antagónicas, que actúan de forma simultánea durante todo el proceso de formación. Estas fuerzas son denominadas endógenas y exógenas. Las fuerzas endógenas son originadas al interior de la Tierra y generadas por la desintegración de elementos radioactivos. Las fuerzas exógenas son controladas por la fuerza electromagnética emitida por el sol que actúa directamente en la dinámica de la atmósfera y de los océanos.

Fundamentándose en los conceptos de Penck (1953), Mescerjakov (1968) estableció los conceptos de morfoestructura y morfoescultura, fortaleciendo, con eso, una nueva dirección teórico-metodológica a los estudios geomorfológicos. Mescerjakov (*op cit.*) estableció una clasificación del relieve terrestre en dos categorías genéticas principales necesarias en el análisis geomorfológico. Estas categorías son: la morfoestructura y la morfoescultura.

Las morfoesculturas corresponden a las características del relieve generadas sobre las morfoestructuras, a través de los procesos exógenos. El modelado del relieve es generado por la acción de las características ambientales pretéritas y actuales que dejan sus marcas en la superficie de las morfoestructuras. Se caracterizan como morfoesculturas altiplanos, sierras, mesetas, planicies.

Apoyado en esos fundamentos, todo el relieve de la Tierra, cualquier que sea su dimensión, tiene una influencia de la estructura que le impone un comportamiento morfoestructural y también la influencia del ambiente pretérito y actual que determina el patrón morfoescultural. Esta metodología de investigación geomorfológica es la propia expresión redimensionada de las ideas de Penck (1953) sobre los procesos endógenos y exógenos.

Basado en esos conceptos, Mescerjakov (1968) establece una jerarquización para la clasificación del relieve, creando un nuevo planteamiento metodológico para la investigación geomorfológica. Ross (1992) propone una nueva metodología para la cartografía geomorfológica. Su fundamentación teórico-metodológica es basada en los conceptos de Penck (1953) y Mescerjakov (1968).

Basándose en los conceptos y fundamentaciones teórico-metodológicas citadas, Ross (1992) estableció dos niveles jerárquicos de entendimiento para el relieve: el primer taxón que es también el mayor, se denomina morfoestructura, y el segundo definido por un taxón menor, son las unidades morfoesculturales, generadas por la acción climática, desencadenadora de los más variados procesos en el interior de la unidad morfoestructural, a lo largo del tiempo geológico.

En la representación cartográfica cada unidad morfoestructural es indicada por una familia de colores, como verde y rojo, por ejemplo. Cada variación de tonalidad de esos colores indicará una unidad morfoescultural.

En una determinada unidad morfoescultural, se observan conjuntos de formas menores del relieve que presentan distinciones de apariencia entre sí en función de la rugosidad topográfica o del índice de disección del relieve, bien como la formación de ápices, pendientes y valles de cada patrón existente. A ese tercer taxón, incorporado en una determinada unidad morfoescultural y de dimensión inferior, se le da el nombre de Patrones de Formas del Relieve. Los Patrones de Formas del Relieve pueden ser formas de acumulación, como las planicies fluviales y marinas, o formas oriundas de procesos denudacionales, como colinas, lomeríos, mesetas, entre otras. Son delimitados en el mapa geomorfológico y representados por conjuntos de letras-símbolo mayúsculas y minúsculas (Cuadro 1).

Cuadro 1 – Patrones de Formas del Relieve.

FORMAS DE DENUDACIÓN	FORMAS DE ACUMULACIÓN
----------------------	-----------------------

D – DENUDACIÓN Da – Formas con ápices aguzados Dc – Formas con ápices convexos Dm – Formas en mesetas De – Formas de escarpes Dv – Formas de vertientes	A – ACUMULACIÓN Apf – Formas de planicie fluvial Apm – Formas de planicie marina Apl – Formas de planicie lacustre Api – Formas de planicie intermareal Ad – Formas de campos de dunas Atf – Formas de terraza fluvial Atm – Formas de terraza marina
--	--

Fuente: Adaptado de Ross (1992)

Debido a la disminución de la escala para el presente artículo fueron elaboradas nuevas nomenclaturas de formas de denudación y de acumulación que pudiesen ser lo más fidedignas con lo que fue encontrado y, consecuentemente cartografiado. Para las formas de denudación, fue incorporado el término formas con ápices semiconvexos (Dsc), siendo el más apropiado para las formas de relieve encontradas entre el valle del Río Graú y la depresión de Abiaí. Para las formas de acumulación fueron incorporados nuevos términos que no son aglutinaciones de los términos ya propuestos por Ross (1992) y la incorporación de formas de acumulación coluviales. Estas aglutinaciones fueron necesarias debido a la escala adoptada para este artículo, pues en algunos casos no fue posible separar, por ejemplo, terraza fluvial de planicie fluvial, terraza marina de planicie marina, depósito de coluvio de terraza fluvial. Por tanto, los nuevos términos adoptados fueron: formas de terraza y planicie Marina (Atpm), formas de depósitos de coluvio, terraza y planicie fluvial (Actpf), formas de depósito de coluvio y terraza fluvial (Actf).

Los Patrones de Formas del Relieve son acompañados de un conjunto de algoritmos arábigos, de acuerdo con una matriz elaborada cuyas columnas indican el grado de incisión de los valles y, las filas, la dimensión interfluvial media (Cuadro 2). Las formas agradacionales no reciben los algoritmos arábigos, pues no representan disección por procesos erosivos.

El cuarto taxón en orden decreciente, se caracteriza por los Tipos de Formas del Relieve individualizados, dentro de cada Patrón de Forma del Relieve. Los Tipos de Formas del Relieve, tanto pueden ser las de denudación resultantes del desgaste por procesos erosivos, como colinas, cerros y crestas, como las de agradación, por ejemplo las planicies lacustres, fluviales y marinas. Los Tipos de Formas del Relieve presentan semejanzas entre si tanto en la morfología en cuanto la morfometría, o sea, forma y tamaño.

Cuadro 2 – Matriz de los índices de disección del relieve.

DIMENSIÓN INTERFLUVIAL MEDIA (clases)	MUY GRANDE (1) > 1.500m	GRANDE (2) 1.500 a 700 m	MEDIA (3) 700 m a 300 m	PEQUEÑA (4) 300 a 100 m	MUY PEQUEÑA (5) < 100 m
INCISIÓN MEDIA DE LOS VALLES (clases)					
MUY DÉBIL (1) < 20 m	11	12	13	14	15
DÉBIL (2) 20 a 40 m	21	22	23	24	25
MEDIA (3) 40 a 80 m	31	32	33	34	35
FUERTE (4) 80 a 160 m	41	42	43	44	45
MUY FUERTE (5) >160 m	51	52	53	54	55

Fuente: Adaptado de Ross (1996)

La representación cartográfica del cuarto taxón (Tipos de Formas del Relieve) se hace en conjunto con la representación del tercer taxón (Patrones de Formas del Relieve). Un Patrón de Forma del Relieve tipo Dm 41 es constituido por relieve denudacional de forma de mesetas con incisión fuerte de 80 a 160 m y dimensión interfluvial muy grande > 1.500 m.

El quinto taxón en orden descendente, corresponde a las pendientes o sectores de pendientes que componen los Tipos de Formas del Relieve Individualizadas. Una pendiente, o mismo sector de pendiente es individualizado por las características geométricas, genéticas y dinámicas. Debido a las propias dimensiones de las pendientes o de sus sectores, el quinto taxón solo puede ser representado cartográficamente en escalas grandes, mayores o iguales a 1:25.000. El sexto taxón, en orden descendente, representa las menores formas mapeables. Son formas producidas por los procesos erosivos por agentes naturales, tales como: hondonadas, cárcavas, cicatrices de deslizamientos, bancos de sedimentación actual y, las formas antrópicas, como cortes, aterramientos, derribamientos de colinas, entre otras (Figura 3).

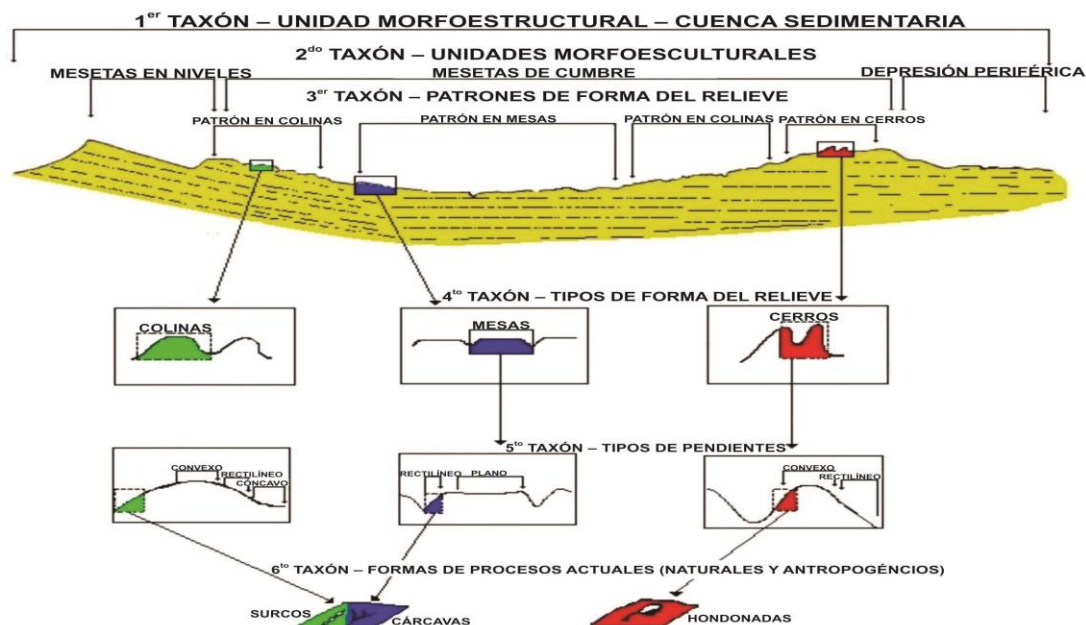


Figura 3 – Unidades taxonómicas de clasificación del relieve (Modificado de Ross, 1992)

La representación cartográfica del sexto taxón posee los mismos problemas descritos en el quinto taxón, o sea, solamente pueden ser representados en escalas grandes, en las cuales la fotografía aérea y las imágenes orbitales de alta resolución son herramientas indispensables. Su representación cartográfica, cuando es posible, es hecha a través de símbolos.

Procedimientos Técnico-Operacionales

La técnica utilizada para la elaboración de la plancha geomorfológica consistió, básicamente, en dos fases. La primera fase fue la elaboración de las planchas hipsométrica y de inclinación de las pendientes para generar formas precisas del relieve en cuanto su altimetría e inclinación de sus pendientes. Para elaborar estas planchas temáticas básicas fue utilizado el software libre Spring 5.1.7. Las dos planchas topográficas que abarcan el área de estudio fueron escaneadas y vectorizadas en todo su contenido como: curvas de nivel, hidrografía, entre otros.

Se optó por la vectorización de las dos cartas topográficas 1:25.000, por las mismas presentar curvas de nivel con equidistancia de 10 m, obteniendo un detalle bastante preciso del relieve, muy superior a las imágenes obtenidas por el Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM). Para la comparación, también fueron generadas las mismas cartas con imágenes (SRTM), con resolución de 30 m y los resultados fueron muy inferiores a los obtenidos con la vectorización de las respectivas cartas topográficas que fueron elaboradas por

aerofotogrametría, aereotriangulación e interpolación de las cotas altimétricas definidas en campo.

Sobreponiendo las informaciones obtenidas con las cartas topográficas y con las planchas hipsométrica y de inclinación de las pendientes elaboradas como documentos auxiliares fue elaborada la plancha geomorfológica y posteriormente su interpretación.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La Depresión de Abiaí, localizada en el centro-este del área, constituye un importante compartimiento morfológico de la región. Su origen está relacionado con la intensa erosión de la Formación Barreiras y disolución de las calizas de la Formación Gramame. Estos procesos fueron acelerados por fallas y fracturas, que condicionaron la red de drenaje constituida por varios ríos y arroyos que convergen directamente para la depresión (Figura 4). Probablemente, esta intensa actividad hidráulica, resultante de la convergencia de la red de drenaje local, provocó una acelerada erosión en esta región. Otro hecho que refuerza esta interpretación es la existencia de extensos afloramientos de la Formación Gramame en las pendientes hacia la depresión (Figura 1), que también ocurre en pequeñas colinas testigos y otras elevaciones en el interior de la misma. Estas evidencias sugieren un origen denudacional de la depresión y no por tectónica. Mientras que la configuración de la red de drenaje verificada, no puede ser explicada, exclusivamente por el factor climático.

En la meseta donde se encuentra parte del casco urbano de Pitimbu y la cuenca del Arroyo Engenho Velho, se evidencia un considerable basculamiento. Las evidencias que corroboran este basculamiento, con un levantamiento menos acentuado de la porción nort-noreste de esta meseta, están presentes en las cotas altimétricas, que decrecen del suroeste al noreste respectivamente, de 63 a 40 m (Figura 4). Otro aspecto que apoya este probable basculamiento tectónico es el cambio brusco de dirección del Arroyo Engenho Velho, que de bajo a medio curso, tiene dirección este-oeste, y a partir de allí, cambia bruscamente su dirección a norte-sur (Figura 4). Si no hubiese ocurrido un levantamiento más pronunciado en el sector sur-suroeste de esta meseta, probablemente el Arroyo Engenho Velho se desarrollaría según la misma dirección del bajo y medio curso, una vez que la litología aguas arriba de este punto es la misma.

Esta misma meseta, donde se localiza parte de los cascos urbanos de Pitimbu y Taquara, presenta sus pendientes en dirección hacia el Lago de Frazão más pronunciadas y con cursos de agua más desarrollados que las pendientes de la meseta localizada al norte de este lago. Esta característica corrobora la idea de un levantamiento diferenciado entre las mesetas localizadas al norte y al sur de Lago de Frazão (Figura 4).

El Río Aterro, que por su rectilineidad singular está subordinado a una falla de dirección NNO-SSE, y posee su nacimiento próxima a los niveles más elevados de toda el área de estudio. El Río Aterro parece encajar en los casos "valle de línea de falla", o sea, ríos que siguen exactamente la línea de fallamiento siendo muy rectilíneos (Penteado, 1974) (Figura 4).

Las terrazas estructurales formadas por la diferencia litológica entre la Formación Barreiras y la Formación Gramame (Figura 1) pueden ser vistas en las pendientes en dirección a la Depresión de Abiaí (Figura 4). La evolución denudacional de la Depresión de Abiaí es comprobada, en parte, por afloramientos de la Formación Gramame que afloran en segmentos de las pendientes hacia esta depresión. Se observa la formación de estas terrazas estructurales debido a la diferencia de resistencia litológica entre las areniscas mal consolidadas de la Formación Barreiras y las rocas calizas más duras de la Formación Gramame.

En el interior de la Depresión de Abiaí son encontradas pequeñas colinas de calizas de la Formación Gramame, más, en la escala empleada, no fue posible mapearlas. Como ya se describió esas colinas, prácticamente, prueban el origen denudacional de esta depresión, pues las calizas son del Cretáceo que se encuentra debajo de la Formación Barreiras.

Al este del área de estudio, fue identificado un distinto Patrón de Forma del Relieve, con ápices en forma de mesetas e índice de disección 32 (Dm 32). El punto culminante de esta área es de 64 m y las incisiones fluviales predominantes giran alrededor de los 45 m. La dinámica fluvial bastante compleja de esta área aislada en un compartimiento de relieve autónomo, formó una "isla" rodeada por el Lago do Frazão, en un afluente del Río Abiaí (Figura 4).

La elaboración de la plancha geomorfológica por si sola fue un importante instrumento de caracterización del relieve. Representa una síntesis de la geomorfología descrita, bien como, un valioso instrumento para investigaciones futuras, tanto en la propia área de la geomorfología, como en áreas relacionadas, además de poder ser una importante herramienta en los estudios ambientales enfocados en la planificación territorial, ambiental, planes de ordenamiento territorial, bien como, para los Estudios de Impactos Ambientales (EIA) y Relatorías de Impactos Ambientales (RIMA) obligatorios en grandes obras de ingeniería en Brasil.

Los resultados alcanzados en este trabajo, estrictamente de naturaleza geomorfológica, pueden abrir nuevos campos de aplicación y de entendimiento en cuanto al desarrollo y la evolución del relieve y su relación con la morfoestructura y la tectónica reciente en áreas de margen continental pasiva. Además de detallar una metodología de cartografía geomorfológica que no se restringe apenas a las formas, sino también a la estructura geológica y a la morfometría del relieve. No hay como refutar que la disposición de la red de drenaje, las estructuras tectónicas típicas y las características morfológicas e hidrográficas distintas verificadas no están relacionadas a una tectónica sobresaliente y reciente en una margen continental dicha pasiva.

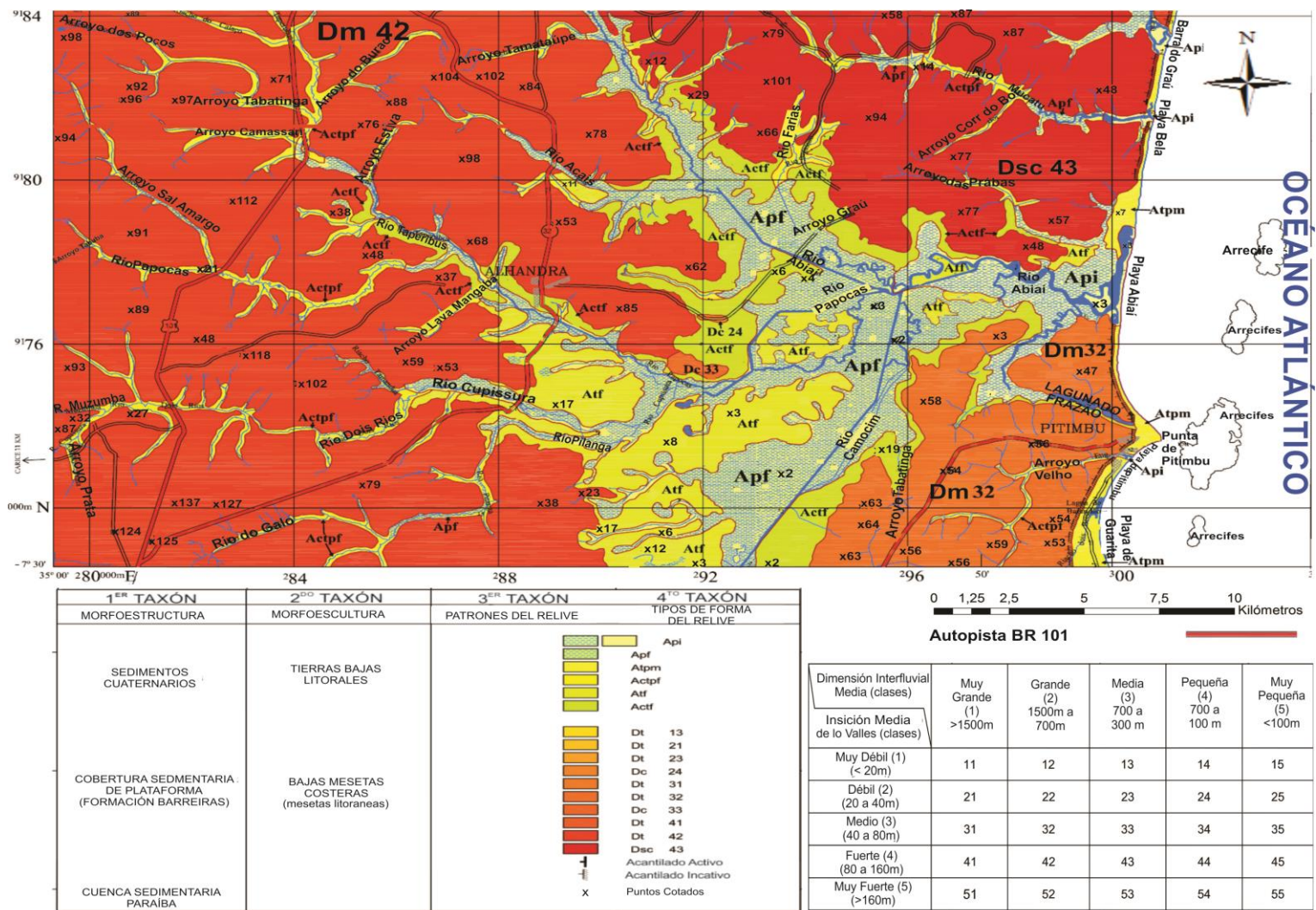


Figura 4 – Plancha Geomorfológica del área de estudio

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMARAL Rodrigues, Antônio José; MENOR Albuquerque, Edegar; SANTOS, Sílvio Antônio. Evolução paleogeográfica da seqüência clástica basal da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. En: *Simpósio de Geologia do Nordeste*, 8. (1977: Campina Grande, Brasil). Sociedade Brasileira de Geologia (1977). pp. 37-63.

ARAI, Mitsuru; UESUGUI, Namio; ROSSETTI, Dilce Fátima; GOES, Ana Maria. Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no Nordeste do Pará. En: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 35. (1988: Belém, Brasil). Sociedade Brasileira de Geologia (1988).2: pp. 738-752.

ARAÚJO, Magno Erasto. *Estudo geomorfológico do extremo sul do litoral da Paraíba*. 1993. 143f. Dissertação (Mestrado): Salvador: Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 1993. 143 f.

BARBOSA, José Antônio; SOUZA Moreno, Ebenezer; LIMA FILHO Ferreira, Mario; NEUMANN, Virgínio Henrique. A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. Estudos Geológicos CTG/UFPE, 13: 89-108, abril 2003.

BARRETO Franca, Alcina Magnólia; BEZERRA Rego, Francisco Hilário; SUGUIO, Kenitiro; TATUMI Hatsue, Sonia; YEE, Marcio; PAIVA Petruska, Rosemeire; MUNITA Sepúlveda, Casimiro. Late Pleistocene marine terrace deposits in northeastern Brazil: sea-level change and tectonic implications. Paleogeography, Paleoclimate, Paleoecology, 179: pp. 57-69, abril 2002.

BEZERRA Rego, Francisco Hilário; AMARO, Venerando Eustáquio; VITA-FINZI, Claudio; SAADI, Allaoua. Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. Journal South American Earth Science, 14: 61-75, abril 2001.

BEZERRA Rego, Francisco Hilário; VITA-FINZI, Claudio. How active is a passive margin? Paleoseismicity in northeastern Brazil. Geology, 28: 591-594, julho 2000.

BEZERRA Rego, Francisco Hilário; LIMA FILHO Pinheiro, Francisco; AMARAL Farias, Ricardo; CALDAS Oliveira, Luciano Henrique; COSTA NETO, Leão Xavier. Holocene coastal tectonics in NE Brazil. En: STEWART, Iain; VITA-FINZI, Claudio. (Eds.). *Coastal Tectonics*. Geologic Society London, Special Publication, 1998. pp. 279-293.

BRITO NEVES, Benjamin Bley; RICCOMINI, Cláudio; FERNANDES Gomes, Tânia Maria; SANT'ANNA Gomes, Lucy. O sistema tafrogênico terciário do saliente oriental nordestino na Paraíba: um legado proterozóico. Revista Brasileira de Geociências, 34 (1): 127-134, março 2004.

CARVAJAL Perico, José Henry. *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia*. Servicio Geológico Colombiano, 2012. 83p.

FEITOSA Cordeiro, Antônio. *Dinâmica dos processos geomorfológicos da área costeira a nordeste da ilha do Maranhão*. Tese (Doutorado). Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1996. 249 f.

FRANÇOLIN Lellis, João Batista; SZATMARI, Peter. Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. Revista Brasileira de Geociências, 17 (2): 196-207, junho 1987

KEGEL, Wagner. Novo membro fossilífero da Formação Itamaracá (Cretáceo Superior) de Pernambuco. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 3 (29): 373-375, dezembro 1957.

LEAL E SÁ, Luíson Tarcísio. *Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia Pernambuco-Paraíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa-PB*. 1998. 127f. Dissertação (Mestrado). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia, 1998. 148 f.

LEITE, Liliam Wanderley. Geomorfologia dos tabuleiros costeiros de Sergipe. En: Congresso Brasileiro de Geologia, 27. (1973: Aracaju, Brasil). Sociedade Brasileira de Geologia (1973). 1: pp. 373-384.

MABESOONE, Jannes Markus. *Sedimentary basins of northeast Brazil*. Recife: UFPE/CT/DG Publicação Especial n. 2, 1994. 310p.

MABESOONE, Jannes Markus; ALHEIROS, Margareth. Origem da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. Revista Brasileira de Geociências, 18 (4): 476-482, julho 1988.

MESCERJAKOV, Ju. P. Les concept de morphostruture et de morphosculture: un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. *Annales de Géographie*, 77 (423): 539-552, 1968.

PENCK, Walther. *Morphological analysis of landforms*. London: Macmillan and Co, 1953. 350p.

PENTEADO, Maria Margarida. *Fundamentos de geomorfologia*. Rio de Janeiro: FIBGE, 1974. 186p.

PONTE, Francisco Celso. Estudo morfo-estrutural da Bacia Sergipe-Alagoas. Boletim Técnico da Petrobrás, 12 (3): 439-474, outubro/dezembro 1969.

ROSS Sanches, Jurandyr Luciano. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. En: TEIXEIRA GUERRA, Antônio José; CUNHA Baptista, Sandra. *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. pp. 291-336.

ROSS Sanches, Jurandyr Luciano. O registro dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia da FFLCH/USP, 6 (1): 17-29, 1992.

SAADI, Allaoua; BEZERRA Rego, Francisco Hilário; COSTA Diniz, Ricardo; IGREJA Siqueira, Hailton Luiz; FRANZINELLI, Elena. Neotectônica da plataforma brasileira. In: SOUZA Gouveia, Célia Regina; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA Santos, Antônio Manuel; DE OLIVEIRA, Paulo Eduardo (Eds.). Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos, Editora, 2005. pp. 211-234.