

**SISTEMAS E AMBIENTES DENUDACIONAIS E AGRADACIONAIS, UMA PRIMEIRA APROXIMAÇÃO PARA O ESTADO DE RORAIMA, NORTE DA AMAZÔNIA**

**SYSTEMS AND DENUDATIONAL AND AGRADATIONAL ENVIRONMENTS, A FIRST APPROXIMATION FOR RORAIMA STATE, NORTH OF AMAZON**

**SISTEMAS Y AMBIENTES DENUDACIONAIS Y AGRADACIONAIS, UNA PRIMERA APROXIMACIÓN PARA EL ESTADO DE RORAIMA, NORTE DE LA AMAZONÍA**

Thiago Morato de Carvalho

Professor coordenador do Lab. de Métricas da Paisagem, Departamento de Geografia,  
Instituto de Geociências – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista.

thiago.morato@ufr.br

**RESUMO**

Este estudo discute a relevante interação entre os aspectos conceituais sobre sistemas e sua relação com a Geomorfologia, dando enfoque aos ambientes agradacionais e denudacionais, como critérios aplicados na caracterização fisiográfica da paisagem. A região aqui discutida, esta inserida dentro do domínio morfoclimático amazônico, no Estado de Roraima. As interpretações geomorfológicas foram baseadas em técnicas de sensoriamento remoto, utilizando imagens Landsat 7 (produto Geocover, 2000) e o modelo de elevação da SRTM, processadas pelo Lab. de Métricas da Paisagem (Geografia/UFRR). O Estado de Roraima, representando ~3% da Amazônia, insere-se como uma região que representa as mais variadas tipologias morfológicas do relevo e vegetação, distribuídos neste domínio morfoclimático. Abrange desde relevos baixos, arrasados por intemperismo químico profundo (etchplanação), com planícies fluviais bem desenvolvidas, das quais destacam-se os principais rios com pelo menos 17.500 km<sup>2</sup> de área úmida, o rio Branco sendo o principal com 3.400 km<sup>2</sup> de planície fluvial. Ocorrem formações de sistemas lacustres fluviais e desconexos destes, formando áreas periodicamente alagáveis, no lavrado e campinaranas, por exemplo no lavrado ocupam cerca de 832,627 km<sup>2</sup>, formando um sistema hidrogeoecológico interconectado por campos e veredas com 11.340 km<sup>2</sup> de extensão, constituindo morfologias típicas de sistemas agradacionais (deposicionais). Estes aspectos são de fundamental importância para se compreender a dinâmica hidrogeomorfológica de Roraima, empregada para dar mais subsídios na descrição da paisagem.

**Palavras-chave:** Sistemas, Geomorfologia, Roraima, Amazônia.

**ABSTRACT**

This study discusses the interaction between the relevant conceptual aspects of systems and its relation to the geomorphology, focusing on agradationals and denudationals environments, as criteria applied in physiographic characterization of landscape. The region discussed here, belong the Amazonian morphoclimatic domain, in the state of Roraima. Geomorphological interpretations of habitats were based on remote sensing using Landsat 7 (Geocover product, 2000 and the SRTM elevation, processed in the Lab. of Landscape Metrics (Geography/UFRR). The State of Roraima, representing ~ 3% of the Amazon, is included as a region with various morphological types of terrain and vegetation, distributed in this morphoclimatic domain. Ranges from low reliefs, downgraded by deep chemical weathering (etchplanation), with well-developed floodplains, of which we highlight the main rivers with at least 17,500 km<sup>2</sup> of wetland, the Branco river being the main one with 3,400 km<sup>2</sup> of floodplain area. Occur formations of river and lakes systems unconnected, forming periodically flooded areas in the lavrado and campinaranas, for example in the lavrado they occupy about 832.627 km<sup>2</sup>, forming a hydrogeoeological system interconnected by fields and veredas with 11,340 km<sup>2</sup> of area extension, constituting typical morphologies of agradationals systems. These aspects are of fundamental importance to understand the hydrogeomorphological dynamics of Roraima, to give more subsidies in the description of the landscape.

**Keywords:** Systems, Geomorphology, Roraima, Amazonian.

## RESUMEN

Este estudio analiza la interacción entre los aspectos conceptuales relevantes de los sistemas y su relación con la geomorfología, centrándose en ambientes agradacionais y denudationais, como criterios aplicados en la caracterización fisiográfica del paisaje. La región discutido aquí, esta implantado en la zona morfoclimática amazónica en el estado de Roraima. Interpretaciones geomorfológicas se basaron en la teledetección usando Landsat 7 (producto GeoCover, 2000) y el modelo de elevación SRTM, procesado por el Lab. de Métricas de la Paisaje (Geografía / UFRR). El estado de Roraima representa ~ 3% de la Amazonía, se incluye como una región que representa los diferentes tipos morfológicos de terreno y la vegetación, distribuida neste dominio. El rango va de bajo relieves, devastados por la meteorización química profunda (etchplanação), con llanuras fluviales bien desarrollados, de los que destacamos los ríos principales con al menos 17.500 km<sup>2</sup> de humedales, el río blanco siendo el principal con 3.400 km<sup>2</sup> de llanuras fluviales. Se producen formaciones de los sistemas fluviales y lacustres inconexas éstos, formando zonas inundadas periódicamente en la region del lavrado y campinaranas, por ejemplo, el lavrado ocupa 832.627 km<sup>2</sup>, formando uno sistema hidrogeoecológico interconectados por campos y veredas con 11.340 km<sup>2</sup> de extensión, constituyendo sistemas morfológicas típicas agradacionais (deposición). Estos aspectos son cruciales para entender la dinámica de hidrogeomorfológica de Roraima, que se utilizan para dar más subsidios en la descripción del paisaje.

**Palabras claves:** Sistemas, Geomorfología, Roraima, Amazônia.

## INTRODUÇÃO

### SOBRE SISTEMAS

A Teoria Geral dos Sistemas de Ludwig von Bertalanffy busca abranger todos os campos do conhecimento, uma visão transdisciplinar. Esta idéia se define como um complexo de componentes (variáveis) que interagem entre si, há uma complexidade entre os diversos fenômenos, sejam estes físicos, biológicos e inclusive os sociais. Deve-se analisar as questões resultantes das interações entre as partes, não apenas as partes e os processos isoladamente, deve-se adotar metodologias que analisa os processos em diversas escalas, seja em detalhes e concomitantemente, analisa-se o todo. As ciências devem estar interconectadas, sejam as sociais e as físicas, pois os processos ocorrem em diferentes escalas e em todos os meios, logo, há uma interação por todo o campo do meio ambiente, uma visão baseada na totalidade (holística). Para se analisar um sistema é importante observar vários aspectos, como: a matéria que corresponde ao material que vai ser mobilizado dentro do sistema; a energia que corresponde à força (cinética) que irá realizar o trabalho (funcionamento do sistema); como está organizado (estruturado), é o arranjo dos componentes no sistema e seu grau de conexão, que pode ser de ordem direta ou indireta; a variável escala irá definir a amplitude de ação da dinâmica do sistema, podendo variar em areal (espacial) e temporal; e análise das forçantes externas ao sistema, nos permitindo prever possíveis reações e adaptações do meio e detrimento as perturbações.

Porém, estas relações não são lineares, assim, uma mudança na morfologia (forma) pode alterar os fluxos de matéria e energia; e mudanças nos fluxos de energia podem alterar a morfologia (sua forma). Estas alterações, as quais são constantes, e previsíveis (probabilísticas), afetam a perspectiva de equilíbrio, o qual o sistema esta sempre em busca; sem estagnação. Porém, quando ocorre uma forçante externa com

intensidades além de o sistema ser capaz de absorver (grau de resiliência), este irá presenciar um distúrbio, o qual irá promover uma alteração no equilíbrio dinâmico do sistema, podendo ser caótico (imprevisível).

Este mecanismo chama-se de retroalimentação: retroalimentação direta, quando há relacionamento positivo, quando ocorre uma intensificação dos processos dinâmicos; retroalimentação negativa, quando uma alteração externa causa alterações no sistema visando extinguir ou estabilizar a mudança inicial (tido como a retroalimentação mais comum); retroalimentação neutra: quando o sistema não reage as perturbações externas. Quanto maior a capacidade do sistema em permanecer em estado de equilíbrio, ou seja, não reagir rapidamente (modificando-se) maior será a sua resiliência, ou seja, capacidade de se adaptar.

Na Geografia, a Teoria Geral dos Sistemas é traduzida na idéia de Geossistemas, sendo a totalidade aos estudos geográficos. Trata-se da relação dos estudos de sistemas ambientais, buscando analisar a interação das variáveis do meio físico, biológico e social. Outra relação imperativa a estes estudos é a dimensão espacial, seja areal e temporal. Na Ecologia a Teoria Geral dos Sistemas é vista no conceito de Ecossistemas; onde pode-se classificar os ambientes naturais, em detrimento das interações de troca de energia e matéria. Neste também é previsto as ações antrópicas, como forçantes externas a este meio. A ciclagem de nutrientes, por exemplo, é um sistema cíclico, onde ocorre a transformação de matéria em energia e vice versa.

Perante estas idéias, deve-se levar em conta que a análise de um sistema, deve-se levar em consideração sobre as probabilidades; vulnerabilidades; fragilidades dos ambientes, e que estes possuem uma dinâmica natural, que esta sempre em busca de um equilíbrio. Ocorrem constantes mudanças, as quais são adaptações do meio perante as constantes forçantes externas de matéria e energia para dentro do sistema. O que deve ser levado em consideração é a capacidade que o sistema possui em se adaptar a novas alterações, e se este irá reagir de forma rápida; neutra ou capaz de absorver por longo período temporal. Cabe ao geógrafo e profissionais de áreas afins analisar quais as variáveis de estado e de transformação estão operando no sistema, quais as variáveis importantes, e quais podem tornar um sistema frágil, vulnerável a alguma ação externa, por exemplo, a antrópica. Como um sistema natural pode reagir a um empreendimento? Qual a durabilidade (vida útil) deste empreendimento; qual sua escala espacial de ação? Quais as variáveis ambientais que serão afetadas? E como estas podem reagir a longo prazo? E por fim, quais as ferramentas, metodologias que podem ser utilizadas? Esta é a questão do Geógrafo nos estudos ambientais.

## **SISTEMAS AGRADACIONAIS E DENUDACIONAIS**

O Radambrasil, desde a década de 1970 tem sido a base para estudos relacionados à descrição dos recursos naturais no Brasil. Serve de base para levantamentos do meio físico e biótico, no entanto devido a escala de análise, deve-se ter uma precaução no uso desta base. O que tem provocado alguns erros referentes a descrição de habitats. Por exemplo, estudos que requerem escala de análise de maior detalhe, devem estar amparados por levantamentos mais detalhados, com base em novas ferramentas, principalmente às de

mapeamento com base no sensoriamento remoto. Além da atualização de técnicas de sensoriamento remoto, outra questão de fundamental importância são os aspectos metodológicos aplicados na descrição morfológica do relevo, o qual possui várias vertentes. Uma das vertentes utilizadas é de Tricart (1965) a qual foi utilizada no Radambrail. No entanto, dependendo da classificação utilizada, estas possuem divergências, o que pode ser minimizado com o uso de classificações do tipo morfo-genética, ou seja, atribuindo características da forma do relevo e sua origem. Este exemplo de classificação morfo-genética foi utilizada no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás (LATRUBESSE; CARVALHO, 2006). A importância deste tipo de classificação é a objetividade que é atribuído no mapeamento, não sendo apenas de toponímia, por exemplo: Planalto Sul-Rio Grandense, mas com uma conotação genética atribuindo uma característica evolutiva da paisagem, por exemplo, Superfícies Regionais de Aplainamento, indicando uma conotação evolutiva da paisagem e respectivos processos associados.

Produtos derivados de sensoriamento remoto, como dados geomorfométricos tem contribuindo significativamente para a descrição da morfologia do relevo (CARVALHO; BAYER, 2008; CARVALHO, 2009a). Tais métodos nos permite interpretar as morfologias do relevo através de formas denudacionais (processos predominantemente erosivos) e agradacionais (processos predominantemente acumulativos/deposicionais), além de outras variáveis importantes na análise fisiográfica da paisagem, por exemplo, através da rede de drenagem, classes altimétricas (fatiamento do relevo), declividade, perfis topográficos, sombreamento, estes são uns dos exemplos de variáveis topográficas diretas, além de outros parâmetros como índices relacionados a geometria (forma), por exemplo, variáveis morfométricas de lagos, bacias etc. São parâmetros quantitativos (parametrização do relevo) que permitem estabelecer outros índices associados, como a direção das encostas e o potencial de erodibilidade do solo por métodos indiretos, ou seja, variáveis topográficas indiretas.

Os sistemas denudacionais se subdividem com fraco ou imperceptível controle estrutural e com forte (ou marcante) controle estrutural. No caso dos sistemas denudacionais com forte controle estrutural podem ocorrer, por exemplo, blocos falhados e basculados, estratos dobrados gerados por corpos intrusivos, entre outros, como por exemplo, *hogbacks*, *cuestas* e facetas triangulares. Para os sistemas denudacionais com escasso ou imperceptível controle estrutural, pode-se subdividir em dois grandes grupos: sistemas denudacionais de dissecação e sistemas denudacionais de aplainamento. Os sistemas denudacionais de dissecação são os que predominam morfologias erosivas, por exemplo os atrelados a erosão linear (sulcos, ravinas), e formas convexas como morros (colinas) dissecados. As vezes são formas suavizadas, porém, com potencial energético de realizar trabalho, neste caso perceptível através de índices como o gradiente do relevo (grau de inclinação das encostas/vertentes), por exemplo, as feições de morros suavizados na superfície de aplainamento do lavrado, nordeste do Estado de Roraima, conhecidos como “tesos” (CARVALHO; CARVALHO, 2012a; CARVALHO; CAVALHO, 2015).

Dentre os sistemas agradacionais, têm-se em destaque os atrelados a áreas úmidas, por exemplo, os sistemas lacustres mantidos por sistemas fluviais ou por precipitação/oscilação do freático) e os sistemas fluviais, como rios (geralmente canais acima de segunda ordem) e canais de pequeno porte, os quais

possuem denominações regionais como córregos, igarapés, arrois (geralmente canais de primeira e segunda ordem). Estes sistemas agradacionais dependem de diversos fatores como topografia (gradiente/declividade), clima (precipitação), solos (textura), litologia (permeabilidade), tectônica (controle estrutural), dentre outras, principalmente os de ordem antrópica. São ambientes instáveis, os quais se modificam diariamente, nível de água por exemplo, e que serão discutidos mais adiante.

## GEOMORFOLOGIA E ÁREAS ÚMIDAS

As descrições da morfologia do relevo é imprescindível para identificarmos formas agradacionais, ou seja, morfologias típicas de acumulação (planícies fluviais; sistemas lacustres; aluviões); e formas denudacionais, morfologias típicas de processos erosivos (serras e morros o geral). Estes são ambientes, que em uma primeira aproximação, torna possível caracterizar do ponto de vista geomorfológico, a dinâmica das áreas úmidas, e tornando possível inferir sobre sua gênese, além de compreender demais processos e respectivas associações, por exemplo, com a fauna e flora. Estes dois sistemas independem da escala, podendo ocorrer morfologia típica agradacional de alguns metros quadrados a centenas de quilômetros quadrados, o mesmo ocorre para sistemas denudacionais. Também não são sistemas isolados, onde morfologias de agradação se formam comitantemente com as erosivas, o que leva-se em consideração é a predominância das morfologias. Estes sistemas também imprimem ideia de estabilidade/instabilidade local, o que pode levar a erros do intérprete, por exemplo, uma unidade com morfologia côncava a qual foi gerada por processos fluviais passados (paleocanais) colmatada por sedimentos aluvionares, dá a ideia de estabilidade local, porém temporária, deve ser levado em consideração que um sistema não é fixo, é dinâmico e está dependente de agentes externos (ventos, clima, fauna) e internos (tectônicos). Analisar estes sistemas é etapa fundamental para se caracterizar e compreender a dinâmica hidrogeomorfológica regional, assim como base para demais associações com outras ciências (ecologia; biogeografia; fitografia, engenharia ,etc.), conforme descrito por Latrubesse e Carvalho (2006).

Outra forma de se estudar as áreas úmidas buscando uma delimitação regional é através de bacias hidrográficas. São áreas de relevante importância para estudos ambientais, em especial os voltados para análises da dinâmica hidrogeomorfológica, por serem consideradas sistemas abertos, com entrada e saída de energia e matéria. Isso quer dizer que uma bacia hidrográfica recebe aporte de energia e matéria, convertendo-se, através da rede de drenagem, em uma máquina transformadora do modelado terrestre, removendo material sedimentar, nutrientes, água (etc.) através das vertentes (fluxos de água) para uma saída em comum (exutório). Os fluxos podem ser pela superfície, canalizados (rios, riachos, igarapés, arroyos – termos de cunho relativos a cultura regional), dispersos (laminares), em pequenos sulcos (temporários) ou gerando futuras ravinas e estágios iniciais de um novo canal incipiente (inicial); assim como pela sub-superfície, infiltrados nas camadas rasas (freático superficial), por dutos (*piping*), fluxos percolados nas rochas, camadas mais profundas (aquíferos), num processo de rebaixamento do relevo contínuo. Dependendo das características fisiográficas da bacia, estes processos são mais intensos em zonas de alta

energia (morfologias denudacionais – dominadas pelo controle estrutural – tectônico), ou com menor potencial energético, em zonas de baixa energia (morfologias agradacionais – controladas por sistemas fluviais–aporte sedimentar), acarretando em dinâmicas hidrossedimentar diferenciadas destes ambientes, sendo condicionantes às tipologias de áreas úmidas e respectiva dinâmica adaptativa da fauna e flora.

O transporte de sedimentos e materiais solúveis, que corresponde ao transporte fluvial de massa (matéria) numa bacia de drenagem, é o fator dominante no balanço hidrossedimentológico – equilíbrio dinâmico do que entra e sai no sistema. O material transportado pelo sistema de drenagem são por carga sedimentar de fundo (areias em forma de dunas – deslocadas ao longo dos canais), por suspensão (carga sedimentar suspensa no fluxo da água), por dissolução (nutrientes dissolvidos na água).

Alterações naturais, como clima e reajuste morfológico constante do canal, além da ação antrópica, alteram o perfil dinâmico de estado “equilibrado” do sistema. Isso promove modificações no fluxo energético de saída, assim como novos aportes de matéria (sedimentos). Estas modificações exigem que o sistema promova adaptações, modificações em busca da retomada do perfil de equilíbrio dinâmico. São processos como mudança de canal (avulsão) gerando paleocanais, lagos e terraços; pode ocorrer a colmatagem/assoreamento (sedimentação de rios e lagos), processos erosivos, dentre outros, a depender da escala espacial e temporal. Os processos dinâmicos são dependentes das características físicas das bacias, como morfologia (fisiografia – características da forma do relevo), formato da bacia (índice de forma – alongada, irregular, circular), dimensão (área), padrões de drenagem, cobertura do solo (meio natural), e o tipo de uso (variável antrópica).

Um sistema fluvial pode ser considerado como um sistema modelador da superfície terrestre, o qual, através de um sistema complexo de rede de drenagem, tem a capacidade de dissecar o relevo e assim gerar novas superfícies de aplainamento, erodindo e transportando sedimentos. É um termo designado para um sistema de canais fluviais, de variados tamanhos, os quais se conectam conformando uma bacia de drenagem. A “bacia hidrográfica ou de drenagem”, a qual é limitada por terrenos mais elevadas denominados de “divisores de água”, que contribui com o aporte de água e sedimentos para o sistema fluvial principal e seus afluentes. Trata-se de um sistema aberto o qual funciona controlado por diversos fatores, com relações interdependentes muito complexas e diferentes escalas temporais e espaciais de atuação. Esses fatores dependem da variação da descarga (volume de água), tipos de sedimentos transportados, morfologia do canal (variáveis relativas a sua geometria), morfologia do terreno (gradiente) e ao tipo de uso e cobertura da terra. Estes fatores são responsáveis em dar características peculiares aos processos fluviais (erosão/deposição e transporte). Estes fatores, interligados às características internas da bacia hidrográfica (sistema fluvial) são modelados por fatores externos à bacia, que atuam em escala regional/continental, afetando a dinâmica de toda a região onde a bacia hidrográfica se desenvolve.

Schumm (1977) criou um conceito teórico, através de compartimentos, os quais dividem uma bacia hidrográfica em setores. Estes setores são caracterizados pela predominância e intensidade na atuação dos processos aluviais: erosão, transporte e deposição de materiais. Esta visão simplificada nos ajuda a compreender a dinâmica de processos mais significativos, dominantes, em três zonas ou setores como: zona

1 (produção de sedimentos); zona 2 (transporte) e zona 3 (deposição). As características e tendências das variáveis de ajuste do sistema, em cada um desses setores, reflete a ação conjugada e interligada dos processos operantes em cada uma dessas zonas.

A aplicação do modelo de análise sistêmica para pesquisas referentes à bacias hidrográficas promoveu a sua utilização como unidade de estudo a partir da possibilidade de considerar e analisar o sistema fluvial como qualquer outro sistema físico ou histórico aberto, ou seja, que é suscetível a entrada e saída de energia, de forma que estas tendem a estar em equilíbrio. Segundo Iriondo (1986), um sistema fluvial está caracterizado por apresentar uma estrutura interna definida pelas suas variáveis de estado, tais como a geologia (litologia, topografia, condicionamento estrutural) o clima (pluviosidade, temperaturas médias) e a vegetação. Estas variáveis de estado se relacionam e se modificam por processos climáticos e geológicos, ou seja, variáveis de transformação. Essas variáveis são numerosas, tais como erosão, transporte, sedimentação, intemperismo, pedogênese, oscilação de nível freático etc. As variáveis de transformação, ou “processos”, mobilizam-se pelas contribuições externas de energia e matéria (calor solar, ventos, chuvas etc.).

Análise do sistema fluvial de uma perspectiva física ou histórica abre a possibilidade de abordá-lo por diversos métodos. Assim, da ótica da Engenharia fluvial, por exemplo, trata os sistemas fluviais como puramente físicos, regidos por leis e princípios físicos universais, enfocando a análise do funcionamento do sistema durante curtos intervalos de tempo, o que promove uma visão das condições “atuais” operantes no sistema. Desse ponto de vista se destaca a Geometria Hidráulica como importante ferramenta para o desenvolvimento de fórmulas empíricas, necessárias para a elaboração de teorias deterministas do comportamento dos canais.

A análise do sistema fluvial como um sistema histórico ou de uma perspectiva genética, por outro lado, age diretamente com tendências evolutivas, permitindo a reconstrução de condições pretéritas, de modo que o cenário fluvial e suas características associadas dependem, na última instância, da evolução geológica e climática da região e da ação antrópica sobre sua área de influência. As mudanças ocorridas no sistema podem ser analisadas no viés multitemporal e espacial (diferentes escalas de ordem temporal/espacial), estas mudanças geram marcas, registros os quais têm um importante papel em nos contar sua história evolutiva.

A estrutura de um sistema e seus processos determinam o comportamento típico para cada ambiente. Por exemplo, a mudança de uma variável externa ao sistema produz reajuste em todos os demais parâmetros, assim os sistemas podem ser caracterizados por seu grau de estabilidade, o qual varia na escala temporal na ordem de dias a milhões de anos (resiliência). Sistemas estáveis absorvem bem as perturbações (regulação), mas os sistemas instáveis reagem rapidamente e se modificam em função da nova situação (adaptação), o qual é determinado pela sua capacidade de resiliência, como discutido anteriormente. O registro (memória), por exemplo, registrado através de formas no ambiente é uma informação geomorfológica importante, e que persiste no sistema como um elemento o qual não condiz com a atual condição estáveis do sistema, por exemplo, não condiz com o clima e morfologias atuais, esta informação

acumulada é que nos permite reconstruir ambientes e processos do passado, paleogeografia regional.

Os estudos sobre sistemas fluviais tiveram grande avanço envolvendo trabalhos de campo, análises de mapas, fotografias aéreas, imagens orbitais, e experimentos em laboratórios. Dentre estes estudos, destacam-se alguns como as obras de Strahler (1952) e Leopold *et al.* (1964), Schumm (1977), Knighton (1998), que estabeleceram uma base hierarquizada para os canais de drenagem e modelos teóricos.

Desta forma, através da determinação dos processos operantes no sistema fluvial, pode ser feita uma análise do seus elementos constituintes. A planície de inundação, neste caso, é apresentada sob este aspecto como uma feição deposicional no vale do rio, está associada a um clima particular ou ao regime hidrológico próprio da bacia de drenagem (ou bacia hidrográfica). Podemos definir uma a planície de inundação (planície fluvial) como uma superfície próxima do canal principal que permanece inundada durante períodos de tempo num ciclo hidrológico sazonal, e que é constituída por materiais aluviais ou não, planícies de sistemas fluviais aluviais, por exemplo, o Rio Branco e planícies de sistemas fluviais com predomínio de afloramentos rochosos, e que são controladas pelo sistema litológico regional (controle estrutural), por exemplo as de rios encaixados, cuja planície fluvial é pouco desenvolvida. Pela perspectiva da escala temporal de análise e sob um ponto de vista morfogênético, a planície aluvial é um ambiente gerado pelo resultado de sucessivos de deposição em variados sub-ambientes, os quais produzem uma considerável quantidade de formas deposicionais reconhecíveis, por exemplo, os *levees* que são feições deposicionais verticais ao longo das margens de rios e lagos, onde são depositados material sedimentar, em detrimento das variações do nível de água, como as cheias periódicas.

Com relação ao tipo de ambiente pelos quais drenam os canais fluviais, estes podem ser classificados como do tipo rochoso, em que fluem em rochas do embasamento, trecho o qual está comumente ligado às cabeceiras do sistema fluvial (nascentes), e possuem uma lenta dinâmica de processos geomorfológicos; canais aluviais, sua característica principal é de possuir um leito arenoso, com barras e bancos arenosos formados por material sedimentar transportado pelo sistema fluvial, possuem uma grande variedade de formas, as quais respondem de formas diferentes às variáveis hidrológicas, climáticas, geológicas, e sedimentares; e por último os canais do tipo semi-controlados, estes apresentam em certos trechos leitos rochosos ou aluvião resistente (BRIDGE, 2003).

Dentre os tipos de canais citados acima, os do tipo aluviais são os mais comuns nos grandes rios tropicais, e possuem maior campo para estudos, por apresentarem uma dinâmica de processos geomorfológicos mais intensa, podendo ser analisado processos migratórios do canal (avulsão), estudos da formação de barras e ilhas, processos de erosão e sedimentação, transporte de carga sedimentar, dentre outros. São rios que possuem uma intensa dinâmica, devido a fácil erodibilidade de bancos e de seu leito, tornando este ambiente uma das paisagens que mais ocorrem mudanças, e facilmente afetado por atividades antrópicas, pois possuem uma baixa resiliência (modificam-se rapidamente).

Os canais aluviais apresentam uma variedade de formas, os quais podem ser classificadas em padrões clássicos da literatura, como em Leopold;Wolman (1957); Mangelsdorf;Scheurmann (1990), como os do tipo meandriformes, entrelaçados, multicanal, anastomosados e retílineos.

Schumm (1977) distinguiu os tipos de canais devido ao critério da carga sedimentar transportada. Três tipos de canais usando como critério o transporte de carga sedimentar puderam ser discernidos. Os que possuem elevada taxa de transporte de sedimentos de fundo, promovendo formações de barras centrais, alta relação entre largura/profundidade, elevado gradiente e alta instabilidade classificados como entrelaçados (braided); canais que possuem três formas de transporte, uma caracterizada pelo transporte de sedimentos em suspensão e estável, uma segunda forma caracterizada pelo incremento de sedimentos de fundo e barras de acreção lateral, e uma terceira mais instável, menos sinuoso, com maior predominância de sedimentos de fundo e surgimento de barras centrais (canais meandriformes); e por último, podendo ser de duas formas, uma com predominância de sedimentos em suspensão, baixa relação entre largura/profundidade e baixo gradiente, e uma segunda forma com carga mista (transportando sedimentos em suspensão e de fundo), aumentos da relação largura/profundidade, e formação de barras laterais (canais retilíneos).

Para Bridge (2003) é necessário analisar diferentes parâmetros para poder classificar distintos tipos de canais, sendo basicamente definidos pela natureza da divisão do canal em barras ou ilhas dando um aspecto entrelaçado, e pela sinuosidade em diferentes segmentos do canal, assim a principal característica do canal pode ser dividida em canais-únicos e múltiplos.

Estudos de Ramonell;Amsler (2001), Latrubesse;Franzlini (2005); e Latrubesse *et al.*, (2005a e 2005b) aprofundaram os estudos nos sistemas fluviais sul-americanos. Estes estudos correlacionaram os sistemas fluviais de acordo com o suprimento de sedimento e a descarga média anual, clima, regime hidrológico, processos morfogenéticos e hidrológicos e atividades antrópicas. Estes são relatos essenciais para o entendimento do comportamento dos processos fluviais dos grandes rios e bacias restritas.

## **METODOLOGIA**

Neste estudo, as descrições da morfologia do relevo foram através de sensoriamento remoto, com uso de imagens que permitem identificar formas agradacionais e formas denudacionais. As imagens que permitiram identificar os processos agradacionais foram as do produto Geocover 2000 (baseado em imagens Landsat 7, 15 metros de resolução espacial); e para processos denudacionais foram utilizados os modelos de elevação da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission* - radar interferométrico), reamostrados para resolução espacial de 30 metros e hidrológicamente corrigido pelo Mepa (Lab. de Métricas da Paisagem/UFRR - <http://ufrr.br/mepa>), onde estão disponíveis. As técnicas aplicadas foram úteis para identificar aspectos vegetacionais, áreas de acumulação sazonais e permanentes, graus de dissecação do relevo, controle estrutural (indiscriminado), perfis topográficos, declividade e compartimentação altimétrica, técnicas conforme Carvalho (2009); Carvalho;Carvalho (2012b). Dados hidrológicos foram baseados nas estações hidrométricas da Agência Nacional de Águas, interpretados a partir do sistema HidroWeb. Para maiores detalhes sobre o uso do sensoriamento remoto na descrição do relevo e habitats pode ser visto em: Xavier, 2001; Ferreira et al., 2008; Carvalho;Bayer, 2008; Pike et al., 2009a.

## RESULTADOS E DICUSSÃO

### UMA VISÃO GERAL SOBRE ÁREAS ÚMIDAS NA AMAZÔNIA

A Amazônia pode ser caracterizada predominantemente por extensas planícies, com platôs, serras isoladas e baixios, com rios alóctones e autóctones, cuja bacia hidrográfica predominante é do rio Amazonas, com cerca 6 milhões de km<sup>2</sup>, drenando desde a região da amazônia andina com cotas em torno de 4000 metros ao oceano atlântico por ~3.000 km (W-L). Cerca 51% da bacia possui cotas até 200 metros (destes 20% 0-100 m e 31% 100-200 m); 32% representam 200-400m; 8,3% 500-1000; e 8,7 1000-4000 metros. O relevo é capeado por solos de baixa fertilidade, o qual sustenta depósitos de matéria orgânica em decomposição, chamado de serrapilheira/folhiço, que mantém seu sistema florestal através da constante ciclagem de nutrientes, favorecido pelo clima úmido e quente. É uma região dominada por baixa amplitude térmica, com elevadas temperaturas médias, precipitação bem distribuída, e um complexo mosaico vegetacional, com diversas formações florestais, distribuídas em áreas periodicamente inundadas (igapós e várzeas) e áreas de terra firme. Estas características formam uma área de aproximadamente 7.5 milhões de km<sup>2</sup>, destes aproximadamente 6 milhões de km<sup>2</sup> pertencem a bacia hidrográfica do Amazonas, a qual drena ~3.8 milhões km<sup>2</sup> do Brasil. Roraima inserido integralmente na Amazônia, abrange 3% do total deste domínio morfoclimático. Um domínio morfoclimático caracteriza-se por ser uma área de dimensões subcontinentais, com padrões característicos interrelacionados entre as condicionantes climática, topográfica, drenagem, pedológica e vegetacional.

As áreas úmidas da Amazônia são mantidas pela conformidade entre as variáveis precipitação, sistemas fluviais e lençol freático, além das de ambientes antrópicos como açudes, barragens dentre outros controlados pela ação do homem. São áreas dependentes do clima, solo, topografia e do sistema de drenagem. Podem ser observadas duas fases nestas áreas, uma terrestre e outra aquática. Dentre estes ambientes amazônicos úmidos encontram-se as várzeas, os igapós, as campinaranas e os buritizais. As distribuições das espécies de plantas nestes ambientes e as fisionomias da vegetação destas áreas são influenciadas por diversos fatores, os mais importantes são: a duração das fases terrestre e aquática; a estabilidade física do ambiente influenciado pela sedimentação, os processos erosivos, a correnteza e ação de ondas dos sistemas fluviais; os processos sucessionais das plantas relacionados com a duração de vida destas e a idade do ambiente; bem como a forte influência dos impactos humanos (JUNK;PIEDEDE 1997; LOPES et al., 2013). Na Amazônia as áreas úmidas podem abranger cerca de 600.000 km<sup>2</sup> ao longo da bacia hidrográfica do Amazonas, a qual possui florestas periodicamente inundadas formadas por águas brancas, claras e pretas, onde se desenvolvem uma vegetação do tipo várzea e igapó. A várzea possui uma área em torno de 400.000 km<sup>2</sup>, e os ambiente de rios de águas pretas e claras (igapó) com 200.000 km<sup>2</sup> (MELACK; HESS, 2010). As florestas nas áreas de várzeas e de igapós têm características estruturais e florísticas próprias, resultante das diferenças geomorfológicas, hidrológicas e evolutivas, mas principalmente das diferenças nutricionais e químicas (IMLER, 1977).

As áreas úmidas amazônicas têm relevante importância ecológica e socioeconômica. Do ponto de vista ecológico funcionam como fontes primárias para as cadeias tróficas e mantêm a diversidade de peixes, interferem na ciclagem de nutrientes entre os sistemas aquáticos e terrestres, bem como influenciam no ritmo de crescimento da vegetação. São também fontes importantes de metano e atuam nos processos de sequestro de carbono da atmosfera. Estas áreas úmidas também oferecem refúgios permanentes ou temporários para a fauna de vertebrados terrestres e invertebrados associados a estes ambientes. Do ponto de vista socioeconômico e climático estas áreas são importantes para as atividades agrícolas, pesca e extração madeireira, além de participarem ativamente nos processos de serviços ambientais (FEARNSIDE, 2000; RICHEY et al., 2002; MELACK et al., 2004).

A floresta de várzea é rica em nutrientes provenientes dos sedimentos transportados em suspensão por rios de água branca da região andina e pré-andina. Estes nutrientes quando depositados ao longo das margens formam o solo aluvionar mais rico da Amazônia (FURCH, 1997). Os sedimentos depositados ao longo da planície de inundação são formados por argilo-minerais, principalmente a montmorilonita, que tem alta capacidade de troca catiônica (Irion, 1984). A várzea possui uma complexa dinâmica morfológica do canal, caracterizando-se como ambiente instável, devido às condições geológicas e geomorfológicas, principalmente devido ao transporte e deposição de carga sedimentar (CARVALHO, 2009b). Ambientes próximos às margens dos rios que formam as várzeas podem apresentar taxas de deposição de sedimentos de mais de um metro por ano, e interferem também nos processos erosivos, erodindo grandes áreas de terras com vegetação durante os períodos de cheias (BAYER; CARVALHO, 2008; SANDER et al., 2013). Com base nesta dinâmica de sedimentação e na variação da composição florística no gradiente topográfico Wittmann et al. (2002) categorizaram a vegetação da várzea em: i) várzea baixa com diversos estágios sucessionais, ii) várzea alta com estágios sucessionais mais tardios, e iii) chavascal.

Ao contrário da várzea, rica em nutrientes, o igapó é formado por sedimentos com baixos teores de nutrientes, conseqüentemente baixo potencial de produtividade. Os sedimentos do igapó são provenientes de terrenos cristalinos, lixiviados, constituídos principalmente por caolinita e material argilo-mineral com baixa capacidade de troca catiônica (IRION, 1984).

Dois grandes sistemas inter-relacionados podem ser identificados na Amazônia: áreas úmidas drenadas por sistemas fluviais e lacustres florestada (porte arbóreo denso) e áreas úmidas abertas, com vegetação esparsa, predominantemente arbustiva-herbácea com palmáceas, drenada por igarapés e lagos perenes/sazonais.

As áreas úmidas abertas geralmente estão associadas por areias brancas, depósitos desenvolvidos no Terciário e Quaternário, formados pelos processos constante de intemperismo químico do relevo de escudos cristalinos e mobilização do manto de intemperismo (saprólito) pela oscilação do freático, com pequenos igarapés que drenam estes ambiente. Estas formações, originadas por processos de intenso intemperismo químico; oscilações do lençol freático; mobilizadas pelo vento e/ou canais fluviais, são conhecidas por diferentes nomenclaturas, as quais referem-se a variadas fitofisionomias, porém todas associadas à formações de areias brancas: campina, campinarana, caatinga amazônica; varillales no Peru; wallaba, muri-

bush na Guiana; *kerangas* ou *padang sudeste asiático*; miombo e dambos na região do Zâmbia; morichales e bana na Venezuela (LISBÔA, 1975; PRANCE, 1975; BARBOSA; FERREIRA, 2004). A litologia do substrato rochoso e topografia do relevo podem ser condicionantes cruciais para a formação de areias brancas (podzolização). A origem dos depósitos de areias brancas podem estar associados à resíduos *in situ* do manto de intemperismo (saprólito) em ambientes de rochas cristalinas ou em arenitos, os quais foram lixiviados durante vários ciclos climáticos (fases úmidas e secas), onde ocorreu a remoção de minerais como a argila e ferro, formando depósitos residuais de quartzo e feldspato; outros relacionam-se ao material intemperizado e carreado de regiões serranas adjacentes (colúvio) em condições semi-áridas; ou remoção e transporte de depósitos aluviais de paleocanais por atividade eólica (dunas). O processo de ferrólise, que ocorre em ambientes com oscilação do nível de água do solo (ambientes hidromórficos), é importante para que ocorra a alteração do mineral caulinita em alumina e sílica, este processo pode reduzir cerca de 30% do volume da área lixiviada, o que contribui para o rebaixamento da superfície, tendo como resíduos areias brancas (CHAUVEL et al., 1987). O processo de lixiviação do ferro e da argila contribuíram para a formação de depósitos arenosos da formação Berbice na Guiana. No Suriname, parece ter havido uma redistribuição de antigos aluviões (paleodrenagens) em períodos de aumento da pluviosidade, onde também ocorreu a lixiviação do ferro (HEYLIGERS, 1963). Alguns destes depósitos na Amazônia e planície costeira da Guiana contém lentes arenosas brancas intercaladas por depósitos de argilo-minerais caulinita e gibsitita, evidenciando influências na pedogênese de regimes climáticos passados e o clima tropical úmido atual (BRAVARD; RIGHI, 1990). A formação de Espodosolos nas proximidades de Manaus também estão relacionados formações, *in situ*, de areias brancas, os quais parecem ter sido originados do saprólito laterítico (Formação Alter do Chão), havendo segregação do ferro e dissolução da caulinita em processo de podzolização (HORBE et. al., 2003). Processos eólicos também atuaram nos depósitos arenosos da Amazônia, em regiões de tipologia vegetacional de campina-campinarana, áreas abertas formadas por ilhas de mata, arbustos esparsos, palmáceas e herbáceas e solo hidromórfico capeado por areias brancas, as quais foram remodeladas pelo vento, formando feições de dunas do tipo parabólica de orientação geral NE-SW (LATRUBESSE; NELSON, 2001; CARNEIRO-FILHO; TATUMI, 2003; CARVALHO; CARVALHO, 2012a). Estas formações são similares as que ocorrem na região dos Llanos do Orinoco (Venezuela) e no Chaco (Bolívia).

Um exemplo destes sistemas campestres encontra-se no centro norte da Amazônia, região que abriga uma das maiores áreas abertas amazônicas, situada em parte no nordeste de Roraima, sudeste da Venezuela e centro-oeste da Guiana, a qual é compartimentada em diferentes patamares de aplainamento, com domínios paisagísticos diferenciados, sendo eles os campos do lavrado (Roraima); campos da Gran Sabana (Venezuela) e campos do Rupununi (Guiana), com uma área em torno de 70.000 km<sup>2</sup>. Por exemplo, em Roraima as áreas abertas destacam-se o lavrado e as campinaranas do sul do Estado, com 43.281 km<sup>2</sup> e cerca de 17.500 km<sup>2</sup> respectivamente, ocupando ~27% do território.

## INSERÇÃO DE RORAIMA NA AMAZÔNIA

O Estado de Roraima, localizado no centro norte da Amazônia, possui uma área de ~224.300 km<sup>2</sup>, a qual representa 3% inserido integralmente no domínio do ecossistema amazônico (Figura 1). Abrange relevos baixos, arrasados por intemperismo químico profundo (etchplanação), com nível de base local representado pela formação de sistemas lacustres pelo solapamento do manto de intemperismo (saprólito), e planícies fluviais bem desenvolvidas.

A região norte e noroeste de Roraima abrange um sistema montanhoso de forte controle estrutural de contato entre as serras Parima e Pacaraima, formando um divisor de águas entre as bacias hidrográficas do Orinoco e Amazonas. Esta região abriga uma importante província biogeográfica denominada de Pantepui por Mayer e Phelps em 1955, ao analisarem casos de endemismos da avifauna na região, e posterior descrito do ponto de vista geográfico por Huber em 1987 (Figura 1). Trata-se de um mosaico ao sul da Venezuela e norte e nordeste de Roraima formado por antigas superfícies de aplainamento, relevos tabuliformes (tepuy, plural tepuyes), dissecadas em diferentes patamares entre ~800 a ~2800 metros, por exemplo, os tepuyes Roraima e Kukenan localizados na região da Gran Sabana. Ao sul do sistema dos tepuyes, província Pantepui, atua o sistema Parima-Pacaraima, nascentes de rios afluentes do rio Negro, os quais drenam para o sul de Roraima, neste sistema mais rebaixado, com cotas abaixo de 250 metros, formam extensas planícies fluviais e em determinadas áreas mal drenadas, como os sistemas lacustres do lavrado (NE de Roraima), e no centro sul do Estado, superfície de aplainamento controlada pelo sistema de drenagem do rio Branco. A literatura cita diversos nomes para estas paisagens abertas roraimenses, por exemplo, campos do rio Branco, savana, cerrado, bioma ou ecorregião ( BARBOSA *et al.*, 2005; TAKEUSHI, 1960). Campo é termo genérico utilizado para muitas áreas abertas brasileiras. O domínio do ecossistema do cerrado está a uma distância cerca de 2.000 km de Roraima. As semelhanças do lavrado com o cerrado existem e são apenas fisionômicas (VANZOLINI; CARVALHO, 1991). O termo savana, utilizado para designar várias áreas abertas no mundo todo, juntamente com os termos bioma e ecorregião, ao se juntarem formam as condições para um enfoque muito genérico sobre fisionomias de vegetação, sem situá-las adequadamente num contexto geral. Isto pode gerar mais confusão do que clareza geográfica e ecológica.

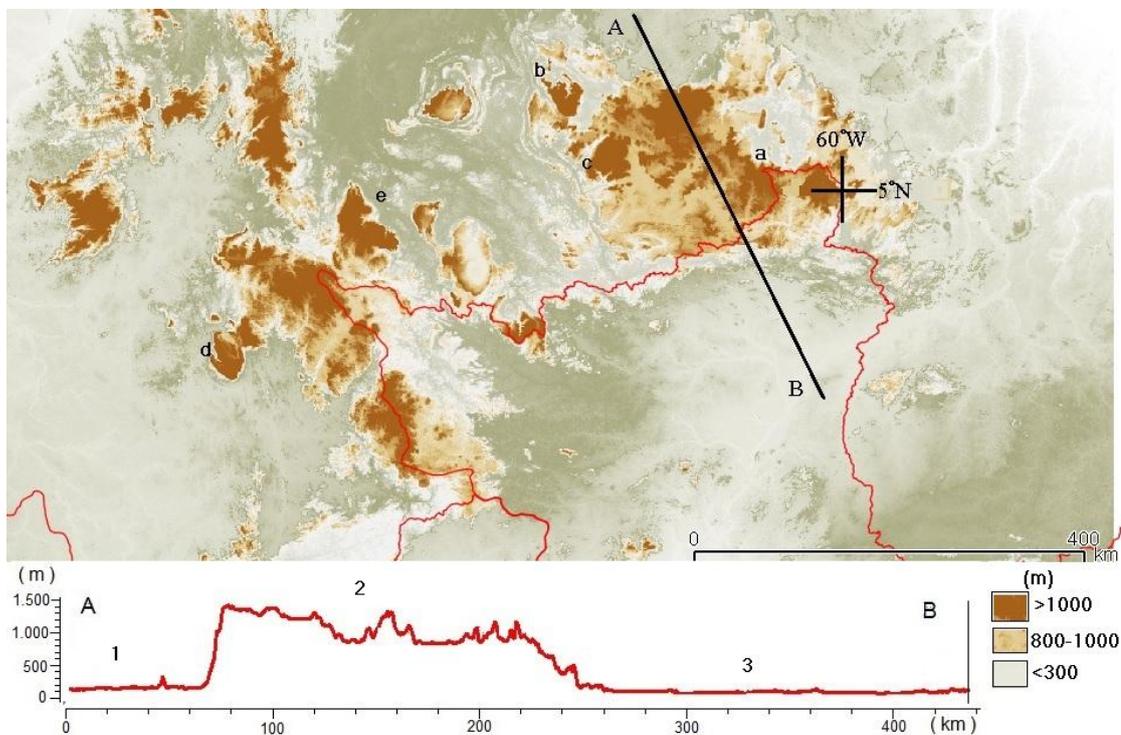


Figura 1. Província Pantepui. Destacam-se alguns tepuyes: a) Roraima e Kukenan; b) Auyan; c) Chimanata; d) Marahuaca; e) Sarisariñama. Perfil topográfico A-B (Venezuela-Roraima): 1) superfície de aplainamento do rio Orinoco; 2) superfície de aplainamento da Gran Sabana; 3) superfície de aplainamento do rio Branco.

O principal rio que drena Roraima é o Branco, afluente da margem esquerda do rio Negro, o qual possui uma bacia de drenagem abrangendo 187.540 km<sup>2</sup>, perímetro de 3.253 km, drenando 83% de Roraima. A hidrografia regional atua como um importante sistema modelador destes ambientes paisagísticos de Roraima, dissecando o relevo na direção predominante NE-SW, e que deve ser levada em consideração ao descrever os ambientes de Roraima. Pode ser caracterizada como autóctone no geral, com exceção dos 12.300 km<sup>2</sup> da bacia do rio Branco que nascem no oeste da Guiana, a qual é influenciada ao norte e noroeste pelas serras Parima e Pacaraima, divisoras de águas que drenam para o rio Orinoco. Por exemplo, os rios Maú, Cotingo, Panari e Uailan nascem na região das serras do Parque Nacional Monte Roraima e drenam para os rios Tacutu e Branco ao sul. Na porção noroeste de Roraima, no complexo da Serra Parima estão as nascentes do rio Uraricoera, com destaque para os rios Parima e Auaris. O Uraricoera flui para leste, formando o maior arquipélago insular de Roraima, em seu médio trecho, com uma bacia de drenagem com 49.951 km<sup>2</sup>. Outro importante rio da região é o Tacutu, nasce na região da Serra Wamuriaktawa na Guiana e flui para o norte, ao longo da fronteira Brasil-Guiana em quase toda a sua extensão, controlado pela fossa tectônica (graben) do Tacatu, onde sofre um desvio para oeste na região do rio Ireng, confluindo ao rio Uraricoera cerca de 30 km a montante de Boa Vista, com uma área de 42.671 km<sup>2</sup>. Estes dois principais sistemas fluviais formam uma área de drenagem total com 92.622 km<sup>2</sup>, dissecando (rebaixando) o relevo e contribuindo para a formação do maior sistema de áreas úmidas de Roraima, formado por lagos e igarapés interconectados. Após a confluência de ambos os rios, denomina-se de rio Branco, o qual flui por 570 km

para o sul, formando uma planície fluvial de 3.419km<sup>2</sup>, até sua foz com o rio Negro, desaguando na margem esquerda.

Considera-se o rio Branco a partir da confluência dos rios Uraricoera/Tacutu, ~30 km a montante da cidade de Boa Vista, até a sua foz com o rio Negro. No entanto do ponto de vista geomorfológico, o rio Branco é a extensão do rio Uraricoera, tendo como afluente na margem esquerda o rio Tacutu. Critérios geomorfológicos como largura da planície de inundação, largura do canal e fluxo (vazão) tornam o rio Uraricoera mais expressivo que o Tacutu, por exemplo, planície fluvial mais desenvolvida em média de 3 a 4 km; canal mais largo, ~700 metros, vazão média superior a 150-300 m<sup>3</sup>/s relativo ao Tacutu, com uma área de drenagem aproximadamente 23% maior que a do Tacutu. São problemas geomorfológicos que precisam ser analisados e reinterpretados, por exemplo, a compartimentação do rio Branco. É problemático levar em consideração o trecho "alto rio Branco", sendo que este não apresenta as características hidrogeomorfológicas e ecológicas apropriadas do ponto de vista teórico de um sistema fluvial, por exemplo o clássico de Schumm (1977). No entanto, são problemas em discussão e análise em fase de pesquisa do Lab. de Métricas da Paisagem (UFRR).

Na região de Boa Vista a permanência da cota do rio durante metade do ano (curva de permanência hidrológica de 50% para os 12 meses), encontra-se na cota média de 261 cm. No período chuvoso, 10% da permanência do fluxo é representado por cotas médias variando entre 550 a 792 cm, com uma média entre as máximas de 387 cm, para o período total de cheia (Abril a Setembro). Durante a estiagem a cota média das mínimas é de 136 cm, em que 90% do nível do rio para encontra-se acima de 50 cm (dados para o período de 1976 a 2013). Na cidade de Caracaráí as cotas médias oscilam entre 217 cm, na estiagem, a 415 cm na cheia, com média anual de 316 cm. As médias das vazões máximas no segmentos de transição entre o alto e médio rio Branco, dados da estação de Caracaráí, estão em torno de 4300 m<sup>3</sup>/s; as médias mínimas em torno de 2000 m<sup>3</sup>/s, sendo que podem oscilar durante o ano com picos de ~10800 m<sup>3</sup>/s (< 5% da curva de permanência - Q5) a 600 m<sup>3</sup>/s (90% da curva de permanência - Q90). As cheias máximas, para vazões acima de 10.000 m<sup>3</sup>/s, tendem a ter um fluxo médio de 11.200 m<sup>3</sup>/s. Sendo as duas máximas históricas ocorridas em 1976 e 2011, com vazões respectivas de 14.611 m<sup>3</sup>/s e 17.000 m<sup>3</sup>/s (Figura 7). Com base nos registros históricos analisados (1974-2013), as vazões com 95% de probabilidade de recorrência anual estão em torno de 6.000 m<sup>3</sup>/s; as com retorno em 10 anos estão em torno de 13.400 m<sup>3</sup>/s (10% de probabilidade); e máximas entre 15.500 a 17.000 m<sup>3</sup>/s possuem uma recorrência entre 35 e 50 anos, respectivamente, com probabilidades respectivas de 4% e 2%.

Em média, o rio Branco no trecho de Caracaráí transporta aproximadamente 35 mg/l de sedimentos em suspensão, com mínimos na estiagem com cerca de 10 a 20 mg/l e picos na cheia de 70 a 80 mg/l, caracterizando este rio não somente como de água branca típico, mas um padrão misto de água clara e branca (dados comparativos de campo e estações hidrométricas da ANA). Com relação ao pulso de inundação, este ocorre uma vez ao ano (monomodal) em que as águas acima de 5 metros permanecem cerca de 82 dias, sendo a referência a régua de Caracaráí. Estes aspectos sobre a dinâmica do transporte da carga sedimentar do rio Branco, têm mostrado sua relevância nos processos morfológicos. Em épocas do ano o

trecho do alto rio Branco pode transportar em média 9.072 ton/dia de sedimentos em suspensão, considerando uma vazão média de 3.000 m<sup>3</sup>/s e concentração média de 35mg/l de sedimentos.

Dois sistemas geomorfológicos são importante para elucidar problemas referentes a gênese do relevo e seus aspectos hidrodinâmicos, os quais podemos classificar em agradacionais e denudacionais. A escala de estudo é importante, para que haja clareza no grau de predominância de um ou outro sistema. Em Roraima, em escala regional, é representativo na região os processos denudacionais, com cerca de 135.000 km<sup>2</sup> (60% do Estado), seguido dos agradacionais 90.000 km<sup>2</sup> (40%). Estes ambientes estão situados em terrenos cujas cotas variam entre 40-2300 metros, nas seguintes proporções: 38% da região entre 40 e 100 metros, 47% entre 100-500 metros, menos de 13% acima de 500 metros. Com relação a importância do reconhecimento dos padrões estruturais do relevo na análise da paisagem, podemos exemplificar os seguintes padrões: região do Monte Roraima (5°11'N 60°49'W), com dissecação moderada, Serra do Marari (4°16'N 60°46'W), rio Uraricoera, fracamente dissecado e Serra da Lua (2°27'N 60°28'W), nas proximidades da Guiana, uma região fortemente dissecada com relevo de transição com morfologias agradacionais e denudacionais.

Os ambientes agradacionais destacam-se por possuírem planícies fluviais bem desenvolvidas, em que os principais rios formam pelo menos 17.500 km<sup>2</sup> de área úmida. Também destaca-se na paisagem as formações de sistemas lacustres fluviais e os desconexos destes, formando ambientes periodicamente alagáveis, no lavrado (NE de Roraima) e campinaranas (centro-sul de Roraima). Por exemplo, no lavrado estes sistemas ocupam cerca de 832,62 km<sup>2</sup>, formando um sistema hidrogeomorfológico e ecológico interconectado por campos e igarapés com 11.340 km<sup>2</sup> de extensão, constituindo morfologias típicas de sistemas deposicionais. As campinaranas no centro-sul de Roraima abrangem cerca de 8.000 km<sup>2</sup>. Estas áreas úmidas em Roraima, levando em consideração somente rios com planícies fluviais desenvolvidas, campos com sistemas lacustres, e áreas de influência de buritizais, ocupam uma área em torno de 20.750 km<sup>2</sup>. Além destes ambientes deposicionais, Roraima apresenta relevo acidentado, escarpado, formações tabulares e serranas, com morfologias típicas de forte controle estrutural, planícies fluviais pouco desenvolvidas (rios encaixados). São formações modeladas por intemperismo químico e físico, com predominância de sistemas denudacionais em patamares superiores (superfícies de aplainamento) predominantemente ao norte do Estado. De forma abrangente, destacam-se três compartimentos de aplainamento modelados pela drenagem do rio Branco. Um compartimento com cotas acima de 800 metros na região fronteira com a Venezuela, o sistema Parima-Pacaraima. Neste compartimento serrano predominam as morfologias tipicamente denudacionais, com dissecação forte e controle estrutural, vales encaixados, serras formando *hogbacks*, *inselbergs* e formações tabulares (*tepuyes*), as quais estão associadas a antigas superfícies regionais de aplainamento. Um exemplo desta morfologia na região destacam-se o Monte Roraima; Kukenan-tepui e o Tepequém. O Sistema Parima-Pacaraima caracteriza-se por ser uma região instável do ponto de vista evolutivo da paisagem, atuando como frente de recuo de escarpa, rebaixando o relevo (dissecando-o) por atividade modeladora dos sistemas de drenagem, formando um complexo sistema de serras e morros, o que explica a origem dos *inselbergs* (testemunhos) desta região e dos *tepuyes*. Como descrito em Latrubesse e Carvalho (2006) para a região de Goiás, com a terminologia de

zona de erosão recuante. Ocorrem também neste compartimento as planícies fluviais incipientes, as quais têm suave caimento em direção ao rio Branco. Um segundo compartimento, intermediário, tem as cotas entre 200 a 800 metros, intercalado por morfologias típicas denudacionais e agradacionais (prevalecendo a primeira), sendo aplainadas principalmente pelos rios Uraricoera, Cotingo, Surumu e Tacutu no extremo NE do Estado. Um terceiro compartimento, com predominância de feições agradacionais, representa o nível de base regional de Roraima, controlado pelo sistema de drenagem do rio Branco, desenvolvendo-se no sentido geral NE-SW, é caracterizado pelos sistemas lacustres do lavrado e por algumas áreas abertas ao sul da região. São áreas com extensos depósitos aluvionares e planícies fluviais bem desenvolvidas, as quais atuam em cotas inferiores a 200 metros. São regiões estáveis, com dissecação fraca, caracterizada por uma superfície aplainada pela rede de drenagem dos rios Branco, Xeruíni, Catrimani, Jufari e Jauaperi. Estes três últimos são rios que formam extensos terraços meandriformes no sul de Roraima.

Devido à condicionante topográfica e fatores geológicos evolutivos, na região do lavrado, as planícies fluviais são bem desenvolvidas, como as dos rios Uraricoera, Tacutu, Branco e Surumu. Nestas planícies fluviais ocorrem morfologias típicas de unidades agradacionais, como barras de areia e ilhas anexadas à planície, em constante dinâmica, são rios predominantemente aluviais, formando praias durante a estiagem favorecendo atrativo aos banhistas. Também formam lagos de paleocanais e unidades onde ocorrem processos erosivos, como barrancos íngremes e ilhas em processo de erosão. Recentemente, analisando alguns dados do rio Branco, contabilizamos 842 lagos ao longo de sua planície fluvial, sendo que destes, 111 pertencem ao alto, 80 estão no trecho médio e 651 lagos no baixo rio Branco. Quanto as ilhas, para o período atual são um total de 148 ao longo do rio Branco, porém, como o rio é dinâmico, em 1975 eram 129, um acréscimo de 19 ilhas em 38 anos. Um caso interessante é o Complexo do Surrão-Praia Grande, complexo formado pelas ilhas Canhapucari (Praia Grande), São Pedro e São Bento (Surrão), em frente a cidade de Boa Vista. Este complexo com 7,76 km<sup>2</sup> está se anexando à margem esquerda do rio Branco a uma taxa de 16.705 m<sup>2</sup>/ano. No caso particular da ilha Canhapucari (Praia Grande), esta tem se desenvolvido longitudinalmente, com perda lateral. Em 71 anos houve um ganho de 155.240 m<sup>2</sup>, um acréscimo de 25,75% de sua área, com taxa anual de 2,18 m<sup>2</sup>. Esta paisagem do sistema fluvial do rio Branco é a mais dinâmica de Roraima, está em constante mudança, a uma escala anual. Algumas outras são na ordem de décadas, como as áreas urbanas, povoados, e seu em torno; outras de milhares de anos, como as mudanças da cobertura vegetal de ordem natural, e feições do relevo, principalmente no Sistema Erosivo Recuante Parima-Pacaraima.

A região do lavrado, com 43.281 km<sup>2</sup>, é predominada por uma extensa superfície de aplainamento (terceiro compartimento) a qual desenvolve-se em cotas entre 50-200 metros, representando 74% do domínio do lavrado, o qual se estende em parte pelo segundo compartimento regional de aplainamento, conforme descrito anteriormente. Nesta região predominam colinas dissecadas, localmente conhecidas como tesos, formas originadas pela dissecação da drenagem em torno dos sistemas lacustres interconectados por igarapés inter-tesos, cuja declividade varia entre 0° - 5° em relevo plano com baixa energia, favorecendo o aporte de material sedimentar, basicamente arenoso, proveniente das áreas adjacentes elevadas. A baixa

energia do relevo na região central do lavrado favorece a formação de um interessante sistema de lagos de formato predominante circular, não fluviais. A formação destes lagos está associada às águas pluviais e oscilação do lençol freático, são em sua maioria cabeceiras de canais de primeira ordem que dão origem aos buritizais (*Mauritia Flexuosa*). É um sistema hidrogeomorfológico similar aos morichales dos Llanos do Orinoco. São lagos predominantemente sazonais, rasos (~1 a 3 metros de profundidade). Nesta região, a precipitação média é de 1643 mm/ano. O período chuvoso (Abril-Setembro) com média de 1384 mm/ano, e média mensal de 280 mm; o período seco (Outubro-Março) com média de 270 mm/ano, e média mensal de 45 mm. No período chuvoso, estes lagos formam um sistema interconectado entre si e aos igarapés e rios (conectividade flúvio-lacustre) ocupando uma área total de 832,62 km<sup>2</sup> durante o período chuvoso, com tamanho médio de 45.000m<sup>2</sup>, podendo variar entre 2.300m<sup>2</sup> a 18km<sup>2</sup>. Durante a estiagem o somatório da área dos lagos é de 136,27 km<sup>2</sup>, em que variam entre 2.300 m<sup>2</sup> a 3km<sup>2</sup>, com área média de 23.200 m<sup>2</sup>. São inúmeros lagos dispersos na paisagem do lavrado, os quais podemos contabilizar, em uma primeira análise, cerca de 18.000 lagos entre os perenes e sazonais. Os lagos do período chuvoso abrangem uma área de 1,92% do lavrado e os do período de estiagem com 0,31%, mas é na quantidade de lagos que secam gradativamente durante a transição do período chuvoso para o período de estiagem que nota-se nitidamente essa diferença, um equivalente a 12.000 lagos temporários desaparecem na época de estiagem.

Em relação à morfologia dos lagos, os que mais se destacam na paisagem, e predominam em maiores quantidades durante os períodos chuvosos e de estiagem, são os circulares e semicirculares. Estes possuem algumas características específicas, tais como índice de forma mais próximos a 1, pequena extensão de área ocupada e perímetro. No período de estiagem a média da área ocupada pelos lagos é de 29.91 m<sup>2</sup>, o perímetro médio é de 776,14 m, e um índice de forma médio de 1,49. No período chuvoso a área média é de 12.098 m<sup>2</sup>, a média do perímetro de 469,38 m e o índice de forma médio de 1,41.

Estes lagos podemos classifica-los em: Os lagos de nascentes se caracterizam por serem as cabeceiras de veredas, normalmente são semicirculares, onde inicia-se um pequeno igarapé com buritis jovens, e esparsos, pertencentes a um sistema de drenagem do tipo dendrítica; Os lagos do tipo isolados, se configuram por não apresentarem conexão direta com demais lagos circunvizinhos, mesmo no período chuvoso, ou quando apresenta conexão na cheia, é através de pequeno fluxos temporários do escoamento superficial. São lagos geralmente circulares, de pequena extensão, não pertencentes a um sistema de vereda (igarapés), e raramente ocorrem dentro das ilhas de mata do lavrado, e quando não-circulares, com tendência morfológica retangular, estão associados ao controle estrutural, inseridos em área com drenagem retangular e sub-retangular, como na região de Bonfim, com relevo com dissecação média; Os lagos conectados são formados por uma interconexão de uma rede de igarapés, os quais se conectam diretamente entre si. Durante o período chuvoso, a predominância são os lagos conectados, formando um sistema lacustre único. Porém, no período de estiagem, estes geralmente estão associados a dois lagos que permanecem conectados, diretamente ou por um pequeno braço (depressão).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Estado de Roraima, abrange 3% da Amazônia, insere-se como uma região que representa as mais variadas tipologias morfológicas do relevo e vegetação, distribuídos neste domínio morfoclimático. Abrange relevos baixos, arrasados por intemperismo químico profundo (etchplanação), com nível de base local representado pela formação de sistemas lacustres pelo solapamento do manto de intemperismo (saprólito), e planícies fluviais bem desenvolvidas; e sistemas erosivos, escarpados, como o Sistema Parima-Pacaraima, composto por morfologias denudacionais com forte controle estrutural e forte dissecação, o qual atua como frente de erosão recuante entre o sistema de drenagem do Orinoco (Venezuela) e do rio Branco (Roraima).

Dentre os diversos ambientes geo-ecológicos de Roraima, os sistemas lacustres é elemento presente em abundância na paisagem do lavrado, possuem características peculiares tanto em sua morfologia e tipologia quanto nos processos gerados a partir de sua origem e evolução. Dentre essas características mais marcantes dos sistemas lacustres que fragmentam a paisagem do lavrado nas cotas mais baixas, está o grau de conectividade dos lagos, que se comportam de duas maneiras: durante o período chuvoso tem-se uma paisagem com lagos interconectados entre si e a rede de drenagem da região, e, no período de estiagem vemos que essas conexões se dissipam resultando em uma paisagem com lagos perenes isolados e pouco conectados.

Os padrões de dissecação é um importante parâmetro sobre a gênese do relevo. Através de imagens orbitais altimétricas (radar) e ópticas, podemos observar em Roraima as formas agradacionais e denudacionais da região. As imagens que permitem identificar processos agradacionais podem ser obtidas de diversas fontes. Os dados aqui apresentados são parte de pesquisas em desenvolvimento no Laboratório de Métricas da Paisagem (<http://ufr.br/mepa>), em que utiliza e desenvolve técnicas derivadas do geoprocessamento/sensoriamento remoto, com base em imagens como as da série Landsat e RapidEye, e produtos como o Geocover 2000 para a descrição dos ambientes agradacionais, dentre outros. Para caracterização dos processos denudacionais são utilizados os modelos altimétricos da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e corrigidos hidrologicamente e GDEM (*Global Digital Elevation Model*), cada um com seus limites de uso. Estas imagens e seus produtos derivados podem ser obtidos através da página do MEPA (<http://ufr.br/mepa>).

São ambientes eu devem ser descritos a luz de diferentes pontos de vista, sejam com base nas áreas de Geografia e particularidades entre a física e humana, sejam através das sociais com base na dinâmica populacional e étnica, sejam do ponto de vista jurídico, base para medidas sustentáveis, conservacionistas e agrária, visando uma gestão territorial/ambiental. Percebe-se sobre esta paisagem, formada por ambientes lacustres, assim como os fluviais, é a mais dinâmica de Roraima, está em constante mudança, a uma escala anual. Algumas outras são na ordem de décadas, como as áreas urbanas, povoados, e seu em torno; outras de milhares de anos, como as mudanças da cobertura vegetal de ordem natural, e feições do relevo, principalmente no Sistema Erosivo Recuante Parima-Pacaraima, divisor de águas da bacia hidrográfica do Orinoco (Venezuela) e rio Branco (Roraima). São estudos por vezes não possuem aplicação imediata, e por

outra são a base para contornar problemáticas de gestão territorial e ambiental, servindo de base metodológica para a caracterização dos aspectos fisiográficos da paisagem e o entendimento de sua dinâmica espaço-temporal.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, R.I., FERREIRA, C. Densidade básica da madeira de um ecossistema de "campina" em Roraima, Amazônia brasileira. *Acta Amazônica*, v.34, n.4, p.587-591, 2004.

BARBOSA, R.I.; MIRANDA, I.S. Fitofisionomias e diversidade vegetal das savanas de Roraima. In: Barbosa, R.I.; Xaud, H.A.M.; Costa e Souza, J.M. (Eds), *Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris*. Boa Vista, FEMACT. 2005. 202p

BRIDGE, J.. *Rivers and Floodplains*. Ed. Blackwell Science. 380p. 2003.

CARVALHO, T.M. ; BAYER, M. 2008. Utilização dos produtos da "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 9, p. 35-41, 2008.

CARVALHO, T.M. Avaliação do transporte de carga sedimentar no médio rio Araguaia. *Revista Geosul*, v.24, n.47, p.147-160, 2009a.

CARVALHO, T.M. Parâmetros geomorfométricos para descrição do relevo da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, Manaus, Amazonas. Cap. 1. In: *Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central* v. 2. Editora UEA Ltda, Manaus, 2009a. p.3-17.

CARVALHO, T.M.; CARVALHO, C.M. Interrelation of geomorphology and fauna of Lavrado region in Roraima, Brazil suggestions for future studies. *Quaternary Science Journal*, v.61, p.146-155, 2012a.

CARVALHO, T.M.; CARVALHO, C.M. Paisagens e Ecossistemas. In: Silveira, E.D.; Serguei, A.F.C. (Org.). *Socioambientalismo de fronteiras: relações homem-ambiente na Amazônia*. Ed. Juruá, Curitiba. 2015. p.43-68.

CARVALHO, T.M.; CARVALHO, C.M. Sistemas de Informações Geográficas Aplicadas à descrição de habitats. *Acta Scientiarum human and social sciences*, v.34, n.1, p.79-90. 2012b.

CHAUVEL, A.; LUCAS, Y. ;BOULET, R. On the genesis of soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia. *Experientia*, v.43, p.234-241, 1987.

FEARNSIDE, P.M. Global warming and tropical land-use change: Greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change*, v.46, n.1/2, p.115-158, 2000.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M.E. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. *Acta Sci. Biol. Sci*, v.30, n.4, p.379-390, 2008.

FURCH, K. Chemistry of várzea and igapó soils and nutrient inventory of their floodplain forests. In: *The Central Amazon Floodplains. Ecology of a Pulsing System* (Junk, W.J. Ed.). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 1997. p.47-67.

**HEYLIGERS, P. Vegetation and soil of a white-sand savanna in Suriname. In: *The Vegetation of Suriname, Lanjouw and Verstugh*. (Org.Heyligers, P) Vol. III. 1963. p. 1-148 .**

- HUBER, O. Consideraciones sobre el concepto de Pantepui. *Pantepui I*, v.2, p.2-10, 1987.
- IMLER, U. Inundation Forest Types In Vicinity of Manaus. *Biogeographica*, v.8, p.17 – 29, 1977.
- IRION, G. Sedimentation and sediments of Amazonian rivers and evolution of the Amazonian landscape since Pliocene times. In: *The Amazon Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin*. (Org. Sioli, H). Junk Publishers, Dordbrecht, 1984. p. 201–214.
- IRIONDO, M. Modeolos Sedimentários de Cuencas Continentales: Lãs Llanuras de Agradación. In: *1º Congresso Latinoamericano de Hidrocarburos, 1º exposición de bienes y Servicios Producidos em Latinoamerica para la Industria Hidrocarburífera*. Vol. I:81-9 8, Bs. As. 1986.
- JUNK, W.J., PIEDADE, M.T. Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants. In: *The Central Amazon Floodplains. Ecology of a Pulsing System* (Org. Junk, W). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 1997. p.147-181.
- KNIGHTON, A.D.. *Fluvial Forms and Processes: A new perspective*. Arnold, London. 320p. 1998.
- LATRUBESSE, E.; CARVALHO, T.M. *Geomorfologia. Governo do Estado de Goiás e Distrito Federal, Secretaria de Indústria e Comércio, Superintendência de Geologia e Mineração – 2 – Série Geologia e Mineração*, 2006, 127p.
- LATRUBESSE, E.M.; FRANZINELLI, E.. The Late quaternary evolution of the Negro river, Amazon, Brazil: Implications for Islands and Floodplain formation in large anabranching tropical systems. *Geomorphology*, v70. 372-397p. 2005.
- LEOPOLD, L.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P.. *Fluvial process in Geomorphology*. San Francisco: H.W. Freeman. 1964201p.
- LISBÔA, P.L. 1975 . Estudo sobre a vegetação das campinas amazônicas. *Acta Amazônica*, v.59, n.3, p.211-223, 1975.
- LOPES, A.; WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M.F. Herbáceas aquáticas em seis igapós na amazônia central: composição e diversidade de gêneros. *Revista Geográfica Acadêmica*, v.8, n.1, p.5-17, 2013.
- MANGELSDORF, K.; SHEURMANN, M.. *River morphology – A guide for geoscientists and engineers*. Berlin Heidelberg New York: Springer - Verlag –New York. 25p. 1990.
- MAYR, E. Y PHELPS JR., W. H. Origin of the bird fauna of Pantepui. In: *Acta XI Congressus Internationalis Omithologici* (Orgs. Portman, A.; Sutter, E.), Basel. p. 399-400. 1955.
- MELACK JM, HESS LL. Remote sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon basin. In: *Amazon Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management* (Orgs. Junk W.; Piedade, M.; Wittmann F.; Schöngart, J.; Parolin P. Ecological Studies 210, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 2010. p. 43–59.
- MELACK, J.M., HESS L.L., GASTIL, M., FORSBERG, B.R., hamilton, S.K., LIMA, I.B.T., NOVO, E. Regionalization of methane emissions in the Amazon Basin with microwave remote sensing. *Global Change Biology*, v.10,p.530-544, 2004.
- PIKE,R.; EVANS,I.; HENGL,T. 2009. Geomorphometry: A brief Guide. Pp. 3-30. In: Hengl,T & Reuter,H (eds.). *Geomorphometry: Concepts, Software and Applications*. Amsterdam, Elsevier Ed. quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin (56):275-370.

PRANCE, G.T. Estudos sobre a vegetação das Campinas Amazônicas. I . Introdução a uma série de publicações sobre a vegetação das Campinas Amazônicas. *Acta Amazonica*, v.5, n.3, p.207-209, 1975.

RAMONELL, C.G.; AMSLER, M.. *Metamorphosis Processes (1992-2000) of the Quinto River, Argentina*. In: International Symposium on Environmental Hydraulics, Arizona, USA. 101-105p. 2001.

RICHEY, J.E.; MELACK, J.M.; AUFDENKAMPE, A.K.; BALLESTER, V.M.; Hess, L.L. Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO<sub>2</sub>. *Nature*, v.416, n.6881, p.617-620. 2002.

SANDER, C. ; CARVALHO, T.M. ; GASPARETTO, N. Breve síntese da dinâmica fluvial do rio Branco, nas adjacências da cidade de Boa Vista, Roraima. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 7, p. 60-69, 2013.

SCHUMM, S. A. *The Fluvial System*. Ed. John Wiley and Sons, Nova Iorque. p.338. 1977.

STRAHLER, A.N. 1952. Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. *Geol. Soc. Am. Bull.* V.63. 1117-1114p.

TAKEUCHI, M. A estrutura da vegetação na Amazônia. As savanas do norte da Amazônia. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* v.7, p. 1-14. 1960

TRICART, J. *Principes et méthodes de l geomorphologie*. Paris:Masson Ed., 1965, 201p.

**VANZOLINI, P.E.; CARVALHO, C.M. Two sibling and sympatric species of *Gymnophthalmus* in Roraima, Brasil Sauria:Teiidae . *Papéis Avulsos de Zoologia*, v.37, p.73-226. 1991.**

WITTMANN, F., ANHUF, D., JUNK, W. J. Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote sense techniques. *Journal of Tropical Ecology*, v.18, p.805 – 820, 2002.

XAVIER, J. *Geoprocessamento para análise ambiental*. Ed. Produção Gráfica, Rio de Janeiro. p.228. 2001.