

Modelagem de previsão de navegabilidade em rios da Amazônia: ferramenta web de suporte aos usuários do transporte aquaviário

[A model forecast for amazon waterways: web tool to support river transportation]

Nelson Kuwahara*, João Caldas do Lago Neto, Themis da Costa Abensur

Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Brazil

Submitted 15 Sep 2011; received in revised form 16 Dec 2011; accepted 26 Jan 2012

Resumo

Na Amazônia observou-se nas últimas décadas crescimento de registros de impactos sociais, econômicos e ambientais provocados pela redução abrupta dos níveis dos rios. Os eventos de seca na região nos anos de 2010 e 2005 resultaram em graves problemas. Em 25/10/2010 o Rio Negro atingiu a cota mínima de 13,63 metros, 1 cm menor do que a maior registrada no histórico de medições que foi de 13,64 em 30/10/1963. Em vários momentos destes períodos de Seca decretou-se estado de emergência em grande número de municípios, face ao isolamento provocado pela interrupção na mobilidade e acessibilidade, pois em grande parte destes a única forma de acesso é por transporte aquaviário. Assim, visando dar suporte à prevenção de efeitos adversos do "Isolamento na Amazônia" realizou-se modelagem da dinâmica hidrológica para previsão das variações de cotas dos rios. A ferramenta está baseada em modelo estatístico ARIMA, e como variável de análise e sustentação do modelo as cotas de rios. A ferramenta possibilitou processamento, análise e geração de informações de previsão de níveis dos rios e por consequência planejamento de viagens nas embarcações, com uso de sistema web para disponibilizar o acesso ao modelo.

Palavras-Chave: modelagem estatística; transporte aquaviário; rios da Amazônia.

Abstract

In the Amazon was observed in recent decades growth social, economic and environmental impacts caused by decrease in river levels. The drought events in the region in the years 2010 and 2005 resulted in serious problems. 25/10/2010 In the Rio Negro has reached the minimum quota of 13.63 meters, 1 inch smaller than the largest recorded in the history of measurements was 13.64 on 30/10/1963. At various times of drought is declared a state of emergency in many cities, due to the isolation caused by the interruption in the mobility and accessibility, because in most of these the only form of access is by river transportation. Thus, aiming to support the prevention of adverse effects of the "isolation in the Amazon" was held hydrologic modeling to predict the dynamics of changes in the dimensions of the rivers. The tool is based on statistical model ARIMA, and how variable the model analysis and support rivers levels. The tool allowed the processing, analysis and generation of information to forecast river levels and consequently on the craft travel planning, using a web system to provide access to the model.

Key words: statistical modeling; river transportation; Amazon waterway.

* Corresponding Author. Email: nelsonk@ufam.edu.br.

Recommended Citation

Kuwahara, N., Neto, J. C. L. and Abensur, T. C. (2012) Modelagem de previsão de navegabilidade em rios da Amazônia: ferramenta web de suporte aos usuários do transporte aquaviário. *Journal of Transport Literature*, vol. 6, n. 3, pp. 60-89.

■ JTL|RELIT is a fully electronic, peer-reviewed, open access, international journal focused on emerging transport markets and published by BPTS - Brazilian Transport Planning Society. Website www.transport-literature.org. ISSN 2238-1031.

This paper is downloadable at www.transport-literature.org/open-access.

1. Introdução

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de ferramenta que possibilita previsão das condições de navegabilidade na região Amazônica, por meio de modelagem estatística, especificamente adotando-se o modelo ARIMA, e consequente sistematização dos dados gerados para acesso público via Internet. A variável considerada em tal ferramenta é relativa às flutuações de cota de rios da região em apreço. Os resultados obtidos com o desenvolvimento e simulações da ferramenta indicam factibilidade do modelo, pois nas emulações obtiveram-se validações do modelo.

A Amazônia apresenta peculiaridades em relação ao restante do Brasil. A grande extensão territorial e as condicionantes climáticas, hidrológicas, e ambientais, além da cultura própria, intrinsecamente conexas com esta característica, demanda uma análise diferenciada em relação às suas políticas públicas. A baixa densidade demográfica e as dificuldades de acessibilidade resultam em desafios para a promoção do desenvolvimento regional, conseqüentemente em melhores índices de desenvolvimento humano (IDH-M). O desafio da região amazônica para o desenvolvimento econômico dá-se, entre vários fatores, pelas características sócio-ambiental, as quais deverão ser sintetizadas na Seção 2 deste trabalho; já na Seção 3 tem-se a apresentação de fenômenos climatológicos e principalmente hidrológicos que imputam fortes barreiras para as populações locais manterem suas atividades em níveis satisfatórios de desenvolvimento.

A logística e o transporte na Amazônia exercem influencia determinante no desempenho econômico, a Seção 4 apresenta interligação entre, por meio de dados qualitativos e quantitativos, disponibilidade logística e de transporte com o desenvolvimento econômico e de IDH-M em algumas localidades da região em discussão. Porém, é importante salientar que o parâmetro “logística/transporte” não é o suficiente para que haja influencia significativa sobre os indicadores econômicos e sociais, mas se tem o entendimento de que o mesmo é necessário. Assim, considerando as peculiaridades da região e em prol da realização do desenvolvimento regional, verifica-se a urgente necessidade de reavaliação das estratégias de atuação do estado e sociedade no tocante à metodologia de tratativa sobre os eventos de

desastres, as quais podem ser preventivas e/ou corretivas; a Seção 5 apresenta e analisa a postura adotada pelo governo para o enfrentamento da seca ocorrida na região amazônica.

Já na Seção 7, tem-se o objeto principal do presente trabalho, que é a apresentação da modelagem de cotas de algumas rotas hidroviárias. Isto possibilitou sistematização em ferramenta web, e conseqüente formatação de ferramenta de previsibilidade na navegação interior na Amazônia.

2. Caracterização sócio-ambiental da região amazônica

Há alguns anos atrás propor a discussão do problema da seca e seus efeitos na região amazônica poderia parecer desnecessário por se tratar de uma das regiões que apresenta os maiores índices pluviométricos do planeta. Esta falsa percepção logo se dissipa quando se debruça numa análise mais cuidadosa dos aspectos sócio-ambientais que a região amazônica vem se deparando nas últimas décadas, levando muitos pesquisadores a estudar os efeitos da ação do homem no espaço amazônico. Além da pressão humana na ocupação da região amazônica advinda da atuação dos atores locais com reflexos diretamente no ambiente, têm-se os impactos ambientais, provocados pela pressão mundial através da produção industrial, que resultam no aquecimento global provocado pela emissão de gases de efeito estufa.

Oliveira (2004) apud Fitzjarrald et al, (1990) mostra que, devido a sua extensão, a Floresta amazônica tem um importante papel no balanço global, de calor, umidade e de carbono. Entretanto, apenas nas últimas décadas (particularmente após a década de 1980), esta região tem sido exaustivamente estudada, através de grandes experimentos meteorológicos. Já Costa et al (1998) menciona que a Amazônia é a maior bacia hidrográfica do mundo, com uma área de aproximadamente de cinco milhões de quilômetros quadrados. A parte brasileira compreende três milhões, oitocentos e cinquenta mil quilômetros quadrados que representam quarenta e cinco por cento do território nacional.

A bacia amazônica está distribuída da seguinte forma: 58% localiza-se no Brasil, 16% no Peru, 10% na Bolívia e o restante na Colômbia, Equador e Venezuela. Os seus limites se estendem a Oeste pelos Andes, ao Norte pelo Escudo das Guianas, ao Sul pelo Maciço Central Brasileiro e a Leste, deságua no Oceano Atlântico. Na bacia se encontra o rio Amazonas considerado o maior rio do mundo, nasce na região Andina e percorre 6.771 km

até a sua foz, no estado do Pará. O rio possui uma descarga média final de 175.000 m³, que representa 20% do total de águas doces do mundo que chegam aos oceanos.

Salati et al (1978), usando balanço hídrico, técnicas isotópicas e métodos aerológicos, notaram que a floresta contribui com 50% da chuva, e a outra metade seria decorrente da advecção da umidade do Oceano Atlântico. Essa pluviosidade contribui para a existência de uma densa rede de igarapés e pequenos rios com papel determinante na ocupação do espaço na região. As chuvas aumentam as descargas nesses pequenos rios, mas não tem muita influência sobre o nível dos grandes rios, que chega a variar anualmente entre 10 a 20 metros em função da sua captação.

Essa malha fluvial desempenhou um papel fundamental na forma dispersada de ocupação da região, e determinou a localização da grande maioria das cidades que se fixaram nas margens dos rios, que sendo autênticas artérias de interligação entre as várias localidades representa a única forma de romper o isolamento. Becker (2001) mostra que no caso da Amazônia, sua ocupação se fez em surtos devassadores ligados à valorização momentânea de produtos no mercado internacional, seguidos de longos períodos de estagnação.

O processo de ocupação da região foi árduo e lento devido às dificuldades de se implantar um modelo econômico que refletisse por si só em mecanismos de atração e fixação do homem sem estar fortemente dependente das flutuações conjunturais do setor externo. O interesse pela manutenção da influência sobre o território fez com que o Estado usasse toda a estratégia geopolítica para garantir a ocupação gradativa ancorada em política administrativa bem estruturada, onde era necessário ocupar a região para garantir a posse (*utis possidetis*) mesmo não enraizada num modelo endógeno de desenvolvimento. Essa evolução na ocupação reflete na complexidade dos atores sociais que se formaram na região amazônica exigindo políticas abrangentes de atendimento logístico evitando a exclusão de determinados segmentos no momento da implantação das infra-estruturas.

A infraestrutura logística, disponibilizada para os grandes projetos minero-metalúrgicos na Amazônia, foi instalada de forma que contemplou fortemente o atendimento customizado de tais empreendimentos. O modal ferroviário conjugado com o hidroviário foi consolidado para suprir as necessidades de transporte dos produtos e insumos na maior parte do seguimento industrial em questão. As instalações ferroviárias existentes na região amazônica para

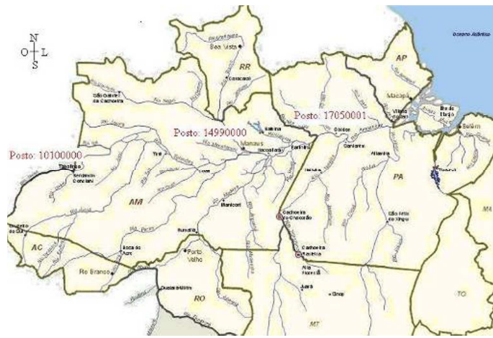
atendimento dos empreendimentos de exploração mineral são: Estrada de Ferro Amapá, Estrada de Ferro Jarí, Estrada de Ferro Mineração Rio do Norte S/A e Estrada de Ferro Carajás (Kuwahara, et al 2006).

Para além desse grupo que se traduz numa minoria tem-se vários outros atores que atuam na região e são muitos afetados pela falta de um sistema de transporte eficiente agravado na época das secas. Lima & Pozzobon (2005) identifica pelo menos nove categorias sócio ambientais de produtores em relação a pressão de uso e do impacto que exercem sobre o ambiente, relacionados ao modo como ocupam, exploram e concebem sua relação com a natureza, sendo eles: povos indígenas de comércio esporádico, povos indígenas de comércio recorrente, povos indígenas dependentes da produção mercantil, pequenos produtores tradicionais, latifúndios tradicionais, latifúndios recentes, migrantes/fronteira, grandes projetos e exploradores itinerantes.

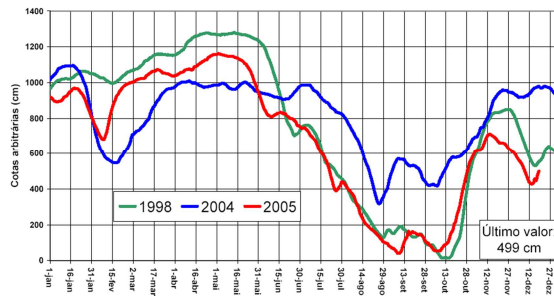
3. Fenômenos climáticos e hidrológicos

Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2006), a região amazônica passou por uma das maiores secas dos últimos anos, o que incorreu em prejuízos para o abastecimento de água, alimentos, etc, e o impedimento na mobilidade das populações. Manaus foi o único município do estado do Amazonas (AM) em que não houve a decretação de Estado de Calamidade Pública. No estado vizinho do Pará (PA) 13 municípios foram declarados em Situação de Emergência com a seca afetando os rios de grande e médio porte como os rios Solimões, Madeira, Purus, Juruá, Iça e Jutaiá.

A ANA possui uma rede de estações para monitoramento de dados climáticos, velocidades e cotas dos rios na Amazônia. Fez-se uma análise da seca de 2005, em termos de variação da cota dos rios da região, por meio dos registros de períodos significativos em três postos de monitoramento, conforme se verifica na Figura 1, especificamente nos postos 10100000, localizado no Rio Solimões no município de Tabatinga - AM, 14990000, localizado no Rio Negro no município de Manaus – AM, e 17050001, localizado no Rio Amazonas no município de Óbidos – PA. Já as Figuras 2, 3 e 4, mostram as variações anuais na cota destes respectivos rios, sendo que apenas o posto em Manaus apresenta a dimensão real ou escalar da cota, os outros dois apresentam apenas os perfis de variação do nível do rio ao longo do ano.



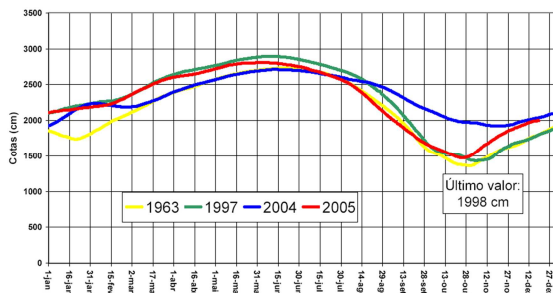
Fonte: Elaboração Própria



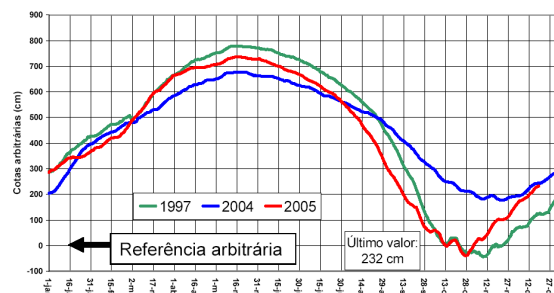
Fonte: ANA, 2006

Figura 1: Visualização dos postos

Figura 2: Variação no Rio Solimões



Fonte: ANA, 2006

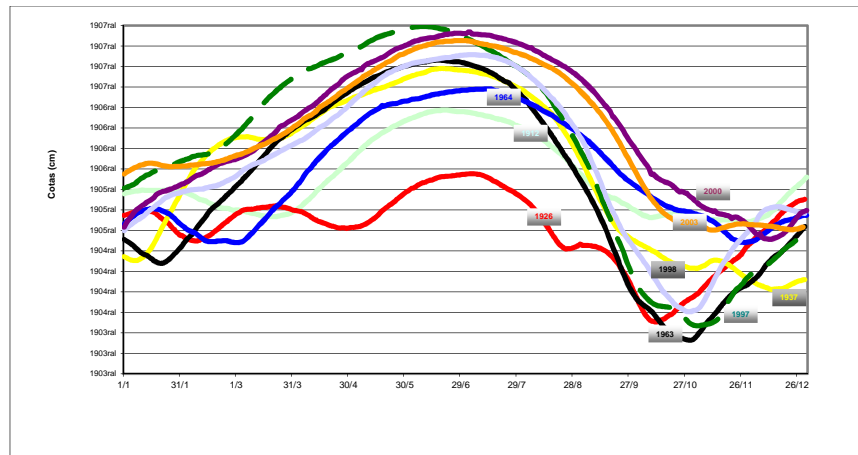


Fonte: ANA, 2006

Figura 3: Variação no Rio Negro

Figura 4: Variação no Rio Amazonas

Os dados históricos das cotas anuais dos postos de monitoramento em Tabatinga, Manaus e Óbidos, mostram que o ano de 2005 não se configurou como o de maior expressão de redução no nível dos rios, pois em 13/10/1998 foi registrado o menor nível do rio em Tabatinga; e em 29 e 30/10/1963 o menor nível do rio em Manaus atingiu 13,64 m; e em 09/11/1997 foi registrado o menor nível do rio em Óbidos. O Posto 14990000, localizado no Rio Negro no município de Manaus – AM, onde o monitoramento ocorre desde 1902 possibilitou informações que avaliadas mostrou-se um comportamento anual padrão, com o período de agosto a novembro apresentando quedas acentuadas no rio, conforme o indicado na Figura 5. A maior parte das curvas anuais apresentou comportamento semelhante ao perfil de 2003, excetuando os anos de 1963, 1926, 1997, 1998 e 1937, nos quais a vazante se mostrou mais rigoroso em relação ao ano de 2003.



Fonte: HYBAM, 2006

Figura 5: Variação da cota do nível do Rio Negro em Manaus

De acordo com o Boletim 33 de 29/10/2010 de monitoramento hidrológico da Amazônia, em 25/10/2010 o Rio Negro atingiu a cota mínima de 13.63 m, 1 cm menor do que a cota recorde registrada no histórico de medições que foi de 13,64 m em 30/10/1963.

Contudo, a simples medição de cota do rio em um determinado ponto não é o suficiente para indicar o grau de malefícios que os baixos níveis podem provocar na região, sendo prudente considerar o movimento de massas que ocorrem em toda a extensão da bacia hidrográfica, entre outros fatores, os quais devem resultar em indicadores que conduzirão a constatação de impedimento na navegação, e outros importantes usos destes recursos hídricos. Logo, embora não tenha ocorrido em 2005 os menores níveis de cotas dos rios na Amazônia, a região sofreu fortemente com o isolamento dos municípios pela inviabilização na navegação, além de impactos negativos como os impedimentos de acesso à água e peixes.

Na Amazônia, o período chuvoso ou de forte convecção ocorre de novembro a março, sendo que a seca ou período de baixa convecção ocorre entre os meses de maio a setembro. Já nos meses de abril e outubro tem-se a transição entre período chuvoso e seco. No período de dezembro a fevereiro ocorrem precipitações superiores a 900 mm nas regiões oeste e central, tendo ligação com a posição geográfica da Alta da Bolívia. E no período de junho a agosto o centro de máxima precipitação desloca-se para o norte e situa-se sobre a América Central. A porção central da Amazônia fica sob a influencia do ramo descendente da Célula de Hadley, incorrendo em período de seca bem característico (Fisch et al, 2006).

Molion apud Fisch et al (2006) afirma que os mecanismos responsáveis pelas chuvas na Amazônia são os seguintes: a) convecção diurna resultante do aquecimento da superfície e condições de larga-escala favoráveis; b) linhas de instabilidade originadas na costa N-NE do litoral do Atlântico; e c) aglomerados convectivos de meso e larga escala, associados com a penetração de sistemas frontais na região S/SE do Brasil e interagindo com a região amazônica.

A precipitação média anual na Amazônia é de 2300 mm, e em regiões de fronteira do Brasil com Colômbia e Venezuela são observados níveis de 3500 mm. A alta precipitação nas proximidades da Cordilheira dos Andes decorre da ascensão orográfica da umidade transportada pelos ventos alísios de leste da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT. Já no litoral do Pará ao Amapá há elevada precipitação e sem definição de período de seca, isto decorre da influência das linhas de instabilidade que se formam ao longo da costa litorânea no período vespertino e que são forçadas pela brisa marítima (Fisch et al, 2006).

Molion e Carvalho apud Fisch et al (2006) observaram correlação positiva das vazões de rios na Amazônia e as precipitações no evento do El Niño/Oscilação Sul - ENOS, no período de 1982 a 1983. Também, Marengo apud Fisch et al (2006) indica que em períodos de El-Niño, como os ocorridos em 1925 a 1926, 1976 a 1977 ou 1982 a 1983, ocorreram menores níveis de precipitação do verão em relação aos períodos normais na Amazônia do Norte, ocorrências estas que resultaram em reduções incomuns nos Rios Negro e Amazonas.

Análise realizada por Marengo apud Fisch et al (2006), na Amazônia Peruana, mostrou que os níveis do Rio Solimões em Iquitos e as chuvas registradas indicaram anomalias negativas no período de El-Niño muito intenso; e ainda durante anos de forte aquecimento das águas do Pacífico equatorial central, a ZCIT posicionou-se anormalmente mais ao norte do que sua posição normal sobre o Atlântico Tropical, e logo os ventos alísios de NE tornam-se brandos, diminuindo a umidade que adentra ao centro da região amazônica, e a conseqüente precipitação de chuvas na região. Existem estudos recentes que mostram a existência de inter-relação entre Anomalias da Temperatura da Superfície do Mar – TSM e a precipitações de chuvas e conseqüente efeito sobre as cotas nos níveis dos rios.

Ronchaila et al (2005) realizaram análises de correlação da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico na inundação da região sudoeste da Amazônia, em Bolívia, onde

foi comprovado que as ocorrências de TSM resultam em inundações na região, porém não ocorreu de maneira sistemática, e logo o mecanismo de análise de previsões indicou necessidades de melhorias. Williams et al (2005) analisaram a seca ocorrida na Bacia amazônica em 1926, e verificaram que a mesma foi fortemente influenciada pelo ENOS, com o aquecimento anormal do Oceano Atlântico Sul, também foi verificado que a emissão de fumaça na região deva ter contribuído para a redução da formação de nuvens e conseqüente precipitação de chuvas. Poveda et al (2005) discutiram que a precipitação de chuvas na Amazônia é dependente de massas evaporadas do Oceano Atlântico juntamente com a interação da atmosfera da própria região, como a evapo-transpiração, recirculação de precipitação, etc.

Conforme INPE (2005), o principal motivo da estiagem intensiva na Amazônia, no segundo semestre de 2005, decorreu da Temperatura da Superfície do Mar – TSM no Atlântico Tropical Norte, em que desde agosto de 2004 apresentava anomalias positivas, incorrendo em ascendência de ar, e em seguida o movimento de descendência sobre o sudoeste da Amazônia, e conseqüentemente a inibição na formação de nuvens, por conseguinte a não precipitação de chuvas na Amazônia.

O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, e o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET informaram que a seca na Amazônia ocorrida em 2005, caracterizada pelo baixo índice pluviométrico registrado em relação aos 40 anos anteriores, superando os períodos de 1925 a 1926, 1968 a 1969 e 1997 a 1998, foi influenciada pela baixa precipitação de dezembro 2004 a março de 2005, a qual foi de 350 mm valor este significativamente inferior à média histórica. Na Amazônia, o período de junho a agosto fica sujeita à estiagem provocada pelo ramo descendente da Célula de Hadley, e que resulta em períodos secos de setembro a outubro. A seca observada em 2005 não pôde ser atribuída tanto por fatores ligados às mudanças climáticas regionais quanto ao desmatamento ou ao aquecimento global, porém há indicadores positivos quanto à variabilidade natural de clima, onde anos secos e úmidos se alternam na escala interanual (MCT, 2006).

4. Transporte e desenvolvimento econômico regional

Existe uma relação extremamente importante entre o desenvolvimento e as melhorias na rede de transporte de um país conforme observado no grande dinamismo econômico verificado nas regiões onde existe um sistema de transporte complexo e diversificado. No entanto o desenvolvimento econômico mundial se deve em muito a uma verdadeira revolução nos principais meios de transportes, facilitando as relações comerciais e logo possibilitando acúmulo e a consolidação do sistema capitalista. A importância da implantação e diversificação dessas infra-estruturas de transporte não se restringe apenas na possibilidade de otimização, verificado na escolha dos modais como também no papel indutor de crescimento que tais investimentos proporcionam nas regiões mais periféricas.

Os investimentos indicados anteriormente preconizavam redução no custo dos transportes como forma de se obter maior competitividade. Oum (1996) explica que a análise de custo tem sido sempre a característica principal na economia de transporte. Contudo, é preciso incluir outras variáveis determinantes na análise da escolha do modal mais adequado como, por exemplo: o tempo, a qualidade, a regularidade, a segurança, etc. Na bacia amazônica o custo de transporte apresenta-se como um dos principais estranguladores e limitadores de desenvolvimento.

O Relatório geral Trans 2003 diz o seguinte: “A visão político-estratégica da logística do transporte na Amazônia aponta que a malha viária brasileira já nasceu distorcida, se comparada com outros países como Rússia, Estados Unidos e China. Das cargas transportadas pela malha viária nacional, segundo a Confederação Nacional de Transportes (CNT), 59% são feitas por rodovias; 22% por ferrovias, 15% por aquavias e 4% aerovias e dutovias. Uma distorção muito grande, considerando que o Brasil é um país continental. Ainda de acordo com a CNT, os custos de transportes por mil toneladas/quilômetro, são de 56 dólares nas rodovias; 17 dólares por ferrovia e 9 dólares por aquavia” (SETRAN, 2006).

Ao longo da história o sistema de transporte que se efetivou na região amazônica mostrou-se profundamente relacionado aos aspectos ambientais e morfológicos da região. Os rios continuam servindo como principal meio de rompimento das distâncias no interior da região amazônica principalmente nas zonas limítrofes, mantendo o sistema de comunicação de várias comunidades vulneráveis na época da seca podendo ficar completamente isoladas por longos

períodos. Conforme Sant'Ana (1998) essas condições naturais, especialmente a grande extensão de vias navegáveis, fazem com que o transporte hidroviário seja tomado como ponto de referência básico para a rede de transporte da Amazônia, as demais modalidades de transporte são chamadas a integrar-se com o sistema hidroviário e a complementá-lo.

Essa complementaridade se faz necessário não apenas para viabilizar o processo de desenvolvimento regional, como para proporcionar alternativas para evitar as calamidades oriundas das secas prolongadas que se tende a ser mais recorrentes. Tal cenário faz com que o setor de transporte seja elo primordial para o desenvolvimento, e não apenas como um meio de escoamento econômico entre produtores e consumidores como tem assumido no resto do país e na Amazônia Oriental, onde os estados com melhor acessibilidade e consolidada rede de transporte apresentam maiores índices de desenvolvimento humano. Concomitantemente são também os estados onde o modelo de desenvolvimento se baseou fortemente no desmatamento para atender os grandes projetos de exploração.

Carvalho (1994) coloca que a configuração desse modelo de desenvolvimento regional, concentrado na grande empresa capitalista, gerou dentro outras, as seguintes distorções: (1) desregionalização da propriedade do capital; (2) baixo grau de geração de emprego devido aos projetos serem intensivos de capital ou terra; (3) elevados custos de criação de emprego; (4) frágil integração intra-regional da indústria; (5) Predominância de projetos agropecuários sobre os industriais; (6) ganhos especulativos com a terra; (7) geração de violentos conflitos sociais decorrentes da luta pela terra; (8) territorialização burguesa da terra por não-residentes; (9) expulsão dos camponeses de suas terras; (10) e aceleração do processo de destruição ambiental.

Os estados da Amazônia Ocidental devem buscar modelos que não priorizem aspectos puramente econômicos, mas principalmente inclusão social baseado no atendimento das necessidades básicas das populações. Essa ressalva se faz necessário uma vez que as poucas infra-estruturas que se fizeram nos transportes trouxeram desenvolvimento juntamente com desmatamento. Caso pretende-se manter a floresta de pé na Amazônia Ocidental é fundamental uma mudança do paradigma no setor de transporte e priorizar as hidrovias como fator de desenvolvimento.

Um exemplo, interessante do uso racional das hidrovias no desenvolvimento regional está no modelo TVA - Tennessee Valley Authority, uma autarquia criada nos EUA pelo presidente Franklin Roosevelt para otimizar os recursos destinados a hidrovias em função do planejamento integrado que possibilitou a transformação de uma região muito pobre dos EUA numa das mais prósperas do país. O “modelo TVA” demonstrou que o Estado pode e deve atuar como indutor dos grandes empreendimentos de infra-estrutura. A arrecadação de impostos federais gerados ou o “retorno do investimento” superou em quase seis vezes os investimentos feitos pelo governo no período de 1933 a 1950, demonstrando que emissão soberana de crédito para atividades produtivas nada tem a ver com emissão de moeda.

A região amazônica já teve um ensaio deste modelo para a região do Araguaia-Tocantins, o PRODIAT (Programa de Desenvolvimento Integrado do Araguaia/Tocantins), que não passou da fase inicial e que foi lamentavelmente descontinuado (SETRAN, 2006). Na Amazônia a análise do desenvolvimento não se pode levar em consideração apenas o PIB, mas também uma rede de transporte eficiente como fator determinante na promoção de qualidade de vida do cidadão do interior. Para isso se fez análise dos efeitos do transporte e do PIB no desenvolvimento regional na Amazônia. Numa análise abrangendo 65 municípios dos 310 da região pode-se avaliar esta relação entre transportes, Produto Interno Bruto - PIB e desenvolvimento sendo a representatividade dos municípios no estado variando de 9% no Pará e chegando a 67% no estado de Roraima.

Souza (1999) relembra que, a partir da teoria keynesiana, com a *Contabilidade Nacional* na década de 30 do século XX, tem-se a classificação de países como ricos e/ou pobres com a apresentação de níveis de renda *per capita*. E, por meio de outros indicadores, nações pobres receberam a denominação de subdesenvolvidos, em decorrência de apresentação de fatores negativos como crescimento econômico insuficiente e instável, elevado nível de analfabetismo, altas taxas de natalidade e mortalidade infantil, grande dependência do setor agrícola, instabilidade política, etc. Visando trazer uma visão diferenciada sobre o desenvolvimento, o qual tinha como base de referência o PIB *per capita*, Mahbub ul Haq desenvolveu o Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, que busca sintetizar a mensuração do desenvolvimento humano, levando-se em consideração a longevidade e educação, além do indicador de desenvolvimento tradicional.

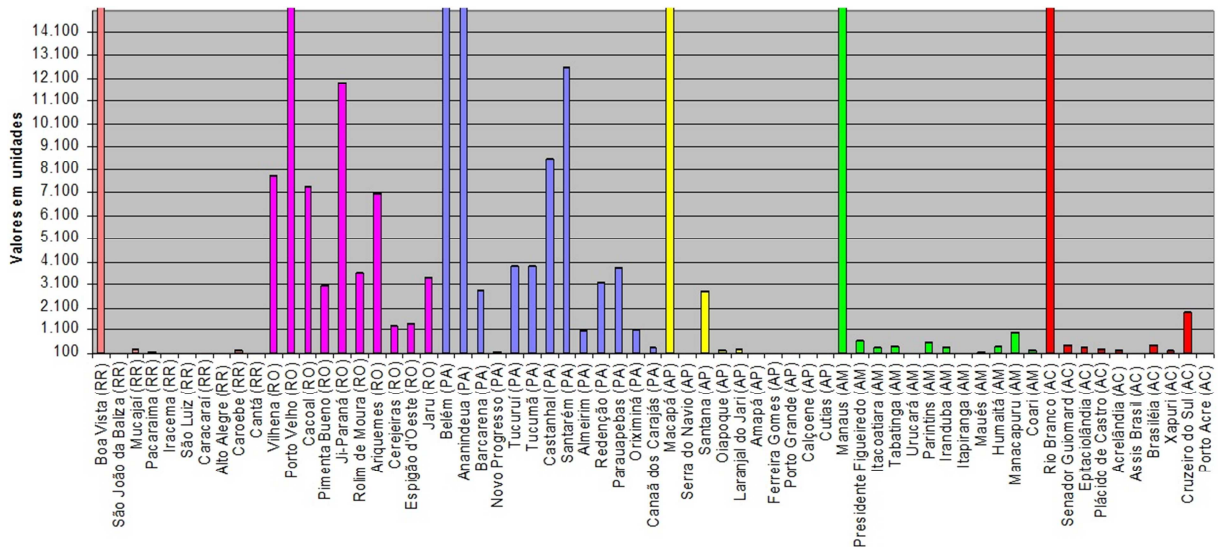
A Amazônia possui uma matriz de transporte diversificada, mas está dividida em dois sistemas: um que atende aos grandes projetos de desenvolvimento econômico e tem sido priorizado, e outro destinado às atividades econômicas locais. No que tange aos grandes projetos tem-se o destaque do Pólo Industrial de Manaus – PIM e as indústrias minero-metalúrgicas. Os principais modais de transporte do e para o Pólo Industrial de Manaus - PIM são aéreo e rodo-hidroviário, sendo este o de maior representatividade em termos de volume e mássico. Existem duas rotas rodos-hidroviários de e para o PIM, a primeira é o transporte de carretas em balsas de Manaus a Porto Velho – RO, e deste ponto segue por rodovia, a segunda rota um pouco menos utilizada é o transporte de carretas em balsas de Manaus a Belém – PA, e deste ponto segue por rodovia. Não obstante a definição das transportadoras quanto à escolha da rota é dependente de diversos fatores, tais como: o regime das águas do rio Madeira (Manaus/Porto Velho/Manaus), estratégia comercial das empresas na concorrência por cargas de retorno, segurança dos comboios, etc (BNDES, 1998).

A infraestrutura logística, disponibilizada para os grandes projetos minero-metalúrgicos na Amazônia, foi instalada de forma a complementar o atendimento customizado de tais empreendimentos. O modal ferroviário conjugado com o hidroviário foi consolidado para suprir as necessidades de transporte dos produtos e insumos na maior parte do seguimento industrial em questão. As instalações ferroviárias existentes na região amazônica para atendimento dos empreendimentos de exploração mineral são: Estrada de Ferro Amapá, Estrada de Ferro Jarí, Estrada de Ferro Mineração Rio do Norte S/A e Estrada de Ferro Carajás (Kuwahara. et al, 2006).

Os portos na Amazônia, desconsiderando-se os das capitais e os que atendem os grandes projetos, são de baixa capacidade de escoamento de carga, como os Portos de Tabatinga (AM), Coari (AM), Itacoatiara (AM), Parintins (AM), Itaituba (PA), Altamira (PA), Caracaraí (RR), Tucuruí (PA), Marabá (PA), Óbidos (PA); os demais municípios possuem portos rudimentares com trapiches ou rampas, sem administração específica e com baixo fluxo de carga. (Sant’Anna, 1998). A malha rodoviária da Amazônia, abstraindo-se os estados do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso, mostra-se bastante desfavorável em relação as demais regiões do Brasil. O estado do Amazonas destaca-se pelo menor índice de rodovias da Amazônia não chegando a 0,01 enquanto que Rondônia, Acre e Pará apresentaram os melhores índices da região registrando 0,09; 0,04 e 0,03 respectivamente. Esse índice

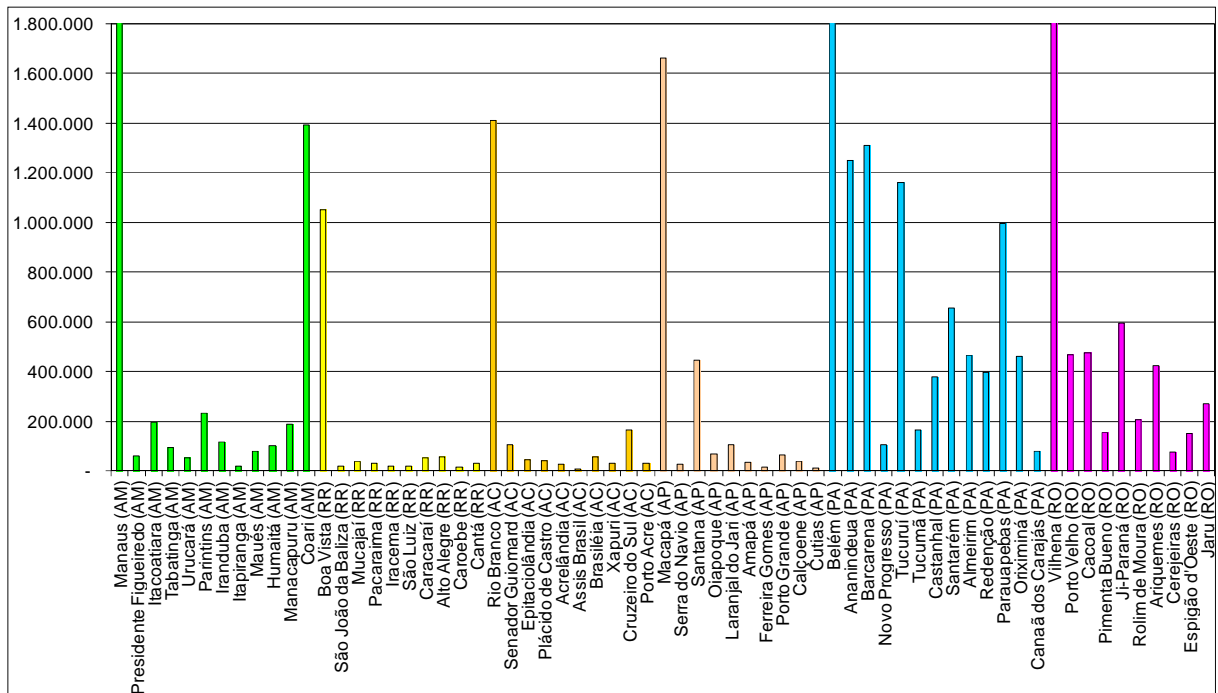
demonstra uma tendência decrescente em relação a aproximação da calha do rio Amazonas e principais afluentes.

A Figura 6 mostra que dos municípios pertencentes à região amazônica, poucos apresentam frota veicular com mais de 15.000 veículos, com ocorrências apenas nas capitais dos Estados, sendo a única exceção o município de Ananindeua no estado do Pará que pela proximidade da capital Belém sofre influência desse grande centro da região. Os estados do Pará e Rondônia são os que possuem municípios com maiores níveis de motorização fortemente influenciados pela acessibilidade que os dois estados possuem para o centro-sul do país. Já a Figura 7 apresenta o PIB referente ao ano de 2002 de alguns municípios da Amazônia, sendo o destaque dado para R\$ 20.355.937.000,00 em Manaus - AM, R\$ 6.552.484.000,00 em Belém - PA, R\$ 2.247.752.000,00 em Vilhena - RO, e R\$ 1.392.461.000,00 em Coari - AM. Neste indicador os estados do Pará e Rondônia também apresentam os maiores valores em comparação com os demais municípios dos outros estados da Amazônia onde os *linkage effects* foram sensivelmente menores.



Fonte: Elaboração Própria

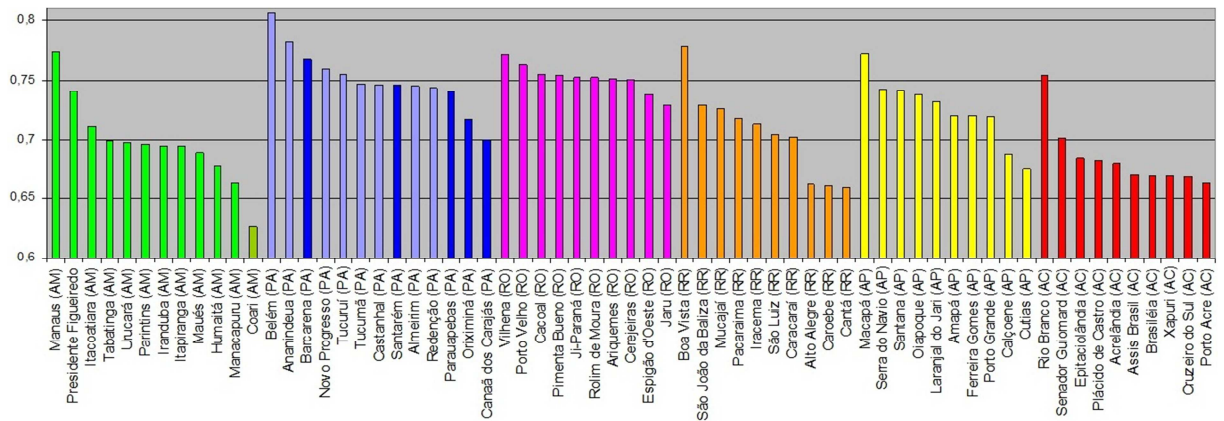
Figura 6: Frota Veicular na Amazônia



Fonte: Elaboração Própria

Figura 7: PIB dos Municípios da Amazônia

Com objetivo de relacionar o sistema de transporte e a geração do PIB no processo de desenvolvimento elaborou-se uma relação dos principais índices de desenvolvimento humano municipal, IDH – M da Amazônia. Constatou-se, de acordo com o apresentado na Figura 8 que os de maior expressão no *raking* de IDH-M nem sempre estão atrelados aos maiores PIB's, como por exemplo o município do Coari no estado do Amazonas com grande reserva e produção de Petróleo, apresenta o segundo maior PIB estadual, mas a sua posição no ranking de IDH-M fica apenas na 33ª colocação no estado. Pode-se notar que os municípios do estado do Pará e Rondônia, com uma malha de transportes mais consolidada e ramificada, apresentam índices mais equilibrados.



Fonte: Elaboração Própria

Figura 8: IDH-M de municípios da Amazônia

As regiões na Amazônia sem meios de transportes e logísticas eficientes e/ou satisfatórios estarão fadadas ao eterno subdesenvolvimento e conseqüentemente aos baixos IDH's, uma vez que se observa estreita inter-relação direta de sistema logístico e transporte com os indicadores de progresso e “desenvolvimento”. A região amazônica vem tendo avanços relativos no planejamento e estruturação dos sistemas de transportes, porém ainda necessitam de melhorias significativas. Certamente um dos pontos de fragilização da logística e planejamento dos transportes na região ocorre nos eventos adversos, como o fenômeno da seca, pois os tomadores de decisão não se atentaram que este fenômeno ocorre com certa freqüência e que logo necessita de esforços no sentido de “prevenir” a dinâmica regional com mecanismos logísticos de proteção contra tais períodos de isolamento.

5. Mecanismos de atuação na seca: necessidades de planejamento de transportes e logística para prevenção

A estiagem ocorrida em 2005 e 2010 nas cabeceiras dos rios Solimões e Amazonas e demais afluentes da calha sul, trouxe muitas dificuldades às populações afetando inicialmente 28 municípios amazonenses com aproximadamente 32 mil famílias (167 mil habitantes) e no Pará foram afetados 13 municípios com aproximadamente 20 mil famílias (100 mil habitantes). As principais dificuldades durante o período foram as seguintes: impossibilidade de deslocamento da população sendo que no Amazonas mais de 950 comunidades ficaram isoladas pela vazante de mais de 16 metros; falta de água potável e contaminação das

cacimbas comunitárias, tendo como consequência o surgimento de doenças; falta de combustível nas comunidades isoladas; mortandade elevada de peixes dos cursos de água, da região, afetando atualmente a economia ribeirinha e sua subsistência; água barrenta e com resíduos sólidos principalmente no Pará face às peculiaridades do subsolo.

As ações de intervenção do governo federal complementando as ações estaduais e municipais nos estados afetados se resumiram principalmente em medidas de correção ou de remediação como, por exemplo: criação de um grupo de trabalho executivo multidisciplinar e multisetorial; montagem de operação de socorro e assistência; liberação de 30 milhões de reais para a operação de socorro através da medida provisória MP 262; doação de 50 mil cestas básicas no Amazonas e 20 mil no Pará; fornecimento de 18 toneladas de hipoclorito de sódio e por último fornecimento de Kits de medicamentos (Fernandes, 2006).

Apesar de reconhecer a falta de cultura referente a prevenção na maioria dos municípios da Amazônia, pouco se recomendou em relação a prevenção se limitando ao recebimento de alertas produzido nos municípios, os quais são avisos de um dia o que é incipiente pela dimensão e tempos de viagens da região, e a capacitação de recursos humanos para proporcionar essa prevenção, conforme apresentado no Quadro 1. São estratégias dissonantes uma vez que nas palavras do próprio Sr. José Luis D'Ávila Fernandes, Diretor do Depto de Resposta aos Desastres e Reconstrução da Defesa Civil, Ministério da Integração Nacional, reconhece a importância da prevenção quando o conclui dizendo: "*No Brasil, um real aplicado em ações de prevenção, equivale a 20 reais na resposta a reconstrução*", conforme sua apresentação na vídeo-conferência Debates Ambientais: "Seca na Amazônia - atuação conjunta de governos e sociedade civil, redução de vulnerabilidades e minimização de impactos", 31/03/2006, no escritório do Banco Mundial em Brasília (Brasil).

Quadro 1: Comentários e Sugestões sobre a seca de 2005 na Amazônia

Comentários finais	Sugestões
<p>- Criação e operacionalização do CENAD, com o SODC em funcionamento na SEDEC e previsão de fornecimento às CEDEC e principais COMDEC; projeto estruturante de longo prazo.</p> <p>- Alertas antecipados são produzidos diariamente e fornecidos aos Estados e aos municípios, por intermédio dos operadores do CENAD, desde meados de 2004, auxiliando a minimizar os efeitos dos desastres;</p> <p>- O SINDEC funciona de modo sistêmico, em obediência ao pacto federativo, sem haver subordinação dos níveis estaduais e municipais ao federal: é o princípio da parceria, instituído pelo Decreto 5.376, de 17 Fev 2005;</p> <p>- O município decreta SE ou ECP; o Estado Homologa; a União Reconhece. É exigência da legislação, havendo previsão de exceção em casos excepcionais.</p> <p>- O desastre ocorre no município. Não há uma cultura estabelecida de Prevenção e de Preparação nos municípios, com algumas exceções.</p> <p>- Na região Norte, os municípios de modo geral não dispõem de COMDEC. As existentes, com raras exceções, são inoperantes, sobrecarregando os sistemas estaduais, os quais, por vezes, operam com dificuldades.</p> <p>- A necessidade de capacitação de recursos humanos nos municípios COMDEC e NUDEC) para Ações de Prevenção e Preparação, objetivando diminuir os efeitos dos desastres.</p>	<p>- Investimento municipal na Criação e Operacionalização de COMDEC e posterior instituição dos NUDEC; trata-se de uma MUDANÇA CULTURAL A LONGO PRAZO.</p> <p>- Realização de cursos de capacitação de DC mediante programas anuais de capacitação continuada e campanhas junto à população;</p> <p>- Elaboração de planejamento plurianual contemplando Programas, Projetos e Ações de Defesa Civil, nas 4 vertentes: P2R2, nos municípios, nos estados e como já acontece, na União;</p> <p>- Elaboração de Planos Diretores de DC em conjunto com os PDOT das cidades (CF/88)- ordenamento territorial</p> <p>- Elaboração dos Planos de Contingência e Planos Operacionais para fazer face às diversas hipóteses de desastre (seca-incêndios- enchentes e inundações);</p> <p>- Elaboração de Mapas de Risco das cidades e das comunidades isoladas;</p> <p>- Elaboração de projetos estruturantes para atender, com medidas preventivas, as diversas hipóteses de desastres: poços artesianos nas comunidades isoladas, movidos a energia solar; cisternas unifamiliares; filtros rústicos para a filtragem de água dos cacimbões; instituição de seguro-pesca, de Garantia safra, AEF, redução da CIDE, ITR e outros, à semelhança das demais regiões brasileiras;</p> <p>- Criação do Fundo municipal (estadual) de Defesa Civil, com recursos oriundos de IPTU, royalties de petróleo, etc;</p> <p>- Instituição, nas escolas de ensino Fundamental e Médio, da rede municipal e estadual, da matéria Noções Básicas de Defesa Civil e Meio Ambiente.</p>

Fonte:Fonseca (2006)

O Decreto federal N. 5.376/2005 definiu em seu Art. 1º, que “*Os órgãos e entidades da administração pública federal, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, as entidades privadas e a comunidade, responsáveis pelas ações de defesa civil em todo o território nacional, constituirão o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, sob a coordenação da Secretaria Nacional de Defesa Civil, do Ministério da Integração Nacional*”.

E as ações do SINDEC objetivam, conforme o Art. 2º, (i) prevenção de desastres, (ii) preparação para emergências e desastres, além de outras importantes ações corretivas e de mitigação. Ressalta-se estes dois incisos em face dos mesmos caracterizarem-se como de prevenção. A Defesa Civil, dentre várias competências, tem por missão promover ações de prevenção para evitar ou minimizar desastres e preservação de moral e de normalidade social das populações. O SINDEC tem por finalidade o planejamento e promoção da defesa permanente contra desastres naturais, antropogênicos e mistos, de maior prevalência no território nacional, além de desenvolvimento de estudos e avaliação para redução de riscos de desastres.

SDC (1999), o qual apresenta o Manual de Planejamento em Defesa Civil, discute que os prejuízos sociais gerados com os desastres são caracterizados pela diminuição do bem-estar da comunidade afetada e do incremento de riscos à saúde e à incolumidade da população, e *“em função dos reflexos nocivos sobre a saúde da população, os prejuízos sociais relacionados com um mau desempenho dos serviços de saúde pública e de saneamento são considerados como prioritários”*. E, logo em uma escala de prioridades de atuação da defesa em prol do atendimento da população, incorre-se primeiramente na busca da preservação da saúde humana, recebendo a denominação de Prioridade I, e por conseguinte os demais serviços, que passam a ser denominados de Prioridade II, em que são contemplados, (a) geração e distribuição de energia; (b) transporte público; (c) comunicações; e (d) distribuição de combustíveis, especialmente de uso doméstico.

Estudo realizado em 2002 pelo Centro de Estudos Logísticos – CEL/UFRJ, em atendimento ao solicitado pela Confederação Nacional dos Transportes – CNT, mostram que para a região amazônica a barreira para a navegação interior, entre outros importantes fatores, tem-se a variação do nível do rio com as cheias e vazantes. A título de exemplo o município de Tabatinga dista de Manaus 1.756 km de vias navegáveis, se faz por necessário no período de setembro a novembro, eventualmente, o transbordo em alguns pontos do rio Solimões para navios fundeados. Assim, observa-se que a região amazônica já possui uma sensibilidade quanto á redução do nível dos rios, logo é incompreensível que situações de estabelecimento de ações de mitigação ainda persistem, pois o fenômeno é recorrente e as medidas de prevenção nunca são colocadas em prática.

A região amazônica tem uma caracterização diferenciada em relação ao resto do Brasil, em que se pesa as grandes distâncias em relação aos centros de concentração de recursos e meios para sanar ou atenuar os problemas que surjam com os desastres. Conforme SDC (1999) “*É imperioso que o processo de planejamento do desenvolvimento social e econômico dos países priorize, de forma muito clara e permanente, a redução dos desastres, com especial atenção para as ações de prevenção de desastres e de preparação para emergências e desastres*”, e ainda que “*O grau de controle e a capacidade de reduzir a intensidade dos danos provocados por eventos adversos aumentam em função da capacidade de previsão dos desastres*”. Tendo em vista tais premissa, postas pela própria Defesa Civil, e o já conhecido ciclo clima-hidrológico da Amazônia, “compreendido” por atores na amazônica, incluindo-se os da área de transportes e logística, não é coerente que as ações de mitigação continuem se sobressaltando em relação às medidas de prevenção.

6. Proposta de ferramentas de previsão em navegação interior

Nesta seção, o modelo de previsão SARIMA utilizado para descrever o comportamento hidrológico é apresentado; e em razão da limitação de espaço, abordou-se apenas uma parte específica da literatura recente desse modelo.

Seja Z_t uma série temporal sazonal não estacionária observada s períodos por ano, de maneira que $s=12$ para séries mensais. Uma forma de remover a sazonalidade da série e transformá-la em uma série estacionária X_t para que um modelo ARIMA possa ser empregado consiste em realizar uma diferenciação sazonal semelhante a utilizada por Box et al (1999). Assim,

$$Z_t - Z_{t-s} = (1 - B^s)Z_t = X_t \quad (1)$$

Contudo, em muitos casos é necessário modelar X_t , de acordo com seu padrão sazonal, então

$$\Phi(B^s)(1 - B^s)^D Z_t = \Theta(B^s)X_t \quad (2)$$

Onde

$$\Phi(B^s) = (1 - \Phi_1 B^s - \dots - \Phi_p B^{sP})$$

$$\Theta(B^s) = (1 - \Theta_1 B^s - \dots - \Theta_Q B^{sQ})$$

Em (2), nota-se que o padrão sazonal é aleatória entre os ciclos s . Se a sazonalidade da série x_t tiver sido filtrada, um modelo ARIMA(p,d,q) regular pode representar x_t , assim

$$\phi(B)(1-B)^d Z_t = \theta(B)a_t \quad (3)$$

Onde

$$\phi(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)$$

$$\theta(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$$

combinando (2) e (3), obtém-se a classe de modelos sazonais multiplicativos ARIMA(p,d,q)x(P,D,Q) ou simplesmente SARIMA,

$$\phi(B)\Phi(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Z_t = \theta(B)\Theta(B^s)a_t \quad (4)$$

onde a_t é um ruído branco com média zero e variância σ^2 . Nessa classe de modelos, permite-se tanto a diferenciação regular quanto a diferenciação sazonal.

O objetivo da metodologia de séries temporais é estabelecer um modelo estocástico linear da classe SARIMA que possa ter gerado Z_t e que seja utilizado para fornecer previsões de valores futuros do fenômeno em estudo. A estratégia de modelagem é baseada em um ciclo de quatro etapas iterativas: a) identificação; b) estimação dos parâmetros; c) verificação de diagnóstico, d) previsão.

A etapa de identificação consiste em selecionar valores para os parâmetros p , d , q , s , P , D , e Q . Essa etapa é considerada a mais difícil e delicada, pois envolve subjetividade e expertise do analista. Para tanto, utiliza-se análise das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial amostrais como estratégia de identificação. Na etapa de estimação, os coeficientes identificados anteriormente são estimados usando técnicas estatísticas. A etapa de diagnóstico informa se o modelo identificado descreve adequadamente o comportamento dos dados da

série Z_t . Caso o modelo não seja adequado, o ciclo deve recomeçar. Para maiores explicações sobre os modelos SARIMA consultar Box et al (1999).

Os dados utilizados para identificar a classe de modelo SARIMA tiveram como referência as séries históricas de medições, realizadas desde a década de 1970, em estações hidrológicas localizadas nos municípios de Barcelos, Manaus, Óbidos, Porto Velho e Tabatinga. Os dados são provenientes das medições e dos monitoramentos realizados pela Agência Nacional de Águas - ANA e CPRM. Os modelos ARIMA identificados para descrever o comportamento dinâmico dos rios localizados nos municípios com estações de medições são descritos a seguir

Rio Negro – Barcelos

$$y_t = 1,1483 y_{t-1} + 0,6622 y_{t-2} - 0,8106 y_{t-3} + 0,2585 \varepsilon_{t-1} - 0,5864 \varepsilon_{t-2} - 0,0766 \varepsilon_{t-3} \quad (5)$$

Rio Negro – Manaus

$$y_t = 1,8751 y_{t-1} + 0,1202 y_{t-2} - 1,8717 y_{t-3} + 0,8765 y_{t-5} - 0,1961 \varepsilon_{t-1} - 0,9865 \varepsilon_{t-2} + 0,3230 \varepsilon_{t-4} + 0,1134 \varepsilon_{t-5} \quad (6)$$

Rio Madeira - Porto Velho

$$y_t = y_{t-1} + 0,6748 y_{t-1} + 0,4332 y_{t-2} - 0,1242 y_{t-3} + 0,6421 \varepsilon_{t-1} - 0,2807 \varepsilon_{t-2} - 0,5667 \varepsilon_{t-3} - 0,4294 \varepsilon_{t-4} - 0,1898 \varepsilon_{t-5} \quad (7)$$

Rio Amazonas – Óbidos

$$y_t = 473,5520 + 1,6248 y_{t-1} - 0,2161 y_{t-2} - 0,8332 y_{t-3} + 0,7156 y_{t-4} - 0,2916 y_{t-5} + 0,0285 \varepsilon_{t-1} - 0,218 \varepsilon_{t-2} + 0,4246 \varepsilon_{t-3} \quad (8)$$

Rio Solimões – Tabatinga

$$y_t = 2,2948 y_{t-1} - 1,6736 y_{t-2} + 0,3787 y_{t-3} - 0,0267 \varepsilon_{t-1} + 0,0108 \varepsilon_{t-2} + 0,0445 \varepsilon_{t-3} \quad (9)$$

onde y_{t-k} representa o valor observado na série histórica, sendo $t = 1, 2, \dots, 366$ dias no ano e k representa a quantidade do atraso, em dias.

Para o Rio Negro - Barcelos, o modelo identificado é definido como um autoregressivo de média móvel – ARMA (3, 3), indicando que condições de navegabilidade é afetada tanto pela variação da cota diária do Rio Negro, nas defasagem 1 (t-1), defasagem 2 (t-2) e defasagem 3 (t-3), como pelo erro residual $\{ \varepsilon_t \}$ nas mesmas defasagens. Entre os coeficientes estimados, destaca-se a associação negativo estimada para o coeficiente da terceira ordem da variável y_t , isto significa, que 81,06% do valor da cota atual do Rio Negro decorre do comportamento observado três dias atrás (t-3). Observar-se, também, que a condição de navegabilidade é afetada pela termo aleatório na segunda defasagem (t-2), com uma associação negativa de 58,64% na variação diária da cota deste rio.

Para o Rio Negro – Manaus, o modelo identificado é definido como autoregressivo de média móvel – ARMA (5, 5), indicando que as condições de navegabilidade, neste trecho, pode ser explicada pelo comportamento observado nas defasagens 1 (t-1), defasagem 2 (t-2), defasagem 3 (t-3) e defasagem 5 (t-5). O estimado para a defasagem 4 (t-4) não foi significativa para a variável y_t . As equações de previsão descritas (5) – (9) foram utilizados para produzir previsões sobre as condições de navegabilidade, tendo como parâmetro único as cotas dos rios possibilitando obter estimativas para a navegabilidade nas seguintes rotas de interesse:

- Rota 01: Tabatinga – Manaus: Registro de informações ao longo do Rio Solimões;
- Rota 02: Barcelos – Manaus: Registro de informações ao longo do Rio Negro;
- Rota 03: Porto Velho – Manaus: Registro de informações ao longo do Rio Madeira;
- Rota 04: Manaus - Santarém: Registro de informações ao longo do Rio Amazonas;

As equações de previsão (5) – (9) foram adaptadas para utilização em página WEB. Isto facilitou aos usuários dos serviços de transporte aquaviário a previsibilidade das condições de navegação, considerando a variável cota dos rios, localizados nas rotas mencionadas. A ferramenta encontra-se disponível no site www.transportar.ufam.edu.br. A Figura 9 apresenta a tela inicial da ferramenta com dados básicos sobre o projeto que desenvolveu o processo de modelagem, denominado Dinâmica Hidrológica e Transporte Hidroviário na Amazônia, apoiado pelo CNPq.

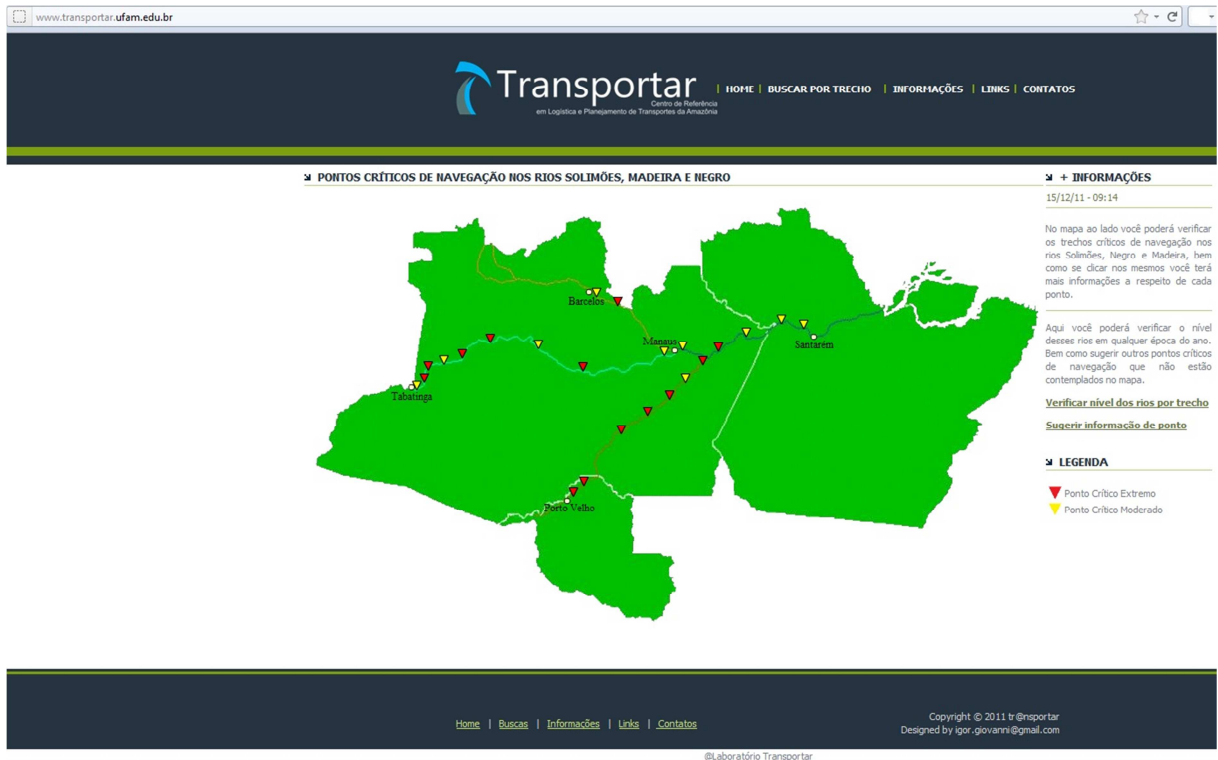


Figura 9: Tela inicial da ferramenta de previsão

No ícone buscar por trecho o usuário tem acesso a janela de seleção da programação de seus deslocamento, ver Figura 10. Nesta janela o usuário realiza seleção de origem e destino, bem como indica as datas em que deverá partir ou chegar às localidades disponíveis na base de dados da ferramenta.

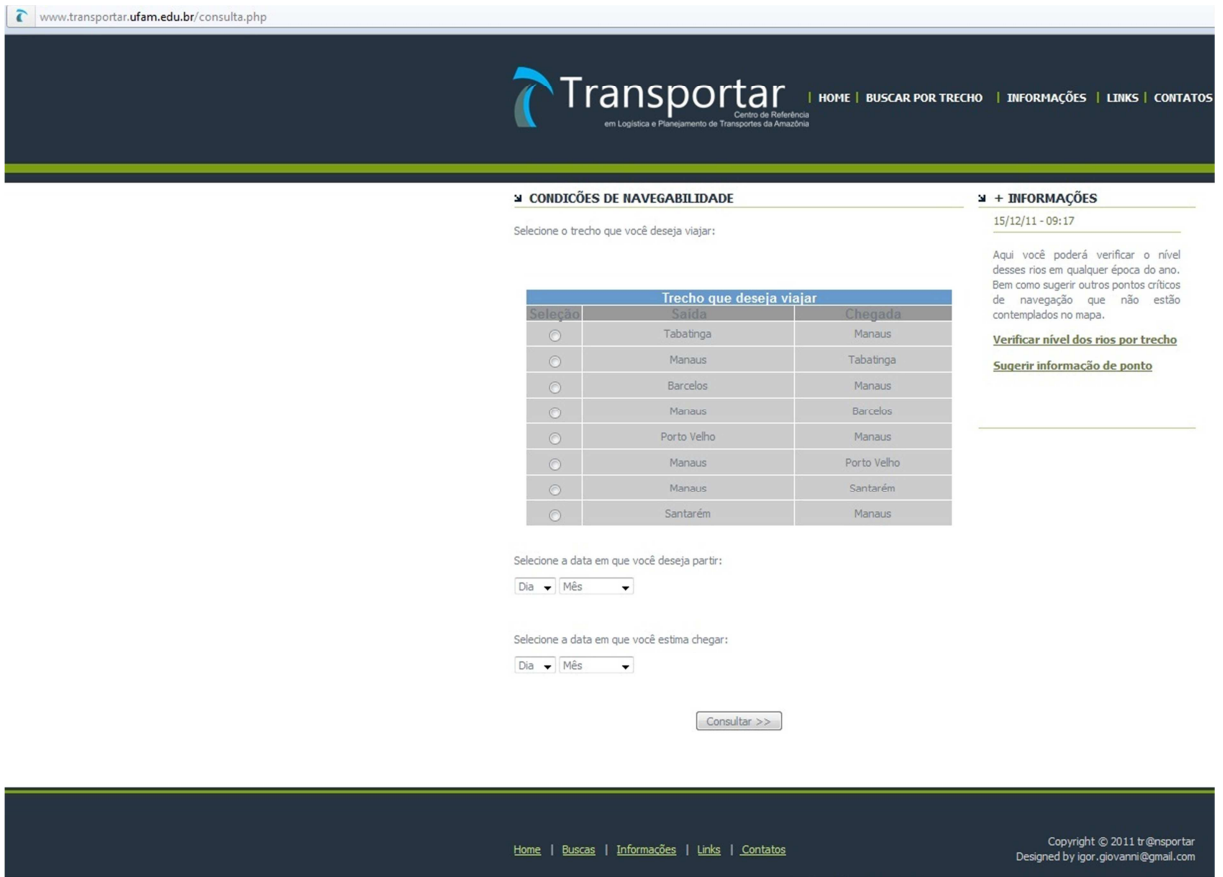


Figura 10: Janela de indicação da programação dos deslocamentos

O resultado da declaração da programação encaminha para consulta ao modelo, o qual retornar ao usuário a informação sobre a cota do rio nos trechos selecionados. Estas informações são imprescindíveis para que os usuários tenham percepção sobre condições favoráveis ou desfavoráveis para a navegabilidade de embarcações, considerando os calados específicos destas. E, portanto, podendo optar pela realização de viagens em períodos possíveis ou mesmo pela seleção de dimensão de embarcação a ser utilizada para navegação sem risco de encalhes ou limitação de cargas e passageiros.

Conclusões

As informações sobre o clima e hidrologia na Amazônia e os parâmetros que os influenciam, os quais foram e estão sob estudos por importantes centros e instituições de pesquisa nacionais e internacionais, até o presente momento não permitem a indicação sobre as responsabilidades, seja dos efeitos globais com o aquecimento do planeta incorrendo-se em aquecimentos dos oceanos, ou seja, em decorrência de queimadas com conseqüente produção de fumaça, os quais em tese podem influenciar na formação de nuvens e conseqüente impedimento de precipitação de chuvas na Amazônia. Não obstante, a hidrologia desta região já possui mapeamento razoavelmente satisfatório, os quais mostram do ponto de vista dos baixos níveis dos rios, que o período compreendido entre os meses de agosto a novembro, são problemático e de riscos para a navegação.

Sendo assim, mesmo em períodos de “normalidade” climática e hidrológica na região amazônica, com baixos níveis das cotas dos rios no período supracitado, há esforço significativo para o vencimento das barreiras naturais para que as atividades da sociedade não sejam interrompidas. Sob tal cenário, é prudente considerar que os esforços em períodos de condições adversas e incomuns, como as vivenciadas na seca dos anos de 2005 e 2010, ocorram maior dispêndio de esforços e recursos no sentido de garantir a normalidade e/ou estabilidade sócio-econômica das localidades em discussão. Não obstante a estratégia a ser considerada para tanto é dependente da compreensão dos tomadores de decisão sobre a forma que atuação que deverá ser adotada. A prática consolidada nos países desenvolvidos para enfrentamento dos efeitos adversos tem sido de priorização de “ações de prevenção e de preparação para emergências e desastres”. Esta postura poderia ser adotada no Brasil para o caso em discussão sobre a Seca na Amazônia.

A Secretaria Nacional de Defesa Civil, coordenadora do SINDEC, ainda não implementou um Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD para monitorar os parâmetros de eventos adversos na Amazônia, bem como não presta orientações de prevenção, de acordo com o preconizado pelos incisos II, e III, do Art. 21 do Decreto N. 5.376/2005. As determinações neste decreto são claras quanto às atuações em prevenção e em reconstrução, porém na prática observa-se poucas ações de prevenção. (Por exemplo, o inciso XX do Art. 15, estabelece que o “*Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão deve dar*

prioridade à alocação de recursos para assistência às populações e à realização de obras e serviços de prevenção (...)”. Contudo, as ações têm sido primordialmente corretivas, conforme se verificou no último evento, em que milhares de cestas básicas foram distribuídas, construções de cacimbões para disponibilidade de água; por outro lado não foi e nem são verificadas ações de construções de armazéns, tanques, para estocagem de alimentos, combustíveis, etc, tampouco se verifica programas de orientações e avisos sobre cronogramas de uso das hidrovias).

Os próprios programas de desenvolvimento regional do governo passam a sofrer potenciais insucessos, haja vista que os investimentos e incentivos dados para a produção local, não têm garantia de fluxos de insumos e produtos para as localidades com risco de seca e a conseqüente inviabilização da navegação interior, logo resultando em graves golpes sobre as já enfraquecidas economias locais, o que deve resultar em pioras dos índices de desenvolvimento humano (IDH-M).

O Ministério da Integração Nacional - MIN, que também tem a finalidade de promoção do desenvolvimento regional, por não buscar a efetiva prevenção dos efeitos de seca, conforme o preconizado no Inciso XX do Art. 15 do decreto em discussão, incorre em erros estratégicos, penalizando-o duplamente, a primeira é a de que empréstimos ou incentivos realizados por órgão como ADA/SUDAM (MIN) para a produção local podem ser perdidos pelo não escoamento das produções, e segundo o não investimento na prevenção incorrem em pesados ônus de reconstrução e atendimentos emergenciais a serem gastos pela Secretaria Nacional de Defesa Civil (MIN).

O Manual de Planejamento em Defesa Civil estabelece que o monitoramento dos fenômenos premonitórios é de extrema importância para previsão de desastres, sendo necessários seu desenvolvimento no nível local, regional com a complementação de centros de pesquisas e de previsões nacionais e internacionais. Não obstante, a extensão intersetorial que envolve a problemática em questão, torna-se de difícil tarefa aos tomadores de decisão local e regional em assumir a responsabilização por tal tarefa, a priori os órgãos e instituições que deverão dar suporte a estruturação de um mecanismo de monitoramento por meio de oferecimento de dados estão interligados com o governo federal, por exemplo a CPRM, ANA, INMET, INPE, etc, sendo a maioria sujeita a gestões em que as informações não são disponibilizadas

gratuitamente, logo dificultando aos entes locais e regionais em montar ferramentas e metodologias que resultem em ferramenta de monitoramento para prevenção.

Os modelos de previsibilidade das cotas dos rios na Amazônia, desenvolvidos neste trabalho, possibilitaram satisfatório atendimento da demanda por instrumentos de previsão de navegabilidade regional. A disponibilidade dos modelos em ferramenta web facilitou e socializou a informação com relativa facilidade. A proposição da aplicação da ferramenta para as demais rotas da rede hidrográfica na Amazônia fica na dependência de interesse e iniciativa de órgãos e entidades das administrações públicas dos estados que compõem a Amazônia e da União. A malha hidroviária na Amazônia é de grande vulto, logo requerendo existência de programa governamental para apoiar e fomentar a construção de modelos para os diferentes rios com vistas a ter ferramenta aplicável para todo o território amazônico. A proposta desenvolvida neste trabalho pode ser referencial para a Secretaria Nacional de Defesa Civil.

Outrossim, nas simulações do modelo estatístico desenvolvido verificou-se a necessidade de contínua atualização de dados de medições de cotas dos rios, com vistas a obtenção de resultados de previsão com mínimo erro. A ainda a limitação do modelo é de baixo intervalo de tempo em relação aos dados medidos e os possíveis resultados de previsão. Existe a possibilidade de tornar a previsão mais robusta a partir da inclusão de outras variáveis para compor dados de entrada em modelo com maior amplitude; dentre as variáveis com bom potencial para novos e apurados modelos é o histórico de precipitação pluviométrica. Logo, é recomendável que novos modelos contemplem esta variável para avaliação em conjunto com a variável cota.

Referências

- Agência Nacional de Águas.(2006) Disponível em: www.ana.gov.br / GestaoRecHidricos / UsosMultiplos / BoletinsMonitoramento.asp. Acesso em: 12 abril 2006.
- ANA & CPRM & SIPAM (2010) Monitoramento Hidrológico - Boletim N. 33 de 29/10/2010, Manaus - AM.
- ANA (2005) Monitoramento da Seca na Região amazônica. Superintendência de Usos Múltiplos. *Boletins de Monitoramento*, Boletim de 19 de dezembro de 2005.
- Becker, B. K. (2001) Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? *Parcerias Estratégicas*, Número 12, Setembro Pg.135.
- Box, G. J., Jenkins, G. M. and Reinsel, G. C. (1999) *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Carvalho, D. F. (1994) Industrialização Tardia e Grandes Projetos. In: Maria A. D'Incao e Isolda M. da Silveira. (Org.). *Amazônia e a Crise da Modernização*. Belém – Pará, v. 1, p. 427-446.
- Costa, R.F., J.R. Feitosa., G.Fisch and C.A. Souza (1998) Viabilidade diária da Precipitação em regiões de floresta e pastagem na Amazônia. *Acta amazônica* 28 (4):395-408.199.
- Fernandes, J.L.D`A. (2006) Estiagem na região norte em 2005. In: VÍDEO CONFERÊNCIA World Bank, Brasília. 31/03/06. p.1-26.
- Fisch, G., J.A. Marengo and C. A. Nobre (2006) *Clima da Amazônia*. Disponível em: www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/fish.html. Acesso em: 12 abril 2006.
- HYBAM (2006) Activités Scientifiques. Hydro - Géodynamique actuelle du bassin amazonien. Disponível em: <http://www.mpl.ird.fr/hybam/> Acesso em: 17 abril 2006.
- INPE (2005) *Climanálise. Boletim de Monitoramento e Análise Climática*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Vol. 20, Num. 09, Setembro/2005. Cachoeira Paulista – São Paulo.
- Kuwahara, N., H. M.O. Gomes., S. Dacol., W. V. Machado and E.Fernandes (2006) *Avaliação de Planejamento Logístico dos Arranjos Produtivos Locais da Amazônia*.In: 2º CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO REGIONAL INTEGRADO SUSTENTAVEL, em análise para Publicação. Portugal, Braga.
- Lago Neto, J. C., Themis da Costa Abensur, T. C., Kuwahara, N. Análise de Dados Hidrológicos do Rio Negro como um Processo de Longa Dependência. Trabalho apresentado na 14ª Escola de Séries Temporais e Econometria - 14a ESTE 2011, Centro de Eventos da FAURGS. Promoção ABE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTATÍSTICA, Gramado - RS, agosto/2011.
- Lima, D. and J Pozzobon,. (2005) Amazônia socioambiental Sustentabilidade ecológica e diversidade social. *Estudos Avançados* 19 (54). Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, pp. 195-251.
- MCT (2006) Clima - 19/10/2005 - 17:55:35. CPTEC explica fenômeno da seca na Amazônia. Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: http://agenciact.mct.gov.br/index.php?action=/content/view&cod_objeto=30350. Acesso em: 04 abril 2006.
- Oliveira, P. J., E. J. P da Rocha., G.Fisch., B. Kruijt and J.B.M. Ribeiro. (2004) Efeitos de um evento de friagem nas condições meteorológicas na Amazônia: um estudo de caso. *Acta amazônica* VOL. 34(4) pg. 613 – 619.
- Oum, T.H. and W G Waters II,. A survey of recent developments in transportation cost function research. *Logistics and Transportation Review*; Dec 1996; 32, 4; ABI/INFORM Global pg. 423.

- Poveda, G., P.R.Waylen and R. S. Pulwarty (2006) Annual and inter-annual variability of the present climate in northern South America and southern Mesoamerica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. PALAEO-03865, N. of Pages 25, Elsevier.
- Ronchaila, J., Bourrelb, L., Cochonneauc, G., Vaucheld, P., Phillipse, L., Castrof, A., Guyotb, J. L., Oliveira, E. (2005) Inundations in the Mamore´ basin (south-western Amazon—Bolivia) and sea-surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. *Journal of Hydrology*, 302, p. 223–238, Elsevier.
- Salati, E., Marques, J., Molion, L.C.B. (1978) Origem e distribuição das chuvas na Amazônia. *Interciência*, 3:200-206.
- SDC – Secretaria Nacional de Defesa Civil (1999), Ministério da Integração Nacional. Manual de Planejamento em Defesa Civil, V. I, Imprensa Nacional, Brasília – DF.
- SETRAN (2006). *Relatório Geral Trans, 2003*. Secretaria Executiva de Transportes – Governo do Estado do estado do PARÁ. http://www.setran.pa.gov.br/noticias/relatorio_trans2003.html Acesso em: 10 abril 2006.
- Souza, N. J., (1999) *Desenvolvimento econômico*, 4a Edição. Ed. Atlas. São Paulo.
- Williams, E., Dall’Antonia, A., Dall’Antonia, V., Almeida, J. M., Suarez, F., Liebmann, B., Malhado, A. C. M. (2005) The Drought of the Century in the Amazon Basin: An Analysis of the Regional Variation of Rainfall in South America in 1926. *Acta Amazonica*. Vol. 35(2), p. 231 – 238.