

# **AValiação em Ambiente SIG da Acessibilidade Global Regional na Amazônia: aplicação no Baixo Amazonas - Brazil**

**M. S. G. Tobias, R. A. R. Ramos e D. S. Rodrigues**

## **RESUMO**

O trabalho apresenta o resultado da aplicação de um método de avaliação da acessibilidade, com estudo de caso na região do Baixo Amazonas, Estado do Pará, na região Norte do Brasil. O modelo empregado permitiu gerar mapas de acessibilidade às atividades básicas produtoras de viagens em ambiente georeferenciado, em cada um dos cinco municípios estudados. Para uma análise regional foi também efetuado um mapa com a acessibilidade ao conjunto dos municípios. Os mapas gerados permitem identificar as sub-regiões com maior e com menor acessibilidade e, conseqüentemente, as áreas prioritárias para o investimento em infraestrutura de transportes.

## **1 INTRODUÇÃO**

Os processos de planejamento dos espaços urbanos fazem uso com frequência de métodos de tomada de decisões que envolvem a avaliação, seleção e combinação de vários fatores. Atualmente, as discussões em torno da sustentabilidade do espaço urbano têm demonstrado que a acessibilidade é uma questão relevante no desenvolvimento das cidades. Assim, fatores intimamente relacionados com a acessibilidade tornaram-se fundamentais para identificar e avaliar a localização de equipamentos e infraestruturas. Neste contexto, é evidente o interesse em adotar modelos de acessibilidade que permitam apreender as mais diversas realidades urbanas, na busca de soluções mais eficientes para estes espaços de grande concentração de população e de atividades.

Neste contexto, é evidente o interesse em adotar modelos de acessibilidade que permitam apreender as mais diversas realidades urbanas, na busca de soluções mais eficientes para estes espaços de grande concentração de população e de atividades. No contexto regional, a acessibilidade é um das questões-chave de transporte e ordenamento do território. Neste trabalho, o desafio consistiu em aplicar um modelo de acessibilidade global em uma região do Baixo Amazonas, no norte do Brasil.

A região em estudo possui uma realidade específica e diferenciada de outras regiões do país, tendo características tais como: a importância do transporte fluvial de curta e longa distância; a dispersão populacional em espaços urbanos muito distantes entre si; a carência de equipamentos e infraestrutura; e uma população com poucas oportunidades de atendimento as suas necessidades mais básicas. O trabalho parte da explanação sobre o modelo de acessibilidade, desenvolvido em ambiente de Sistema de Informação

Geográfica (SIG), e o processo de cálculo do índice de acessibilidade. Na sequência, tem-se o estudo de caso, com a aplicação do modelo e conclusões sobre os resultados obtidos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O conceito e avaliação da acessibilidade, discutidos no contexto urbano há quase 200 anos, cuja análise é crucial para conduzir um processo de desenvolvimento sustentável, estão geralmente relacionados com as oportunidades dos cidadãos para chegar aos serviços urbanos e, ao mesmo tempo, promover a redução do tráfego urbano ou apoiar a melhoria dos sistemas urbanos de transporte. Hoggart (1973) justificou que a acessibilidade está associada à interpretação, implícita ou explícita, da facilidade de se alcançar oportunidades distribuídas espacialmente. Isto significa que a acessibilidade não depende apenas da localização de oportunidades, mas também da facilidade de superar a separação espacial entre os indivíduos e lugares específicos.

Na mesma linha de pensamento, Ingram (1971) definiu acessibilidade de um lugar como sendo a sua característica (ou vantagem) em relação à superação de qualquer forma de resistência ao movimento. Este autor distinguiu a acessibilidade relativa, que considera o grau de conexão entre dois pontos sobre uma superfície (ou rede), de acessibilidade integral (ou global), que considera o grau de conexão entre um ponto e todos os outros pontos em uma superfície (ou rede).

A segunda proposta, a acessibilidade global, é uma questão muito importante no processo de planejamento urbano, porque a maioria dos equipamentos e infraestruturas urbanas é capitalizada como investimentos em geral e não como investimentos específicos. Ainda, os indivíduos podem-se localizar em qualquer lugar antes de se deslocarem a lugares específicos e a forma como a acessibilidade é avaliada depende da finalidade ou objetivo a ser alcançado.

A acessibilidade, essencialmente, descreve a habilidade de um indivíduo para alcançar bens desejados, serviços, atividade e destinos, no que se converte coletivamente em oportunidades. No entanto, a acessibilidade depende não só da localização das oportunidades, mas igualmente da facilidade de vencer a separação espacial entre indivíduos e locais específicos (Mendes, 2001). Sob esta perspectiva, os fatores intimamente relacionados com a acessibilidade tornaram-se fundamentais para identificar e avaliar a localização de equipamentos e infraestruturas, daí o interesse em adotar modelos de acessibilidade sob as mais diversas realidades, na busca de soluções mais eficientes para estes espaços.

De modo geral, a forma como a acessibilidade é avaliada depende do objetivo a ser atingido. Morris *et al.* (1979) apresentaram uma classificação e uma formulação extensivas das medidas de acessibilidade relativa e global. Encontram-se posteriormente diversos trabalhos cujas medidas de acessibilidade apresentadas, de alguma maneira, se enquadram com a classificação de Morris *et al.* (ver Allen *et al.*, 1993, Mackiewicz e Ratajczak, 1996 e Geertman e Van Eck, 1995).

## **3 METODOLOGIA**

A metodologia foi desenvolvida em duas etapas: a primeira etapa consistiu na identificação das questões teóricas do foco de um modelo multicritério de avaliação da acessibilidade

através de um índice de acessibilidade (Mendes *et al.*, 2005). Na segunda etapa, tratou-se de explicar a implementação do modelo em SIG, a fim de mapear a variação espacial do índice de acessibilidade. Assim, os dois passos metodológicos constituem um processo simples para o mapeamento de variação espacial da acessibilidade de um ponto de vista global, tendo os sítios urbanos das cidades como destinos à partir de qualquer ponto da região sob estudo.

A metodologia proposta pode ser implementada para qualquer cidade para mostrar a avaliação de acessibilidade na área urbana. A avaliação pode ser posta em prática por duas perspectivas diferentes: como índice global para a área da cidade ou como índice parcial para infraestruturas e equipamentos específicos, representados por um destino-chave ou um grupo parcial. Isto permite uma comparação entre os vários mapas e uma análise parcial da relevância das infraestruturas e equipamentos. Outra possibilidade é avaliar cenários futuros para avaliar o impacto de futuros investimentos: (i) aumentar a acessibilidade da rede para melhorar a conectividade (novas estradas ou ruas) ou sistemas de transporte urbano; (ii) construção de novas infraestruturas e equipamentos para melhorar o atendimento espacial ou redefinir a sua localização.

### 3.1 Modelo multicritério de avaliação da acessibilidade global

Na formulação do modelo multicritério de avaliação da acessibilidade global, admite-se que para um local  $i$ , o seu índice de acessibilidade  $A_i$  é dado pela equação abaixo, onde  $f(c_{ij})$  representa a normalização por uma função *fuzzy* da distância-custo do local  $i$  para o destino-chave  $j$  e  $w_j$  é o peso do destino-chave  $j$  (Mendes *et al.*, 2005):

$$A_i = \sum_j f(c_{ij}) w_j \quad (1)$$

Portanto, o índice de acessibilidade de um local  $i$ , obtém-se pela agregação dos índices de acessibilidade desse local a cada grupo  $g$  de destinos-chave, convertendo a equação anterior em:

$$A_i^g = \sum^g f(c_{ij}) w_j^g; A_i = \sum A_i^g \cdot w_g \quad (2)$$

Em síntese, o índice de acessibilidade  $A_i^g$  é resultado de uma avaliação multicritério da localização de origens  $i$  aos mais diversos grupos de destinos-chave  $g$ , dado por uma normalização *fuzzy* dos custos-distâncias  $f(c_{ij})$ , aplicando os pesos dos destinos-chave ( $w_j^g$ ). Os pontos  $i$ , para os quais a acessibilidade é avaliada, dependem da forma como o espaço é modelado. O índice de acessibilidade global proposto é, essencialmente, uma combinação ponderada linear, um dos procedimentos de agregação disponíveis no contexto de avaliação multicritério (Voogd, 1983).

Devido a diferentes escalas em que os critérios são avaliados, é necessário normalizá-los antes da agregação. Este processo de normalização é essencialmente idêntico ao de *fuzzificação* em conjuntos *fuzzy* (Jiang e Eastman, 2000). Neste trabalho, o resultado expressa um grau de acessibilidade, com base no critério "distância" que varia no intervalo [0,0 a 1,0], indicando uma variação contínua do índice de acessibilidade entre 0,0 (sem acessibilidade) e 1,0 (máxima acessibilidade).

A função *fuzzy* adotada é do tipo linear monotonicamente decrescente, com pontos de controle  $a$  e  $b$  que definem as distâncias-críticas máximas e mínimas para determinado

destino-chave, definidas para cada situação particular e considerando o significado inerente ao destino-chave.

### 3.2 Implementação do modelo em ambiente SIG

A implementação do modelo em ambiente SIG depende das características específicas do *software* adotado. Os fluxogramas das Figuras 1 e 2 apresentam uma síntese das diversas etapas a adotar em um modelo SIG vetorial. O fluxograma da Figura 1 salienta a necessidades de banco de dados geográficos e a seqüência de operações necessárias para completar a tabela de atributos de forma a avaliar o índice de acessibilidade para os pontos da rede de transporte. Calculando o custo-distância para cada ponto da rede em relação a cada um dos destinos-chave considerados no estudo, obtém-se a Matriz OD de todos os pontos da rede para cada um dos destinos-chave. Desta forma é construída a tabela de atributos em que o número de linhas é o número de pontos avaliados e o número de colunas é igual ao número de destinos-chave considerados no estudo.

Tendo-se o custo-distância a partir dos pontos da rede para todos os destinos-chave em estudo, o procedimento multicritério é implementado seguindo o fluxograma da Figura 2. A seqüência de operações começa com a normalização (ou seja, a aplicação das funções *fuzzy* selecionadas), seguida pela ponderação. Depois, o índice de acessibilidade é obtido pela agregação dos custos-distâncias ponderados e normalizados para os vários destinos-chave, procedimento aplicado ao nível dos atributos.

Em seguida, é possível gerar o mapa de acessibilidade em função do valor obtido para cada ponto da rede considerando uma rede irregular triangular (TIN), que irá representar uma superfície que cobre a área de estudo. Utilizando como entradas os pontos da rede e aplicando o índice de acessibilidade como valores de Z, a superfície resultante irá mostrar como os valores de acessibilidade estão distribuídos ao longo da área, interpolando os valores obtidos dos pontos da rede. O mesmo processo pode ser implementado para criar um mapa para mostrar a acessibilidade para um destino específico ou um grupo-chave parcial de destinos-chave. Neste caso, o TIN irá representar Z-valores do custo-distância ponderado para um determinado destino-chave ou para um grupo parcial de destinos.

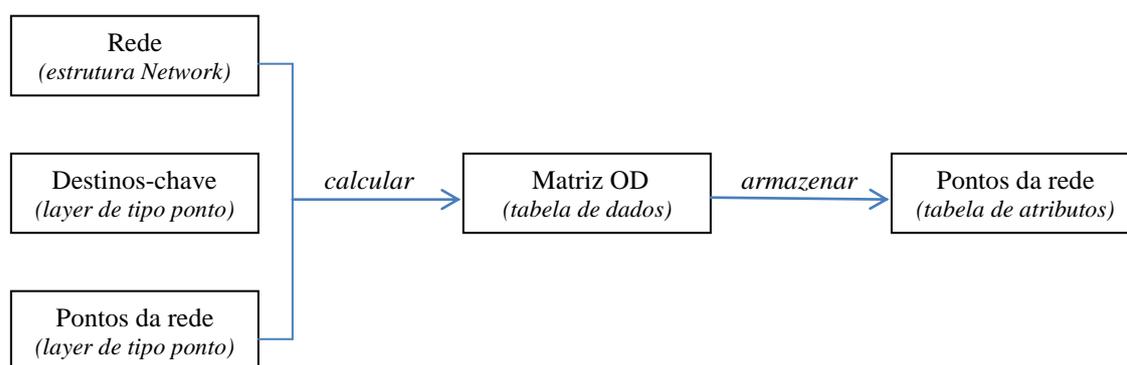


Fig. 1 SIG vetorial para calcular os custos-distâncias

## 4 ESTUDO DE CASO

O Baixo Amazonas é uma mesoregião do Estado do Pará, no norte do Brasil, com área de 315.856,73 km<sup>2</sup>, população absoluta de 638.582 hab. e PIB *per capita* de R\$ 5.048,76 ou US\$ 2,700 per capita (IBGE, 2010). As cidades da região são: Alenquer, Belterra, Curuá, Faro, Juruti, Monte Alegre, Santarém, Almeirim, Óbidos, Oriximiná, Prainha e Terra

Santa. A Tabela 1 mostra os dados territoriais das cidades sob estudo, que juntas representam 80% da população, aproximadamente, e 63% da área de toda a região.

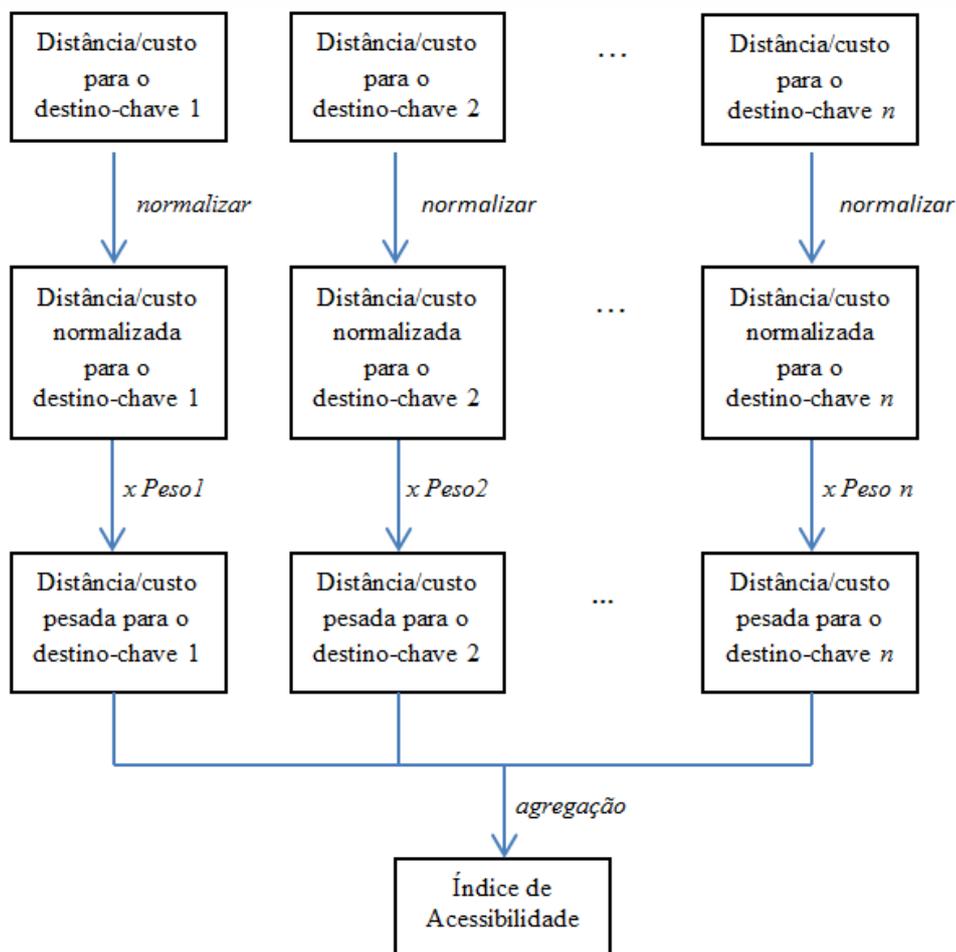


Fig. 2 Processo de cálculo do índice de acessibilidade

Tabela 1 Dados territoriais das cidades sob estudo

Município	Fundação*	População	Área (km <sup>2</sup> )
Santarém	1661	294.774	22.887
Óbidos	1755	49.254	28.021
Oriximiná	1877	62.963	107.603
Monte alegre	1755	55.459	18.153
Alenquer	1881	52.714	23.645
<b>Totais</b>		515.164 (80%)	200.309 (63%)

Fonte: IBGE, 2010.

Nota: (\*) Dados obtidos de fontes diversas, havendo algumas contradições, podendo ser aceitos como indicativo aproximado da data de fundação destas cidades.

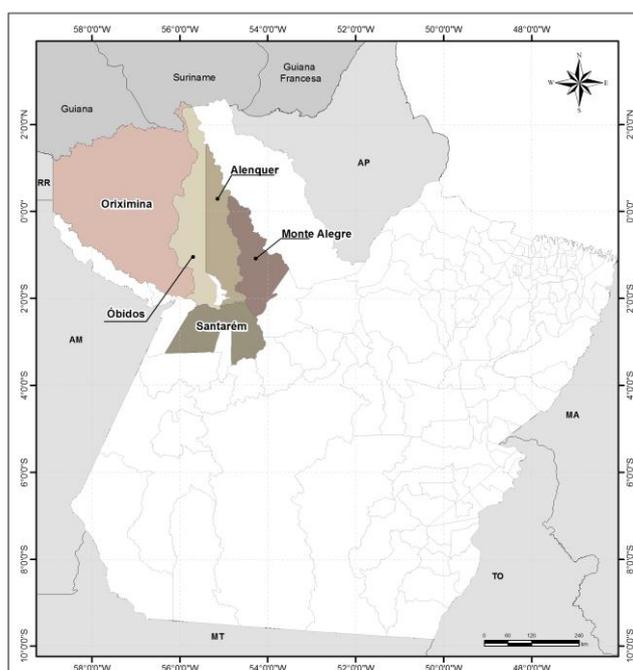
#### 4.1 Aspectos do desenvolvimento territorial do Baixo Amazonas

A região é formada, em sua maioria, por cidades de colonização antiga, ligadas às primeiras expedições de colonizadores ao rio Amazonas, com povoados que deu origem a Santarém, a Alenquer, a Almeirim, a Monte Alegre e a Óbidos. Por seu lado, Faro, cidade mais recente

que as anteriores, tornou-se município em 1768. A partir de 1970, tem-se na região importantes empreendimentos: a construção da BR-163 (Rodovia Cuiabá-Santarém) e do Porto de Santarém e a exploração de bauxita no rio Trombetas.

A economia das cidades é baseada em atividades de turismo, comércio e serviços. Fora da área urbana, a agricultura e a pesca são as atividades predominantes. Atualmente, a região vem sendo dinamizada pela produção da soja, no eixo da rodovia BR-163. Semelhantes a outras cidades ribeirinhas na Amazônia, a morfologia urbana é radial, com o centro localizado na zona antiga da cidade ao longo da zona ribeirinha. O meio de transporte regional mais importante é o acesso por barco, com ligações diretas para outras cidades na região. Por terra, tem-se as rodovias BR-163 e a BR-230, como principais infraestruturas rodoviárias. Existe, também, uma ligação por via aérea (vôos comerciais e privados) com a capital do Estado do Pará, Belém.

As cinco cidades foram selecionadas pela proximidade geográfica e por se constituírem em cidades de porte médio em torno da maior cidade da região, Santarém. Juntas são responsáveis pela maioria populacional e grande parte de área territorial da região (Tabela 1). Na Figura 3 tem-se a localização geográfica das cidades sob estudo.

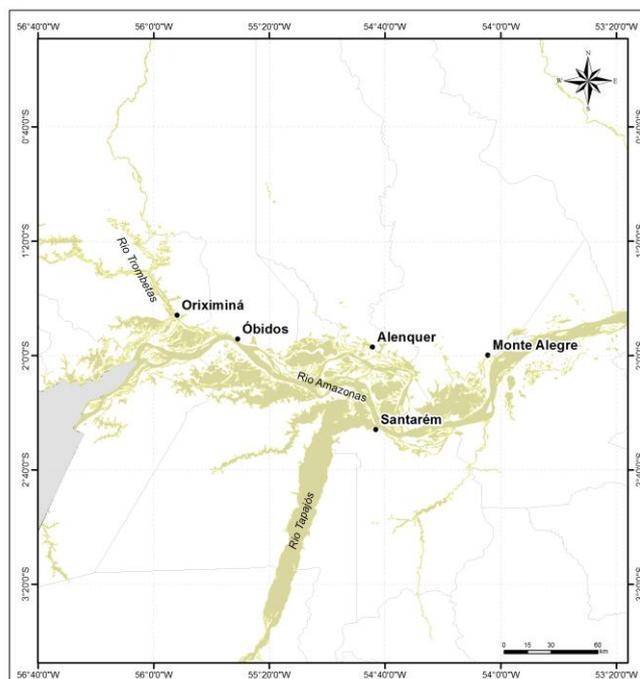


**Fig. 3 Território das cidades sob estudo**

Fonte: Tobias, et al, 2011.

## 4.2 Elaboração do banco de dados geográfico

O caso de estudo incidiu na rede de transportes que interliga as cidades de Santarém, Monte Alegre, Alenquer, Juruti, Curuá, Óbidos e Oriximiná, na região do Baixo Amazonas, Estado do Pará. Na Figura 4, a sítios urbanos das cidades ao longo do rio Amazonas. O modelo de avaliação de acessibilidade foi "personalizado" para o contexto particular da sub-região em estudo. As informações necessárias para realizar a metodologia foram obtidas por uma pesquisa *in-loco*, através de um teste-piloto segundo um questionário estruturado a partir dos motivos de viagens e destinos relacionados pelos entrevistados. Na Figura 4, tem-se os sítios urbanos das cidades ao longo do rio Amazonas.



**Fig. 4 Localização ribeirinha das cidades sob estudo**  
 Fonte: Tobias, et al, 2011.

A pesquisa inicial consistiu em obtenção de dados secundários e, para complementar as informações necessárias à aplicação do modelo, nas visitas *in loco*, foram realizadas 500 entrevistas aos residentes destas cidades, obtendo-se uma descrição geral das condições sociais, econômicas, de transporte e de uso e ocupação do solo. Basicamente, o que se buscou apreender dos entrevistados com a pesquisa de campo nas cidades foi identificar as atividades básicas, a sua localização e os pesos dos destinos-chave, bem como, as distâncias mínimas e máximas percorridas para efetuar essas atividades. Após a estruturação dos dados em SIG foram gerados os mapas para cada cidade tendo i) os próprios sítios urbanos dessas cidades e as demais cidades como destinos e, ii) à partir de qualquer ponto do território do Baixo Amazonas para o grupo de cidades sob estudo.

### 4.3 Aplicação do modelo

Usando as ferramentas disponíveis no ArcGIS 9.3 e suas extensões *3D Analyst* e *Network Analyst*, da ESRI, o primeiro passo foi gerar o mapa da rede de transporte para extrair os pontos da rede a serem avaliados, tal como apresentado na Figura 5. A partir dos resultados da pesquisa, os destinos-chave, tendo as cidades como pólos de realização dessas atividades, foram agrupados em funcionalidades: F1 - educação, F2 - saúde, F3 - serviços, F4 - lazer e F5 - comércio. Assim, para todas as funcionalidades foram atribuídos os mais relevantes destinos-chave na região, ou seja, as próprias cidades com suas escolas, hospitais, edifícios de serviços, equipamentos públicos de lazer e áreas comerciais.

Na Tabela 2 tem-se um exemplo os pesos dos destinos-chave das funcionalidades estando-se em qualquer parte do território do Baixo Amazonas para o grupo de cidades sob estudo. Neste estudo, a distância mínima foi considerada nula, então, a maior distância para cada destino-chave foi identificada e armazenada na tabela de atributos da camada de pontos. Esta distância foi obtida em tempo de viagem, uma vez que a rede é intermodal envolvendo dois modos de transporte com operações distintas: rodoviário e hidroviário.

De posse da rede de transportes georeferenciada com os pesos dos destinos chaves e as distâncias absolutas, bem como, os pontos da rede definidos e sob os quais será a feito o mapeamento da acessibilidade, houve a necessidade de definir o conjunto de funções *fuzzy* e pesos para os vários destinos-chave, que não estava diretamente disponível e, por essa razão, uma abordagem empírica foi implementada.

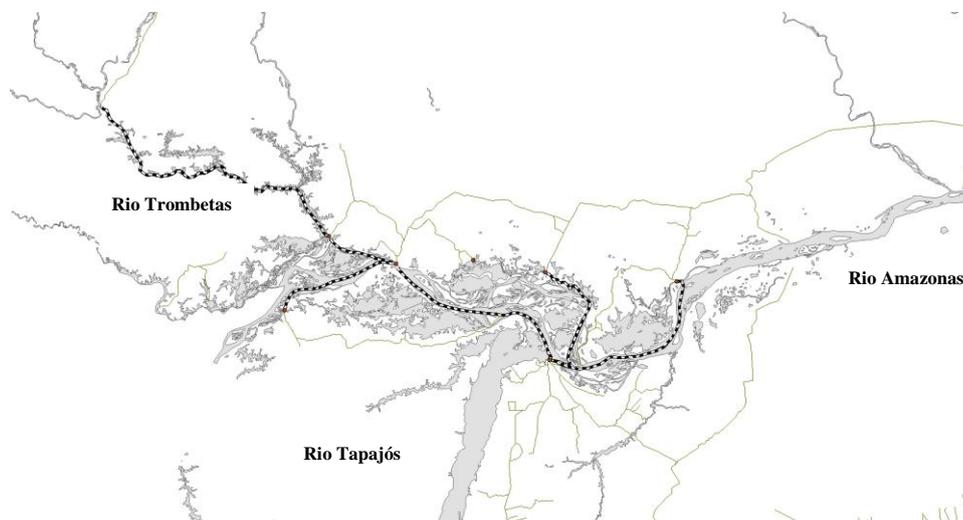


Fig. 5 Mapa da rede de transporte

Tabela 2 Pesos dos destinos-chave - Origem/Destino e Funcionalidades

o \ D	1	2	3	4	5	6	7	F1	F2	F3	F4	F5
Santarém	0,89	0,01	-	0,07	-	0,03	-	0,23				
	0,91	0,02	-	0,01	0,03	0,03	-		0,16			
	0,90	0,01	-	0,03	0,02	0,04	-			0,14		
	0,80	0,04	0,01	0,08	0,04	0,03	-				0,23	
	0,84	0,03	0,01	0,06	0,03	0,03	-					0,24
Óbidos	0,36	0,32	0,24	0,05	0,03	0,01	0,01	0,14				
	0,37	0,32	0,26	0,05	-	-	0,01		0,24			
	0,35	0,33	0,22	0,07	0,02	0,01	0,01			0,18		
	0,35	0,35	0,21	0,03	0,05	0,01	0,01				0,23	
	0,35	0,35	0,21	0,05	0,03	0,01	0,01					0,21
Oriximiná	0,17	0,01	0,81	-	-	0,01	-	0,18				
	0,23	0,02	0,75	-	-	-	-		0,24			
	0,18	0,03	0,76	-	0,01	0,02	-			0,16		
	0,26	0,04	0,67	-	-	0,03	-				0,19	
	0,16	0,06	0,73	0,01	0,01	0,03	-					0,23
M. Alegre	0,24	-	-	0,71	0,05	-	-	0,04				
	0,23	-	-	0,71	-	-	-		0,20			
	0,10	-	-	0,89	0,01	-	-			0,19		
	0,29	-	-	0,66	0,05	-	-				0,21	
	0,25	0,01	-	0,71	0,03	-	-					0,26
Alenquer	0,12	0,08	-	-	0,80	-	-	0,24				
	0,15	0,08	-	-	0,76	0,01	-		0,19			
	0,15	0,09	-	-	0,76	-	-			0,16		
	0,12	0,10	-	0,01	0,77	-	-				0,22	
	0,14	0,09	-	-	0,77	-	-					0,19
Juruti	0,50	0,04	0,04	0,04	0,01	0,37	-	0,12				
	0,51	0,01	0,05	0,01	0,01	0,41	-		0,17			
	0,44	0,11	0,04	0,01	0,01	0,40	-			0,19		
	0,48	0,10	0,02	0,03	0,02	0,35	-				0,24	
	0,49	0,02	0,04	0,02	0,01	0,42	-					0,28
Curuá	0,54	0,13	0,04	0,03	0,03	0,01	0,22	0,14				
	0,52	0,11	0,06	0,03	0,17	-	0,11		0,19			
	0,37	0,15	0,03	0,04	0,18	-	0,24			0,23		
	0,44	0,11	0,03	0,05	0,22	-	0,16				0,19	
	0,41	0,16	0,03	0,01	0,20	-	0,19					0,25

Notas : (i) Cidades - 1. Santarém; 2. Óbidos; 3. Oriximiná; 4. M. Alegre; 5. Alenquer; 6. Juruti e 7. Curuá.

Na segunda fase da pesquisa, conforme referido na subseção anterior, buscou-se as estimativas de relevância dos destinos-chave (pesos, em uma escala de 0 a 100 pontos) e a distância máxima que os entrevistados estavam dispostos a viajar para cada um dos destinos-chave. Aplicando o modelo proposto para calcular índices de acessibilidade para todos os pontos dentro de uma plataforma SIG e os dados de todos os destinos-chave foram armazenados em uma tabela, a fim de realizar cálculos adicionais que exigiram padronização e ponderação. Os pontos de controle (distâncias mínimas e máximas) foram atribuídos a cada destino-chave para permitir a padronização de valores das distâncias através da função *fuzzy*.

Os pontos da rede viária foram designados como origens, assim como, os principais destinos também são pontos. O resultado foi caminho mais curto através da rede a partir de cada origem para cada destino. Como os passos de cálculo seguintes são associados à padronização de valores e cálculo do índice, uma vez mais, novas colunas foram adicionadas à tabela de atributos da rede pontos: uma coluna para cada destino-chave para armazenar os valores padronizados e, ainda, uma coluna extra para armazenar os índices de valores de acessibilidade final. A padronização foi realizada aplicando a fórmula da função *fuzzy* escolhida (linear decrescente) para cada valor de distância usando a ferramenta SIG "*Field Calculator*". Com todas as distâncias, os índices de acessibilidade foram finalmente calculados usando a mesma ferramenta para aplicar a fórmula de agregação do modelo proposto.

#### **4.4 Mapeamento da acessibilidade**

Com a conclusão do processo de cálculo, a produção de mapas foi iniciada. Para gerar uma superfície contínua que pudesse ilustrar como a acessibilidade aos principais destinos-chave varia ao longo da área de estudo, uma rede irregular triangular (TIN) foi criada. Os pontos de rede foram utilizados como nós da rede TIN, cobrindo a área de estudo, e os valores do índice de acessibilidade foi designado como valores de Z. Usando esses parâmetros, tem-se o TIN resultante que cobre a área de estudo e representa a distribuição espacial dos valores do índice de acessibilidade. A implementação da metodologia no Baixo Amazonas indicou que um número razoável de destinos-chave poderia ser facilmente adotado para avaliar o índice de acessibilidade. Além disso, o ambiente GIS e a representação do índice em um mapa propiciou a oportunidade de analisar a distribuição espacial e identificar as áreas da cidade com e sem acessibilidade para os destinos-chave em avaliação.

Na Figura 6 tem-se os resultados do mapeamento das acessibilidades os próprios sítios urbanos das cidades sob estudo e as demais cidades como destinos. Na Figura 7 tem-se o mapeamento da acessibilidade a partir de qualquer ponto do território do Baixo Amazonas para o grupo de cidades sob estudo. Ambos obtidos segundo uma escala de cores graduada que varia de preto (valores mais baixos) para cinza mais claro (valores maiores).

### **5 CONCLUSÕES**

No que se refere à região em si, o modelo apresenta sensibilidade e coerência em face da observação *in loco* efetuada nas cidades em questão, ou seja, as cidades apresentam acessibilidades melhores ao longo do rio Amazonas e ao longo das rodovias. Também, é possível perceber na Figura 6 a gradação progressiva da acessibilidade, em que as cidades situadas no extremo da rede apresentam situações opostas.

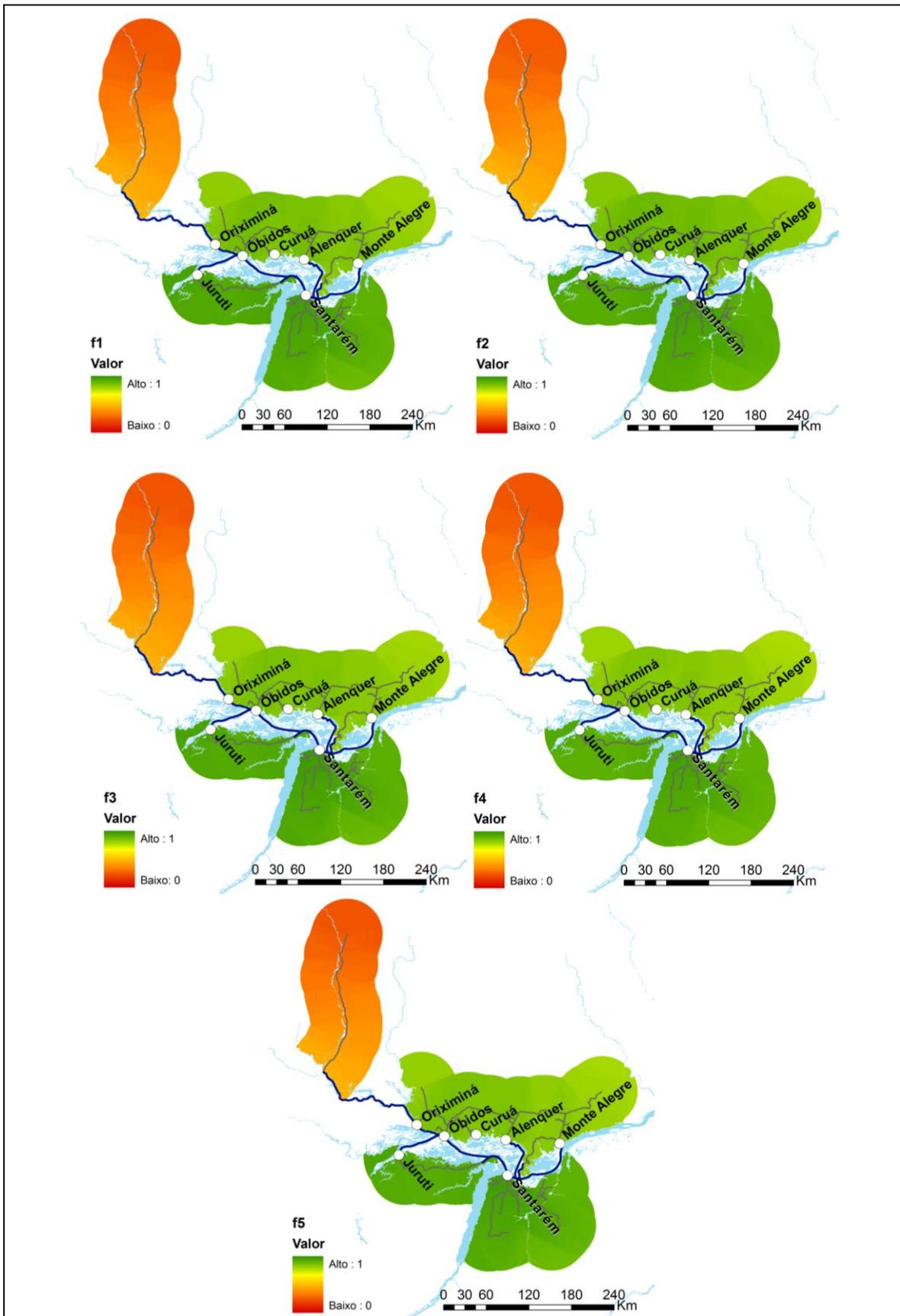
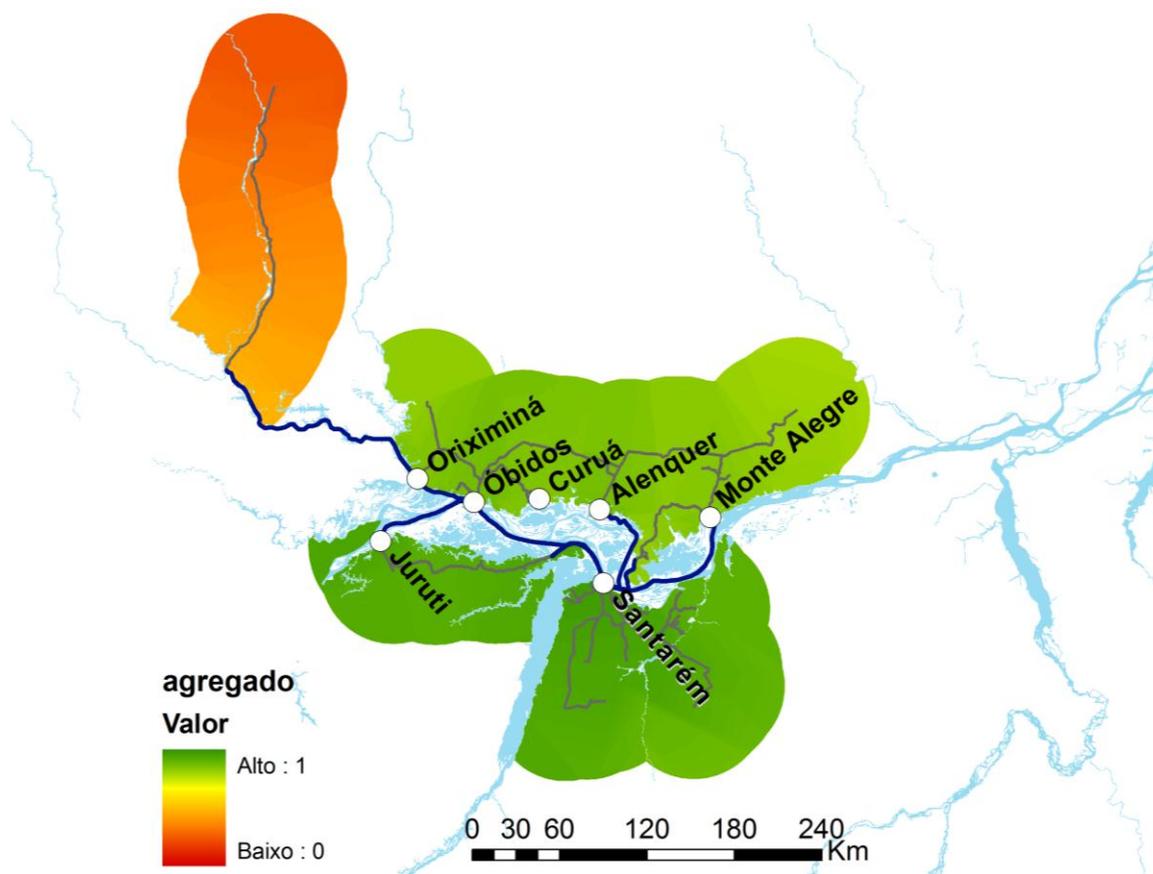


Fig. 6 Mapas de acessibilidade para as funcionalidades



**Fig. 7 Mapas de acessibilidade global de cidades do Baixo Amazonas**

De maneira geral, as alterações decrescentes de acessibilidade são perceptíveis à medida que se afasta da rede de transporte intermodal no sentido norte e sul e, no sentido leste-oeste, verifica-se as alterações de acessibilidade inversas, o que demonstra a confiabilidade dos dados levantados e a sensibilidade do modelo às situações observadas na região. Do ponto de vista global, é evidente que a melhor localização das demais cidades em relação à Santarém (Figura 7), é um diferencial de acessibilidade, de modo que as cidades mais próximas a Santarém possuem mapas de acessibilidade onde a cor verde predomina. Ou seja, pelo seu porte, Santarém proporciona à região uma atratividade tal que irradia pelas demais, indo de acessibilidade maior às mais próximas até a acessibilidade menor para as mais distantes.

Além disso, o modelo também permite no futuro vir a simular e analisar propostas específicas de investimentos em novos equipamentos e infraestruturas, tais como a expansão da rede de transportes, ajudando dessa forma a entender quais podem ser e as consequências dessas ações. Outras possibilidades para estudos futuros é a adoção de outras variáveis de entrada ao modelo e a mudança da função *fuzzy* utilizada, ou mesmo teste comparativo com outras funções como a sigmoideal, também, bastante utilizada nessas situações, para testar as hipóteses do modelo.

Pode-se contar, ainda, como uma análise complementar, supondo alterações espaciais nos destinos-chaves como, por exemplo, investimentos em infraestrutura social básica, principalmente, saúde e educação, e simular as alterações espaciais de acessibilidade que isto poderia trazer ao quadro atual. A representação do índice em um mapa desenvolvido em SIG propicia a oportunidade de analisar a acessibilidade como uma variável espacial

contínua na sub-região e identificar as áreas com e sem acessibilidade para os destinos-chave em avaliação. Assim, os resultados desta aplicação do modelo podem apoiar o planejamento territorial e urbano, a fim de melhorar a qualidade de vida da população regional. Nas observações das situações *in loco* e, diante dos resultados do modelo, fica assim bem patente uma necessidade premente de inversão dos investimentos em favor da área rural, principalmente, para o atendimento das atividades econômicas e à população do interior que tem o sítio urbano como destino certo para as atividades mais básicas, tais como saúde e educação.

## 6 REFERÊNCIAS

Allen, W.B.; Liu, D.; Singer, S. (1993) Accessibility Measures of U.S. Metropolitan Areas. **Transportation Research**. Part B, Methodological, 27(6), 439-450.

Geertman, S.C.M.; Van Eck, J.R.R. (1995) GIS and Models of Accessibility Potential: an Application in Planning. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9(1), 67-80.

Hoggart, K. (1973) **Transportation Accessibility: some references concerning applications, definitions, importance and index construction**. Council of Planning Librarians: Exchange Bibliography 482, Monticello.

Ingram, D.R. (1971) The Concept of Accessibility: a search for an operational form. **Regional Studies**, 5(2), 101-107.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem da População**. Rio de Janeiro, Brasil, 2010.

Jiang, H.; Eastman, J.R. (2000) Application of Fuzzy Measures in Multi-criteria Evaluation in GIS. **International Journal of Geographical Information Science**, 14(2), 173-184.

Mackiewicz, A.; Ratajczak, W. (1996) Towards a New Definition of Topological Accessibility. **Transportation Research**. Part B, Methodological, 30(1), 47-79.

Mendes, J. F. G (2001) Multicriteria Accessibility Evaluation using GIS as Applied to Industrial Location in Portugal. **Earth Observation Magazine**, v. 10, n. 2, p. 31-35.

Mendes, J.F.G.; Rodrigues, D.S.; Ramos, R.A.R. (2005) A GIS-based multicriteria model for the evaluation of territorial accessibility. In A. Kungolos, C.A. Brebbia and E. Beriatos (eds), **Sustainable Development and Planning II**, 795-804, WITpress, Southampton.

Morris, J.M.; Dumble, P.L. (1979) Wigan, M.R. Accessibility Indicators for Transport Planning. **Transportation Research**. Part A, Policy and Practice, 13(2), 91-109.

Tobias, M. S. G., Ravana, N., Ramos, R. A. R. e Rodrigues, D. S. (2011) Aspectos da mobilidade urbana em cidades do Baixo Amazonas: indicadores para elaboração de políticas públicas. **Revista dos Transportes Públicos** 34 (3), 71-84.

Voogd, H. (1983). **Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning**. Pion, London.